

Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije

Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije
Geodetski inštitut Slovenije
ZRC SAZU



Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije

Junij 2012

GEOPROSTORSKA PODPORA OBRAMBNEMU SISTEMU REPUBLIKE SLOVENIJE GEOSPATIAL SUPPORT TO THE DEFENCE SYSTEM OF THE REPUBLIC OF SLOVENIA

Uredniki Jože Balas, Ana Kokalj,
Editors Boris Kovič

Izdajatelj in financer Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije
Published and financed by Ministry of Defence
Direktorat za obrambne zadeve
Defence Affairs Directorate
Sektor za načrtovanje
Planning Division
Vojkova cesta 55, 1000 Ljubljana, Slovenija
Tel.: +386 (0)1 471 22 99
Faks: +386 (0)1 471 29 78
E-pošta: glavna.pisarna@mors.si
www.mors.si

Soizdajatelj Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU,
Co-publishers za izdajatelja dr. Ivan Šprajc
Slovenian Academy of Sciences and Arts,
Institute of Anthropological and Spatial Studie
Geodetski inštitut Slovenije
Geodetic Institute of Slovenia

Prevajanje Nataša Simonovič Bakoš, Tamara Derman Zadravec,
Translation Christopher McKeating

Lektoriranje Meta Brulec, Barbara Nežič, Milena Sevšek Potočnik,
Proofreading Vesna Vrabič

Oblikovanje (naslovnica/book cover) Jože Balas,
Design&Graphic Boris Jurca

Tisk Present, d. o. o.
Print

Naklada 300 izvodov
Edition 300 copies

Prispevki, objavljeni v publikaciji, niso uradno stališče Ministrstva za obrambo.

Articles, published in this monograph do not reflect the official viewpoint of the Ministry of Defence.

Vse pravice pridržane. Fotokopiranje in razmnoževanje po delih ali v celoti je prepovedano, dovoljeno je le v dogovoru z avtorji.

All rights reserved. Photocopying or reproduction in whole or part is strictly prohibited or is possible only based on the prior permission of the authors.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

355:91:004(082)
659.2:004:91(082)

GEOPROSTORSKA podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije / [uredniki Jože Balas, Ana Kokalj, Boris Kovič ; prevajanje Nataša Simonovič Bakoš, Tamara Derman Zadravec, Christopher McKeating]. - Ljubljana : Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije, Direktorat za obrambne zadeve, Sektor za načrtovanje, 2012

ISBN 978-961-92644-6-1
1. Balas, Jože
261939712

Vsebina

Contents

Ana Kokalj	Uvodne besede Editorial	5
Boris Kovič	Razvoj slovenskega vojaškega kartografskega sistema in problematika vzdrževanja Development of the Slovenian Military Cartographic System and Problems related to Map Maintenance	11
Zvonimir Bratun	Razvoj vojaške geografije v Republiki Sloveniji Development of Military Geography in the Republic of Slovenia	31
Matjaž Grum	Izobraževanje pripadnikov Slovenske vojske na področju vojaške topografije in geografije Education in Military Topography and Geography for Members of the Slovenian Armed Forces	47
Marijan Slak, Janko Rozman	GIS-tehnologije na Ministrstvu za obrambo GIS Technologies at the Ministry of Defence	61
Grigorij Krupenko, Gregor Berginc, Luka Mulej	Uvedba trirazsežnega geografskega informacijskega sistema za odločanje in ukrepanje ob nesrečah Introduction of the 3D GIS for Decision-Making and Response in the Event of Disasters	79
Sašo Poglajen, Bogomir Tomažič	3D-karta morskega dna slovenskega morja in njena uporaba v geoprostorski podpori pomorstvu Slovenske vojske The 3D-Map of the Seabed of Slovenian Territorial Waters and its Use in the Geospatial Support to the Navy of the Slovenian Armed Forces	93
Aleš Florjanc	Uporaba slikovnih podatkov v obveščevalni dejavnosti Ministrstva za obrambo in pomen geoprostorske obveščevalne podpore Satelitskega centra EU Use of Imagery in Intelligence Activities of the Ministry of Defence of the Republic of Slovenia and the Importance of Geospatial Support of the EUSC	107

Jože Grozde	Geoprostorska obveščevalna podpora Slovenski vojski v pripravi na mednarodne operacije in misije Geospatial Intelligence Support to the Slovenian Armed Forces during Preparations for International Operations and Missions	135
Borut Vrščaj, Tone Godeša, Jasna Šinigoj, Gregor Petkovšek, Alenka Šajn Slak	Uvajanje geoinformacijske podpore prehodnosti terena za motorizirane enote Slovenske vojske GIS Modelling of Terrain Trafficability for the Needs of the Slovenian Armed Forces' Motorised Units	155
Vasja Bric, Mihaela Triglav Čekada, Maja Bitenc	Uporaba laserskega skeniranja pri zaščiti in reševanju ter vojaških aktivnostih The Use of Laser Scanning Technology in Protection and Rescue, and Military Activities	181
Dalibor Radovan, Matija Klanjšček	Navigacija s satelitskim sprejemnikom GNSS in topografsko karto Navigation with a GNSS Receiver and a Topographic Map	205
Žiga Kokalj, Kristof Oštir	Možnosti uporabe satelitskih posnetkov za hitro in natančno kartiranje Potential Use of Satellite Images for Rapid Mapping	229
Boris Kovič	Normativni dokumenti Nata z geoprostorskega področja, vzpostavitev in zagotavljanje povezlivosti NATO Normative Geospatial Documents – Ensurance and Provision of Interoperability	245
Primož Kete, Sandi Berk	Stari in novi državni koordinatni sistem v Republiki Sloveniji ter koordinatni sistem zveze Nato Old and New Coordinate Systems in the Republic of Slovenia and the NATO Coordinate System	259
Janez Čerin	Mednarodna pogodba o odprtih zračnih prostorih Treaty on Open Skies – OS	281

Recenzenti

Reviewers

dr. Zvonimir Bratun

dr. Damir Črnčec

mag. Aleš Florjanc

mag. Igor Karničnik

dr. Tomaž Kladnik

dr. Žiga Kokalj

Boris Kovič

Aleš Marsetič

mag. Vojko Obrulj

mag. Katja Oven

dr. Dušan Petrovič

dr. Borut Vrščaj

dr. Tomaž Žagar

Uvodne besede

Pa smo ga le uspeli izdati! Kljub zelo neugodnim finančnim razmeram, zmanjševanju stroškov in organizacijskim spremembam smo, čeprav s skoraj polletno zamudo, le uspeli izdati zbornik v obliki, kakršno smo si zamislili. Izid smo namreč načrtovali oktobra lani, namenjen pa naj bi bil usposabljanju zaposlenih na Ministrstvu za obrambo na kartografskem in širšem geoprostorskem področju. Spoštovane bralke in bralce zato prosimo, da z razumevanjem spregledajo, da nekaterih organizacijskih enot, navedenih v prispevkih, ni več, druge so se preimenovala, nastale so nove, tudi nekateri avtorji so na drugih delovnih mestih. Tako je bil na primer Sektor za civilno obrambo Direktorata za obrambne zadeve, v katerega je spadala geoprostorska dejavnost, ukinjen, po novem je ta dejavnost v Sektorju za načrtovanje, ostala pa je v istem direktoratu.

Pred vami je torej zbir strokovnih prispevkov s področij kartografije, vojaške geografije, geoinformatike, satelitske detekcije in geodezije, pa tudi prispevkov avtorjev, zaposlenih na Ministrstvu za obrambo, ki obravnavajo področja kartografske in geoprostorske dejavnosti. Prispevki na primer obravnavajo izobraževanje pripadnikov Slovenske vojske na področju vojaške topografije in geografije, GIS-tehnologijo, normativne dokumente Nata z geoprostorskega področja ipd. Avtorji izhajajo iz različnih okolij, akademskega in operativnega, vsem pa je skupno, da so ključni predstavniki stroke, nekateri s kar dolgim stažem.

Dvajset let samostojnosti Slovenije je tudi dvajset let samostojne državne in vojaške kartografske dejavnosti. Popotnica, ki jo je mlada država dobila po osamosvojitvi, je obsegala predvsem veliko znanja, izkušenj in volje, da se dokaže, da zna in zmore zgraditi tehnološko sodoben in vsebinsko popoln kartografski sistem, ki bo uporabnikom različnih strok in resorjev služil kot zanesljiva, aktualna in računalniško podprta podlaga. Pomemben del teh uporabnikov sta tudi Slovenska vojska in sistem varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami.

Začetki torej segajo v zgodnja devetdeseta leta, ko so pri izdelavi prve sistemske topografske karte v merilu 1 : 25.000, to je Državne topografske karte in Državne topografske karte za potrebe obrambe, sodelovali vrhunski in izkušeni strokovnjaki iz Geodetske uprave Republike Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo ter Ministrstva za obrambo. Vsem so bile skupne visoka strokovnost, potreba in želja, da v sorazmerno kratkem času izdelajo prvo sistemsko državno karto, ki ne bo le verodostojen kartografski prikaz terena, temveč bo prikazala tudi znanje, metode dela in tehnologijo tega časa. Z veseljem lahko potrdim, da dobro in konstruktivno sodelovanje med strokovnjaki iz različnih ustanov še vedno traja, da se širi tudi v mednarodno okolje.

Z vstopom Slovenije v Nato smo med prvimi zahtevami po poveztivosti prevzeli obveznost interoperabilnosti oziroma medopravilnosti na geoprostorskem področju, predvsem v matematičnih osnovah. Prva serija medopravilne topografske karte Republike Slovenije, s standardi Nata, je Vojaška topografska karta v merilu 1 : 50.000 (VTK 50), njena državna izvedenka pa se imenuje Državna

topografska karta. Več o tem boste lahko prebrali v prispevkih Borisa Koviča, Primoža Keteja in Sandija Berka. Obdobje po vstopu v Nato je bilo obdobje izjemne mednarodne aktivnosti, začeli smo se povezovati s članicami Nata in Partnerstva za mir, sodelovati na konferencah ter delavnicah zavezništva in partnerstva, pa tudi znotraj Evropske unije, čeprav je v tem okviru geoprostorska aktivnost precej manj intenzivna.

To je bilo tudi obdobje izjemnega tehnološkega razvoja in razvoja satelitskih sistemov za opazovanje zemeljskega površja. Klasično, analogno izdelavo kart je nadomestila digitalna tehnologija, zajem podatkov in oblikovanje prostorskih podatkovnih baz vedno bolj temeljita na metodah in tehniki daljinskega zaznavanja ter satelitskega snemanja, klasično aerosnemanje pa dopolnjuje lasersko skeniranje. Koliko in kako se sodobne metode in tehnologije uvajajo na Ministrstvu za obrambo, obravnavajo prispevki mag. Aleša Florjanca, majorja Janeza Čerina, Janka Rozmana in Marijana Slaka, dr. Saša Poglajna in poročnika bojne ladje Bogomirja Tomažiča, avtorjev člankov *Uvajanje geoinformacijske podpore prehodnosti terena za motorizirane enote Slovenske vojske* in *Uvedba tri-razsežnega geografskega informacijskega sistema za odločanje in ukrepanje ob nesrečah*. Sicer pa so se tem temam v svojih prispevkih posvetili tudi dr. Žiga Kokalj, dr. Krištof Oštir, dr. Dalibor Radovan, Matija Klanjšček in avtorji prispevka *Uporaba laserskega skeniranja pri zaščiti in reševanju ter vojaških aktivnostih*.

Posebna pozornost je v zborniku namenjena tudi izobraževanju in usposabljanju na geoprostorskem področju ter na področju geoprostorske obveščevalne podpore, in sicer tako pripadnikov Slovenske vojske kot tudi drugih uporabnikov z ministrstva. O tem, tudi s kritično noto, pišejo dr. Zvonimir Bratun, podpolkovnik Jože Grozde in Matjaž Grum.

Upamo, da boste v zborniku našli veliko zanimivega branja, koristnih informacij in dobili tudi kakšno zamisel za izvirne, inovativne rešitve pri svojem delu. Naj ob tem opozorim še na novo spletno stran GEOPORTAL na intranetnih spletnih straneh Ministrstva za obrambo, na kateri boste našli predvsem uporabniško naravnane informacije o geoprostorskih zadevah, dosegljivem geoprostorskem gradivu, podatkih in drugih koristnih napotkih.

Na koncu pa mi dovolite, da se zahvalim sourednikoma Jožetu Balasu in Borisu Koviču za njuna prizadevanje in neomajni optimizem, povezana s pripravo in izdajo zbornika. Hvala za podporo tudi vodstvu Direktorata za obrambne zadeve in Sektorja za načrtovanje ter Centru za usposabljanje Poljče in vsem avtorjem, ki s prispevki z nami delijo svoje znanje in izkušnje. Sodelavce, ki imajo prav tako bogate izkušnje z obravnavanega področja, pa vabim, da se nam pridružijo v pripravi na drugo izdajo, morda čez dve leti.

Zahvaljujem se tudi vsem recenzentom, prevajalcem in lektorjem za njihovo delo, kajti z njihovim prispevkom je zbornik boljši, tako z vidika strokovnosti kot spoštovanja do slovenskega jezika.

Ana Kokalj

Sektor za načrtovanje, Direktorat za obrambne zadeve, maj 2012

Editorial

At last! This monograph took some time to come out! Despite the very unfavourable financial situation, cost reduction and organisational changes and with a delay of almost half a year, we finally managed to publish this monograph in the form we envisioned. It had been planned to be published in October last year, and designed for the training of the MoD employees in cartography and the wider geospatial area. Bearing this in mind, dear readers, we hope you will overlook the fact that some organisational units mentioned in the papers were abolished or renamed, while new ones were established. Furthermore, certain authors were assigned to other positions. Such was the case with the Civil Defence Division of the Defence Affairs Directorate, which was responsible for geospatial activities and which has been abolished. This area is still under the responsibility of the same directorate, it is, however, covered by the Planning Division.

This monograph presents a collection of technical papers focusing on cartography, military geography, geographic information, satellite detection and geodesy, and papers written by MoD employees dealing with cartographic and geospatial activities. The papers explore, among other issues, the education of Slovenian Armed Forces' (SAF) members in the fields of military topography and geography, GIS technology, NATO normative documents related to the geospatial area etc. The authors are from different academic or operational backgrounds, yet they are all key representatives of their profession, some of them with fairly long time of service.

Slovenia's twenty years of independence also signify twenty years of independent national and military cartographic activities. Upon gaining its independence, the young state was able to take along extensive knowledge, experience and will to prove that it is capable to develop a technologically modern and substantially complete cartographic system, which will serve users of various disciplines and sectors as a reliable, up-to-date and computer-supported basis. A significant part of these users is represented by the Slovenian Armed Forces and the system of protection against natural and other disasters.

The beginnings date back to the early 1990s when the first systematic topographic map in the scale of 1:25,000 - namely the National Topographic Map and National Topographic Map for Defence Purposes - was produced through the cooperation of top-level and experienced experts from the Geodetic Institute of the Republic of Slovenia, the Faculty of Civil Engineering and Geodesy, and the Ministry of Defence. These experts all shared high professionalism, the need and desire to produce, in a relatively short period of time, the first system national map, which not only will provide an authentic display of the terrain, but will also incorporate the knowledge, work methods and technology of that time.

I am pleased to confirm that good and productive cooperation among experts from various institutes is still existing and expanding to the international environment.

One of the first interoperability commitments assumed by Slovenia upon joining NATO was the one related to the geospatial area, in particular to mathematical fundamentals. The first series of the topographic map of the Republic of Slovenia interoperable with NATO standards was the Military Topographic Map in the scale

of 1:50,000 (MTM 50). Its national variant is referred to as the National Topographic Map. More about this topic is addressed in the papers written by Boris Kovič, Primož Kete and Sandi Berk. The period after Slovenia's accession to NATO was marked by exceptional international activities: Slovenia began to develop cooperation with NATO and PfP member states, and to participate in conferences and workshops of the Alliance and the Partnership, as well as within the European Union, even though geospatial activities were fairly less intensive in this context.

This period was also characterised by an exceptional technological development, including the development of satellite systems for monitoring the Earth's surface. The traditional analogous production of maps was replaced by digital technology. Data acquisition and the creation of spatial databases increasingly rely on the methods and technology of remote sensing and satellite survey, and traditional aerial survey is supplemented by laser scanning. The issue of how many and which modern methods and technologies are introduced at the Ministry of Defence is discussed in the papers written by Aleš Florjanc, Major Janez Čerin, Janko Rozman and Marijan Slak, Dr. Sašo Poglajen and Commander Bogomir Tomažič, the authors of the paper *GIS Modelling of Terrain Trafficability for the Need of the Slovenian Armed Forces* and *The Introduction of the 3D-GIS for Decision-Making and Response in the Event of Disasters*. These topics are also dealt with by Dr. Žiga Kokalj, Dr. Krištof Oštir, Dr. Dalibor Radovan, Matija Klanjšček and the authors of the paper *The Use of Laser Scanning Technology in Protection and Rescue, and Military Activities*.

The monograph focuses particularly on education and training in the geospatial area and in the geospatial intelligence support to SAF members and other MoD users. This topic is, with a critical undertone, also discussed by Dr. Zvonimir Bratun, Lieutenant Colonel Jože Grozde and Matjaž Grum.

We hope that the monograph will offer plenty of interesting topics and useful information, as well as provide some ideas for introducing resourceful and innovative solutions into your work. At this point, let me also draw your attention to the new MoD Web Site GEOPORTAL, which will provide user-oriented information on geospatial issues, accessible geospatial materials, data and other useful advice.

Finally, I would like to thank the co-editors Jože Balas and Boris Kovič for their efforts and steady optimism associated with the preparation and publishing of this monograph. I would also like to express my thanks to the management of the Defence Affairs Directorate, the Planning Division, the Poljče Training Centre and all authors who share their knowledge and experience in their contributions. At this point, I would like to invite my colleagues who also have extensive experience related to this subject to join us in the preparations for the next publication, which will most probably be issued in two years.

A word of thanks should also go to all reviewers, translators and proof-readers for their contribution to make this publication a better one - in technical terms as well in terms of respecting the usage of Slovenian language.

Ana Kokalj
Planning Division, Defence Affairs Directorate, May 2012

Razvoj slovenskega vojaškega kartografskega sistema in problematika vzdrževanja

Development of the Slovenian Military Cartographic System and Problems Related to Map Maintenance

Boris Kovič

Povzetek V prispevku je podan kratek pregled vzpostavitve kartografskega sistema za potrebe Ministrstva za obrambo RS. Razvoj vojaškega kartografskega sistema poteka hkrati z razvojem državnega (civilnega) kartografskega sistema, ki ga vodi Geodetska uprava Republike Slovenije, ob upoštevanju potreb Slovenske vojske, usmeritev in standardov Nata. Predstavljene so serije vojaških kart po posameznih merilih ter opisane njihove značilnosti. Opisana je problematika vzdrževanja in obnove kart, tiska ter hranjenja kartografskega gradiva. Izpostavljena je pomembnost priprave strategije razvoja slovenske vojaške kartografije, ki je načrtovana v okviru ciljnih raziskovalnih programov. Predstavljena je tudi umeščenost geoprostorske dejavnosti na Ministrstvu za obrambo ter sodelovanje z zunanjimi institucijami na razvojnem in operativnem področju.

Ključne besede Vojaške karte, kartografski sistem, vzdrževanje kart, Ministrstvo za obrambo RS.

Abstract The article briefly describes the establishment of a cartographic system for the Ministry of Defence of the Republic of Slovenia. The development of the military cartographic system runs parallel to the civil state cartographic system, which is managed by the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, with respect to the needs of Slovenian Armed Forces and NATO directives and standards. A series of military maps are presented upon the scales, with a description of their characteristics. Problems relating

to maintenance, renewal, printing and the proper storing of military maps are described. The importance of developing the strategy of the Slovenian military cartographic system development, planned within the frame of Target Research Programmes, is emphasized. The organization of the geospatial field of work within Ministry of Defence is discussed, as well as the cooperation with external institutions on development and operational levels.

Key words Military maps, cartographic system, map maintenance, Ministry of Defence of the Republic of Slovenia.

1 UVOD

Vzpostavitev novega državnega in vojaškega kartografskega sistema je izziv, s katerim se države le redko soočajo. To se lahko zgodi ob prelomnih zgodovinskih dogodkih, ob vstopu v mednarodne povezave in vojaške organizacije ali ob menjavi osnovnega geodetskega in koordinatnega sistema. Slovenija se je po osamosvojitvi znašla v položaju, ko star kartografski sistem, ki ga je vzdrževala nekdanja država, ni bil več dostopen. Pred mlado državo je bilo ob sočasni odločitvi za približevanje in članstvo v evroatlantskih integracijah postavljenih veliko nalog, saj se je morala tudi na področju vojaške in državne kartografije poenotiti in povezati z razvitimi evropskimi državami ter članicami zavezništva. Pri vojaških kartah je bilo treba, skladno z Natovo geografsko politiko, preiti na drugačno matematično osnovo in tradicionalen Besslov elipsoid nadomestiti s svetovnim elipsoidom WGS 84. Karte jugoslovanske armade, ki so jih po osamosvojitvi še precej uporabljali, so morali odstraniti iz uporabe. Ministrstvo za obrambo (MO) in Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS) sta v sodelovanju s kartografskimi ustanovami, med katerimi velja še posebej izpostaviti Geodetski inštitut Slovenije, Geodetski zavod Slovenije in DFG Consulting, d. o. o., postavila temelje kartografije in začela skupaj načrtovati in graditi kartografski sistem, ki je ustrezal vojski in civilnim resorjem (po Petrovič, 2002, in Kovič, 2002). Osnovni sistem vojaških kart je bil v Sloveniji v celoti vzpostavljen v desetih letih, kar je razmeroma hitro. Vzpostavljen kartografski sistem je treba nenehno vzdrževati, sicer počasi zastara. Vzdrževanje in priprava novih projektov sta odvisna od razpoložljivih finančnih sredstev, ki so zadnja leta vse bolj omejena.

Skladno z Natovo geoprostorsko politiko in drugimi Natovimi dokumenti s tega področja države članice morajo vzdrževati aktualno stanje podatkov za svoje ozemlje. Za razvoj vojaškega kartografskega sistema je pogoj aktivno mednarodno sodelovanje in spremljanje razvoja v drugih državah ter standardov in zahtev Nata. Sklenjeni dvostranski sporazumi z državami članicami Nata in Partnerstva za mir na geoprostorskem področju omogočajo izmenjavo geografskih informacij.

Karte v tiskani obliki so kljub dokaj razširjenim digitalnim medijem prikazovanja kart in satelitskim navigacijskim pripomočkom še vedno nepogrešljiv del opreme za orientacijo in navigacijo. Zelo pomembne so ne le za vojaka, ki se znajde v neznanem okolju, temveč tudi za vse, ki v prostoru analizirajo, načrtujejo, izvajajo aktivnosti, se gibajo, potujejo in raziskujejo, saj še vedno predstavljajo najenostavnejši priročen vir kompleksnih informacij v prostoru. Državne topografske in pregledne karte so skladno z zakonom o avtorskih pravicah javne in avtorsko zaščitene. Vojaške topografske karte so izdelane za MO in so brez stopnje tajnosti.

2 SLOVENSKI VOJAŠKI KARTOGRAFSKI SISTEM

2.1 Kratek zgodovinski pregled

Izdelava in vzdrževanje kartografskega sistema na državni ravni v nekdanji Jugoslaviji je bila v pristojnosti Vojaškega Geografskega Inštituta iz Beograda (v nadaljevanju VGI). Celotna država je bila sistemsko pokrita z natančnimi in kakovostno izdelanimi kartami v merilih 1 : 25.000 (TK 25), 1 : 50.000 (TK 50), 1 : 100.000 (TK 50) in 1 : 200.000 (TK 200), s kartami v manjših merilih, letalskimi posnetki in drugimi tematskimi kartami, ki so bile izdelane v letih od 1960 do 1988. Za območje Slovenije so bile celotna TK 25 ter večji del TK 50 in TK 100 zadnjič vsebinsko dopolnjene okoli leta 1985. Kartografski podatki so bili večinoma pod nadzorom vojske in so bili v civilne namene le omejeno dostopni. Karte so bile označene s stopnjo tajnosti interno in zaupno. Slovenija je bila vodilna med tedanjimi zveznimi republikami in je pod okriljem tedanje republiške geodetske uprave razvijala nekatere dele kartografskega sistema za svoje ozemlje. Vodilni instituciji pri tem sta bili Geodetski zavod Slovenije in Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FAGG (današnji Geodetski Inštitut Slovenije). Slovenija je celotno ozemlje prekrila z listi temeljnih topografskih načrtov v merilu 1 : 5.000 (TTN 5) oziroma 1 : 10.000 (TTN 10), vzdrževala sistem preglednih kart meril od 1 : 250.000 do 1 : 1.000.000 ter druge evidence o prostoru. Geodetski zavod Slovenije je v letih od 1981 do 1985 izdelal karte v merilu 1 : 50.000 (TK 50 GZS), na podlagi katerih so bili pozneje izdelani vsem znani Atlasi Slovenije, ki so ob izidu postali prodajne uspešnice. Sloveniji je predvsem po zaslugi tedanjega načelnika VGI, Slovenca dr. Miroslava Peterce, uspelo za potrebe prostorskega načrtovanja v 70. in 80. letih od VGI pridobiti tiskane liste in kopije reprodukcijskih originalov, t. i. gospodarske izdaje topografske karte v merilu 1 : 25.000 (TK 25) (po Petrovič, 2000, str. 262).

Po osamosvojitvi je vodenje državnih evidenc o prostoru in sistemskih državnih kart prevzel GURS. Stanje kartografskega sistema leta 1991 je bilo naslednje: izmed topografskih, preglednih topografskih in drugih kart VGI so bile v Sloveniji prej omenjene kopije reprodukcijskih originalov listov TK 25 s stanjem iz let 1985/86, izmed preostalih meril kart pa le omejene količine tiskanih izvodov listov (Petrovič, 2002). Karte VGI so bile vsebinsko že zastarele in ker ni bilo izdelavnega gradiva, ni bila mogoča obnova. Poleg tega so bile karte neprilagojene novim zahtevam uporabnikov (digitalna oblika, novi mediji) in tudi neusklajene s sistemi sosednjih držav ter mednarodnih zvez in organizacij (Nato). Ob tem so bile skupne prednostne naloge GURS na področju državnega topografsko-kartografskega sistema in MO na področju vojaškega kartografskega sistema vzpostavitev in obnova kartografskega sistema ter sistema topografskih baz in prenova osnovnega geodetskega sistema.

V želji po učinkovitejši vzpostavitvi lastnega sistema državnih kart in topografskih baz sta leta 1994 MO in Ministrstvo za okolje in prostor (MOP) podpisala Dogovor o sodelovanju pri izvajanju geodetskih zadev skupnega pomena. Dogovor je načelno opredelil skupne vsebinske podlage, skupno financiranje kartografskih projektov in povezovanje podatkov geodetske infrastrukture s prostorskimi evidencami MO. Posebni del dogovora se je nanašal na sodelovanje med MO in MOP pri vzpostavitvi državnega kartografskega sistema, predvsem meril 1 : 25.000 in 1 : 50.000 ter razdelitev pristojnosti. Dogovor sta Uprava za civilno obrambo MO in GURS še v istem letu nadgradila z dogovorom o pogojih financiranja, uporabe in hranjenja geodetskih evidenc in podatkovnih baz. Zakon o geodetski dejavnosti (Uradni list RS, št. 8/2000, z dopolnitvami) je pozneje sodelovanje tudi normativno potrdil, saj v 28. členu določa, da nekatere strokovno-tehnične in razvojne naloge na področju topografskega in kartografskega sistema za potrebe obrambe države opravlja v sodelovanju z geodetsko upravo ministrstvo, pristojno za obrambo.

Oblikovanje kartografskega sistema in naloge pri tem so bile podrobneje definirane v Strategiji topografsko-kartografskega sistema Republike Slovenije (TKSS), ki je bila leta 1996 izdelana na tedanjem Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo FAGG (po Petrovič, 2002). Od takrat so se redno oblikovali posamezni elementi sistema in se tudi ustrezno dopolnjevali.

Med letoma 1999 in 2001 je bil na Geodetskem inštitutu Slovenije izdelan redakcijski načrt za projekt izdelave, vzdrževanja in vodenja državnih topografskih kart, ki je opredelil zasnovo državnega in vojaškega kartografskega sistema ter zasnove kart za merila 1 : 25.000, 1 : 50.000 in 1 : 100.000. Opredelil je matematične osnove, območje prikaza, kartografske vire, vsebino prikaza s knjižnico znakov ter postopke za izdelavo (po Petrovič, 2002).

Leta 2004 je Vlada RS sprejela Strategijo osnovnega geodetskega sistema. Bistvena vsebina strategije je prehod iz obstoječega koordinatnega sistema z oznako D48 na nov državni koordinatni sistem ESRS (European Spatial Reference System), ki je tudi enotni koordinatni sistem za območje Evrope. V strategiji je med drugim navedeno upoštevanje usmeritev in standardov Nata pri kartiranju in vzpostavitvi novega državnega koordinatnega sistema. Sprememba državnega koordinatnega sistema ne pomeni nikakršnih sprememb koordinat na vojaških kartah, pri katerih se skladno z Natovimi standardi še naprej uporablja pravokotni koordinatni sistem UTM. Na državnih topografskih kartah do izida tega članka ni bilo sprememb pri označevanju koordinat na kartah, vendar bo do tega moralo verjetno slej ko prej priti.

Leta 2005 je bil med MO in GURS podpisan Dogovor o zagotavljanju, pogojih in načinu uporabe ter časovnih razponih obnavljanja prostorskih podatkov in pozneje še Dogovor o uporabi podatkov in storitve prevzemanja geodetskih podatkov, katerih namen je ureditev storitve prevzemanja geodetskih podatkov prek neposredne računalniške povezave.

Leta 2008 je bil med MO in MOP podpisan Aneks k dogovoru o sodelovanju pri izvajanju geodetskih zadev skupnega pomena, v katerem podpisnika soglašata, da je z vstopom RS v zvezo Nato in Evropsko unijo prišlo do spremenjenih okoliščin, na podlagi katerih MOP dovoljuje MO, da pod pogoji, navedenimi v tem aneksu, lahko brezplačno posreduje podatke iz geodetskih evidenc in podatke, ki jih pridobi od GURS-a (razen osebnih podatkov), zvezi Nato, EU, državam članicam Nata ter državam članicam Partnerstva za mir.

Med nastajanjem tega članka je na MOP v pripravi predlog Zakona o državnem geodetskem referenčnem sistemu, v katerega je MO uvrstil sistem vojaških kart v okvir državnega topografskega sistema Republike Slovenije. To je edini normativni dokument, v katerem so izrecno navedene vojaške karte.

2.2 Pregled serij vojaških kart v Republiki Sloveniji

2.2.1 Državna topografska karta 1 : 25.000 za potrebe obrambe (DTK 25 MO)

Topografska karta v merilu 1 : 25.000 je karta najprimernejšega merila za orientacijo na terenu in načrtovanje različnih aktivnosti na širši lokalni ravni. Karta se je v Sloveniji uporabljala za prostorsko načrtovanje, prikazovanje tematskih vsebin, v turizmu in kot podpora različnim aktivnostim na terenu. Razlog za tako široko uporabo karte omenjenega merila je tudi v zgodovini uporabe topografskih kart v Sloveniji.

Začetek izdelave državne in vojaške systemske karte merila 1 : 25.000 sega v leto 1994, ko sta GURS in MO v sodelovanju s tedanjim Inštitutom za geodezijo in fotogrametrijo FAGG pripravila Projekt izdelave državne topografske karte DTK 25 z obnovo TK 25 (po Petrovič, 2002). Osnovni vir za izdelavo

karte so bili reprodukcijski originali TK 25 in pripadajoči tiskani listi, nazadnje obnovljeni v letih 1985 in 1986. Projekt je predvideval reambulacijo listov TK 25 po klasičnem analognem postopku. Izdelati je bilo treba kar 198 listov. Vojaška različica karte 1 : 25.000, poimenovana kot DTK 25 MO, je bila zasnovana kot nadgradnja državne karte z nekaterimi tematskimi podatki, pomembnimi za obrambo, kot so: karakteristike cest in mostov, gostota in vrsta gozda, bolnišnice, šole, točke za oskrbo z gorivi, heliporti (glej slika 1). Vir zajema teh tematskih podatkov je bil pretežno terenski. Kmalu po začetku izdelave kart je postalo jasno, da bi bila popolna vsebinska obnova tako časovno in še posebej finančno prevelik zalogaj. Obnova se je zato izvedla v omejenem obsegu, kar pomeni, da so bili na karto vneseni le državna meja z Republiko Hrvaško po mejah katastrskih občin, avtoceste in pomembnejše ceste, večje skupine novih objektov, železnice, vodne akumulacije ter popravljena zemljepisna imena naselij in kratice ter okrajšave. Reambulacija ni zajela popravljanja ali dopolnjevanja gozdnih poti in kolovozov, gozdne meje, mreže vodovja ter prikaza reliefa (po Petrovič, 2002).

Vseh 198 listov DTK 25 MO je bilo izdelanih med letoma 1996 in 1999. Karta je bila na MO izredno dobro sprejeta in široko uporabljena. Glavna uporabnika sta Slovenska vojska in Uprava za zaščito in reševanje. Uporabniki so jo kljub vsebinsko časovno nedefiniranemu stanju večinoma ocenili kot dober pripomoček pri delu, pripombe so bile le na kakovost papirja, na katerega je bila tiskana, saj se je ob stiku z vodo karta hitro poškodovala, strgala in postala neuporabna. Vsebinska zastarelost karte je z leti postajala vse bolj očitna, potrebe po karti pa so ostale nespremenjene. Nekaterih listov je začelo primanjkovati, zato so bili izvedeni številni ponatisi brez vsebinskih dopolnitev na bolj kakovosten kartografski papir.

2.2.2 Vojaška topografska karta 1 : 25.000 (VTK 25)

Z vidika uporabe v zvezi Nato je bila karta DTK 25 MO problematična, saj ni bila povezljiva. Karta namreč ni izdelana v koordinatnem sistemu in projekciji, kot predpisujejo standardi Zveze Nato (sistem UTM na elipsoidu WGS 84). MO je leta 2003 pri Geodetskem inštitutu Slovenije naročil pripravo projekta za izdelavo in obnovo vojaške topografske karte v merilu 1 : 25.000. Izdelana sta bila redakcijski načrt za izdelavo karte in prototipni list Vojaške topografske karte 1 : 25.000 za območje Postojne. Karta se vklaplja v sistem razdelitve državnih in vojaških kart ter je izdelana skladno z vsemi predpisanimi Natovimi standardi.

Pri pripravi projekta je bilo vprašljivo, katere elemente tematske vsebine DTK 25 MO, pomembne za obrambo, vključiti tudi v novo VTK 25. Podatki o gozdovih na karti so stari že 20 ali več let. Prikaz značilnosti prometnic (širina in ustroj), podatki o mostovih ter gozdnih cestah so iz obdobja 1996–1999, zato direkten prepis iz DTK 25 MO ni smiselno. Te podatke je pri izdelavi VTK 25 treba nujno terensko preveriti. Naslednji problem je prikaz kolovozov in poti na DTK 25 MO, ki je povzet iz TK 25 VGI iz 1984/85 in pri čemer ni znano, koliko so bili kolovozi reambulirani. Potrebna bi bila celovita terenska preveritev potekov kolovozov z GPS-meritvijo, saj so kolovozi in poti objekti, ki jih je glede na namen in merilo na VTK 25 vsekakor treba prikazati. Vsebina na DTK 25 MO so tudi podatki o gozdovih (gozd je opisan z vrsto, povprečno višino, povprečno debelino in opisno z gostoto), ki pa so sčasoma postali neažurni, zato se je na novi VTK 25 označila le vrsta gozda.

Celovita vsebinska obnova karte je problematična in razmeroma draga. Finančna ocena Geodetskega inštituta Slovenije za izdelavo enega novega, popolnoma obnovljenega lista je približno 6000 evrov. Sistemskih listov je 190, kar pomeni velik finančni in ob omejenih zmogljivostih tudi časovni zalogaj (2–3 izdelane karte na mesec na izvajalca)¹. Optimalno bi za vzpostavitev

¹ Ocena iz tehničnega poročila projekta za izdelavo in obnovo vojaške topografske karte v merilu 1 : 25.000, Geodetski inštitut Slovenije, 2003.

sistemskih kart potrebovali torej vsaj 1,2 milijona evrov in pet let ob dveh polno zasedenih izvajalcih. Po končani izdelavi bi bilo treba sistem tudi vzdrževati, in sicer približno 20 listov na leto. Od leta 2003 do danes ni bilo narejenega nobenega koraka v smer sistemske izdelave kart v tem merilu. Karto v merilu 1 : 25.000 sicer vsebinsko lahko deloma nadomesti sistemska vojaška karta v merilu 1 : 50.000, vendar posebne potrebe Slovenske vojske in Uprave RS za zaščito in reševanje po karti merila 1 : 25.000 ostajajo. Pri načrtovanju in izvedbi vojaških vaj ter ob naravnih in drugih nesrečah, pri katerih posredujejo enote zaščite in reševanja ali SV, je pri gibanju in orientaciji na terenu uporabnost kart v merilu 1 : 25.000 v primerjavi z merilom 1 : 50.000 zaradi podrobnejših podatkov o značilnostih terena mnogo večja. V predvideni strategiji razvoja vojaškega kartografskega sistema bo glede na potrebe navedenih glavnih uporabnikov in glede na razpoložljiv časovni in predvsem finančni okvir treba opredeliti, ali topografsko karto v merilu 1 : 25.000 sploh ohraniti. Ena izmed možnosti je izdelava sistemskih listov za določena območja v Sloveniji, ki so prednostna za potrebe obrambe ter zaščite in reševanja. GURS za zdaj zaradi pomanjkanja finančnih sredstev in prioritet vzpostavitve ter vodenja nepremičninskih evidenc ni zainteresiran za vzdrževanje sistemskih državnih kart v tem merilu. Če bo v prihodnosti odločeno, da slovenski državni in vojaški kartografski sistem opusti merilo 1 : 25.000, bi bilo smiselno razmisliti o prenosu nekaterih dosedanjih, za vojaško rabo pomembnih podatkov na merilo 1 : 50.000. To so predvsem karakteristike cestnega omrežja in mostov, širina, ustroj, nosilnost prometnic itn. Dodatne vojaške vsebine so lahko daljnovodi tudi visoke napetosti ter visoki objekti. Močan protiargument prenosu dela vsebin na karto merila 1 : 50.000 so posledična prenatrpanost, zmanjšanje preglednosti in čitljivosti. Pri tem bi bilo treba upoštevati tudi izkušnje iz tujine. Primer izseka VTK 25 je prikazan na sliki 2.

2.2.3 Vojaška topografska karta RS 1 : 50.000 (VTK 50)

Vojaške karte v merilu 1 : 50.000 so osnovne karte kartografskega sistema, določenega z Natovo geoprostorsko politiko MC 296 ter Natovim in slovenskim vojaškim standardom SVS STANAG 3677 in so namenjene taktično-operativnim potrebam (Kovič, 2002). V tem merilu so članice, vsaka za svoje ozemlje, skladno z Natovo geoprostorsko politiko dolžne vzdrževati geoprostorske podatke. Po vključitvi v Partnerstvo za mir in približevanju zvezi Nato ter na podlagi potreb Slovenske vojske je bilo zato jasno, da bo treba območje Slovenije poleg merila 1 : 25.000 sistemsko pokriti tudi s kartami v tem merilu. Že ob začetku nastajanja karte se je pojavil problem kartografskih virov, saj za navedeno merilo v Sloveniji ni bilo izdelavnega gradiva niti reproduksijskih originalov TK VGI. Na voljo je bilo le omejeno število tiskanih izvodov TK 50. Na podlagi izvirnih metod skeniranja, barvne separacije in izpopolnjenih rastrskih in vektorskih postopkov kartografske obdelave je bilo za Natovo vojaško vajo CAE² leta 1998 izdelanih prvih 11 listov VTK 50 za območje Ljubljane, Posavja, Postojne in Dolenjske. Dva izmed izdelanih listov sta bila poslana na ameriško nacionalno agencijo za kartiranje (NIMA³) v ocenitev in sta prejela oceno prav dobro in odlično (po Petrovič, 2002). V tistem času se je MO z GURS in Geodetskim inštitutom Slovenije odločil poiskati skupne rešitve za izdelavo obeh različnih topografskih kart, državne in vojaške, ki bosta ustrezali potrebam obrambe in tudi državnih geodetskih in drugih nalog. Leta 1999 je GURS razpisal projekt izdelave Državne topografske karte v merilu 1 : 50.000 (DTK 50), ki je bil z redakcijskim načrtom za projekt izdelave, vodenja in vzdrževanja državnih topografskih kart dokončan leta 2001. Projekt je bil zastavljen tako, da se vojaška in civilna različica kart vsebinsko čim manj razlikujeta. Vojaška karta je morala

² Cooperative Adventure Exchange.

³ National Imagery and Mapping Agency, v novembru 2003 preimenovana v National Geospatial-Intelligence Agency (NGA).

ustrezati specifičnim zahtevam in standardom zveze Nato glede enotnih matematičnih osnov, prikaza pravokotne koordinatne mreže, prikaza podatkov izven okvirne vsebine in velikosti lista. Metoda izdelave topografskih kart omogoča po skupnih izvedenih pripravljalnih delih, zajemu popravkov in dopolnitev ter njihovi vključitvi v obstoječe karte ločeno izdelavo listov Državne topografske karte, v skladu s standardi Nata pa vojaške topografske karte. Od leta 2001 se obe različici izdelujeta hkrati, kar pomeni optimizacijo postopkov, stroškov in časa izdelave teh kart.

VTK 50 je izdelana v prečni Mercatorjevi projekciji na elipsoidu WGS 84 na listih, velikosti območja $20' \times 12'$. Karte so na voljo v obliki tiskanih listov in kot geolocirane rastrske slike združene vsebine ter posameznih slojev. Kartirano območje se na sosednjih listih ne prekriva. Vseh 58 sistemskih listov VTK/DTK 50 za območje Slovenije je bilo dokončanih leta 2005. Leta 2006 se je začelo liste na podlagi najnovejših aerosnemanj in terenskega pregleda vsebinsko obnavljati. Sedanji cikel obnove je 7–8 let, ne glede na lego lista in dejanske spremembe v prostoru, kar je z vidika aktualnosti podatkov, predvsem v urbanih območjih, lahko problematično.

Poleg uporabe v Slovenski vojski, ki te karte uporablja pri usposabljanju, v izobraževalnem procesu in za potrebe vojaških vaj, so karte nepogrešljive tudi pri nalogah s področja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami ter pri urejanju prostora. Karte so tudi podlage pri aktivnostih, ko Slovenija zagotavlja podporo države gostiteljice za zavezniške sile in organizacije, ki se bodo skladno z mednarodnimi sporazumi mudile in delovale na ozemlju Republike Slovenije oziroma bodo v tranzitu. Primer izseka VTK 50 je prikazan na sliki 3.

2.2.4 Vojaška topografska karta RS 1 : 100.000 (VTK 100)

MO je v letih 2002 in 2003 izdal 16 sistemskih listov vojaške topografske karte RS v merilu 1 : 100.000 (VTK 100), ki pokrivajo celotno območje Slovenije. Merilo 1 : 100 000 v Natu ni med predpisanimi merili, vendar je standardizirano z Natovim in slovenskim vojaškim standardom SVS STANAG 3677 (Kovič, 2002). Karte so nastale na podlagi listov topografske karte TK 100 z delno obnovo. Karta je vsebinsko precej obremenjena z veliko gostoto podatkov, predvsem z gostimi plastnicami. Namenjena je obrambnemu načrtovanju in izvajanju operacij na regionalni ravni. Od izdelave do danes ni bilo zabeleženo veliko potreb uporabnikov po tej karti. Karte se večinoma uporabljajo v obliki zlepljenih stenskih mozaikov vseh 16 listov v skupni velikosti približno 3 m x 2 m. Vsebinska obnova karte je odvisna od potreb uporabnikov, vendar obnova v kratkoročnem obdobju ni načrtovana. Primer izseka VTK 100 je prikazan na sliki 4.

2.2.5 Vojaške karte v merilu 1 : 250.000

Poleg merila 1 : 50.000 na taktično-operativni ravni (nivo 2) je z Natovo geoprostorsko politiko MC 296 in direktivo o geoprostorskih informacijah v podporo Natu in standardom SVS STANAG 3677 standardizirano tudi merilo 1 : 250.000 (nivo 1). Države članice zavezništva morajo izdelati in vzdrževati geoprostorske podatke za svoje ozemlje tudi v tem merilu. Karte v tem merilu so namenjene načrtovanju v okviru mednarodnih operacij in misij ter izvajanju operacij na regionalni ravni. V nadaljevanju so opisane izdelane različice vojaških kart 1 : 250.000 v Sloveniji.

2.2.5.1 Karta Joint operations Graphics 1501 G in A (JOG 1501)

Karta Joint Operations Graphics (JOG 1501) je v Natu standardizirana s standardom STANAG 3600 in določena v sistemu meril, ki ga opredeljuje SVS STANAG 3677. Države Nata jo izdelujejo v dveh različicah, kot kopensko karto z oznako 1501 G (Ground) in kot letalsko karto z oznako

1501 A (Air). Za celotno območje kopnega Zemlje je narejena sistemska razdelitev na liste velikosti $2^\circ \times 1^\circ$. Članice Nata so s sistemskim kartiranjem lastnega ozemlja in interesnih območij po svetu v tem merilu začele že v petdesetih letih prejšnjega stoletja in si razdelile pristojnost nad izdelavo in vzdrževanjem listov karte za posamezna območja. Za območje Slovenije, ki leži na petih sistemskih listih, so karte JOG 1501 v obeh različicah izdelovali Britanci, Američani in Italijani. Z vstopom v Nato je naša država dolžna vzdrževati geoprostorske podatke na tej ravni, pristojnost izdelave nad posameznimi listi JOG 1501, ki pokriva Slovenijo, pa ni bila prenesena nanjo. Velik del površine petih sistemskih listov, ki pokrivajo Slovenijo, obsega pretežno območja sosednjih držav. Leta 2005 je MO v sodelovanju z Geodetskim inštitutom Slovenije pripravil projekt izdelave karte JOG 1501 G in A z izdelavo testnega lista NL 33-05, ki je bil dokončan v začetku jeseni 2005 in je financiran s sredstvi CRP – »Znanje za varnost in mir 2004–2010«.

V zadnjem obdobju nekatere Natove države na sestankih in konferencah poročajo, da opuščajo izdelavo kart JOG 1501 (Nemčija, Nizozemska, Češka, Norveška), kar pa ne pomeni prekinitve vzdrževanja podatkovnih baz in izdelave drugih vrst kart v tem merilu.

2.2.5.2 Vojaška pregledna karta RS 1 : 250.000 (VPK 250)

Kot pregledna karta celotne Slovenije se je na MO pogosto uporabljala VTK 100, ki pa zaradi gostote topografskih podatkov ter merila v zasnovi ni namenjena takšni uporabi. Zaradi navedenega je bilo logično nadaljevanje vzpostavitve modernega vojaškega kartografskega sistema izdelava pregledne, z Natom povezljive karte v merilu 1 : 250.000. Leta 2007 je MO v sodelovanju z Geodetskim inštitutom Slovenije pripravil in izdal Vojaško pregledno karto RS v merilu 1 : 250.000 (VPK 250), zasnovano kot vsebinsko nadgradnjo državne pregledne karte GURS v merilu 1 : 250.000 iz leta 2005. Vojaška karta ima v primerjavi z državno različico spremenjen, preglednejši prikaz poselitve, pravokotno koordinatno mrežo sistema UTM z oznako 100-kilometerskih kvadrantov vojaškega mrežnega referenčnega sistema MGRS ter vse elemente vsebine, skladno s sprejetimi SVS STANAG-i z geoprostorskega področja. Karta je izdelana na enem listu kot stenska karta. Uporabnikom je na voljo tudi digitalna oblika karte. Obnova karte je načrtovana za leto 2012. Primer izseka karte je prikazan na sliki 5.

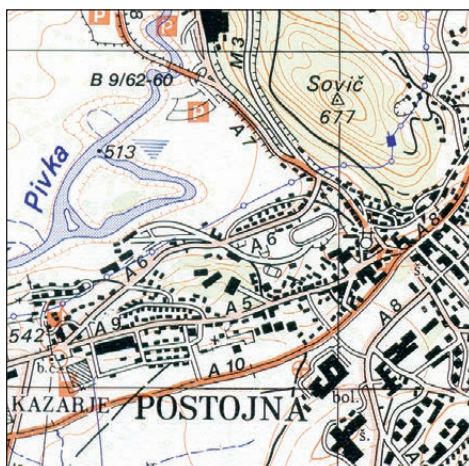
2.2.5.3 VFR Vojaška letalska navigacijska karta RS 1 : 250.000 (VFR LNK 250)

V civilnem letalstvu v Sloveniji so za navigacijo največ v uporabi karte ameriškega podjetja Jeppesen, ki pa so zaradi majhnega merila (1 : 500.000) in skope vsebine ter tudi zaradi nepovezljivosti s standardi Nata manj primerne za načrtovanje in izvajanje nalog letalstva SV. Operativna uporaba kart VGI je bila zaradi nepovezljivosti matematičnih osnov ter popolne vsebinske zastarelosti v Slovenski vojski preklicana z ukazom. Kljub temu se je ponekod, predvsem v letalskih enotah Slovenske vojske, kot pregledna karta in pripomoček pri načrtovanju in izvajanju letalskih nalog vse do leta 2006 uporabljala še stara vojaška karta v merilu 1 : 200.000, katere izdajatelj je bil VGI. Razlog je bil v praktičnosti merila glede na naravo nalog in velikost ozemlja Slovenije. Karto so si pripadniki letalstva plastificirali in jo uporabljali kot orientacijski pripomoček pri letenju. Zaradi navedenega je bilo nujno izdelati novo, z Natom povezljivo in drugim zahtevam ustrezno sodobno karto z letalsko vsebino. Leta 2007 je bila tako v sodelovanju s pripadniki 15. helikopterskega bataljona SV, Letalske šole Cerklje ob Krki ter z Geodetskim inštitutom Slovenije izdelana VFR Vojaška letalska navigacijska karta RS v merilu 1 : 250.000 (VFR LNK 250). Karta je namenjena pripadnikom Slovenske vojske pri načrtovanju in izvajanju letalskega usposabljanja ter drugih letalskih nalog. Poleg splošne geografske

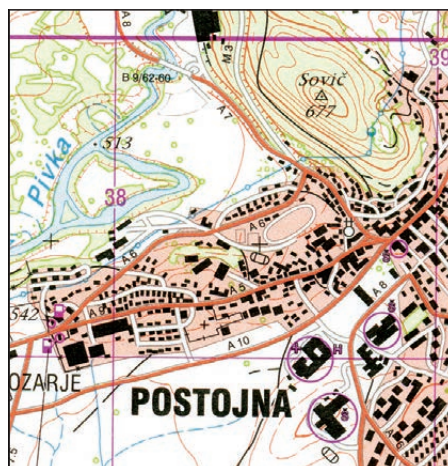
vsebine so na njej vsebine, pomembne za letalstvo, in sicer poudarjena hipsometrična višinska predstavitev terena z navedbo višin v čevljih, radionavigacijska sredstva, visokonapetostni daljnovodi, pomembnejši razpoznavni objekti iz zraka, visoki objekti, ki so morebitna ovira pri letenju (antene, stolpi in žičnice – glej slika 8), cone zračnega prostora, vzletišča in letališča s karakteristikami, kontrolne točke prileta ter prepovedane in omejene cone za letenje. Osnovni vir za izdelavo je bila VPK 250. VFR LNK 250 je izdelana skladno s standardi STANAG-a, ki veljajo za področje letalstva, ter aktualnimi posebnimi specifikacijami mednarodne zveze ICAO⁴, ki veljajo za letalske karte. Del tiskane naklade je na zahtevo pripadnikov letalskih enot SV plastificiran, karta pa je uporabnikom na voljo tudi v digitalni obliki. Zaradi hitrega spreminjanja tematskih letalskih podatkov se mora njena vsebina obnavljati vsake tri leta. Obnova karte je predvidena za leto 2012 ali 2013. Primer izseka te karte je prikazan na sliki 6.

2.2.6 Ortofoto karti osrednjega vadišča Slovenske vojske OSVAD Postojna Poček in Bač

Na podlagi potreb in zahtev Poveljstva sil Slovenske vojske je MO v sodelovanju z Geodetskim inštitutom Slovenije izdelal in izdal Ortofoto karto osrednjega vadišča Slovenske vojske Postojna – strelišče in vadišče Poček v merilu 1 : 10.000. Zadnja izdaja karte je bila leta 2010. Karta je zasnovana dvostransko. Prednja stran karte prikazuje naslednjo vsebino: barvni ortofoto posnetek (v ravnino projiciran letalski posnetek), višinsko predstavitev terena s plastnicami, imena na karti, hidrografijo, prometnice, geografsko in pravokotno koordinatno mrežo sistema UTM. Dodana je vojaška tematska vsebina: območja rajonov vadišč, dostopne poti, tankovske ceste, lega obračališč, območij za uničevanje eksploziva, opozorilnih tabel, opazovališč, šotorišč, parkirišč, heliportov, prostori za odlaganje odpadkov in oskrbovalne točke. Na hrbtni strani karte je v merilu 1: 25.000 pregledno prikazano celotno območje osrednjega vadišča Slovenske vojske z varnostnim pasom. Del tiskane naklade kart je pripravljen v zgibanem formatu, kar olajša uporabo karte na terenu. Izdelana je skladno s standardi Nata in Slovenskimi vojaškimi standardi. Primer izseka te karte je prikazan na sliki 7.



Slika 1: Izsek iz karte DTK25MO, MO 1997



Slika 2: Izsek iz karte VTK25, MO 2004

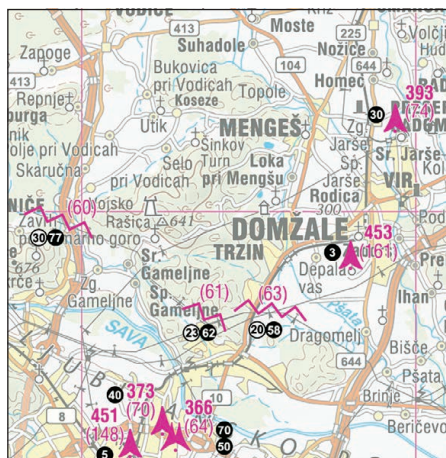
⁴ International Civil Aviation Organization.



Slika 4: Izsek iz karte VTK 100, MO 2002



Slika 6: Izsek iz karte VFR LNK 250, MO 2007



Slika 8: Izsek iz tematske karte visokih objektov, ki predstavljajo potencialno nevarnost pri letenju, MO 2010

3 STANJE VSEBINE KART TER PROBLEMATIKA VZDRŽEVANJA

3.1 Stanje vsebine in obnova kart

Natov standard STANAG 7016 (vzdrževanje geografskega gradiva), ki ga je Slovenija prevzela med slovenske vojaške standarde leta 2010, opredeljuje obdobja zastaranja podatkov v letih po posameznih vrstah kart glede na območje prikaza. Obdobje zastaranja hkrati pomeni tudi priporočljivo obdobje, ko naj bo vsebina kart ponovno pregledana. Če se ugotovijo spremembe, je nujno vzdrževanje karte (nova izdaja lista).

Vsebina VTK 100 in še posebej DTK 25 MO je že zastarela, saj se karti zaradi pomanjkanja finančnih sredstev ne obnavljata. Za VTK 50 (DTK50) lahko trdimo, da je v tem trenutku najboljše vzdrževana sistemska karta v Republiki Sloveniji, njeno vsebino lahko ocenimo kot zadovoljivo in skladno z Natovimi zahtevami. VPK 250 je izdelana in se vzdržuje na pet let, kar je ustrezno. Vojaški kartografski sistem na obeh predpisanih ravneh, 1 : 50.000 in 1 : 250.000, je torej vzpostavljen in vzdrževan. Vendar pa so se v zadnjih letih finančna sredstva MO in Slovenske vojske, namenjena razvoju in vzdrževanju kartografskega sistema, drastično zmanjšala. Leta 2011 je prišlo celo do prekinitve vzdrževanja in tako prekinitve vsebinske obnove VTK 50 (in tudi DTK 50). Z zmanjšanimi finančnimi sredstvi ni več mogoče ustrezno graditi in vzdrževati vojaškega kartografskega sistema, kar pomeni neizpolnjevanje osnovnih zahtev Natove geoprostorske politike. Neobnovljene kartografske podlage so tudi slaba podlaga za vse tiste dejavnosti, ki so kakor koli povezane z načrtovanjem v prostoru. Uporabnike kart v MO na to stalno opozarjamo, vendar ti v odgovorih navajajo, da se tega problema zavedajo, a žal financiranja izdelave in obnov ne morejo povečati.

Omejena sredstva običajno pomenijo tudi omejen obseg vsebinske obnove in vzdrževanja kart. Čeprav si izvajalci vsebinske obnove prizadevajo upoštevati vse nastale spremembe v prostoru in jih evidentirati na kartah, se večkrat že ob izidu ugotovijo odstopanja stanja na terenu s stanjem na karti. Na obnovljenih listih VTK 50 lahko ponekod ugotovimo odstopanja od dejanskega stanja na terenu, predvsem v primeru gozdnih poti in kolovozov, v posameznih primerih pa niso bili vrisani novi objekti v prostoru. Vir podatkov za zajem sprememb v prostoru in evidentiranje na teh kartah so navadno ortofoto posnetki z aerosnemanj, ki se v zadnjem obdobju zaradi potreb kmetijstva opravljajo v času rasti vegetacije oziroma največje zalistanosti dreves. Iz takšnih posnetkov ni mogoče ugotoviti poteka poti in kolovozov v gozdu. Terenski pregled vseh poti in kolovozov, še zlasti v gozdu, z razpoložljivimi sredstvi in ob zahtevanih rokih izdelave ni mogoč. Pri primerjavi zajetih sprememb in dopolnitev na karti s stanjem v naravi lahko ponekod ugotovimo, da so na kartah dodatno vrisane nove poti in kolovozi, hkrati pa nekateri zaraščeni ali opuščeni niso izbrisani iz kart. Leta 2010 smo tako na vse novo izdelane karte dodali opozorilo uporabnikom, da prikaz poti in kolovozov ne odraža nujno dejanskega stanja na terenu.

Izdelava VTK 50 vse od začetka leta 1998 do danes poteka v obliki ciklov, na podlagi katerih je posamezen list obnovljen na vsakih 7–9 let. Tako zastavljen sistem vzdrževanja ima veliko pomanjkljivost, saj se sistemski listi, pri katerih je veliko sprememb v prostoru, obnovijo v enakem ciklu kot listi, pri katerih je sprememb malo. Ena izmed mogočih rešitev je sprememba metodologije vzdrževanja VTK 50 ter organizacija podatkov v kartografsko bazo. V kartografsko bazo se vnašajo spremembe v prostoru neposredno, ko te nastanejo, tako da baza v vsakem trenutku čim bolj odraža stanje v prostoru na celotni ravni države. Do tako vzdrževane baze mora imeti MO neposreden dostop ali mora podatke periodično dobivati. Tisk in ponatisi kart se lahko izvajajo kadar koli in za katero koli območje, seveda prednostno za območja, na katerih je več sprememb v prostoru, kar pomeni večje število izdaj kart. Tak način vzdrževanja je MO

predlagal konec leta 2010 tudi GURS-u, ki se je z njim strinjal. V sodelovanju z Geodetskim inštitutom Slovenije bo predvidoma do leta 2013 izdelan predlog metodologije vzpostavitve kartografske baze 1 : 50.000, ki bo opredelila drugačen, spremenjen in bolj racionalen način vzdrževanja državnih in vojaških kart v merilu 1 : 50.000. Naloga bo opredelila metodologijo in procese za vzpostavitev kartografske baze, definirala strukturo kartografske baze in nov način vzdrževanja. Podoben način vzdrževanja bi bil lahko vzpostavljen tudi za merilo 1 : 250.000. Organizacija vektorskih podatkov bo sledila usmeritvam in standardom Nata.

Vektorski podatki, njihova struktura in organizacija je sicer trenutno ena izmed najaktualnejših problematik na geoprostorskem področju v Natu. Delovna skupina za obrambne geoprostorske informacije (DGIWG), ki sodeluje z Natom, je priporočila ukinitve uporabe kataloga FACC (Feature and Attribute Coding Catalogue) kot komponente standarda DIGEST 2.1 (STANAG 7074) in prehod na katalog DFDD (DGIWG Feature Data Dictionary). Ob predvideni ukinitvi STANAGA 7074 se v okviru programa NGRP (Nato Geospatial Register Program) že pripravlja osnutek novega geoprostorskega standarda – Nato Geospatial Feature Concept Dictionary (NGFCD).

3.2 Problematika izbire ustreznega papirja za tisk kart in hranjenje kartografskega gradiva

Za tisk vojaških kart se skladno z Redakcijskim načrtom projekta izdelave, vzdrževanja in vodenja DTK/VTK iz leta 2001 uporablja kartografski papir, odpornejši na vlago in zgibe. Lahko se uporabi tudi drugačen papir, ki pa mora biti na tržišču na zalogi. Za vojaške namene sta odpornost papirja, na katerega so karte natisnjene, in tudi obstojnost barv zaželeni lastnosti, saj se uporabljajo v vseh vremenskih pogojih, podnevi in ponoči, ob uporabi umetnih virov svetlobe. Kljub temu je v članicah Nata vojaška karta obravnavana tudi in predvsem kot material, ki se ga v fazi uporabe ali poškodovanja kadar koli nadomesti z novim izvodom. Veliko vojaških kart je natisnjenih sproti, če je treba na risalnike velikega formata na povsem običajen papir, predvsem pri izvajanju podpore mednarodnim operacijam in misijam, in sicer na terenu za izbrana območja. Veliko večji poudarek je na aktualni vsebini kart kot pa na kakovosti papirja, na katerega so karte natisnjene. Papir je le nosilec podatkov in informacij o prostoru ter zato manj pomemben.

V Sloveniji so bile karte DTK 25 MO med letoma 1996 in 1999 tiskane na enak papir (luksomat) kot avstrijske vojaške karte. Karte so bile lepo barvno usklajene, tisk pa homogen in kakovosten. Žal je imel ta papir slabo lastnost, da je bil slabše odporen na dež in vlago, saj se je hitro strgal, če je bil zmočen. Med letoma 1998 in 2008 so se vojaške karte tiskale na kartografski papir slovenskega proizvajalca papirja iz Radeč. Kakovost papirja in barv na tiskanih vojaških kartah je v terenskih pogojih uporabe testirala Slovenska vojska in jo ocenila z oceno prav dobro. Leta 2008 je zaradi majhnega povpraševanja in nedonosnosti slovenski proizvajalec ustavil proizvodnjo kartografskega papirja. Najmanjše mogoče naročilo za ponovni zagon proizvodnje je bilo 100 ton, za tisk vojaških kart pa se na leto porabi največ 3–5 ton. V iskanju rešitve, ki bi uporabnikom zagotovila nadomesten primeren in kakovosten papir za tisk vojaških kart, je bila leta 2009 pri Geodetskem inštitutu Slovenije naročena študija za dopolnitev Redakcijskega načrta projekta izdelave, vzdrževanja in vodenja državnih topografskih kart s tehničnimi parametri, ki opredeljujejo merila za ustreznost papirja za tisk državnih in vojaških kart. Analizirani so bili številni standardi, v sodelovanju z Inštitutom za celulozo in papir so bili testirani tržno dosegljivi papirji glede na njihove lastnosti, upoštevane pa so bile tudi izkušnje tujih kartografskih

hiš. Največja omejitev pri izboru kartografskega papirja za tisk kart ostaja majhna naklada tiska slovenskih vojaških kart, kar pomeni največ 15.000 izvodov na leto. To je tudi glavni razlog, da so proizvajalci in dobavitelji inštitutu, ki je opravljal študijo papirjev, pošiljali skope informacije o papirjih, saj preprosto niso bili zainteresirani za sodelovanje v raziskavi. Gre za posebno vrsto papirja, ki ga proizvaja le majhen krog proizvajalcev iz tujine, večinoma po naročilu, in je zato dobavljiv le v zelo velikih količinah. Naklade tiska kart so v tujini tudi do nekaj deset tisoč na posamezen list. Nabava papirja na zalogo je sicer mogoča, vendar ustreznih pogojev za hranjenje takšnih količin v klimatsko zahtevnih pogojih ministrstvo nima.

Tisk kart je specifičen in tehnično zelo zahteven, zato mora pri njem nujno sodelovati kartograf z veliko izkušnjami s tiskom. Prepustitev tiska kart tiskarjem po naših izkušnjah vodi v nekakovostne in barvno neuskkljene sistemske karte. Enotnega recepta za določitev barv, ki so na karti, ni, saj se te odrazijo na vsakem papirju drugače. Tisk v tujini zaradi zapletenosti zakona o javnih naročilih in postopkov ni racionalno izvedljiv. Javna naročila morajo vsebovati zahtevo po najnižji mogoči ceni storitev, zato je treba biti pri preverjanju kakovosti končnega izdelka zelo pozoren. Kot na drugih področjih tudi tu velja, da nižja cena praviloma pomeni nižjo končno kakovost.

V letih 2009 in 2010 so bile karte tiskane na papir švedskega proizvajalca Grycksbo, ki ustreza zahtevam, zapisanim v dopolnjenem redakcijskem načrtu Geodetskega inštituta Slovenije in Inštituta za celulozo in papir. Slovenska vojska bo karte, natisnjene na ta papir, testirala v terenskih pogojih uporabe.

Postopek tiska in ponatisov vojaških kart je do leta 2005 potekal po klasičnem analognem postopku, reproduksijski originali so bili dimenzijsko stabilni filmi. Za vojaško topografsko karto VTK 50 je bilo šest takih originalov, za vsako barvo na karti drug. Hkrati z začetkom obnove VTK 50 se je tehnologija tiska spremenila, saj se je tudi na področju kartografije vedno bolj uveljavljal digitalni tisk. Reprodukcijski originali niso več filmi, ampak je to šest datotek v ločljivosti 1800 točk na palec (v primeru dolge barvne lestvice), s katerimi se neposredno izdelajo tiskarske plošče (CTP)⁵. Kljub zamenjavi tehnologije tiska pri VTK 50 nismo opazili izboljšanja kakovosti tiskanih listov.

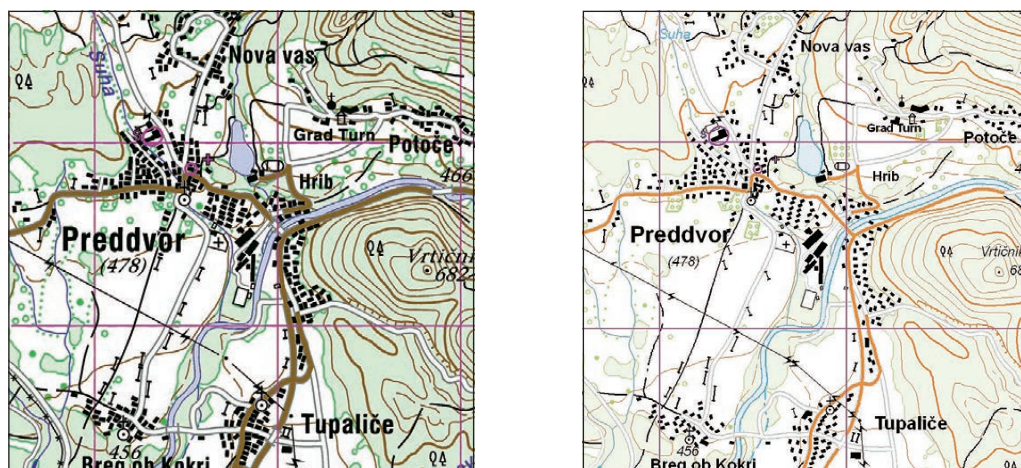
Po tisku se vojaške karte hranijo urejeno po posameznih listih v skladiščih MO in Slovenske vojske. Pogoja za hranjenje sta stalna temperatura in majhna relativna zračna vlažnost, sicer se listi gubajo, medsebojno lepijo, krčijo in raztezajo. Glede na dosedanje izkušnje s porabo kart ter potekom obnove je optimalna naklada listov VTK 50 od 1000 do 2000 izvodov na sistemski list karte.

3.3 Digitalni podatki za slovenske vojaške karte

Za vse slovenske vojaške topografske in pregledne karte, razen za serijo DTK 25 MO, so na voljo tudi digitalni podatki. Uporabnikom so na voljo georeferencirane rastrske datoteke v ločljivosti 300 ali 600 točk na palec. Z vsebinsko obnovo VTK 50, se je od leta 2006 za to karto začela vzpostavljati tudi urejena vektorska zbirka podatkov. Ta je objektno orientirana kartografska zbirka podatkov, razdeljena v osem objektnih skupin, z deloma urejenimi topološkimi odnosi med objekti. Vsaka skupina ima lahko štiri podskupine objektov glede na osnovni gradnik

⁵ »Computer to plate« tehnika (izdelava tiskarskih plošč brez vmesne uporabe filmov).

(točka, linija, ploskev, napis). Vsaka podskupina objektov je zapisana kot ločena datoteka v SHP-obliki in vsebuje objekte vseh izdelanih listov. Objektne tipi so zajeti kartografsko in ne kot prostorski objekti. Do leta 2011 so vektorski podatki izdelani za približno 2/3 območja Slovenije, za njen osrednji in celoten vzhodni del. V rastrski obliki so tako ostale le skale in senčenje (ki na vojaških topografskih kartah ni prikazano). Za potrebe kartografsko bolj dovršenega prikaza vektorskih podatkov merila 1 : 50.000 v GIS-orodju ArcGIS, ki ga uporablja MO, je bila leta 2010 izdelana datoteka MXD, v kateri so shranjene simbolizacija, struktura podatkovnih slojev in vse nastavitve za njihov prikaz (glej slika 9). Prikaz in uporaba vektorskih podatkov v GIS-orodjih ima žal tudi pomanjkljivosti, saj zahteva precejšnjo procesorsko in spominsko moč računalnika.



Slika 9: Primerjava med izsekom tiskane karte (levo) in izsekom upodobitve vektorskih podatkov v ArcGIS ESRI okolju (desno) za isto območje

4 VIZIJA RAZVOJA VOJAŠKEGA KARTOGRAFSKEGA GRADIVA

Na državni ravni se že nekaj let načrtuje priprava strategije državnega kartografskega sistema, ki bi opredelila vizijo vzdrževanja sistemskih kart na državni ravni, vendar do realizacije in sprejetja še ni prišlo. Potrebe MO in drugih organov, vključenih v sistem obrambe, so predvsem zaradi zahtev in standardov zveze Nato v marsičem drugačne od razpoložljivih podatkov GURS. MO je pri dosedanjem razvoju in izdelavi kartografskih izdelkov kolikor je bilo mogoče upošteval usmeritve in priporočila zveze Nato, vendar na strateški ravni prav tako nima izdelanih smernic oziroma strategije kartografskega (geoprostorskega) sistema za potrebe obrambe, kar bi bilo za nadaljnji razvoj na tem področju nujno. Strategija bi bila strokovna podlaga pri pripravi projektov MO s kartografskega področja ter tudi ena izmed podlag pri zagotavljanju finančnih sredstev. Naloga izdelave strategije vojaškega kartografskega (geoprostorskega) sistema je bila sicer predvidena v razpisu ciljnih raziskovalnih programov (CRP) »Znanje za varnost in mir« leta 2008, vendar pozneje do realizacije razpisa za to nalogo ni prišlo. Za pripravo strategije bo potrebna zelo poglobljena analiza obstoječega stanja geoprostorskih podatkov, standardizacijskih in operativnih dokumentov Nata in EU, preučitev razvoja na obrambnem geoprostorskem področju v državah članicah Nata ter njihove organizacije vodenja in vzdrževanja geoprostorskih podatkov. Pri pripravi strategije bo treba upoštevati že

sprejeto strategijo osnovnega geodetskega sistema Republike Slovenije in v povezavi s tem učinke uvajanja novega koordinatnega sistema Republike Slovenije. Na teh temeljih bi strategija opredelila predlog zasnove geoprostorskega (kartografskega) sistema za potrebe obrambe, njegov nadaljnji razvoj, implementacijo Natove politike in direktiv v geoprostorski (kartografski) sistem Ministrstva za obrambo in Slovenske vojske, predlagala razvoj novih Natovih interoperabilnih kartografskih izdelkov, razvoj topografsko-kartografskih baz podatkov, cikle obnove in vzdrževanja teh podatkov, uvedbo novih tehnologij skladno s potrebami uporabnikov v sistemu obrambe RS, predlagala bi organizacijo sistema, zaporedje potrebnih operativnih in formalnih aktivnosti za njegovo vzpostavitev in vzdrževanje ter opredelila potrebne časovne, finančne in kadrovske okvire za delovanje.

Razvoj geoprostorskega sistema in vojaške kartografije je na Ministrstvu za obrambo le na splošno naveden v naslednjih dokumentih oziroma predlogih dokumentov:

- Srednjeročni obrambni program 2007–2012, sprejet leta 2006, ki ima v razvojnem cilju 4.2.2 navedeno izgradnjo kartografskega (geoprostorskega) sistema za potrebe obrambe v skladu z geoprostorsko politiko Nata ter državnim kartografskim sistemom.
- Leta 2010 oblikovan predlog Srednjeročnega obrambnega programa 2011–2016, v katerem kot eden od razvojnih ciljev ostaja izgradnja kartografskega (geoprostorskega) sistema za potrebe obrambe v skladu z geoprostorsko politiko Nata ter državnim kartografskim sistemom.
- Obrambna strategija RS iz leta 2001 v točki, ki določa izpolnjevanje zahtev in standardov, ki izhajajo iz članstva v Natu in EU, kar smiselno velja tudi za geoprostorsko področje.
- Geoprostorska podpora SV ni omenjena v Resoluciji o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije (ReSNV-1) iz leta 2010 ter tudi ne v novi resoluciji o splošnem dolgoročnem programu razvoja in opremljanja Slovenske vojske do leta 2025 (ReDPROSV25), sprejeti leta 2010.

5 ORGANIZACIJA KARTOGRAFSKE DEJAVNOSTI NA MO

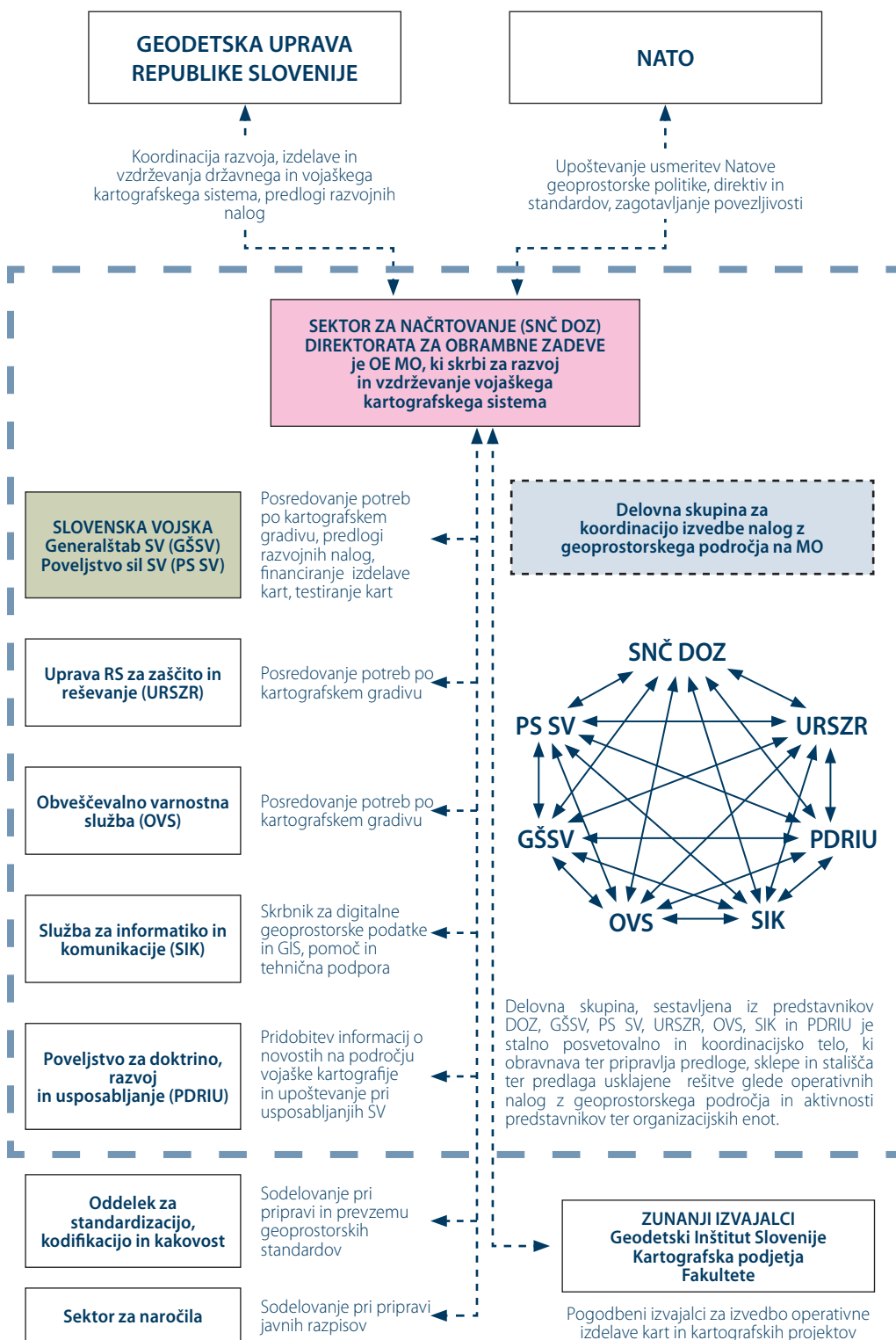
Nosilec razvoja kartografskega sistema za obrambne potrebe na MO je po izvedeni reorganizaciji upravnega dela leta 2011 Sektor za načrtovanje Direktorata za obrambne zadeve. Geoprostorska dejavnost s kartografijo z ukinitvijo Oddelka za urejanje in kartografijo v letu 2011 nima več niti najmanjše samostojne organizacijske enote v okviru organizacije MO, kar je specifičen primer v okviru Nata. Načrtovanje razvoja kartografije za potrebe obrambe je precej zahtevno, saj je treba uskladiti potrebe uporabnikov znotraj MO, zlasti Slovenske vojske in Uprave RS za zaščito in reševanje, z interesi in načrti GURS, saj poteka priprava in izdelava vojaških in civilnih kart zaradi gospodarnosti večinoma hkrati. Ob tem sta potrebni tudi koordinacija in upoštevanje usmeritev Nata, zlasti standardov in normativnih dokumentov. Kadrovsko skromna zasedba (trije ljudje) skrbi za široko področje dela na področju geoprostorskih zadev, od mednarodnega sodelovanja in zagotavljanja udeležbe v delovnih telesih Nata in EU, načrtovanja, usklajevanja in priprave dvostranskih sporazumov o sodelovanju na geoprostorskem področju z državami, članicami Nata do nalog, ki se povezujejo z razvojem in načrtovanjem izdelave kartografskega gradiva, za obnovo in vzdrževanje kartografskega sistema za potrebe obrambe, ki obsegajo sodelovanje pri pripravi razpisne dokumentacije za posamezne projekte, spremljanje izvajanja pogodbenih del, in za nadzor nad izdelavo kart pri izvajalcih. Sektor skrbi tudi za zagotavljanje geoprostorskega gradiva za priprave pripadnikov

MO in SV v mednarodnih operacijah in na misijah, obveščanje uporabnikov na MO o novem razpoložljivem kartografskem gradivu v obliki katalogov ter za usposabljanja s področja geoprostorskih zadev. Sektor je vključen v skupne projekte ministrstev, kot so razpisi za izvedbo aerosnemanj ter raziskovalni projekti v okviru CRP.

Konec leta 2010 je bila s sklepom ministrice za obrambo ustanovljena delovna skupina za koordinacijo izvedbe nalog z geoprostorskega področja na ravni ministrstva, sestavljena iz predstavnikov Generalštaba in Poveljstva sil SV, Urada za informatiko in komunikacije, Uprave RS za zaščito in reševanje, Poveljstva za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje ter Obveščevalno varnostne službe. Delovna skupina je bila ustanovljena zaradi zagotavljanja usklajenega učinkovitega in smotrnega opravljanja nalog ter stalne koordinacije aktivnosti na geoprostorskem področju na ministrstvu, razen zadev s področja geoprostorske obveščevalne dejavnosti. Med zadeve na geoprostorskem področju se uvrščajo: kartografski sistem za potrebe obrambe, geoprostorski podatki in standardi, predpisi na geoprostorskem področju, geografski informacijski sistemi, izobraževanje in usposabljanje, mednarodno sodelovanje in raziskovalna dejavnost na geoprostorskem področju. Delovna skupina je posvetovalno telo, ki obravnava in pripravlja predloge, sklepe in stališča pri:

- načrtovanju smernic razvoja kartografskega sistema in geoprostorskih projektov za potrebe obrambe,
- izvedbi operativnih nalog in aktivnosti na geoprostorskem področju na MO,
- izkazovanju potreb notranjeorganizacijskih enot Ministrstva za obrambo in organov v sestavi po geoprostorskem gradivu, vključno z gradivom za priprave v mednarodnih operacijah in na misijah,
- pripravi predpisov z geoprostorskega področja ter njihovih sprememb in dopolnitev,
- obravnavi predlogov geoprostorskih dokumentov Nata in EU ter načrtovanju in usklajevanju mednarodnega sodelovanja na geoprostorskem področju,
- predlogih za prevzem standardov Nata (STANAG) med SVS in sodelovanju pri implementaciji,
- uvrstitvi projektov s področja kartografije in topografije za potrebe MO v letnih programih dela državne geodetske službe, ki jih potrjuje Vlada RS,
- sodelovanju pri pripravi in izvedbi programov izobraževanj in usposabljanj na geoprostorskem področju.

Shema 1: Prikaz organizacije kartografske podpore na MO s shematsko prikazanimi medsebojnimi odnosi



6 SKLEP

Področje kartografije in geoprostorskih zadev je eno izmed tistih dejavnosti na MO, ki se nenehno razvija. Pri svojem razvoju mora ob omejenih finančnih sredstvih slediti potrebam uporabnikov znotraj ministrstva in upoštevati usmeritve in standarde Nata. Vojaška kartografija je nadgradnja (civilnega) državnega kartografskega sistema, zato je potrebna stalna koordinacija tudi z načrti GURS, saj se državne in vojaške karte zaradi gospodarnosti izdelujejo hkrati. Sodelovanje z GURS lahko ocenimo kot dobro, čeprav bi lahko bila uprava bolj aktivna pri pripravi strateških usmeritev glede nadaljnega kartografskega razvoja, saj je vendarle zakonsko določena za vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje državnega kartografskega in topografskega sistema. Dejstvo je, da so nas nekatere primerljive države z načinom vodenja in vzdrževanja kartografskih baz prehitale.

V nadaljevanju predstavljam nekaj sklepnih ugotovitev, kritik in predlogov, ki se nanašajo na področje kartografske dejavnosti na MO:

Pasivnost uporabnikov kartografskega gradiva

MO je v preteklih letih vzpostavil razmeroma kakovosten sistem slovenskih vojaških kart na osnovnih ravneh 1 : 50.000 in 1 : 250.000. Karte so predane uporabnikom, ki jih uporabljajo pri usposabljanju, načrtovanju in izvajanjih različnih aktivnosti ter kot temeljno podlago v digitalnih informacijskih sistemih. Primerov, da bi uporabniki kartografskega gradiva opozorili na vsebinske napake ali celo pozvali k obnovi kart, ni bilo. Uporabniki so večinoma pasivni in se zadovoljijo s tistim, kar jim je na voljo. Ne motijo jih niti drugačne matematične osnove in koordinatni sistem niti na primer popolnoma zastarelo vsebinsko stanje na topografskih kartah v merilu 1 : 25.000, ki so na ministrstvu še vedno pogosto uporabljene kot podlaga za aktivnosti v prostoru. Pri razvoju kartografskega sistema bi bili veseli povratnih informacij uporabnikov in organizacijskih enot ter njihovih pobud in predlogov za izdelavo različnega kartografskega gradiva in podlag. Tudi glede dejanske uporabe kartografskega gradiva in potreb po kartografskem gradivu so informacije večkrat različne.

Organizacijski vidik geoprostorske podpore na Ministrstvu za obrambo

Marca 2011 je bil z reorganizacijo upravnega dela na MO ukinjen Oddelek za urejanje prostora in kartografijo. Področje dela kartografije se je preneslo v Oddelek za civilne zmogljivosti in krizno odzivanje Sektorja za načrtovanje Direktorata za obrambne zadeve. Geoprostorski oziroma kartografski segment v okviru organizacije MO je postal tako na ministrstvu, in predvsem pri predstavitvah navzven, še bolj neprepoznaven. Uslužbenci MO, ki so v različnih organizacijskih enotah, katerih delo se nanaša na geoprostorske zadeve, po zaslugi skupnih sestankov delujejo usklajeno, vendar niso povezani v organizacijsko enoto, ki se ukvarja z geoprostorskimi zadevami. Menim, da bi bila ustanovitev takšne organizacijske enote v okviru ministrstva smiselna in primerljiva z organizacijo v primerljivih manjših članicah Nata (npr. Danska). MO mora še naprej razvijati kartografski sistem v tesnem sodelovanju z GURS, ob sodelovanju znanstvenih ustanov, kot sta Geodetski inštitut Slovenije ter Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, in tudi kartografskih podjetij, ki imajo zmogljivosti za izdelavo in tisk kart. Ob majhnih nakladah lastne zmogljivosti za izdelavo in tisk kart niso ekonomsko upravičene. Nujno bi bilo treba ločiti strokovni del kartografskega razvoja, sodelovanja z Natom in oblikovanja pravnih podlag ter sporazumov z državami Nata od logistike poslovanja s kartami, ki bi morala biti po izdelavi in opravljenem kakovostnem prevzemu v celoti prepuščena glavnemu uporabniku kart, to je Slovenski vojski. To velja tudi za upravljanje kart, pridobljenih z mednarodno izmenjavo.

Ureditev materialnega poslovanja s kartografskim gradivom na MO

Dosedanja ureditev materialnega poslovanja s kartografskim gradivom na MO in v Slovenski vojski opredeljuje trajno rabo kart, kar v praksi ni mogoče. Posledica je, da se enote in posamezniki izogibajo naročanju in uporabi kart, ki jih prejmejo z materialnim listom. Namesto tega karte raje fotokopirajo, tiskane karte pa ostajajo v skladiščih, kar je absurd. Dejstvo je, da so vojaške topografske karte in drugo kartografsko gradivo, ki se uporablja na MO in v Slovenski vojski, potrošni material. Ko je karta uporabljena pri izvedbi neke naloge, še zlasti na terenu ali v procesu štabnega dela oziroma usposabljanja, pogosto ni več uporabna. Potekajo prizadevanja za spremembo ureditve materialnega poslovanja s kartografskim gradivom.

Zagotovitev stalnih virov financiranja za izdelavo in vzdrževanje kartografskega gradiva na MO

Sredstva za izdelavo vojaških topografskih kart se zadnja leta zelo zmanjšujejo. V letih 2010 in 2011 je za izdelavo vojaških kart namenjenih kar sedemkrat manj finančnih sredstev kot leta 2009 in pred tem. Tako ni mogoče graditi in vzdrževati vojaškega kartografskega sistema v Republiki Sloveniji, kar pomeni neizpolnjevanje zahtev Natove geoprostorske politike. Zagotovljen bi moral bit stalen vir financiranja za navedeno področje, ki bi poleg tekočega vzdrževanja in rednih letnih obnov kart omogočal tudi razvoj, vsaj v minimalnem obsegu.

Priprava strategije kartografskega sistema za potrebe obrambe za obdobje do 2020 naj bo prednostna razvojna naloga, po možnosti izvedena v okviru ciljnih raziskovalnih programov. V pripravo strategije morajo biti vključeni strokovnjaki Geodetskega inštituta Slovenije in Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, upoštevane pa tudi izkušnje iz tujine in smernice pri razvoju ter vzdrževanju topografsko-kartografskih baz.

Nadaljnja krepitev mednarodnega sodelovanja ter spremljanja in sledenja razvoju v primerljivih državah je ključna za razvoj geoprostorskih aktivnosti na MO. Vzdrževati in okrepiti bo treba vključevanje v Natove dogodke ter še naprej zagotavljati udeležbo v delovnih skupinah Nata z geoprostorskega področja. Pomembno je tudi stalno izobraževanje geoprostorskih strokovnjakov doma in v tujini. Zaradi sodelovanja SV v MOM bo treba skleniti pomembne dvostranske sporazume. V pripravi sta sporazuma s Francijo in Španijo, zaradi pridobitve kartografskih virov pa tudi s Hrvaško in morda Srbijo. Sklenitev nadaljnjih sporazumov bo odvisna od prioritet, ki jih bo imel MO.

7 LITERATURA

- Geodetski inštitut Slovenije, 2001. Projekt izdelave, vzdrževanja in vodenja državnih topografskih kart – redakcijski načrt.
- Geodetski inštitut Slovenije, 2003. Redakcijski načrt projekta izdelave in obnove vojaške topografske karte v merilu 1 : 25.000.
- Geodetski inštitut Slovenije, 2009. Dopolnitev redakcijskega načrta za projekt izdelave, vzdrževanja in vodenja DTK/VTK, GI, 2009.
- Geodetski inštitut Slovenije, 2010. Izdelava datotek MXD za kartografsko dovršen prikaz vektorskih podatkov VTK 50 v aplikaciji ArcGIS – tehnično poročilo.
- Kovič, B., 2002. Kartografsko gradivo na Ministrstvu za obrambo, Revija Slovenska vojska, Ministrstvo za obrambo RS, 2002.

- Ministrstvo za obrambo RS in Ministrstvo RS za okolje in prostor, 1994. Dogovor o sodelovanju pri izvajanju geodetskih zadev skupnega pomena št. 451-177/94 z dne 28. 7. 1994.
- Ministrstvo za obrambo RS, 2006. Srednjeročni obrambni program 2007–2012.
- Ministrstvo za obrambo RS, 2009. Katalog kartografskega gradiva.
- Kartografija v Sloveniji 2002–2006.
- Ministrstvo za obrambo RS, 2009. Katalog kartografskega gradiva MORS 2009.
- Petrovič, D., 2000. Topografske karte in topografske baze v Sloveniji, Vojaška geografija v Sloveniji, zbornik posveta, Dela 15, str. 261–272.
- Petrovič, D., 2002. Vzpostavitev sistema državnih topografskih kart, Geodetski vestnik, Letnik 46/2002 -3.

O AVTORJU

Boris Kovič je univerzitetni diplomirani inženir geodezije, od leta 2000 zaposlen na Ministrstvu za obrambo, v Sektorju za načrtovanje Direktorata za obrambne zadeve. Ukvarja se z razvojem kartografskega sistema za potrebe obrambe ter z mednarodnim sodelovanjem in standardizacijo na geoprostorskem področju. Na strokovnem področju se je izobraževal doma in v tujini. Je član Natovih delovnih skupin o geoprostorskem področju. Vodi delovno skupino za koordinacijo izvedbe nalog z geoprostorskega področja na Ministrstvu za obrambo.

ABOUT THE AUTHOR

Boris Kovič is a graduate in geodesy and has been employed by the MoD Planning Division of the Defence Affairs Directorate since 2000. He engages in the development of the defence cartographic system and international cooperation and standardisation in the geospatial area. He received professional training in Slovenia and abroad. In addition, he is a member of NATO geospatial working groups. Since 2010, he has been in charge of the MoD group for coordinating the implementation of geospatial tasks.

Razvoj vojaške geografije v Republiki Sloveniji

Development of Military Geography in the Republic of Slovenia

Zvonimir Bratun

Povzetek Prispevek predstavlja in obravnava zasnovo vojaške geografije v Republiki Sloveniji. Prikaže tudi razvoj in glavne dosežke na področju vojaške geografije v sistemu vojaškega šolstva ter predstavi dileme in izzive na področju vojaške geografije. Ponuja predloge za nadgradnjo in okrepitev tega strokovnega področja v Republiki Sloveniji.

Ključne besede Prostor, učinek, vojaška geografija, dejavnik, program, učni načrt, vojska, bojevanje, aktivnost, vojaško šolstvo, poveljniško-štabna šola, poveljstva, Slovenija, ministrstvo, obramba, obveščevalna priprava bojišča.

Abstract The article introduces and deals with the concept of military geography in the Republic of Slovenia. Furthermore, the article demonstrates the development and main achievements in the case of military geography in the military education system in the Republic of Slovenia. The dilemmas and challenges in the area of military geography are presented. Recommendations for an upgrade and strengthening in the field of expertise of military geography are also given.

Key words Space, effect, military geography, factor, program, teaching plan, army, combat operations, military schools, activity, Command and Staff School, Slovenia, ministry, defence, headquarters, intelligence preparation of the battlefield.

1 NAMESTO UVODA

Bila je sreda, 21. 3. 1984. Približno sto udeležencev tečaja za poveljnike čet v Teritorialni obrambi, zbranih iz celotne tedanje SFRJ, se nas je pripeljalo z avtobusi na Ivan sedlo (956 m). Ta preval ločuje oziroma povezuje dolino Neretve in Sarajevsko kotlino ter s tem tudi Hercegovino in Bosno. Na Ivan sedlu nas je pričakalo megleno, vetrovno, vlažno in mrzlo zimsko vreme, kakršno je pogosto vzdolž celotne orografske pregrade med Jadranskim morjem in celinskim delom Jugovzhodne Evrope. Po programu tečaja je bila za ta dan predvidena praktična vaja bataljona v obrambi na težišču smeri prodora nasprotnika. Vaja je bila dodatno popestrjena s predpostavko taktičnega desanta na območju Tarčina na drugi strani prevala Ivan sedlo. Ko se je jutranja megla razkadila, so se okoli nas pokazali obrisi Bitovije in Bjelašnice. Z nje se je dober mesec prej pognala svetovna elita v smučino, da najboljši od njih postane olimpijski prvak v smuku na olimpijadi v Sarajevu.

Pobočja pod Ivan sedlom so se v dolgem in položnem loku spuščala vse do naselij nad Konjicem. Blag naklon pobočij so izkoristili traserji in graditelji ceste med Jablanico in Sarajevom ter železniške proge med tedanjim Kardeljevim (zdaj Pločami) in Sarajevom. Pokrajinske značilnosti, vremenske razmere in prostorske strukture so nam v oceni situacije določale izbor položajev, razmestitev sil po globini in nas usmerjale na predvideno smer hipotetičnega napada nasprotnika, ki ga je od doline med Konjicem in Ivan sedlom ločevalo sedlo nad predorom ceste, ki povezuje Mostar in Sarajevo. Takrat sem zaznal odločilen pomen geografskih danosti in učinkov geografskih dejavnikov na vojaške aktivnosti. Izstopali so fizični dejavniki, ki smo jih zaznali s svojimi čutili in naporom naših teles. Izluščila se je morfologija površja z omejeno vidljivostjo zaradi vremenskih razmer, vegetacije in delov reliefa, skritega pogledu za orografskimi maskami. Vidni so bili oklepno prehodno zemljišče vzdolž magistralne ceste, ostanki uravnav, ki so kot police obvisile nad dolino in omogočale položaje za bočno delovanje na hipotetični prodor nasprotnika vzdolž ceste. Takrat se mi je porodila ideja, kaj naj bi nekoč počel. Povezava med geografskim prostorom in vojaškimi aktivnostmi je devet let pozneje postala glavno področje doktorskega študija in prenosa znanja o učinkih geografskih dejavnikov ter prostora kot celote na vojaške aktivnosti, kar je bilo deset let pozneje objavljeno v knjigi Vojaška geografija I.

Podoba vojskovanja ter uporaba vojaškogeografskega znanja sta se po koncu hladne vojne spremenila in dopolnila z visoko tehnološko podprtimi sistemi glede obsega podatkov, analiz prostora in delovanja v vseh vremenskih ter nočnih razmerah. Kljub temu je vrednotenje geografskega prostora ostalo temeljna sestavina pripravl in izvedbe vojaških aktivnosti.

2 POJMOVNA IN VSEBINSKA ZASNOVA VOJAŠKE GEOGRAFIJE V SLOVENIJI

Vsaka vojaška aktivnost poteka v prostoru in času¹. Vojaška geografija omogoča pravilno razumevanje in učinkovit izkoristek prostora za vojaške aktivnosti in predstavlja zaokroženo

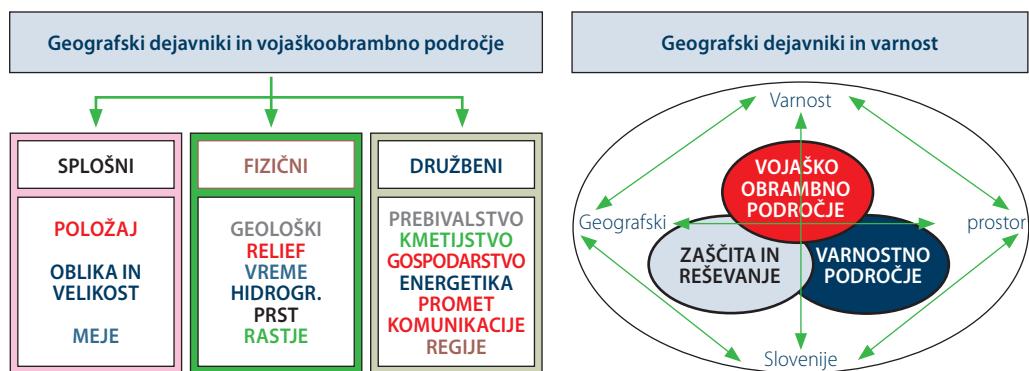
¹ Zaradi navedenih sprememb mednarodnega varnostnega okolja bosta oblikovanje sodobnih oboroženih sil in razvoj vojaških zmogljivosti temeljila na prožnosti, sposobnosti združenega ter skupnega delovanja v celotnem spektru mogočih operacij v vseh klimatskih in geografskih razmerah (2. točka Resolucije o splošnem dolgoročnem programu razvoja in opremljanja Slovenske vojske do leta 2025, sprejeta v Državnem zboru, št. 200-03/10-29/15, z dne 23. 11. 2010, in objavljena v Uradnem listu RS, št. 99/10, z dne 7. 12. 2010, ter v veljavi od 8. 12. 2010).

vojaško geografsko analizo prostora. Navedeni aksiomi o odnosu med vojaško aktivnostjo in prostorom so bili potrjeni v številnih vojnah in spopadih². Prostorski dejavnik je bil pogosto odločilen, če so ga vojaški voditelji upoštevali in nadgradili s pravilno izrabo tehnologije, ljudi, časa in kraja spopada. Danes je vse bolj pomemben pomen prostora pri kriznem upravljanju in mednarodnih operacijah v podporo miru.

Vojaška geografija v Sloveniji je zasnovana kot uporabna geografska veda, ki proučuje učinke geografskih dejavnikov na vojaško področje. Pojemovno je to veda, ki povezuje geografski prostor na eni strani in vojaške aktivnosti na drugi, saj vojaške aktivnosti potekajo v geografskem prostoru. Za učinkovito izvedbo vojaških aktivnosti je potrebna pravilna izraba geografskega prostora. Ta obsega aktivnosti v miru, kriznih razmerah in vojni. V miru potekajo načrtovanje, določitev in izvedba vojaških aktivnosti, povezanih z usposabljanjem in šolanjem na vojaških vadiščih, ter priprava objektov in območij za vojaške potrebe. Določajo in analizirajo se izpostavljena območja, na katerih sta število geografskih dejavnikov in gostota njihovih učinkov povečana.

V takih primerih se podrobneje proučijo splošne značilnosti vidika položaja, velikosti in meja, podrobno analizirajo fizične poteze, kot so kamninska zgradba, oblikovanost površja, klimatske in izstopajoče vremenske značilnosti, hidrografske poteze in vegetacijske posebnosti. Nato se proučijo družbene značilnosti območja. Te obsegajo poselitev in demografijo, gospodarske, energetske in prometne zmogljivosti. Na podlagi analize se proučijo učinki navedenih dejavnikov na strateški, operativni in taktični ravni vojaških aktivnosti.

Shemi 1 in 2: Načelna razvrstitev geografskih dejavnikov in njihove povezave z varnostjo



² Če izpostavimo zgolj nekatere ključne in prelomne dogodke ob vojaških akcijah in spopadih v svetovnem merilu, pri čemer je pomembno vlogo predstavljal izkoristek prostora, so to: manever egiptovske vojske v bitki pri Kadešu leta 1286 p. n. š., obramba soteske pri Termopilah leta 480 p. n. š., premik Hanibala čez Alpe leta 218 p. n. š., Teodozijeva zmaga pri Vrhpolju leta 392, križarski pohodi in vojne na Jutrovem v 11. stoletju, Džingiskanova osvojitve Kitajske leta 1215, vdor Turkov in njihova zmaga pri Gazimestanu na Kosovu leta 1389, obleganje Dunaja leta 1529, manever in zmaga Napoleona pri Austerlicu 1805 ali njegov poraz in razpad vojske pri Berezini 1812, krimska vojna 1854, bitka za Verdun 1916, boj za mostišče pri Narviku 1940, bitka za Stalingrad 1942-43, desantna operacija pri Inchonu 1950 v korejski vojni, oktobrska vojna med Arabci in Izraelci leta 1973, zalivska vojna 1991 ter napad na svetovni trgovinski center v New Yorku leta 2001.

Preglednica 1: Razvrstitev družbenogeografskih dejavnikov in njihovih vplivov na vojaško področje ter učinkov prostorskih struktur

Družbenogeografski dejavnik	Področje vpliva	Učinki prostorskih struktur
Demografski dejavnik	Število in sestava prebivalstva za vojaške potrebe Kakovost in sestava vojaških enot	Učinki poselitve in urbanih središč na potek vojaških aktivnosti
Kmetijski dejavnik	Oskrba s hrano	Učinki na prehodnost
Gospodarski dejavnik	Oskrba enot z oborožitvijo in opremo. Oskrba prebivalstva s sredstvi javne porabe	Učinki na prehodnost, ekološke nesreče in strateške surovine
Energetski dejavnik	Oskrba z vsemi vrstami energij	Učinki na premik enot, proizvodnjo in življenje ljudi
Prometni dejavnik	Premik in transport vojaških enot	Učinki na prehodnost
Upravni dejavnik (regije)	Organiziranost in pripravljenost za vojaškoobrambne aktivnosti	Učinki na mobilizacijo, evidence in zagotavljanje delovanja državne uprave v izrednih razmerah

Nato se poiščejo primeri vojaške izrabe takega območja v preteklosti in predvidijo mogoči učinki obvladovanja območja z novimi vojaškimi tehnologijami ter uporabo novih doktrinarnih načel pri izvajanju vojaških aktivnosti. Taka razvrstitev in prikaz učinkov geografskih dejavnikov na vojaške aktivnosti sta primerljiva tudi pri tujih avtorjih, kot sta Collins (1998)³ ali Zakharenko (2001).

Logično je bilo, da se je v obdobju pred vključitvijo Slovenije v evroatlantsko povezavo in Evropsko unijo vojaškogeografsko vrednotenje osredotočalo na ozemlje Republike Slovenije in njegovo obrobje. Delno je bila to posledica in transmisija razmišljanja iz obdobja SFRJ. Poleg tega je bilo treba na novo ovrednotiti vojaškogeografski položaj in pomen Republike Slovenije. Navedena dejstva so zahtevala podrobno analizo in proučevanje izpostavljenih območij na ozemlju Slovenije, ki so bila nato ovrednotena v študijah vojaškogeografskih smeri, vojaškoteritorialni organiziranosti in načrtih uporabe Slovenske vojske. Uporabljen in uveljavljen je bil proces obveščevalne priprave bojišča (OPB). Ta vsebuje splošno analizo geografskih dejavnikov in določitev njihovih učinkov na izvedbo vojaške aktivnosti. Njegova bistvena sestavina je postala metodologija vrednotenja izbrane območja po elementih: opazovanje (O), kritje in maska (K), ovire (O), ključni teren (K) in smeri dostopa (S)⁴. Tovrstna metodologija je podprta z geoinformacijskimi rešitvami in bazami podatkov⁵.

Z odmikom vojaških groženj in intenzivnim procesom vključevanja v evroatlantske asociacije je rasla ambicija vojaškogeografskega proučevanja kriznih območij na Balkanu, Cipru, Libanonu, Iraku, Čadu, Kavkazu, Afriki in Afganistanu⁶. Zaradi majhnosti in finančnih omejitev danes

³ Podrobneje glej v: Bratun, Z. 2005, Vojaška geografija I; Založba Maklen, FDV, Ljubljana, (str. 12).

⁴ Podrobneje o tem glej v: Šteiner, A., Prenos obveščevalne priprave bojišča v delu poveljstev Slovenske vojske: Vojaška geografija v Sloveniji, posvet, Dela 15, Ministrstvo za obrambo in Oddelek za geografijo Filozofske fakultete, Ljubljana 2000 (str. 96–111).

⁵ Podrobneje glej v: Grozde, J., Geoinformacijska podpora procesom obveščevalnih analiz vojaških aktivnosti SV: zaključna naloga. Poljče: [J. Grozde], 2006.

⁶ To problematiko so obdelali slušatelji Poveljniško-štabne šole in diplomanti Univerze v Ljubljani. Podrobneje glej: Brodnik, U., Geografska priprava na misijo – Afganistan: [zaključna naloga]. Ljubljana: Republika Slovenija, Ministrstvo za obrambo, Slovenska vojska, Poveljstvo za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje, Poveljniško-štabna šola, 11. generacija štabnega šolanja častnic in častnikov SV, 2005, Stopar, T., Geografski dejavniki kot podlaga za odločanje o morebitnem sodelovanju enote velikosti voda na možni mirovni misiji v Darfurju: zaključna naloga. Poljče: [T. Stopar], 2006 ali Grilc, J., Vpliv vojaškogeografskih dejavnikov na izvajanje oboroženih bojov v Afganistanu tekom operacije »Enduring freedom«: diplomsko delo. Ljubljana: [J. Grilc], 2006.

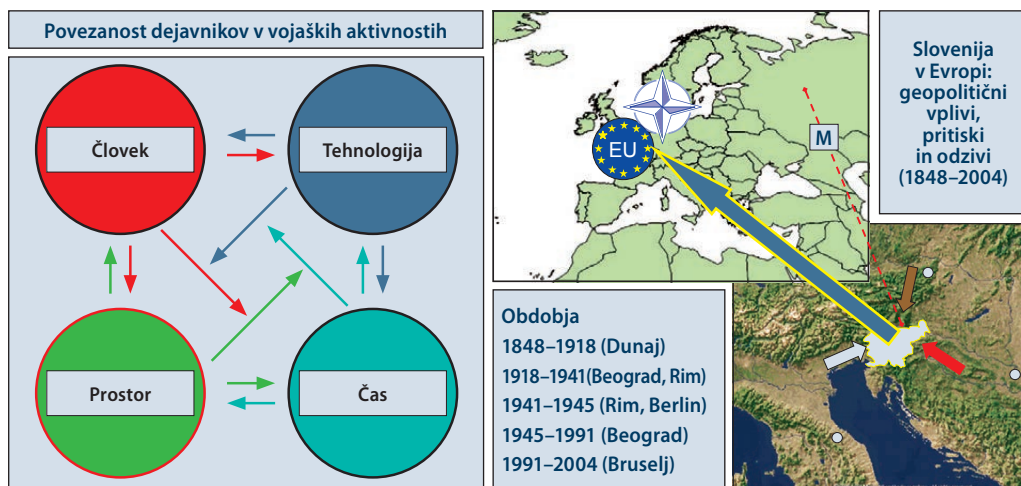
temelji tovrstno proučevanje predvsem na empiričnih izkušnjah o učinkih posameznih geografskih dejavnikov na izvajanje nalog Slovenske vojske na Kosovu, v Libanonu in Afganistanu. Pri tem je neposredno navezano na obseg in vsebino nalog, ki jih opravlja Slovenska vojska, kot so varovanje objektov in vojaških baz (Peč na Kosovu) ter kulturnozgodovinskih objektov (samostan Budisavci in patriarhija Peč) ali urjenje pripadnikov domačih vojsk (naloge kontingenta Slovenske vojske v Afganistanu 2010–2012)⁷. To pomeni, da v teh primerih v ospredju ni ugotavljanja učinkov geografskih dejavnikov na izvajanje vojaške aktivnosti.

3 VOJAŠKA GEOGRAFIJA - POMEMBNA PRVINA VOJAŠKEGA IZOBRAŽEVANJA IN USPOSABLJANJA

Vojaška geografija je pomembna prvina v vojaškem izobraževanju in usposabljanju. Ukvarja se s proučevanjem prostora in njegovega izkoristka za vojaške in obrambne potrebe na taktični, operativni in strateški ravni⁸. Njen pomen se še zlasti izraža pri izobraževanju častnikov za poveljniške in štabne dolžnosti. Zato ni naključje, da so bile vsebine vojaške geografije kot samostojnega predmeta najprej opredeljene v učnih programih vojaških šol.

Pomemben razlog za uvajanje vojaškogeografskih vsebin v vojaško šolstvo so predstavljale nova varnostna in geografska struktura ter geopolitične spremembe v Evropi in svetu, oblikovanje samostojne Republike Slovenije ter njena vključitev v evroatlantsko zaveznitvo (Nato) in Evropsko unijo.

Shemi 3. in 4: Povezanost dejavnikov v vojaških aktivnostih in položaja Slovenije v Evropi



⁷ To obsega mentoriranje afganistanskega pehotnega bataljona, mentoriranje bataljona za bojno podporo, zagotavljanje bojne podpore in zaščite mentorskim skupinam, nacionalno logistično podporo in delovanje v sestavi poveljstev Isafa ter v regionalni obnovitveni skupini regionalnega poveljstva Zahod (vir: <http://www.slovenskavojaska.si/odnosi-z-javnostjo/sporocila-za-javnost/novica/nov/slovesnost-pred-odhodom-15-slovenskega-kontingenta-v-afganistan/>, z dne 25. 3. 2011).

⁸ Podrobneje glej v Brinkenhoff, R. J., 1993: Geography, Military; International Military and Defense Encyclopedia (str. 1055 – 1062). Macmillan, New Jersey.

Vključevanje vojaškogeografskih vsebin je bilo postopno in je obsegalo strateško, operativno in taktično raven. Vojaškogeografske vsebine so se zasidrale v programe izobraževanja in usposabljanja v sistemu vojaškega šolstva. Danes se prepletajo z večino vojaškostrokovnih predmetov s področja vodenja in poveljevanja, strategije, operatike in taktike. Proučevanje geografskega prostora je postalo pomembno pri vključevanju Slovenske vojske kot subjekta nacionalne varnosti v kriznem odzivanju, za varnostno področje in področje zaščite in reševanja⁹ v Republiki Sloveniji. Prav tako je postalo boljše/natančnejše razumevanje učinkov geografskih dejavnikov na geopolitičnem področju in strateški ravni o razumevanju položaja in vloge Republike Slovenije v evropskem merilu.

4 PREGLED VKLJUČEVANJA IN RAZVOJA METODOLOGIJE VOJAŠKE GEOGRAFIJE V VOJAŠKIH ŠOLAH

Začetki vključevanja geografskih vsebin v vojaško izobraževanje segajo v leto 1993, ko so pri nastajanju programa in predstavitvi geografskih vsebin (za častnike na dolžnosti poveljnikov bataljonov in čet) sodelovali nekateri takrat pomembnejši slovenski geografi¹⁰. V to obdobje spada tudi zamisel o vključitvi vojaške geografije kot samostojnega predmeta v predmetnike vojaških šol. Zamisel je dobila čvrsto podlago z oblikovanjem predmetnika za generalštabni program (GŠT)¹¹.

Generalštabni program je bil do zdaj izveden šestkrat. Vojaška geografija je bila kot samostojni predmet vključena v prvi, drugi, tretji in četrti GŠT. Prvi GŠT, izveden leta 1996, je pomenil prelomnico pri dokončnem oblikovanju predmeta vojaška geografija v Poveljniško-štabni šoli (PŠŠ). Vsebina predmeta je bila strukturirana v obsegu štiriindvajsetih ur in v osmih temah, razdeljenih na predavanja, vaje in ogleda. Sluščatelji so izdelali vojaškogeografske ocene posameznih območij in jih predstavili v obliki seminarskih nalog. V naslednjih letih so jih redno uporabljali kot temeljno informacijo o posameznih območjih v procesu bojnega odločanja. Preskok v kakovosti je pomenilo uvajanje zaključnih nalog iz vojaške geografije v drugem GŠT.

V tem obdobju so predavatelji drugih vojaškostrokovnih predmetov začeli vključevati vojaškogeografske vsebine v predmete s področja vodenja in poveljevanja ter taktike. Hkrati je bil oblikovan program za višji štabni tečaj (VŠT)¹². V njem so bile vojaškogeografske vsebine sprva odrinjene. Razlog za to je bila subjektivna presoja snovalcev predmetnika in vsebine VŠT. Pomanjkljivost programa VŠT so se pokazale v zahtevah in željah sluščateljev za strokovno in sistematično predstavitev vojaškogeografskih vsebin, ki so ključ za razumevanje pomena prostora v procesu bojnega odločanja in racionalne uporabe vojaških enot na izbranem območju.

Največji kakovostni napredek je vojaška geografija opravila med šolanjem 3. izredne generacije sluščateljev GŠT. Razlogi za njeno hitro promocijo in prepoznavnost so bili objektivni in subjektivni. Med objektivne razloge spada prepoznavnost predmetnega področja, ki sta ga predhodni generaciji sluščateljev GŠT vzeli za svojega in potrebnega v vojaškostrokovnem izobraževanju in

⁹ Varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami se uresničuje kot enoten in celovit podsistem nacionalne varnosti na ravni lokalne oziroma širše samoupravne skupnosti, regije in države. Sistem varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami je povezan z drugimi podsistemi sistema nacionalne varnosti in je vpet v mednarodne mehanizme na tem področju. (Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije, Državni zbor RS, št. 200-01/10-5/22, z dne 26. 3. 2010, objavljena v Uradnem listu RS, št. 27/10, 2. 4. 2010, v veljavi od 3. 4. 2010).

¹⁰ Med njimi so bili prof. dr. Jurij Kunaver, prof. dr. Vladimir Klemenčič in akademik prof. dr. Ivan Gams.

¹¹ Program GŠT je bil določen z odredbo ministra za obrambo (MO, št. 811-179/96, z dne 28. 5. 1996).

¹² Prvi program VŠT je bil določen z aktom MO, št. 810-06-1/97, z dne 2. 7. 1997.

usposabljanju častnikov SV. K temu so bistveno pripomogle priprave in organizacija znanstvenega posveta »Vojaška geografija v Sloveniji« maja 2000. Na posvetu je s svojimi prispevki sodelovalo pet visokih častnikov SV¹³. Dodatno spodbudo in strokovno utrditev vojaške geografije je pomenil izid zbornika »DELA¹⁴ 15, Vojaška geografija v Sloveniji«, ki vsebuje predstavljene referate s posveta maja 2000. Zbornik je bil rezultat sodelovanja Centra vojaških šol (CVŠ) in Oddelka za geografijo, Filozofske fakultete, Univerze v Ljubljani. V njem so enaindvajset prispevkov in trije predgovori šestindvajsetih avtorjev s področja geografskih, vojaških, varnostnih, obramboslovnih, računalniških in kartografskih znanosti. Kljub časovnemu odmiku desetih let je Zbornik nepogrešljiv učbenik in vir za sedanje slušatelje na šolanju v PŠŠ.

Ob hitri širitvi in interesu slušateljev je bila vojaška geografija po letu 2002 uvedena v programe¹⁵ štabnega in višjega štabnega šolanja v PŠŠ. Izdelana sta bila podrobna učna načrta vojaške geografije za slušatelje štabnega¹⁶ in višjega štabnega šolanja v PŠŠ.

Preglednica 2: Vsebine pri predmetu vojaška geografija za slušatelje štabnega in višjega štabnega šolanja v PŠŠ

Vsebinski sklopi za slušatelje štabnega šolanja	Število ur	Vsebinski sklopi za slušatelje višjega štabnega šolanja	Število ur
1) Geografski prostor – dejavnik bojevanja	1	1) Izraba vojaškogeografskega prostora pri poveljevanju enoti na operativni ravni	5
2) Uporaba topografskih kart, tehnologija geografskih informacijskih sistemov in druge geografske podatkovne baze	6	2) Bojna območja v Sloveniji, analiza smeri na operativni ravni in študijsko potovanje	22
3) Ocena prostora in metodologija O (opazovanje) K (kritje) O (ovire) K (ključni teren) S (smeri dostopa)	7	3) Vojaškogeografske značilnosti izbranih območij Evrope in njenega obrobja	10
4) Analiza vremenskih učinkov na bojne aktivnosti	7	4) Evropske vojaškogeografske smeri čez območje Slovenije	7
5) Analiza prostorskih parametrov in izdelki v procesu obveščevalne priprave bojišča (OPB)	7	5) Uporaba prostorskih podatkovnih baz v procesu vodenja in poveljevanja v Slovenski vojski	12
6) Vojaškogeografske smeri na območju Slovenije	10	6) Urejanje prostora, prilagoditev objektov za potrebe obrambe in podporo države gostiteljice	9
Skupaj	39	Skupaj	68

¹³ Dva od njih sta pozneje postala načelnika Generalštaba Slovenske vojske. Eden izmed njiju je pripravil zaključno nalogo iz vojaške geografije ob zaključku generalštabnega tečaja. (glej: Gutman, A., 2001, Globalizacija v desetletju multipolarnosti in oblikovanja nove geografije sveta, Zaključna naloga, PŠŠ).

¹⁴ DELA so osrednja znanstvena publikacija Oddelka za geografijo, Filozofske fakultete, Univerze v Ljubljani. Do zdaj je izšlo 20 zbornikov z različno znanstveno geografsko tematiko. Uvrstitev vojaške geografije v zbornik DELA 15 je pomenila veliko strokovno priznanje za prizadevanja, da postane vojaška geografija sestavina znanstvenega proučevanja in most med matično (geografsko) ter uporabniško (vojaško) stroko.

¹⁵ Vodstvo CVŠ je na podlagi izkušenj, pripomb in predlogov slušateljev, predavateljev in strokovne javnosti začelo temeljite prenove študijskih programov za obe šolanji. Leta 2003 narejeni osnutki predmetnika za slušatelje ŠŠ in VŠŠ so bili potrjeni s Programom štabnega šolanja častnic in častnikov Slovenske vojske (MO, št. 811-01-13/2005-2, z dne 14. 4. 2005) in Programom višjega štabnega šolanja častnic in častnikov Slovenske vojske (MO, št. 810-04-25/2004-2, z dne 6. 9. 2004). Na teh podlagah je bil izdelan podrobni učni načrt za predmet vojaška geografija na štabnem šolanju (PŠŠ, št. 810-06-4/2004-30, z dne 26. 5. 2005) in višjem štabnem šolanju (PŠŠ, št. 810-06-4/2004-32, z dne 20. 5. 2005).

¹⁶ O vsebini, metodologiji in didaktiki izvedbe navedenega učnega načrta predmeta vojaška geografija je bila med slušatelji opravljena anketa. Ugotovljena je bila visoka pedagoška in strokovna raven izvedbe predmeta (dokument PŠŠ, šifra 810-06-7/2003-112, z dne 18. 6. 2004).

Preglednica 3: Vsebina tem iz predmeta vojaška geografija na Generalštabnem programu PŠŠ (obdobje 2004–2007)¹⁷

Zap. št.	TEMA	Število učnih ur	
		Teoretični del	Praktični del
	Uvod v predmet	1	
	Izraba geografskega prostora pri vodenju in poveljevanju enoti na strateški ravni	3	2
	Vesolje – strateški vojaškogeografski prostor	2	
	Geografija moči – območje Evrope in njenega obrobja	6	4
	Vojaškogeografske značilnosti izbranih območij Evrazije	6	2
	Bojna območja v Sloveniji na strateški ravni – analiza evropskih vojaškogeografskih smeri čez območje Slovenije	4	20
	Uporaba prostorskih baz na strateški ravni v procesu vodenja in poveljevanja v Slovenski vojski	2	6
	Skupaj	24	34

Poleg tega so vojaškogeografske vsebine v svoja predavanja vključevali predavatelji drugih predmetnih področij. Sluščatelji PŠŠ so s tem dobili stopenjsko, sistemsko zaokrožene in strokovno korektne informacije o predmetnem področju vojaške geografije in vsebinski vojaškostrokovni analizi prostora kot dejavnika bojevanja.

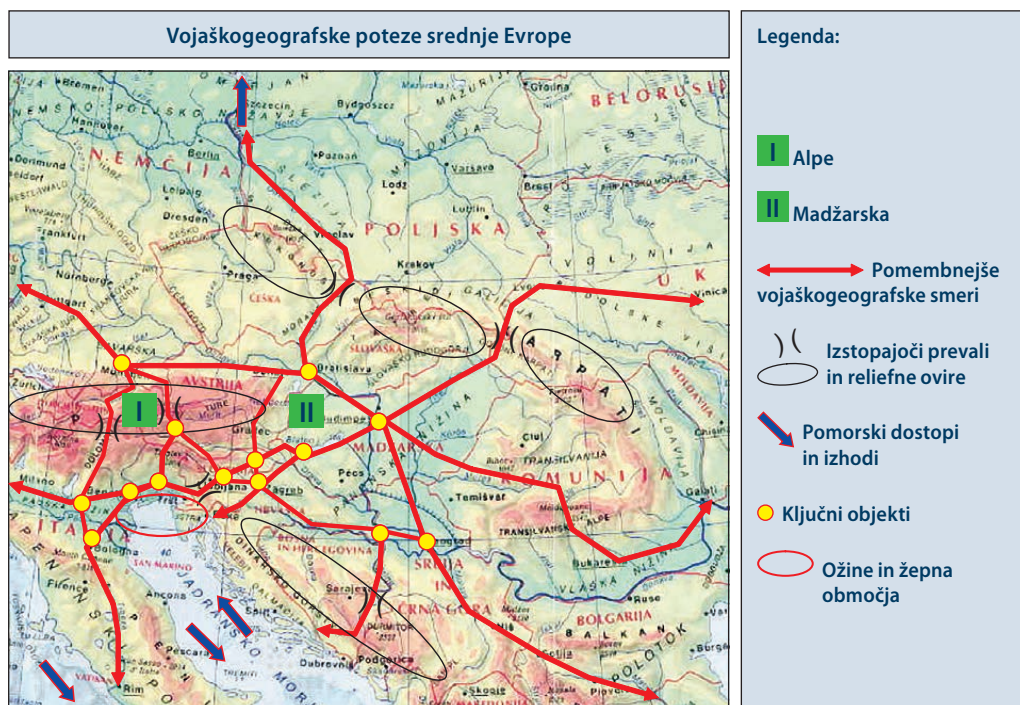
Dodatni izziv je pomenila predstavitev pomembnejših geopolitičnih, geostrateških in vojaškogeografskih značilnosti Republike Slovenije in sosedstva sluščateljem in predstavnikom tujih vojaških šol¹⁸ na študijskih obiskih v Sloveniji. Predstavitve (predavanje in diskusija) so bile dodatna priložnost za promocijo in prikaz vojaškogeografske stroke v vojaškem šolstvu Slovenije. Prav tako je bilo področje vojaške geografije v Sloveniji predstavljeno udeležencem na mednarodnih srečanjih v okviru Nata¹⁹.

¹⁷ Program generalštabnega šolanja je bil določen z aktom ministra za obrambo, šifra 810-04-25, z dne 9. 6. 2004, in je veljal v obdobju 2004–2007. Z aktom št. 603-63/2007-2, z dne 19. 4. 2007, je bil preklican. Takrat je začel veljati nov program generalštabnega šolanja, ki je imel v predmetniku namesto vojaške geografije določeno politično geografijo. Navedeni program je bil z aktom ministrice za obrambo, št. 608-20/2009-87, z dne 17. 6. 2009, preklican. O vsebini in veljavnosti najnovejšega programa avtor prispevka nima podatka. Pogoste menjave programa (praktično za vsako generacijo sluščateljev) ustvarjajo nejasno sliko in zmedo glede vojaškostrokovnih vsebin in predmetnih področij GŠP.

¹⁸ Do zdaj so bila pripravljena in predstavljena predavanja sluščateljem iz Italije in Grčije.

¹⁹ Referat: Effects of physical geographical factors in military defense area; Conference "Nato Training Group; Working Group on Individual Training and Education Development" Halifax, Canada, 1999 in referat: Some effects of geographical factors in Slovenian army; Seminar »International Seminar Geopolitics, Führungsakademie der Bundeswehr, Hamburg september 2000, Deutscher Militärgeographischer Dienst« Germany 2000.

Shema 5: Vojaškogeografski pomen Republike Slovenije v Srednji Evropi



Vsebina in metodologija proučevanja vojaške geografije obsega kvantitativno in kvalitativno raven. Kvantitativna raven je stopenjska. Splošne vsebine pri predmetu geografija²⁰ pri študiju obramboslovja na FDV so bile nadgrajene z obravnavo vojaškogeografskih vsebin na taktični ravni pri predmetu vojaška geografija in topografija v Šoli za častnike, CVŠ. Tam se slušatelji predvsem srečajo z določanjem učinkov posameznih geografskih dejavnikov na vojaške aktivnosti. Te obsegajo delovanje vojske v miru, v mirovnih operacijah in na misijah ter v vojni. V vseh navedenih primerih ima geografski prostor, v katerem potekajo vojaške aktivnosti, primarno vlogo. Del vsebin je prilagojen potrebam sodelovanja Slovenske vojske ob naravnih in drugih nesrečah²¹. Slušatelji dobijo začetne informacije tudi o pomenu geografskega prostora za ožje varnostno območje²².

Častniki, ki so uspešno zaključili šolo za častnike, imajo potrebno vojaškogeografsko znanje za načrtovanje, poveljevanje in izvajanje taktičnih postopkov v bojnem okolju in v okviru rednega dela za raven vod – četa. Vojaškogeografske vsebine na štabnem šolanju so usmerjene v seminarski način dela. Poudarek je na pridobivanju potrebnih geografskih informacij iz geografskih informacijskih sistemov (GIS) in predstavitvi izstopajočih učinkov splošnih, fizičnih in družbenih

²⁰ Geografija je bila v obveznem predmetniku FDV do uvedbe bolonjskega visokošolskega študija. Od te uvedbe naprej se je predmet preoblikoval v obramboslovno geografijo in vojaško geografijo kot izbirno vsebino v okviru vojaškega modula študija obramboslovja. Oba predmeta se poučujeta v drugem letniku.

²¹ Sodelovanje Slovenske vojske ob naravnih in drugih nesrečah določa prvi odstavek 37. člena Zakona o obrambi (Uradni list RS, št. 103/04), 23. člen Zakona o službi v SV (Uradni list RS, št. 68/07), 71. člen Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/06 in 97/10), 2., 3., 4., 5. in 6. točka Resolucije o programu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami v letih od 2009 do 2015, (Uradni list RS, št. 57/09), 67., 170. in 171. točka Pravil službe v SV (Uradni list RS, št. 84/09) ter točka 12.1 Doktrine vojaške obrambe (Vlada RS, šifra 80000-3/2006/3, z dne 1. 6. 2006).

²² Tak je primer mogočega sodelovanja Slovenske vojske pri varovanju državne meje, kar je določeno v četrtem odstavku 37. člena Zakona o obrambi (Uradni list RS, št. 103/04).

geografskih dejavnikov na območju Kosova, kjer deluje glavšina pripadnikov SV v okviru mednarodnih operacij. Prav tako slušatelji analizirajo, vrednotijo in predstavijo učinke geografskih dejavnikov na izvedbo premika in vzpostavitev varnostnega območja v obliki simulacije na namišljenem izbranem območju. Zato izdelajo bojno dokumentacijo in preverijo rešitve na terenu²³.

Vojaškogeografska analiza in vrednotenje učinkov geografskih dejavnikov temeljita na namišljeni taktični predpostavki, značilni za razmere v mednarodnih operacijah za vzpostavljanje, vzdrževanje in ohranjanja miru na izbranem območju. Pri tem se poskuša v Sloveniji poiskati tako območje, ki je po fizičnih²⁴ in izbranih družbenih²⁵ geografskih dejavnikih primerljivo z razmerami na območju odgovornosti na mednarodni misiji.

Kvalitativno metodologijo predstavljajo pristopi k proučevanju vojaškogeografskih vsebin. Ker je študijske literature s tega področja malo oziroma ni dostopna širši strokovni javnosti, izstopa pomen študij primerov ali »Case studies«. Hitro spreminjajoča se tehnologija bojevanja ter nova orožja in orodja za bojno podporo postavljajo predmetno področje vojaške geografije pred izbiro, ali jo obravnavati klasično in deduktivno ali iskati odgovore o učinkoviti izrabi prostora tudi iz empiričnih primerov, rezultatov računalniških simulacij in stopnje realizacije obsega in količine podatkov iz sodobnih vojaških spopadov. Odgovor na to dilemo je empirični pristop. Analiza izrabe prostora nasprotujočih si strani v vojaških spopadih in konfliktih mora temeljiti na realnih informacijah o dogajanju v prostoru in realnem času. Deduktivni pristop je omejen na predstavitev vojaškogeografskega vrednotenja izbranega območja ali prostora v preteklih zgodovinskih obdobjih.

Empirične študije primerov so zajele predvsem krizna območja na obrobju Evrope in nekatera varnostno nestabilna območja v Evropi. V okviru vojaškogeografskih vsebin, obravnavanih na višjem štabnem programu, so slušatelji analizirali učinke geografskih dejavnikov za izbrana območja Kavkaza²⁶ in osrednje Azije²⁷. V zadnjih letih so bile empirične študije dopolnjene s študijskimi potovanji, ki vključujejo tudi vojaško geografsko dimenzijo, v Italijo (Neapelj), po Srednji Evropi (Zagreb, Vukovar, Mohach, Budimpešta in Dunaj) ter na strateški ravni v Združene države Amerike (New York in Washington).

Metodološki ključ za vojaškogeografsko vrednotenje in analizo je skupek opravil, določenih v obveščevalni pripravi bojišča. Slovenska vojska je od leta 1998 dalje dokončno uveljavila uporabo metodološkega postopka obveščevalne priprave bojišča in jo vključila v procese štabnega dela po priročniku ameriške vojske Intelligence preparation of the battlefield – FM 34 – 130, Headquarters, Department of the Army 1994, Ministry of Defense, Washington DC.

²³ Za študijo primera premika namišljene bataljonske bojne skupine je bilo izbrano območje med Ptujem in Dravogradom. Za območje razmestitve namišljene bojne skupine in priprave za nalogo vzpostavitve varovanega območja je bil izbran predel med Dravogradom, Slovenj Gradcem in Ravnami na Koroškem. Vzpostavitev varovanega območja je zajela Velenjsko kotlino.

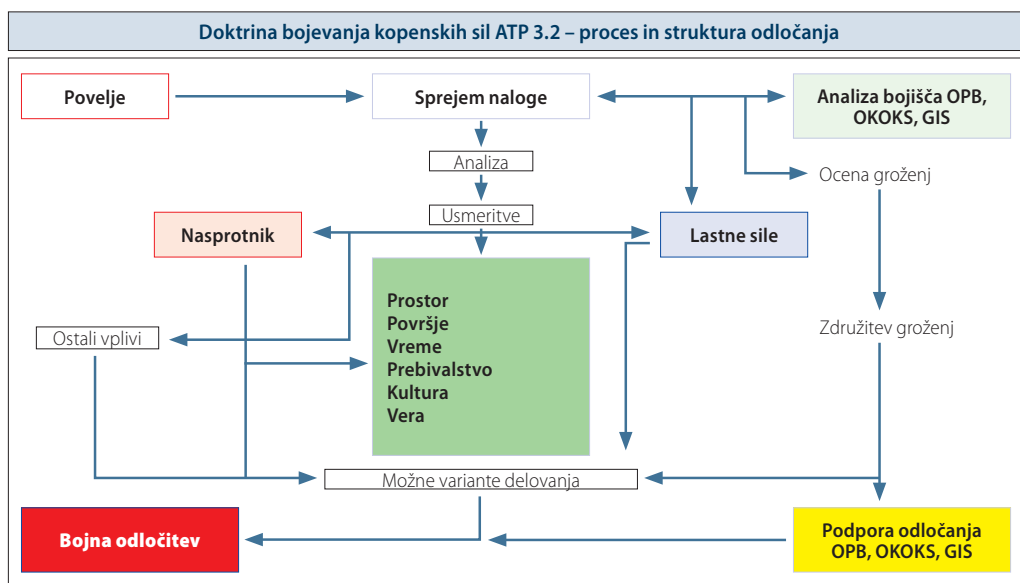
²⁴ Tak je primer izkoristka reliefnih elementov na prevalu Sleme med Črno na Koroškem in Šoštanjem ali mogoč izkoristek podzemnega sistema Hude luknje.

²⁵ Tak je primer energetskih struktur v Šaleški dolini, ki imajo določene elemente za primerjavo s termoeenergetskim kompleksom pri Obiliču na Kosovu, ali kanaliziranost premikov proti Kosovu vzdolž Drima, ki je delno primerljivo s prometnim koridorjem med Mariborom in Dravogradom vzdolž Drave.

²⁶ Leta 2005 so obdelali mogoče vojaškogeografske smeri na ozemlju Gruzije, kjer je leta 2008 prišlo do spopadov za Južno Osetijo.

²⁷ Slušatelji so izdelali vojaškogeografske presoje učinkov splošnih, fizičnih in družbenih dejavnikov za Kirgizistan, Uzbekistan in Tadžikistan.

Shema 6: Vloga vojaškogeografskih vsebin v procesu sprejema odločitve po doktrinskih načelih Nata²⁸



Opomba: Iz sheme je razvidna neposredna povezava učinkov geografskih dejavnikov v prostoru na vojaško področje ob uporabi podpornih elementov pri bojni odločitvi. Predstavljeni procesni diagram sprejema odločitve je ustaljen v proceduri štabnega dela in podpore poveljniku pri odločanju.

Poseben pomen predstavlja sodelovanje predstavnikov MO pri izvedbi nekaterih vojaškogeografskih vsebin in pomoč slušateljem PŠŠ pri izdelavi seminarskih in zaključnih nalog. Posebej dragocena je bila pomoč, ki so jo nudili delavci Službe za informatiko in komunikacije (SIK) na področju GIS in računalniške grafike²⁹. Izdelki slušateljev PŠŠ so bili opremljeni z računalniškimi in grafičnimi prikazi in prilogami iz vsebin GIS. Sodelovanje pomeni za slušatelje možnost grafične predstavitve izdelkov, za delavce SIK pa je predstavljalo praktično uporabo in uvajanje njihovih izdelkov za potrebe SV. V procesu usposabljanja in izobraževanja s področja vojaške geografije v PŠŠ so sodelovali delavci Oddelka za razvoj in simulacije (v nadaljevanju – ORIS), ki vodijo računalniško podprte vaje za vojaškogeografske potrebe. Take vaje so pomenile soočenje s podatkovnimi bazami GIS, orodji in načinom predstavitve za rabo v simuliranih in namišljenih vojaških akcijah. Po začetnem obdobju, ko je v procesu usposabljanja v PŠŠ primanjkovalo kakovostnih topografskih kart, je zdaj na voljo dovolj kartografskega gradiva, ki so ga skrbno pripravili delavci Oddelka za civilne zmogljivosti in krizno odzivanje (OCZKO), Sektorja za načrtovanje.

²⁸ Doktrina bojevanja kopenskih sil ATP 3.2.1 spada v t. i. sklop: dokumenta Nata AJP 3.2.2 (Poveljevanje in kontrola zavezniških kopenskih sil), ki je bil z aktom MO, št. 860-6/2007-5, z dne 2. 11. 2009, sprejet kot slovenski vojaški standard (SVS STANAG 2199(2), Vojaške doktrine SV (Vlada RS, šifra 80000-3/2006/3, z dne 1. 6. 2006). Prav tako je to sestavina štabnega dela, določene v Navodilu za štabno delo v poveljstvih in enotah Slovenske vojske, Generalštab Slovenske vojske, ukaz št. 603-114/2007-4, z dne 30. 11. 2007.

²⁹ Zato je bilo v Uradu za informatiko in komunikacije Ministrstva za obrambo razvito podporno orodje UDiGISP (upravljanje in distribucija podatkov GIS).

5 POMANJKLJIVOSTI SEDANJEGA STANJA, IZZIVI IN VIZIJA PRIHODNOSTI VOJAŠKE GEOGRAFIJE

Vojaška geografija je danes na prelomni razvojni stopnji. Kako se bo nadaljeval njen razvoj in v skrajnem primeru obstoj, ni odvisno od nosilcev tega strokovnega področja. Za učinkovito promocijo in ustrezen strokovni razvoj vojaškogeografskega področja bi bilo treba oblikovati vojaško geografsko službo, ki bi združila sicer številne, vendar organizacijsko razpršene oddelke³⁰ v MO in SV. Z njihovo združitvijo in umestitvijo v eno organizacijsko enoto bi dosegli centralizacijo zbiranja, pošiljanja in obdelave podatkov. Uporabniki (SV, krizno upravljanje ter zaščita in reševanje) bi na enem mestu dobivali ustrezne podatke in analize, povezane s prostorom. Neurejenost stanja v institucijah MO, ki se ukvarjajo s področjem vojaške geografije, se zato kaže tudi v sistemu vojaškega usposabljanja in izobraževanja. Tudi najnovejša reorganizacija MO tega ni odpravila.

Prihodnost vojaške geografije mora temeljiti na doseženih spoznanjih v dvajsetletnem razvoju obrambnega sistema v Republiki Sloveniji. Predmetno področje vojaške geografije je treba obdržati v programih vojaških šol. Pri tem je nujno treba urediti primerne razmere za poučevanje vojaške geografije in pridobiti visoko strokoven in kvalificiran kader. To bo zagotovilo za pridobitev znanja vojaškogeografskih vsebin na taktični ravni (bojišče brigade) za štabno šolanje, na operativni ravni (bojevališče divizije) za višještabno šolanje in na strateški ravni (vojskovališče) za generalštabno šolanje. Imeti morajo enotno informacijo o zmožnostih, obsegu, kakovosti in načinu posredovanja splošnih prostorskih podatkovnih baz in informacij. Usposobljeni morajo biti za vojaškogeografsko interpretacijo prostorskih podatkovnih baz in njihovo vključitev v načrtovanje in izvajanje vojaških aktivnosti v Sloveniji ter za uporabo prostorskih podatkovnih baz v mednarodnem okolju. Ključno področje vojaške geografije v PŠŠ mora postati proučevanje (splošnih in vojaških) geografskih značilnosti območij v svetu, kamor se napotijo pripadniki SV na vojaške misije³¹.

Pri tem se ne bo smel zanemariti pomen poznavanja domačega geografskega okolja, ki je zaradi izrazite usmerjenosti SV v mednarodne operacije in na misije odrinjeno. Če v sistemu vojaškega šolstva častniki ne dobijo osnovne informacije o vojaškogeografskem pomenu ozemlja Slovenije³², je ukvarjanje s to problematiko v enotah in poveljstvih znižano na minimum. Posledica tega je šibko poznavanje

³⁰ V MO se z vojaškogeografskim področjem posredno ali neposredno ukvarjajo: Sektor za načrtovanje, SIK, Sektor za gospodarjenje z nepremičninami, GŠSV (v okviru sektorja J-2 in J-6, in ORIS), Poveljstvo sil (G-2 za potrebe mednarodnih misij), Obveščevalno varnostna služba (za potrebe mednarodnih misij) ter Uprava za zaščito in reševanje (spremljanje in podatkovne baze o prostorskih pojavih in dogodkih o naravnih in drugih nesrečah). Posredno, na strateški ravni, se s tem področjem delno ukvarjajo tudi v Direktoratu za obrambno politiko.

³¹ Te zahteve (in ambicije) so se odražale v pričakovanjih oziroma načrtovanju napotitev pripadnikov SV v Afganistan in Irak. Pripadniki SV niso pravočasno poznali geografskih, geopolitičnih, krajevnih, prebivalstvenih, kulturnih in civilizacijskih značilnosti območja in bojnega okolja v puščavskih območjih Srednje Azije in Srednjega vzhoda, niti niso imeli ustrezne opreme oziroma niso bili dovolj izurjeni za tako poslanstvo.

³² Republika Slovenija je celinska in pomorska država. Njen geostrateški položaj v evropskem in širšem prostoru je poseben in ostaja takšen tudi v razmerah vse močnejše globalizacije in krepitve transnacionalnih povezav. Republika Slovenija leži na ozemlju, kjer se stikajo srednjeevropski, južnoevropski in sredozemski geostrateški ter geopolitični prostor, kar ji nudi politične, gospodarske, družbene, kulturne in druge prednosti ter priložnosti, prinaša pa tudi določena varnostna tveganja. Ozemlje Republike Slovenije prečkajo najkrajše kopenske poti, ki Zahodno in Srednjo Evropo povezujejo z Jugovzhodno Evropo in Azijo, ter najkrajše in najugodnejše poti iz srednjeevropskih celinskih območij do obale Jadranskega morja in iz vzhodne in Jugovzhodne Evrope do Apeninskega polotoka. Pomembne primerjalne prednosti Republike Slovenije kot članice Evropske unije in Nata bodo tudi v prihodnje izhajale iz njenih zgodovinskih, političnih, gospodarskih, socialnih, etničnih, kulturnih in drugih povezav z območjem Jugovzhodne Evrope. Te prednosti bo Republika Slovenija izkoristila zlasti za oblikovanje svojega prispevka h krepitvi politične stabilnosti in varnosti v regiji, kar bo pomembno z vidika zagotavljanja njenih dobrih političnih in gospodarskih odnosov z državami te regije ter s tem zaščite njenih nacionalnih interesov. Pri tem bo namenila posebno pozornost sodelovanju s tistimi državami v regiji, ki niso v celoti vključene v evroatlantske integracije. (točka 3. 1, Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije, Državni zbor RS, št. 200-01/10-5/22, z dne 26. 3. 2010, objavljena v Uradnem listu RS, št. 27/10, 2. 4. 2010, v veljavi od 3. 4. 2010).

domačega terena in njegovih učinkov na mogoče vojaške aktivnosti v prihodnje, predvsem pa ob aktiviranju SV za potrebe zaščite in reševanja, kot so bile poplave v letih 2007 in 2010.

Pomemben element je prenos znanja in razvijanje vojaškogeografske stroke v Sloveniji z vključitvijo tem s področja vojaške geografije v nabor diplomskih in zaključnih nalog, kar je razvidno iz naslednje preglednice.

Preglednica 4: Izposoja disertacije Geografski dejavniki državnovarnostnega sistema Republike Slovenije (Bratun, 19987), zbornika Vojaška geografija v Sloveniji (Dela 15, 2000), knjige Vojaška geografija I (Bratun, 2005) ter zagovorov diplomskih del s področja vojaške geografije in zaključnih nalog slušateljev šole za častnike in Poveljniško-štabne šole Slovenske vojske.

	Disertacija	Dela 15	Knjiga	Diplomsko delo	Zaključna naloga
1998	5			3	2
1999	1			2	4
2000	7	23			3
2001	6	67		2	1
2002	5	85		2	1
2003	24	113		3	2
2004	22	70		4	1
2005	9	65	209	2	7
2006	6	56	124	4	5
2007		49	124	2	
2008		43	77	2	
2009		90	56	1	
2010		60	109		
Skupaj	85	721	699	22	26

Vir podatkov: Knjižnično-informacijski center Ministrstva za obrambo, februar 2011.

Opomba: Aktualnost in zanimanje za vojaško geografijo kaže število izposoj disertacije, zbornika in monografije. Dodatno je bilo zanimanje za vojaško geografijo potrjeno v znatnem številu diplomskih in zaključnih nalog diplomantov obramboslovja in geografije ter slušateljev Šole za častnike in Poveljniško-štabne šole Slovenske vojske. Na podlagi navedenih podatkov je razvidna enakomerna zastopanost diplomskih del s področja vojaške geografije v obdobju 1998–2008. Zaključne naloge s področja vojaške geografije v vojaških šolah so bile najbolj zastopane v obdobju 2005–2006. Po tem obdobju je bila vojaška geografija zaradi spreminjanja programov izločena iz predmetnika vojaških šol oziroma so bile njene vsebine vključene v druga predmetna področja. Upad je med drugim tudi posledica neurejenega stanja glede nosilca tega predmetnega področja, hitrih menjav predavateljev ter selitve vojaških šol v Maribor.

V zadnjem obdobju se vojaška geografija širi tudi na druga področja. Med njimi izstopa vojaški turizem. Številne vojaške prostorske strukture iz preteklosti so pravi »magnet« za obiskovalce in informacij željne turiste, tudi v Sloveniji. Pri razumevanju in pomenu tovrstnih objektov ne moremo mimo njihovega vojaškogeografskega pomena. So odraz stopnje razvoja tedanje tehnologije in načina vojaškega življenja. Med njimi izstopajo predvsem fortifikacijski elementi, postavljeni vzdolž vseh pomembnih vojaškogeografskih smeri. Enako velja za eksponate orožij in videoprikaze v kombinaciji z učinki geografskega prostora na predstavitve njihove uporabe.



Slika: Ekspонат hladne vojne na strateški ravni. Pervomajsk, Muzej raketnih vojsk, Ukrajina, 30. 7. 2007 (Foto: Zvonimir Bratun)

6 SKLEP

Vojaška geografija v Sloveniji je mlado vojaškostrokovno področje in je pomembna prвина v vojaškem šolanju. Je uporabna veda, ki preučuje učinke splošnih, fizičnih in družbenih geografskih dejavnikov na vojaško področje. Omogoča pravilno razumevanje in učinkovit izkoristek prostora za vojaške aktivnosti na taktični, operativni in strateški ravni. Vpeta je v obveščevalno pripravo bojišča in uporablja metodologijo OKOKS. Najbolj intenziven razvoj je doživela med leti 2000 in 2006. Njen pomen je povezan s hitrim razvojem vojaških tehnologij, računalniških orodij ter programov o prostorskih podatkih. To je pomembno za preučevanje prostorskih značilnosti kriznih območij. Preučevanje vojaške geografije obsega kvantitativno (stopenjsko) in kvalitativno (empirične študije primerov) raven. Vojaškogeografske vsebine so bile vključene v nabor diplomskih in zaključnih nalog v vojaških šolah. Danes je razvoj vojaškogeografske stroke v Sloveniji na prelomu. Vzrok je opuščanje vojaškogeografskih vsebin v vojaških šolah. Prav tako ni rešeno vprašanje strokovnega nosilca predmeta vojaška geografija. Vojaškogeografska znanja postajajo pomembna tudi za druga področja.

7 LITERATURA

- Brinkerhof, R. J. 1993. Geography, Military; International Military and Defense Encyclopedia (str. 1055–1062). Macmillan, New Jersey.
- Bratun, Z., 1998. Geografski dejavniki državnovarnostnega sistema Republike Slovenije, doktorska disertacija, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Bratun, Z. (ur.), 2000. Vojaška geografija v Sloveniji, DELA 15. Ljubljana, MO RS in Oddelek za geografijo.
- Bratun, Z., 2005. Vojaška geografija I; Založba Maklen, FDV, Ljubljana.
- Brodnik, U., 2005. Geografska priprava na misijo – Afganistan: [zaključna naloga]. Ljubljana: Republika Slovenija, Ministrstvo za obrambo, Slovenska vojska, Poveljstvo za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje, Poveljniško-štabna šola, 11. generacija štabnega šolanja častnic in častnikov SV, Poljče.
- Bundesministerium der Vereidigung, 2000. Truppenführung (TF), DSK HH320220020, Bonn.
- Collins, J., 1998. Military Geography, Washington DC, National Defense University Press.
- Department of the Army, 1994. Intelligence preparation of the battlefield – FM 34 – 130, Headquarters, Department of the Army, Ministry of Defense, Washington DC.
- Doktrina vojaške obrambe, 2006. Vlada RS, šifra 80000-3/2006/3, z dne 1. 6. 2006.
- Državni zbor RS, 2004. Zakon o obrambi, Uradni list RS, št. 103/04.
- Državni zbor RS, 2007. Zakon o službi v SV, Uradni list RS, št. 68/07.
- Državni zbor RS, 2006. Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami, Uradni list RS, št. 51/06.
- Državni zbor RS, 2009. Resolucija o programu varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami v letih 2009 do 2015, Uradni list RS, št. 57/09.
- Državni zbor RS, 2010. Resolucija o splošnem dolgoročnem programu razvoja in opremljanja Slovenske vojske do leta 2025, Uradni list RS, št. 99/10.
- Državni zbor RS, 2010. Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije, Uradni list RS, št. 27/10.
- Generalštab Slovenske vojske, 2007. Ukaz za implementacijo navodila z štabno delo v poveljstvih in enotah Slovenske vojske, št. 603-114/2007-4, z dne 30. 11. 2007.
- Grilc, J., 2006. Vpliv vojaškogeografskih dejavnikov na izvajanje oboroženih bojov v Afganistanu tekom operacije "Enduring freedom": diplomsko delo. Ljubljana: [J. Grilc].
- Grozde, J., 2006. Geoinformacijska podpora procesom obveščevalnih analiz vojaških aktivnosti SV: zaključna naloga. Poljče: [J. Grozde].
- Gutman, A., 2001. Globalizacija v destletju multipolarnosti in oblikovanja nove geografije sveta, zaključna naloga, PŠŠ.
- <http://www.slovenskavojska.si/odnosi-z-javnostjo/sporocila-za-javnost/novica/nov/slovesnost-pred-odhodom-15-slovenskega-kontingenta-v-afganistan/dne-25-3-2011>.
- Ministrstvo za obrambo, 1996. Program generalštabnega tečaja: Odredba ministra za obrambo, št. 811-179/96 z dne 28. 5. 1996. Ljubljana.
- Ministrstvo za obrambo, 1997. Program višjega štabnega tečaja, Akt MO, št. 810-06-1/97 z dne 2. 7. 1997, Ljubljana.

- Ministrstvo za obrambo, 2004. Program višjega štabnega šolanja častnic in častnikov Slovenske vojske (MO, št. 810-04-25/2004-2, z dne 6. 9. 2004).
- Ministrstvo za obrambo, 2005. Program štabnega šolanja častnic in častnikov Slovenske vojske (MO, št. 811-01-13/2005-2, z dne 14. 4. 2005).
- Nato, 2007. Dokument AJP 3.2.2 (Poveljevanje in kontrola zavezniških kopenskih sil), ki je bil z aktom MO, št. 860-6/2007-5, z dne 2. 11. 2009, sprejet kot slovenski vojaški standard SVS STANAG 2199(2).
- Stopar, T., 2006. Geografski dejavniki kot podlaga za odločanje o morebitnem sodelovanju enote velikosti voda na možni mirovni misiji v Darfurju: zaključna naloga. Poljče: [T. Stopar].
- Šteiner, A., 2000. Prenos obveščevalne priprave bojišča v delo poveljstev Slovenske vojske: Vojaška geografija v Sloveniji, posvet, Dela 15, Ministrstvo za obrambo in Oddelek za geografijo Filozofske fakultete, Ljubljana 2000 (str. 96–111).
- Vlada Republike Slovenije, 2006. Vojaška doktrina SV (Vlada RS, šifra 80000-3/2006/3, z dne 1. 6. 2006).
- Zakharenko, I. A., 2001. Military Geography: Past and Present' from Military Thought, a publication in the field of News & Society, www.findarticles.com/p/articles/mi_m0JAP/is_3_10/ai_77034358.

O AVTORJU

Dr. Zvonimir Bratun je doktor geografskih znanosti, magister političnih ved in diplomirani obramboslovec. Bil je predavatelj vojaške geografije v Centru vojaških šol in Poveljstvu za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje (Poveljniško-štabna šola ter Šola za častnike od leta 1994 do leta 2010) ter zunanji sodelavec Katedre za obramboslovje na Fakulteti za družbene vede Univerze v Ljubljani od leta 1995 do leta 2009. Na Ministrstvu za obrambo Republike Slovenije je od leta 2000 do 2010 delal kot inšpektor svetnik za obrambo, inšpektor višji svetnik za obrambo pa je od leta 2010. Je docent za politično geografijo in geografijo varnosti na Fakulteti za državne in evropske študije.

ABOUT THE AUTHOR

Zvonimir Bratun holds a PhD in geographical science, and a Master's Degree in political science and defence science. He was a lecturer in military geography at the Military Education Centre and Doctrine, Development, Education and Training Command (Command and Staff School, and the Officer Candidate School between 1994 to 2010) and an external employee at the Chair of Defence Studies, Faculty of Social Sciences in Ljubljana between 1995 and 2009. Between 2000 and 2010, he was employed at the MoD as a Defence Inspector Adviser, and has been Defence Inspector Senior Adviser since 2010. He is an assistant professor for political geography and geography of security at the Graduate School of Government and European Studies.

Izobraževanje pripadnikov Slovenske vojske na področju vojaške topografije in geografije Education in Military Topography and Geography for Members of the Slovenian Armed Forces

Matjaž Grum

Povzetek V kratki zgodovini samostojnosti in neodvisnosti je Sloveniji uspelo postati članica Nata in Evropske unije. Njena lega opozarja na pomembno tranzitno-prometno vlogo Slovenije, zlasti s povezavo med Panonsko in Padsko nižino. Geografska pestrost in velika reliefna razčlenjenost na majhnem prostoru ji dajeta še dodaten čar. Zaradi tega morajo slovenski vojaki poznati svojo državo in njeno ozemlje ter se na tem prostoru dobro znajti, za kar skrbi vojaški izobraževalni sistem v Slovenski vojski. Vojaška topografija in geografija sta prisotni na vseh ravneh vojaškega izobraževanja in usposabljanja. Vendar nam podroben pregled tega področja razkrije kar nekaj pomanjkljivosti. Namen tega prispevka je s kritično analizo prikazati stanje ter mogoče rešitve, da bi dosegli želeno raven vojaškega izobraževanja in usposabljanja iz vojaške topografije in geografije.

Ključne besede Vojaško izobraževanje in usposabljanje, vojaška topografija, vojaška geografija, kritična analiza.

Abstract In the short time since its independence, Slovenia has managed to become a member of the NATO alliance and the European Union. Its location draws attention to the important transit-transport function of Slovenia, in particular the link between the Pannonian and River Po Plain. Its geographic diversity over such a small area gives it a certain charm. Slovenian soldiers have to know and be able to navigate their country and its territory more than well. The knowledge and skills for this are provided by the educational system of the Slovenian Armed Forces. Military topography and geography is present at all levels of military education and training. However,

a detailed review of education in this area reveals some shortcomings. The purpose of this paper is a critical analysis of the situation in this area and what needs to be done to eliminate any gaps, and thus achieve the desired level of military education and training in the field of military topography and geography.

Key words Military education and training, military topography, military geography, critical analysis.

1 UVOD

Šola za podčastnike (ŠPČ) je bila ustanovljena 16. decembra leta 1991. Predstavlja prvo vojaško šolo v samostojni Sloveniji in s tem temelj vojaškega izobraževanja in usposabljanja (VIU) v naši državi. Potrebe po podčastnikih se v teh dveh desetletjih niso veliko spremenile, precej pa so se spremenile okoliščine, v katerih danes deluje Slovenska vojska (SV). Republika Slovenija (RS) je medtem ukinila naborniško vojsko in jo nadomestila s poklicno, postala je polnopravna članica Evropske unije (EU) in Nata. Nove politične razmere so povzročile tudi številne reorganizacije SV, za katero lahko danes rečemo, da postaja sodobno opremljena in organizirana vojska, z mnogimi izzivi za prihodnost, a hkrati tudi s tem povezanimi težavami.

Hkrati z razvojem SV je potekalo tudi preoblikovanje VIU. V prvih letih je naloge VIU častnikov in podčastnikov opravljal Izobraževalni center Ministrstva za obrambo. Po nekaj letih se je preoblikoval v Center vojaških šol in leta 1999 z reorganizacijo postal del SV. Danes te naloge opravlja Poveljstvo za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje (PDRIU) s sedežem v Mariboru. VIU poteka na več lokacijah in na različnih ravneh. Izobraževanje pripadnikov SV je organizirano predvsem v obliki tečajev.

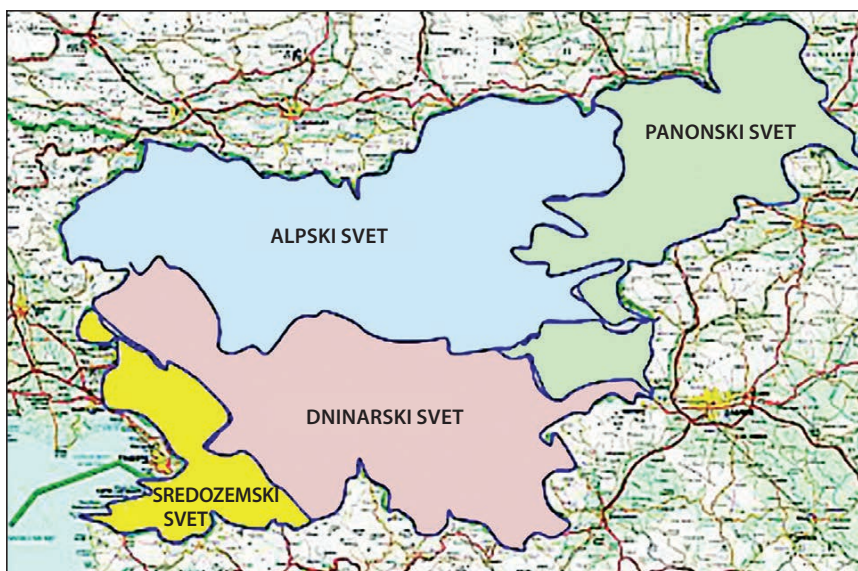
Temeljno vojaškostrokovno usposabljanje (TVSU) poteka v Centru za usposabljanje Vipava, ki izvaja, usklajuje ali vodi tudi druge vrste usposabljanja vojakov. TVSU se morajo udeležiti vsi novi pripadniki pred prevzemom delovnih nalog v enotah. Za izvedbo programov osnovnega vojaškostrokovnega izobraževanja in usposabljanja (OVSIU) ter dopolnilnega vojaškostrokovnega izobraževanja in usposabljanja (DVSU) podčastnikov in častnikov pa so zadolžene Šola za podčastnike (ŠPČ), Šola za častnike (ŠČ) ter Poveljniško-štabna šola (PŠŠ). Pri izvedbi specialističnega usposabljanja sodelujejo tudi druge enote SV.

Ker je predmet prispevka izobraževanje pripadnikov SV na področju vojaške topografije in geografije, naj poudarim, da je to področje prisotno na vseh ravneh VIU. To je seveda povsem razumljivo, saj je prostor eden temeljnih dejavnikov za bojno delovanje SV. Obseg in vsebine vojaškega izobraževanja na tem področju so predstavljeni v nadaljevanju.

2 GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI SLOVENIJE

Za lažje razumevanje prostorskega vidika, povezanega z delovanjem SV in predvsem pomembnosti poznavanja domačega terena za vojaške aktivnosti, je treba predstaviti glavne vojaškogeografske značilnosti naše države.

Republiko Slovenijo uvrščamo med manjše evropske države. Na njenem ozemlju se stikajo in prepletajo štiri velike reliefne enote: Alpe, Dinarsko gorstvo, Panonska nižina in Jadranska kotlina (slika 1). Raznolikost posameznih regij v bistvu pokaže, da je Slovenija ena sama prehodna pokrajina. Poleg tega jo zaznamujejo tudi velika reliefna razčlenjenost in velike gozdne površine, saj spada med najbolj gozdnote dežele na svetu, ter obsežna območja kraškega sveta. Zelo pomembna je tudi prometno-tranzitna vloga Slovenije. Vse te značilnosti ji dajejo pomembno in občutljivo vojaškogeografsko lego. Leži na severnem delu južnoevropskega bojevališča, prek njenega ozemlja poteka njegova glavna strateška smer iz Padske v Panonsko nižino in obratno.



Slika 1: Geografska regionalizacija Slovenije

Skoraj polovico površja, predvsem alpski in dinarski svet, sestavljata trdi karbonatni kamnini apnenec in dolomit s plitkim slojem preperine. Kjer so apnenci, ni površinske vode, ki je dejavna v podzemlju, predvsem na zakraselih planotah, in se pojavlja v močnih izvirih na njihovih vznožjih. Panonska gričevja so predvsem iz laporja, gline, peščenjaka in konglomerata. Sredozemska gričevja in Vipavsko dolino sestavlja predvsem fliš. Prod, pesek in glina sestavljajo osrednja kotlinska, dolinska in ravninska območja.

Podnebje ob obali je submediteransko, z vročimi in sušnimi poletji ter blagimi zimami. V višjih predelih alpskega in dinarskega sveta je gorsko podnebje z veliko padavinami, svežimi poletji in mrzlimi zimami, v nižjih predelih pa je zmerno celinsko podnebje z vročimi poletji in hladnimi zimami. Na teh območjih je padavinski režim povsem normalen, proti vzhodu in panonskemu svetu pa se količina padavin zmanjšuje.

Dobre obdelovalne zemlje je v Sloveniji malo oziroma so naravne danosti za kmetijstvo majhne. Delež kmečkega prebivalstva se je močno zmanjšal, največ ga je v panonskem svetu. Stopnja samooskrbe ni zadovoljiva in ne zagotavlja prehranske varnosti prebivalstva.

Industrija zaposluje dobro tretjino zaposlenih. Rečemo lahko, da je Slovenija gospodarsko razvita država z urejeno infrastrukturo in se kot taka uvršča med srednje razvite evropske države.

Na gospodarsko odvisnost in varnost Slovenije zelo močno vplivajo njene energetske značilnosti, ki so strateškega pomena zlasti na vojaško-obrambnem področju. Vsi energetski objekti, ki so povezani s pridobivanjem in transportom, ter energenti so v vojaškem pogledu pomembni operativni in taktični cilji. Največja je poraba tekočih goriv, več kot polovica vseh, sledi poraba električne energije in plina, zmanjšala pa se je poraba trdih goriv.

Ozemlje Slovenije je pomembno prometno-tranzitno križišče na obrobju Srednje in Jugovzhodne Evrope. Dostop do osrednje Slovenije je mogoč iz več smeri, vendar je na vseh ozko kanaliziran.

Mejna črta določa pravno funkcijo in označuje prostor suverenosti. Sosednje države so Italija na zahodu, Avstrija na severu, Madžarska na vzhodu in Hrvaška na jugu ter jugozahodu. Slovenska meja poteka večinoma po kopnem, ima trikotno obliko, je preveč raztegnjena in razčlenjena ter zato manj primerna za obrambo. Razmerje med celotno površino Slovenije in mejno črto je prav tako neugodno.

Naštete značilnosti definirajo ozemlje Slovenije oziroma njen teritorialni prostor kot zelo specifično območje, kjer se na zelo majhnem prostoru stikajo in prepletajo različne pokrajine z zelo različnimi lastnostmi, kar bi močno vplivalo na bojno delovanje enot SV v morebitnem oboroženem boju.

3 IZOBRAŽEVANJE IN USPOSABLJANJE VOJAKOV

Orientacija v prostoru ljudem v vsakodnevnem življenju navadno ne povzroča večjih težav. Vse pa se lahko hitro spremeni, ko zapustimo svoje bivalno okolje in se znajdemo na nam neznanem terenu.

Vsi bodoči pripadniki SV se z orientacijo prvič srečajo v Centru za usposabljanje Vipava, na TVSU 1. To je prva stopnja vojaškega izobraževanja in usposabljanja, ki jo morajo opraviti vsi. Pri predmetu preživetje je 14 ur namenjenih orientaciji na terenu. Bodoči vojaki se na tej stopnji seznanijo z najosnovnejšimi vsebinami, povezanimi z orientacijo (preglednica 1).

Preglednica 1: TVSU 1 za vse pripadnike SV

TVSU 1 (temeljno vojaškostrokovno usposabljanje)	
Predmet: preživetje, 14 ur	
Tema	Vsebina
orientacija	• busola • določanje strani neba • orientacija na karti • merjenje Az, KAz • topografske karte • stojšče • merjenje razdalje

Nadgradnja znanja na področju vojaške topografije za vojake sledi na dopolnilnem vojaškostrokovnem usposabljanju za desetnike (DVSU), ki se ga ne udeležijo vsi. Program predvideva 19 ur vojaške topografije (preglednica 2), z nekoliko večjim poudarkom na vojaških topografskih kartah, kartometriji, določanju stojšča in gibanju po zemljišču.

Preglednica 2: DVSU za desetnike

DVSU za desetnike (dopolnilno vojaškostrokovno izobraževanje in usposabljanje)	
Predmet: vojaška topografija, 19 ur	
Tema	Vsebina
orientacija	geografska, topografska in taktična orientacija, določanje strani neba, busola, zorni kot, enote za merjenje kotov, smeri proti severu, določanje razdalj in višine objektov
kartometrija	pribor za delo na karti, določanje položaja točke, razdalje med točkama, horizontalnih in vertikalnih kotov, nevidnega prostora, izdelava skic
topografske karte	osnovne značilnosti, elementi vsebine in praktična uporaba VTK
določanje stojišča	• z oceno, • z urezi brez merjenja, • z urezi s strani, • z notranjim urezom, • z merjenjem – na karti, z notranjim urezom, • z merjenjem razdalj do najmanj dveh točk, • s polarnim postopkom, tudi za določanje drugih točk, • s stranskim urezom, • določanje točke s sprednjim urezom
gibanje po zemljišču	• gibanje po neznanem zemljišču: • s sočasno uporabo karte (skice, sheme), • s pomočjo busole po smereh, ki smo jim prej izmerili azimute, kombinirano, • načrtovanje pohoda, • branje karte, primerjava karte in zemljišča

Funkcionalno usposabljanje vojakov, ki je namenjeno predvsem njihovim nalogam v enotah Slovenske vojske, v programu največkrat nima vojaške topografije. Seveda so tudi izjeme. Enota za specialno delovanje (ESD) temu področju namenja precej pozornosti. Njeni pripadniki so zelo dobro usposobljeni v orientaciji, zato nimajo težav pri opravljanju drugih vojnih nalog na terenu.

Pehotni izvidniki imajo v programu za svoj OVSU pri predmetu vojaška topografija na voljo 55 ur (preglednica 3). Izvajalec je Poveljstvo sil ob sodelovanju pripadnikov PDRIU. Največji poudarek je seveda na praktičnem terenskem usposabljanju. Tudi za pehotne izvidnike velja, da so zelo dobro usposobljeni v poznavanju vojaške topografije.

Zračna obramba je za usposabljanje svojih izvidnikov namenila 30 ur vojaške topografije, pri čemer je veliko pozornosti namenjene opazovanju in izvidovanju zračnega prostora.

Vojaško izobraževanje in usposabljanje za operaterje protiklepne sistema SPIKE imata v programu predvidenih približno 20 ur. Glavni poudarek je na uporabi ročne GPS-naprave.

Nekaj ur namenjajo vojaški topografiji še pri usposabljanju artilerijskih in RKBO-izvidnikov.

Iz navedenih podatkov je razvidno, da je za mnoge vojake v sistemu vojaškega izobraževanja in usposabljanja orientaciji oziroma uporabi vojaške topografske karte namenjeno zelo malo časa, kar seveda pomeni tudi manj praktičnega urjenja na terenu.

Preglednica 3: OVSIU – izvidniška pehota

OVSIU – izvidniška pehota (osnovno vojaškostrokovno izobraževanje in usposabljanje)	
Predmet: vojaška topografija, 55 ur Izvajalec: Poveljstvo sil	
Tema	Vsebina
osnove orientacije	geografska, topografska, taktična orientacija, določanje strani neba, busola, zorni kot, enote za merjenje kotov, smeri proti severu, določanje razdalj in višine objektov,
vojaška topografska karta (VTK)	osnovne značilnosti, elementi vsebine in praktična uporaba vojaške topografske karte
kartometrija	pribor za delo na karti, določanje položaja točke, razdalje med točkama, horizontalnih in vertikalnih kotov, nevidnega prostora, izdelava skic
gibanje po zemljišču	- gibanje po neznanem zemljišču: - s sočasno uporabo karte (skice, sheme), - s pomočjo busole po smereh, ki smo jim prej izmerili azimute, kombinirano, - načrtovanje pohoda, - branje karte, primerjava karte in zemljišča
orientacijski pohod	orientacijski pohod z reševanjem topografskih nalog

4 VOJAŠKO IZOBRAŽEVANJE IN USPOSABLJANJE PODČASTNIKOV

Šola za podčastnike Andreja Komela, plemenitega Sočebrana je polno ime šole. Njeno temeljno poslanstvo je izobraževanje in usposabljanje kandidatov za podčastnike in nižje vojaške uslužbenke Slovenske vojske. Šola za podčastnike, s sedežem v Postojni, je v skoraj 20 letih delovanja že večkrat spremenila program vojaškega izobraževanja in usposabljanja. Danes veljavni program namenja vojaški topografiji 15 ur (preglednica 4). Ob tem je treba poudariti, da kandidati za podčastnike pred vstopom v šolo pridobijo znanje o orientaciji na TVSU 1 in DVSIU, kar je eden izmed pogojev za sprejem vojaka na ŠPČ. Po končani šoli imajo kandidati za seboj 48 ur vojaške topografije, kar pa je za podčastnika glede na izkušnje zagotovo premalo.

Na šolanju je največ težav zaradi različnega predznanja kandidatov. Pouk je zaradi tega prilagojen šibkejšim. Tako se ponavljajo osnove, večje nadgradnje znanja pa ni. S povečanjem števila ur vojaške topografije je rešitev preprosta. Bodoči podčastniki bi z več praktičnega in terenskega dela dosegli tudi višjo raven znanja ob koncu šolanja.

Preglednica 4: OVSIU za podčastnike

Šola za podčastnike – OVSIU za podčastnike (osnovno vojaškostrokovno izobraževanje in usposabljanje)			
TVSU 1 14 ur	→ DVSIU za desetnike 19 ur	→ OVSIU za podčastnike 15 ur	Σ 48 ur
Predmet: vojaška topografija, 15 ur			
Tema	Vsebina		
topografske karte	razdelitev, osnovne značilnosti, vsebina in branje topografskih kart, priprava topografske karte za delo		
kartometrija	pribor za delo na karti, določanje položaja točke, razdalje med točkama, horizontalnih in vertikalnih kotov, nevidnega prostora, načrtovanje pohoda, določanje stojišča		
tehnologija GPS	tehnologija GPS, ročne GPS-naprave in njihova uporaba, GPS-kartografija		
geografski prostor	geografski prostor, pojem in pomen, predstavitev RS in njena geografska regionalizacija, OKOKS		
ocena prostora	ocena prostora, topografske taktične lastnosti in kategorije zemljišča		
izpit: orientacijsko-topografske vaje	orientacijsko-topografske vaje: orientacijski pohod z reševanjem topografskih nalog		

Za nadaljnji razvoj podčastnikov sta na voljo še dva tečaja, ki spadata v DVSIU. Prvi je tečaj za vodne podčastnike, na katerem je vojaški topografiji namenjenih 14 ur, z glavnim poudarkom na terenskem delu. Drugi tečaj je štabni tečaj za podčastnike. Predvidenih 10 ur se porabi za natančnejšo seznanitev z vojaško topografsko karto in kartometrijo.

Podčastnik je temelj vsake vojske, zato le nekaj ur več vojaške topografije, kot je imajo vojaki, gotovo ni dovolj. Njihovi odzivi v prostoru morajo temeljiti na izurjenosti in ne na razmišljanju, »kaj oziroma kam pa zdaj«. Vendar se stanje izboljšuje, kajti delovne naloge od podčastnika zahtevajo vedno več znanja z obravnavanega področja.

5 VOJAŠKO IZOBRAŽEVANJE IN USPOSABLJANJE ČASTNIKOV

Šolanje častnikov poteka v Mariboru, na Šoli za častnike, ki je nosilec njihovega vojaškostrokovnega izobraževanja in usposabljanja. Na šolanje je mogoče priti na več načinov. Večina kandidatov prihaja iz enot SV ali pa so štipendisti MO, zato se tudi na tej šoli pojavlja različno predznanje kandidatov. Vsi mladi, ki se danes odločajo za kariero častnika SV, morajo najprej opraviti TVSU 1. V nadaljevanju jih, prav tako v Vipavi, čaka TVSU 2 za častnike (preglednica 5). V sklop tega vojaškega izobraževanja in usposabljanja spada tudi predmet vojaška topografija, ki mu je namenjenih 40 ur. To število omogoča ustrezen pouk, tudi s terenskim urjenjem.

Preglednica 5: TVSU 2 za častnike

TVSU 2 za častnike (temeljno vojaškostrokovno usposabljanje)	
TVSU 1 in TVSU 2	
Predmet: vojaška topografija, 40 ur	
Tema	Vsebina
orientacija	geografska, topografska in taktična orientacija, določanje strani neba, busola, zorni kot, enote za merjenje kotov, smeri proti severu, določanje razdalj in višine objektov
topografske karte	razdelitev topografskih kart, osnovne značilnosti in vsebina topografskih kart, priprava topografske karte
kartometrija	pribor za delo na karti, določanje položaja točke, razdalje med točkama, horizontalnih in vertikalnih kotov, nevidnega prostora, izdelava skic
določanje stojišča	• z oceno, • z urezi brez merjenja, • z urezi s strani, določanje stojišča z notranjim urezom, • z merjenjem na karti, • z notranjim urezom, • z merjenjem razdalj najmanj do dveh točk, • s polarnim postopkom, tudi za določanje drugih točk, • s stranskim urezom, • določanje položaja točke s sprednjim urezom
analiza zemljišča	ocena prostora, topografsko-taktične lastnosti in kategorije zemljišča
gibanje po zemljišču	• gibanje po neznanem zemljišču: • s sočasno uporabo karte (skice, sheme), • s pomočjo busole po smereh, ki smo jim prej izmerili azimute, • kombinirano, • načrtovanje pohoda, • branje karte, primerjava karte in zemljišča

Po končanem usposabljanju nadaljujejo šolanje (OVSIU za častnike) v Mariboru. Predmet, pomemben za našo obravnavo, se imenuje vojaška topografija in geografija, obsega pa 34 ur (preglednica 6). Tu se kandidati za častnike prvič srečajo s terminom vojaška topografija. Znanje s tega področja je za častnike zelo pomembno, kajti poznavanje geografskega prostora omogoča podajanje ustrezne ocene terena. Šolanje častnika se na tej osnovni ravni sklene z 88 urami vojaške topografije in geografije. Glede na potek šolanja mladega častnika in število ur, namenjenih vojaški topografiji in geografiji, bi lahko pričakovali dobro usposobljenost novih poveljnikov vodov, vendar v praksi ni tako. Manjka nam več povezave med pridobivanjem znanja v Vipavi in šolanjem v Mariboru. Povezave med učitelji oziroma izvajalci pouka ni, zato ni kontinuitete pri izvedbi pouka.

Preglednica 6: OVSIU za častnike

Šola za častnike – OVSIU za častnike (osnovno vojaškostrokovno izobraževanje in usposabljanje)			
TVSU 1 14 ur	→ TVSU 2 40 ur	→ OVSIU za častnike 34 ur	Σ 88 ur
Predmet: vojaška topografija in geografija, 34 ur			
Tema	Vsebina		
topografske karte	razdelitev topografskih kart, osnovne značilnosti in vsebina ter branje topografskih kart, priprava topografske karte za delo		
kartometrija	pribor za delo na karti, določanje položaja točke, razdalje med točkama, horizontalnih in vertikalnih kotov, nevidnega prostora, načrtovanje pohoda in določanje stojišča		
tehnologija GPS	teoretična predstavitev GPS-naprav, • praktično seznanjanje z GPS-napravo, • terensko delo – pohod z GPS-napravo		
geografski prostor	pomen geografskega prostora za bojevanje in njegovo povezanost z drugimi dejavniki bojevanja, topografsko-taktične lastnosti zemljišča in topografsko-taktične kategorije ozemlja RS ter vojaškogeografske smeri čez območje RS in po njem		
ocena prostora	analiza in ocena prostora		
izpit: orientacijsko-topografske vaje	orientacijsko-topografske vaje: • orientacijski pohod z reševanjem topografskih nalog, • orientacijski premik po skici oziroma spominu		

Vojaško izobraževanje in usposabljanje častnikov se nato nadaljujeta na Poveljniško-štabni šoli. Štabno šolanje častnic in častnikov SV je prva raven DVSIU za častnike. Tudi v šolanje na PŠŠ je vključeno področje vojaške topografije in geografije. Predmetu vojaška geografija 1 je namenjenih 40 ur (preglednica 7). Glavni poudarek je na presoji oziroma analizi prostora in drugih elementov v procesu obveščevalne priprave bojišča.

Preglednica 7: DVSIU za štabno šolanje častnic in častnikov

Štabno šolanje častnic in častnikov SV DVSIU (dopolnilno vojaškostrokovno izobraževanje in usposabljanje)	
Predmet: vojaška geografija I, 40 ur	
Tema	
	• uvod • geografski prostor – dejavnik bojevanja • uporaba topografskih kart, tehnologija GIS in druge geografske podatkovne baze • ocena prostora in metodologija OKOKS • analiza vremenskih učinkov na bojne aktivnosti • analiza prostorskih parametrov in izdelki v procesu obveščevalne priprave bojišča • vojaškogeografske smeri na območju Slovenije • zaključno preverjanje znanja

Naslednja stopnja šolanja častnic in častnikov je višje štabno šolanje. Na tej ravni ni samostojnega predmeta s področja vojaške topografije, vendar so geografske vsebine vključene v druge predmete, kot sta nacionalna in mednarodna varnost ter delovanje enot Slovenske vojske. Po podrobnejšem pregledu lahko ugotovimo, da je tematika s številom ur dobro zastopana.

Skoraj na vseh področjih vojaškega izobraževanja in usposabljanja pripadnikov SV je vsaj nekaj ur namenjeno vojaški topografiji ali geografiji. Vendar usposobljenost v orientaciji na terenu ni na primerni ravni. Zlasti se to pokaže na zahtevnem zemljišču in v slabih vremenskih razmerah. Vse to kaže, da je premalo praktičnega urjenja in zato premalo izkušenj.

6 PROBLEMATIKA

V Centru za usposabljanje v Vipavi dobijo novi pripadniki SV prvi stik z vojaškim načinom življenja. Po končanem TVSU se prerazporedijo v enote SV po vsej Sloveniji. Mnogi nadaljujejo vojaško izobraževanje in usposabljanje na slovenskih vojaških ustanovah, ki pa so precej razpršene (ŠČ in PŠŠ v Mariboru, ŠPČ v Postojni). Velika večina učiteljev je zaposlena v Centru za doktrino in razvoj, ki je organizacijska enota Poveljstva za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje v Mariboru.

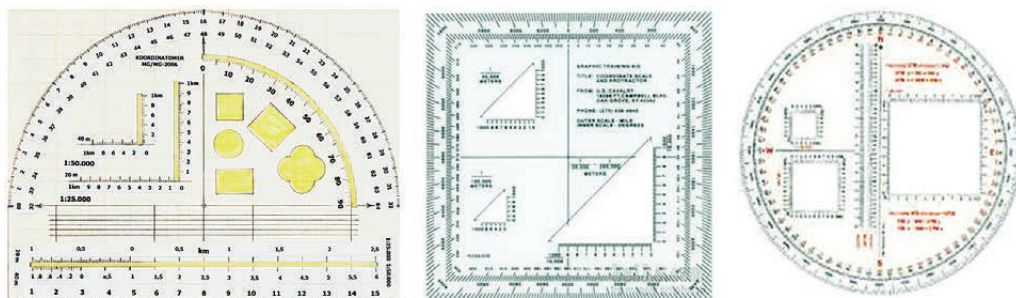
Večkrat se zgodi, da mora učitelj za dve uri pouka opraviti pot od Maribora do Postojne in nazaj, kar je neekonomično in zanj zelo stresno. Za vsa področja ni predavateljev, zato je težav še več. Trenutno ga ni prav za področje vojaške topografije in geografije. Pripadniki SV, ki postanejo učitelji, tega ne počnejo dolgo, ker ni urejena njihova karierna pot. Kot po pravilu se dogaja, da se nekdo ravno dobro uvede v delo, ko že mora na novo dolžnost. Tako je seveda nemogoče doseči visoko raven strokovnosti in predavateljev. Prav tako nihče ne skrbi za usklajenost, saj nekdo, ki predava v Mariboru, ne ve, kaj je nekdo drug povedal kandidatom na prejšnjih vojaških izobraževanjih in usposabljanjih.

Vojaška topografija in geografija je predmet, ki nima ustreznega mesta v sistemu vojaškega izobraževanja in usposabljanja, zagotovo pa je premalo praktičnega urjenja. Predavatelji predmeta med seboj niso povezani, večinoma se še poznajo ne. Za večjo učinkovitost bi bila nujna vsaj vsakoletna strokovna srečanja vseh vpletenih, na katerih bi si izmenjali mnenja, stališča, izkušnje in težave. Na takšnem posvetu nastajajo tudi zamisli oziroma vizije za razvoj področja, boljše delo, opremljenost, kar prispeva k strokovni rasti vseh skupaj.

K uspešnosti pouka veliko pripomorejo tudi učna sredstva. Na tem področju so vojaške topografske karte največji vir informacij in podlaga za nemoteno delo. Brez njih je delo nemogoče. Slovenska vojska je imela kartografskega gradiva za normalno delovanje vedno dovolj. Težava se je pojavila ob vprašanju, kako naj topografska karta pride do končnega uporabnika. Prepogosto se je dogajalo, da so se karte kopirale, kar je žal še vedno pogosto.

Z vstopom v Nato se je Slovenija zavezala, da bo sprejela nove standarde. Tako je leta 1998 nastala prva VTK v merilu 1 : 50.000, ki je temeljna karta Natovega kartografskega sistema. V vojaških šolah se je nova VTK začela uporabljati skoraj takoj in skladno z Navodilom o navajanju lokacij, območij in meja. Vendar systemskega uvajanja novih VTK v SV ni bilo, uporaba je bila odvisna predvsem od pobud in iznajdljivosti posameznikov. Danes so razmere precej boljše, čeprav bi se dalo še marsikaj izboljšati, zlasti dosegljivost teh kart. Karte so za vojake namreč življenjskega pomena.

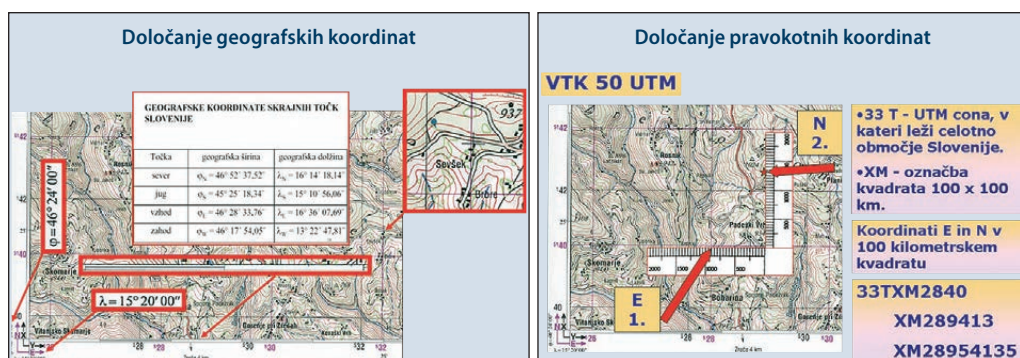
Zelo podobna zgodba je povezana tudi z nakupom in uporabo pribora za delo na karti. Koordinatomer, tetivni kotomer in snopar so le nekateri pripomočki, ki se uporabljajo pri kartometriji, čeprav mnogi vojaki sploh ne vedo, da obstajajo. Zato jih je bilo v preteklosti mogoče najti v kakšnem skladišču, ker se preprosto ni vedelo, kaj bi z njimi. V zadnjem času je bil pribor zamenjan s protractorji (protractor), kar bi lahko preprosto prevedli kot kotomer (slika 2).



Slika 2: Protractor (protractor), kotomer-kordinatomer

Poznamo jih več vrst, narejeni so iz gibljive plastike, največkrat prozorne, ter so zelo priročni in nezapleteni za uporabo. Zato bi bilo zelo priporočljivo, da bi ta kos plastike postal sestavni del opreme vsakega vojaka SV.

Največji pomen tega pripomočka pa se zagotovo pokaže pri določanju pravokotnih koordinat (vojaški pravokotni koordinatni sistem – VPKS). Seveda ni dovolj le odčitati pravilne vrednosti, temveč jo tudi pravilno zapisati. Zaradi napake so namreč posledice lahko katastrofalne. To je tudi glavni razlog, da se temu učnemu vprašanju pri pouku namenja zelo veliko pozornosti, s čimer si tudi zasluži omembo v prispevku. Žal se še danes dogaja, da nekateri pomešajo karte in zapise med seboj, ne zavedajoč se morebitnih posledic.



Slika 3: Določanje pravokotnih in geografskih koordinat

Za kakovostno izvedbo pouka in dobro počutje slušateljev je treba imeti tudi učilnico. Sodobne učilnice so dobro opremljene, težava pa je pogosto v preveliki skupini slušateljev, saj za kakovostno praktično delo na karti potrebujemo prostor. Rešitev je seveda preprosta, ali manjše skupine, kar je nedvomno najboljše, ali pa večja učilnica, če ne gre drugače.

Razmere sicer niso katastrofalne, vendar ta opažanja niso zanemarljiva, saj lahko veliko pripomorejo k boljšim rešitvam in dvignejo raven vojaškega izobraževanja in usposabljanja, kar bo koristilo vsem pripadnikom SV.

7 REŠITVE

Prispevek je namenjen kritični analizi razmer dosegljivosti in uporabe vojaške topografije in geografije v izobraževalnem sistemu SV, zato je treba nanizati tudi nekaj drugačnih pogledov na učinkovitost njunega razvoja in izboljšanje trenutnega stanja.

Najprej je treba poskrbeti za ustrežnejše usklajevanje še pred začetkom vojaškega izobraževanja in usposabljanja. Določiti je treba izvajalce ter jim razložiti, kraj, čas in vsebine VIU.

Pripraviti je treba primeren prostor oziroma učilnico, v kateri bo potekal pouk, ter jo ustrezno opremiti. Zagotovljena morajo biti učna sredstva in druga materialno-tehnična sredstva, ki so potrebna za kakovostno vojaško izobraževanje oziroma usposabljanje.

Da bi dolgoročno rešili kadrovsko problematiko, morajo biti učitelji določeni vnaprej, da imajo čas za ustrezno pripravo. Zanje je treba določiti tudi sistem napredovanja, izbrani pa naj bodo po znanju in izkušnjah. Tako delo mora ljudi zanimati in veseliti, opravljati bi ga morali tudi dalj časa. Nujno je tudi povezati vse izvajalce vojaškega izobraževanja in usposabljanja istega predmetnega področja ter tako omogočiti izmenjavo mnenj, težav in izkušenj. Tako bi dosegli strokovno rast učiteljev ter napredek in razvoj predmetnega področja. Povezovanje lahko poteka v obliki delovnih skupin, aktivov ali kako drugače, pomembno je, da učitelji med seboj konstruktivno sodelujejo in se srečajo vsaj dvakrat na leto. To je tudi način, kako doseči sledljivost znanja in izkušenj ljudi, ki se bodo šolali, ter tako bolj izenačiti njihovo vhodno znanje. Za uspešno šolanje so zelo pomembni tudi programi vojaškega izobraževanja in usposabljanja. Dobrodošlo bi bilo, če bi jih preverili in tako poiskali boljše rešitve.

Menim, da je teh nekaj predlaganih rešitev temeljni okvir za ukrepe, ki bi jih bilo treba sprejeti, da bi dosegli višjo raven VIU, predvsem pa strokovni napredek vojaške topografije in geografije, strokovno rast izvajalcev vojaškega izobraževanja in usposabljanja ter višjo raven znanja vseh pripadnikov SV.

8 SKLEP

Vojaška topografija in geografija je področje, ki ne samo, da si zasluži večjo pozornost, temveč jo zahteva. Vojak se mora v prostoru, ali če želite, na terenu, znajti! To je ena temeljnih veščin, v kateri mora biti izurjen vsak pripadnik SV. Nekaj predlogov za izboljšanje stanja je bilo že podanih. Z uresničitvijo navedenih rešitev bi postavili temelje za kakovostno delo, vendar je za lepšo prihodnost treba dati še več. Poleg zagotavljanja kakovostnega kartografskega

gradiva in pribora za delo na karti je treba spremljati razvoj znanosti, sodobno tehnologijo in digitalno kartografijo, primerne vsebine in rešitve pa poskušati čim prej vnesti v naš sistem. S povezanostjo in skupnimi močmi imamo več možnosti za uspeh. Za konec naj poudarim še, da kljub vsemu razvoju in napredku ne bomo dosegli želenih rezultatov, če vojakov ne bomo poslali na terensko urjenje s karto in kompasom v roki.

8 LITERATURA

- Perko, D., Oražen Adamič, M., 1998. Slovenija pokrajine in ljudje, Atlas Slovenije v besedi in sliki. Založba Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Gams, I., 1998. Geografske značilnosti Slovenije. Založba Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Bratun, Z., 2005. Vojaška geografija I. Založba FDV, Ljubljana.
- Atlas Slovenije, 1996. Založba Mladinska knjiga, Ljubljana.
- Gorjup, Z., 2000. Vojaška topografija. GŠSV-CVŠ, MO RS, Ljubljana.
- http://intra.mors.si/fileadmin/intra/izobrazevanje/izopdriu/dokumenti/Programi_VIU/Katalog1.pdf. Postojna, 28. 2. 2011.

O AVTORJU

Matjaž Grum je leta 2006 končal podiplomski specialistični študij na Fakulteti za upravo. V Slovenski vojski je zaposlen od leta 1992. Pri svojem poklicnem delu je bil večino časa predavatelj vojaške topografije na vojaških šolah. Trenutno je zaposlen v Oddelku za raziskave in simulacije v Postojni.

ABOUT THE AUTHOR

In 2006, **Matjaž Grum** completed his post-graduate specialised studies at the Faculty of Administration. He has been employed at the Slovenian Armed Forces since 1992. Most of the time, he was a lecturer on military topography at the military schools and is currently employed at the Research and Simulation Department in Postojna.

GIS-tehnologije na Ministrstvu za obrambo

GIS Technologies at the Ministry of Defence

Marijan Slak
Janko Rozman

Povzetek Geografski informacijski sistemi (GIS) imajo vedno pomembnejšo vlogo, tako v sodobni obrambi kot tudi na drugih področjih vsakdanjega življenja. Pri sprejemanju pomembnejših odločitev različne organizacije vključujejo tudi vidik prostora. Medtem ko smo priča nenehnemu tehnološkemu razvoju in ko postaja naše vsakdanje delo vse bolj zapleteno, vidimo pred sabo rešitve, ki jih prinašajo GIS-orodja. Na MO že vrsto let spremljamo tokove njihovega razvoja in jih poskušamo uvesti v vsakdanje delo na različnih področjih. Včasih nam to uspe, včasih tudi ne. V članku želimo na kratko predstaviti posamezna orodja, ki so na voljo, in možnosti njihove uporabe.

Ključne besede Geografski informacijski sistem, računalniško podprto konstruiranje, prostorski podatki, prostorske analize, svetovni splet.

Abstract Geographic Information Systems (GIS) are playing an increasingly important role both in modern defence, as well as in other spheres of everyday life. When taking important decisions, different organizations also include aspects of terrain. As our daily work is becoming increasingly complex, we have witnessed constant technological developments such as GIS tools. The MoD has been monitoring the trends of this development for many years and is trying to introduce it into various fields. Sometimes this works, sometimes it does not. In this article we briefly present the tools that are available and the possibilities for their use.

Key words Geographic Information System, Computer Aided Design, spatial data, spatial analyses, World Wide Web.

1 UVOD

»GIS je okrajšava za geografske informacijske sisteme (angl. geographic information systems), ki so, če jih opredelimo kar se da ozko, zbirka računalniških programov, namenjenih obdelavi podatkov s prostorsko ali kartografsko komponento.« (Kvamme, 1997) Namenjeni so podpori odločanja, njihova moč je predvsem v analitiki, največja pa se pokaže takrat, ko lahko v procesu podpore odločanju sočasno obdelujejo in primerjajo tako kvalitativne kot tudi kvantitativne podatke.

Geografski informacijski sistemi imajo za seboj že lepo zgodovino. Leta 1854 je John Snow s prikazom točk na karti predstavil izbruh kolere v Londonu. S točkami je označil lokacije nekaterih posameznih primerov in verjetno je to eden prvih primerov uporabe geografske metode. Študija o prostorski porazdelitvi posameznih primerov okužb s kolero ga je privedla do vira bolezni – onesnažene vodne črpalke. Osnovni elementi kartografskih prikazov so sicer obstajali že v preteklosti, njegov zemljevid pa je bil novost. Kartografskih metod ni uporabil le za predstavitev, temveč prvič tudi za analizo geografsko odvisnih pojavov.

Razvoj računalniške strojne opreme, ki so ga podpirale intenzivne jedrske raziskave po letu 1960, je omogočil pojav programske opreme za računalniško kartiranje. V zgodnjih osemdesetih letih preteklega stoletja pa so se pojavili že prvi komercialni ponudniki programske opreme za GIS (Intergraph, Environmental Systems Research Institute – ESRI in ERDAS).

Do konca 20. stoletja je bilo veliko narejeno na področju standardizacije GIS in približevanja širši množici uporabnikov. Danes lahko uporabniki pregledujejo GIS-podatke tudi prek svetovnega spleta, kar je dodatno povečalo razširjenost in uporabnost GIS-sistemov.

Začetki uvajanja GIS na Ministrstvu za obrambo (MO) segajo v devetdeseta leta. V Službi za informatiko in komunikacije sledimo razvoju GIS, skrbimo za ažurno bazo podatkov in omogočamo uporabnikom MO in SV različne storitve (distribucijo podatkov, svetovanje, izobraževanje, razvoj aplikacij itn.).

Žal sta razširjenost in uporaba GIS na MO in v SV še vedno majhni. Na težave uvajanja GIS v operativno uporabo je že pred leti opozarjal avtor članka Prenos obveščevalne priprave bojišča v delo poveljstev Slovenske vojske in njena geoinformacijska podpora, ki je bil objavljen v zborniku Vojstvo (po Šteiner, 2000, 76–81). Tudi sami opažamo, da orodja GIS uporabljajo predvsem zanesenjaki, ki so prepoznali njihovo uporabno vrednost pri reševanju vsakodnevnih nalog. S člankom želimo zaposlene na MO in v SV seznaniti z razpoložljivo tehnologijo in jih spodbuditi k njeni uporabi.

2 RAZVOJ GIS-TEHNOLOGIJE

Do začetka osemdesetih let 20. stoletja je razvoj GIS potekal predvsem na področju računalniško podprte kartografije, ki je podprla nekatere procese izdelave klasičnih tiskanih kart. Težava počasnega razvoja je bila predvsem v pomanjkanju prostorskih podatkov. Ta programska oprema se je uporabljala za izdelavo najrazličnejših izrisov in gravur, ki so se pozneje uporabljali pri klasični izdelavi kart. Podatki so bili nosilci predvsem grafičnih informacij, ne pa vsebinskih.

V prvi polovici osemdesetih let so se pojavili prvi pravi geografski informacijski sistemi. Temeljili so na preprostih entitetnih modelih, ki jih je bilo mogoče relacijsko povezovati v večje sisteme. Programska oprema in podatki so bili na delovnih postajah, ki med seboj niso bile povezane v omrežja.

Z uvedbo mrežnih tehnologij se je vsa tehnologija preselila z delovnih postaj na strežnike. To je bilo obdobje, ki je temeljilo na tehnologiji odjemalec – strežnik. To se je dogajalo v začetku devetdesetih let 20. stoletja. Sistemi so postajali vse večji in večji, obdelave podatkov pa vse bolj kompleksne. V tem obdobju prvič govorimo o interaktivni tehnologiji, ki je med seboj lahko povezovala najrazličnejša področja. V tem obdobju je opazno predvsem zelo intenzivno zajemanje prostorskih podatkov. Pojavile so se tudi nove tehnologije, ki so omogočale množični zajem podatkov za zelo velika območja. Ena izmed njih je tudi tehnologija daljinskega zaznavanja (remote sensing), ki kot vhodni podatek uporablja satelitske slike, posnete z aktivnimi ali pasivnimi senzorji.

Zaradi kompleksnosti podatkov in vedno bolj zapletenih odnosov med njimi se je v nadaljevanju pojavila objektno orientirana tehnologija. V tehnološkem smislu so se podatki prenesli s strežnikov na raven omrežja (SAN-tehnologija – Storage Area Network), za obdelave podatkov pa je značilno geoprocesiranje (obdelave podatkov na oddaljenih aplikativnih strežnikih).

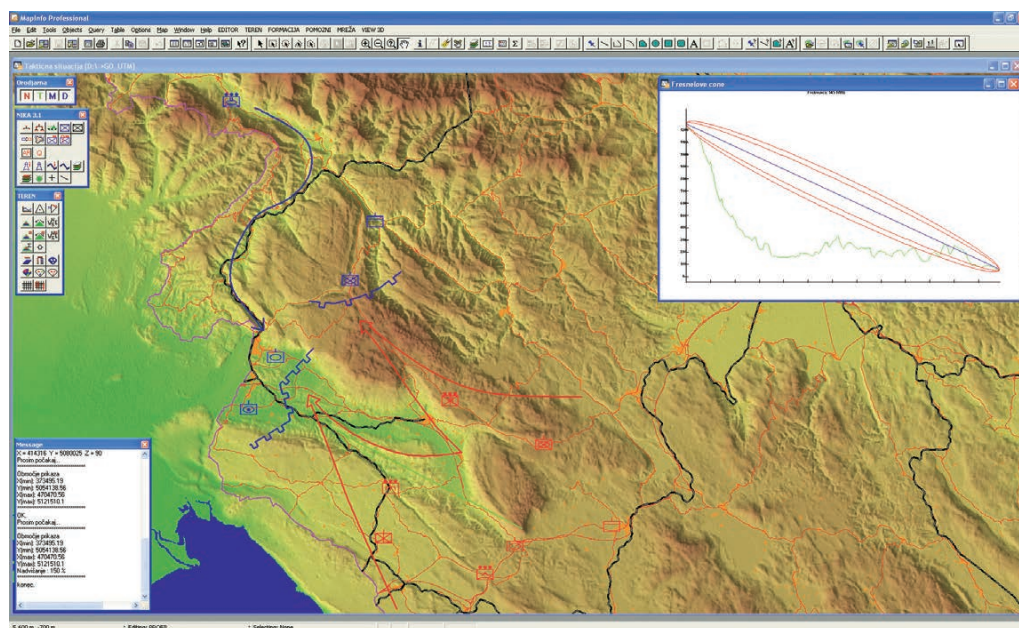
Zaradi kompleksnosti takšnega dela in težav obvladovanja velike količine prostorskih podatkov se je pred leti začela uporabljati spletna tehnologija, ki je najširšemu krogu uporabnikov omogočila preprost dostop do prostorskih podatkov.

V zadnjih letih pa je vse bolj v uporabi storitveno orientirana tehnologija (Servis Oriented Architecture – SOA). Ta omogoča velikemu številu uporabnikov uporabo poljubno kompleksnih storitev, ki ne zahtevajo njihovega pretiranega znanja o podatkovnih modelih in obdelavah (analizah). Obdelave podatkov so se tako preselile s strežniške na tako imenovano storitveno raven.

Vsaka izmed teh tehnologij ima v danem trenutku prednosti, pa tudi pomanjkljivosti. Navadno se hkrati uporablja več tehnologij. Bistveno je predvsem to, da so med seboj povezljive in uporabljajo isti podatkovni vir. V nadaljevanju si oglejmo orodja, ki se trenutno uporabljajo na Ministrstvu za obrambo.

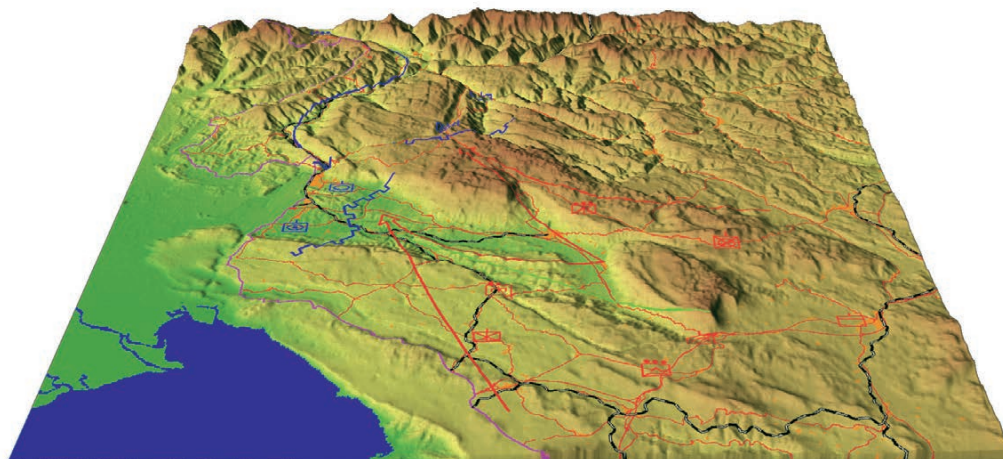
3 ORODJE ZA NAMIZNO KARTOGRAFIJO – MAPINFO

MapInfo je v skupini orodij za namizno kartografijo eno najbolj razširjenih v svetovnem merilu. Na ministrstvu ga uporabljamo že od leta 1995. Omogoča prikazovanje najrazličnejših prostorskih podatkov v različnih projekcijah. Poizvedbe (query) so ena najpomembnejših funkcij tega orodja. Rezultate poizvedb je mogoče prikazati na različne načine, v obliki tabelarničnega izpisa, grafa ali tematske karte. Z razvojnim orodjem MapBasic lahko izdelamo uporabniške aplikacije in tako razširimo oziroma prilagodimo njegovo uporabo. Primer take aplikacije je Nika, ki s svojimi osnovnimi funkcijami podpira štabni proces. Pri vodenju taktične situacije na digitalni karti lahko uporabniki delajo različne analize terena, in sicer profil, naklon, senčenje, optično vidljivost, vidljivost radarja in izračun Fresnelovih con (slika 1).



Slika 1: Prikaz taktične situacije v aplikaciji Nika

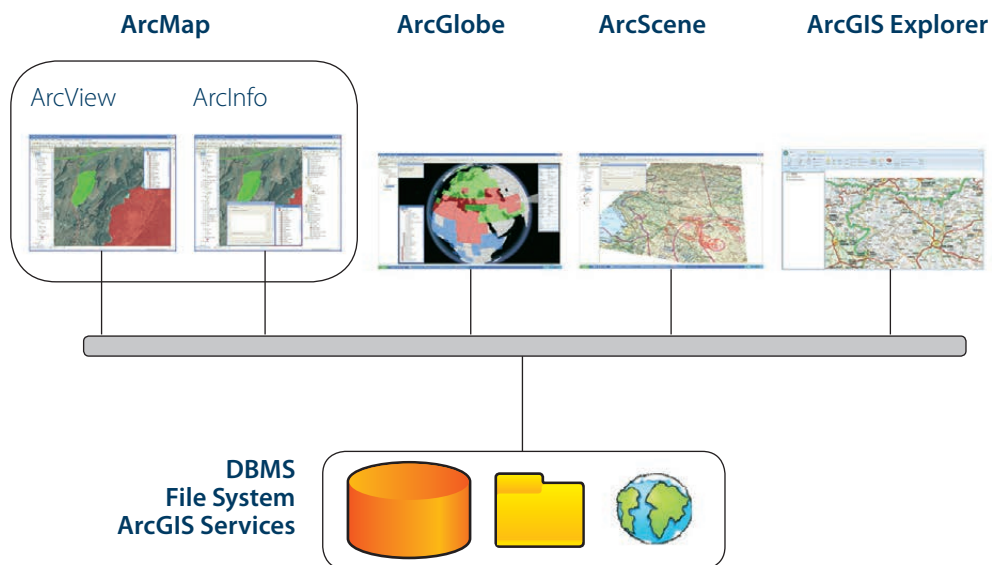
Znotraj aplikacije Nika smo razvili tudi funkcije, ki omogočajo različne 3D-pogledе v obliki slik ali VRML-modelov, na katerih lahko uporabniki prikažejo rezultate analiz prostora.



Slika 2: VRML-model taktične situacije

4 GIS-ORODJA

ArcGIS Desktop je obsežen seznam zmogljivih GIS-aplikacij (ArcMap, ArcGlobe in ArcScene), ki jih uporabljamo za upravljanje in vzdrževanje prostorskih podatkov, analizo in modeliranje, prikaz rezultatov v obliki 2D- in 3D-pogledov ter razvoj dodatnih GIS-zmogljivosti. Med namizna GIS-orodja spada tudi ArcGIS Explorer, ki v primerjavi z drugimi nima licenčne zaščite in je zato namenjen najširši množici uporabnikov (slika 3).



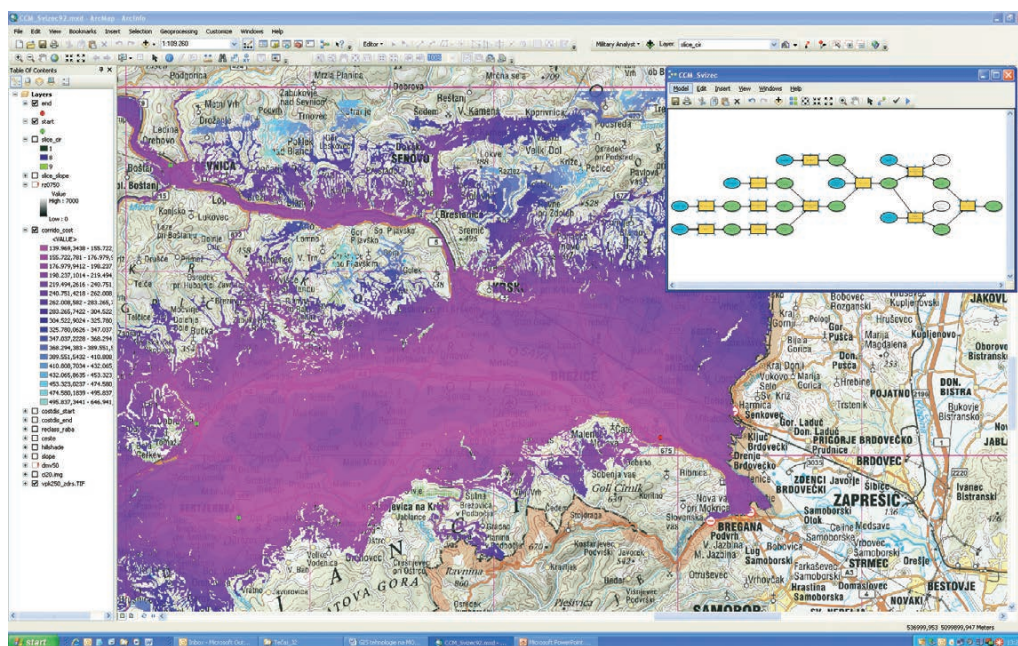
Slika 3: Orodja ArcGIS Desktop

Orodje je še posebej zanimivo za vojaške uporabnike, saj ga podpira Nato in je združljivo z orodjem C4I Sitaware, ki ga uvaja Slovenska vojska v svoje enote. Podpira namreč standarda APP 6 (Nato) in Mil-Std 2525 B (ZDA), ki določata način izrisa taktičnih simbolov na karti. Dodatek ArcGIS Military Analyst še dodatno povečuje uporabno vrednost osnovnega produkta, saj omogoča dodatne funkcionalnosti, kot so analiza optične vidljivosti, prikaz koordinat v sistemu Military Grid Reference System (MGRS) in druge.

Zelo priročna funkcionalnost je grafično modeliranje zapletenih prostorskih analiz, ki vsebujejo veliko vhodnih podatkov, različnih pogojev izvajanja, dodatnih parametrov itn. Omogoča izdelavo modela, ki ga lahko shranimo in tudi večkrat poženemo. Na sliki 4 je prikazan primer izračuna prehodnosti terena, v katerem so upoštevani številni parametri: relief, sestava in raba tal ter cestno in vodno omrežje. Rezultate take analize lahko zelo nazorno prikažemo v obliki tematske karte.

4.1 ArcMap

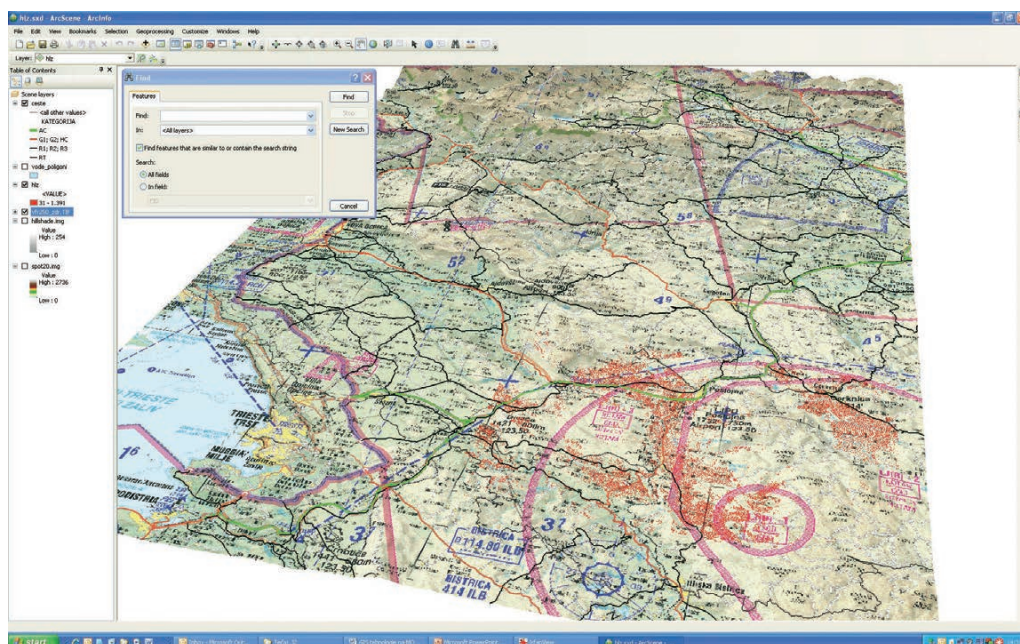
ArcMap je glavno orodje za obdelavo prostorskih podatkov. Orodje je namenjeno predvsem analitikom in upravljalcem podatkov. Sestavljeno je iz večjega števila modulov, ki omogočajo vnose, urejanje, upravljanje, analize in izrise prostorskih podatkov. Orodje je podprto z več programskimi jeziki, ki omogočajo izdelavo aplikativnih rešitev, med pomembnejšimi sta Visual Basic in Python.



Slika 4: ArcMap je orodje, primerno za kompleksne analize (primer izračuna prehodnosti terena).

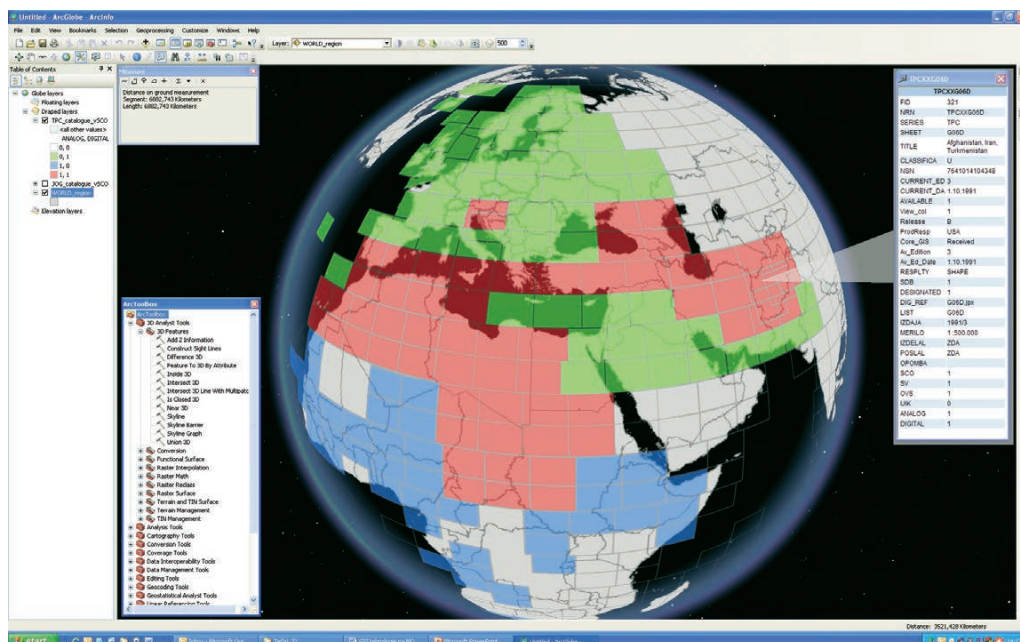
4.2 ArcScene in ArcGlobe

ArcScene in ArcGlobe sta orodji, namenjeni prikazovanju 3D-podatkov. Izdelava perspektivnega pogleda z ArcScene je zelo preprosta in hitra, seveda pa lahko priprava kompleksnih pogledov traja nekaj dlje. V omenjenih programih lahko med drugim opravimo tudi prelet oziroma tako imenovani *fly-through*. Perspektivni pogled, prikazan na sliki 5, vključuje podatke o modelu reliefa, vojaško letalsko karto v merilu 1 : 250.000 in območja za pristajanje helikopterjev, ki smo jih naredili z orodjem ArcMap in so rezultat večparametrskane analize. S spreminjanjem perspektivnega pogleda si lahko piloti ustvarijo boljšo predstavo o prostoru in tako bolje opravijo zahtevano nalogo.



Slika 5: ArcScene omogoča 3D-prikaz podatkov.

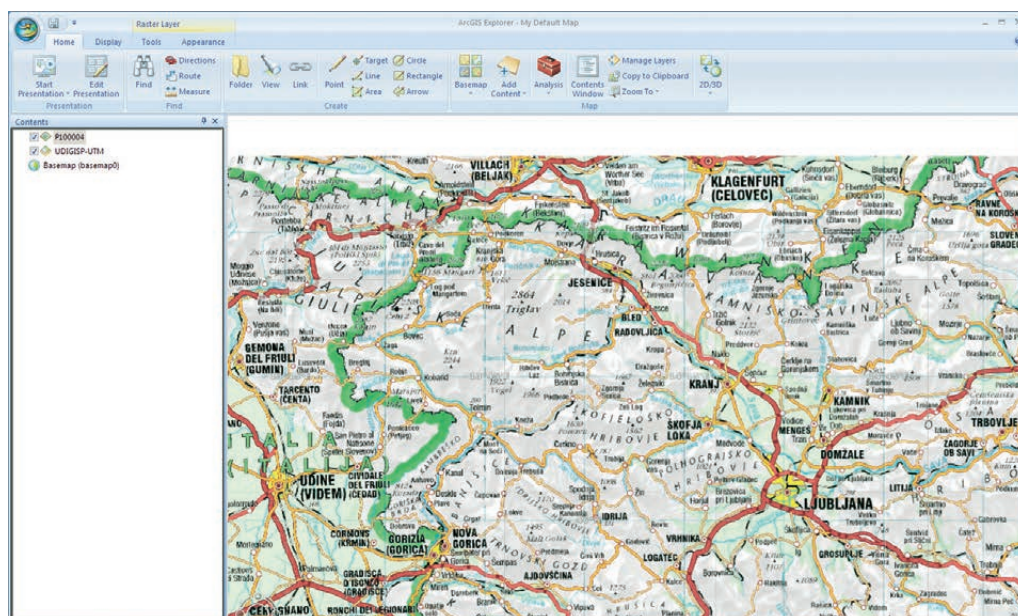
Že ime pove, da je ArcGlobe namenjen prikazovanju podatkov na navidezni zemeljski krogli, zato ga uporabljamo predvsem za prikazovanje podatkov večjega obsega. Na sliki 6 so v obliki tematske karte prikazana območja kart Tactical Pilotage Charts (TPC), ki jih ima tudi naše ministrstvo.



Slika 6: Prikaz pridobljenega kartografskega gradiva v ArcGlobe

4.3 ArcExplorer

Ena pomembnih značilnost orodja ArcGIS Explorer je ta, da ni licenčno zaščiteno in je zato namenjeno najširši množici uporabnikov. Vsebine, ki smo jih oblikovali z naprednejšimi orodji, lahko pregledujemo v 2D- ali 3D-pogledih, dopolnjujemo karte z drugimi podatki (fotografije, video posnetki itn.) in delamo prostorske analize prek povezave na ustrezne storitve (ArcGIS Server).

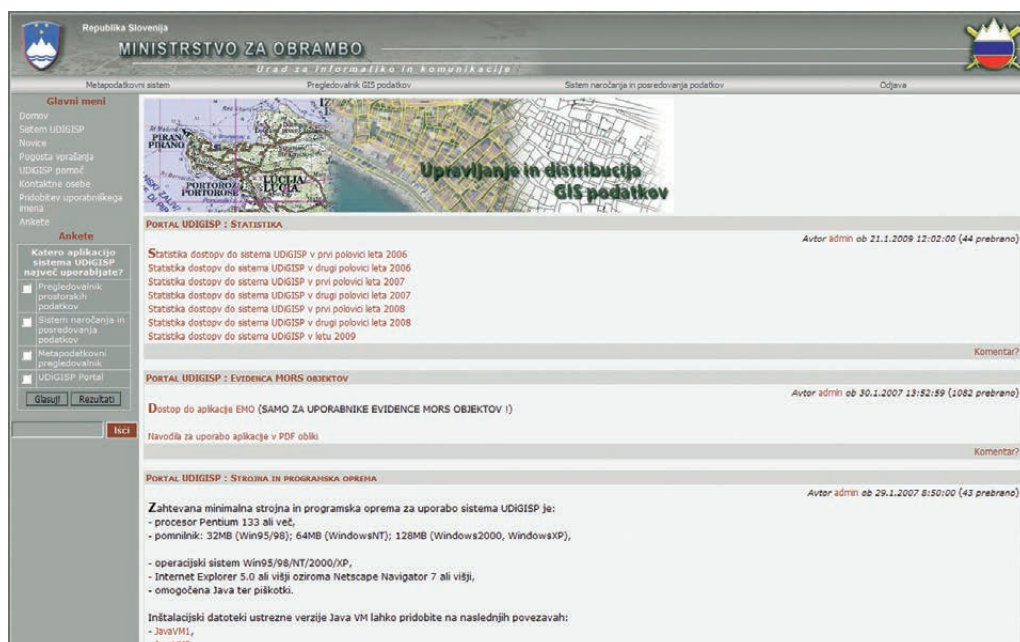


Slika 7: ArcGIS Explorer je splošen GIS-pregledovalnik.

5 GIS NA SPLETU

5.1 Orodje za upravljanje in distribucijo GIS-podatkov (UDiGISP)

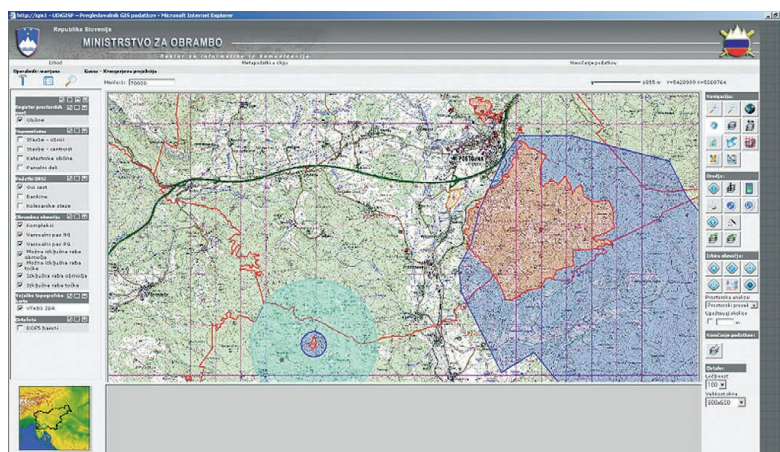
Vsakodnevne potrebe številnih uporabnikov v strukturi MO in SV po ažurnih prostorskih podatkih so nas privedle do postavitve sistema UDiGISP. Sistem je sestavljen iz več med seboj povezanih komponent. Osnova je vsekakor osrednja baza prostorskih podatkov, v kateri so v različnih formatih (Oracle Spatial, Shape, Erdas Imagine, MapInfo) in projekcijah (Gauss-Krueger, UTM, geografska) zbrani vsi prostorski podatki, ki so na voljo MO in SV. Uporabniki dostopajo do sistema UDiGISP prek intranetnega portala (slika 8), na katerem so povezave do posameznih modulov, kot so spletni pregledovalnik prostorskih podatkov, pregledovalnik metapodatkov ter sistema za naročanje in posredovanje podatkov.



Slika 8: Portal UDiGISP s povezavami na osnovne module

Intranetni pregledovalnik je namenjen vizualizaciji prostorskih podatkov (slika 9), ki omogočajo orientacijo v prostoru, daje informacije o infrastrukturi (prometu, komunalni, energetiki, telekomunikacijah itn.), hkrati pa zagotavlja še vrsto drugih podatkov o prostoru. Osnovne funkcije pregledovalnika so:

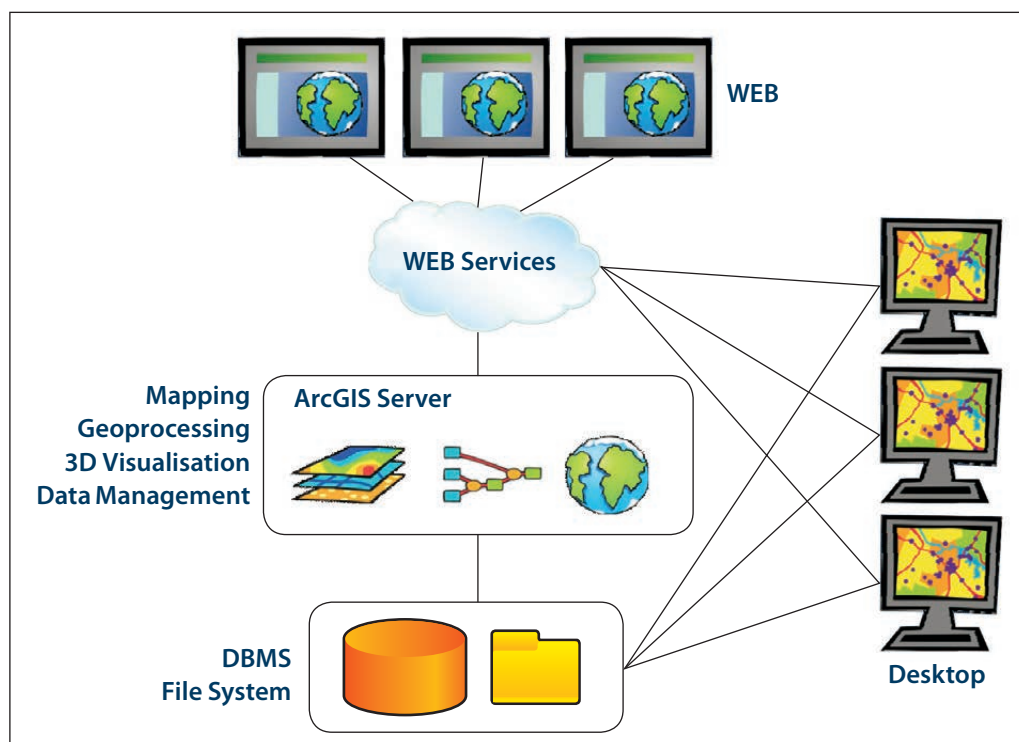
- pregledovanje poljubne kombinacije slojev,
- preprosti iskalniki: naslovi, parcele, REZI, državni cestni odseki,
- transformacija koordinat med projekcijami (GK, UTM, geografska),
- merjenje razdalj in površin,
- preproste poizvedbe.



Slika 9: Spletni pregledovalnik podatkov

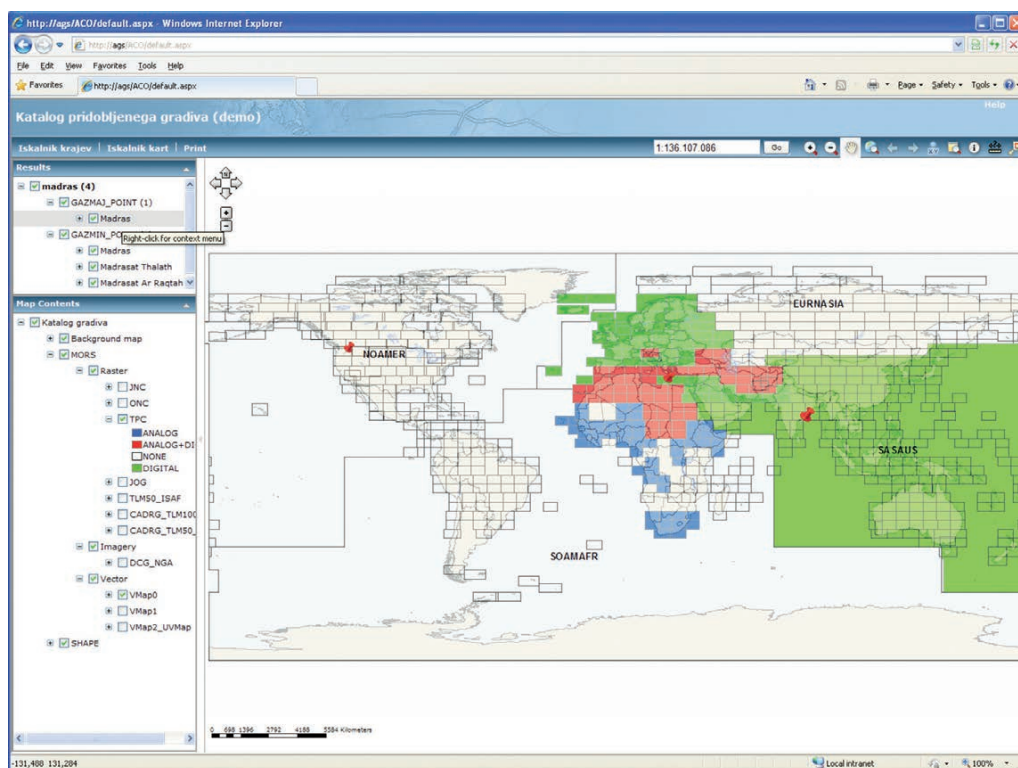
5.2 Orodje ArcGIS Server

Tako kot druge večje organizacije se tudi MO sooča z izzivom, kako omogočiti dostop do zbirk prostorskih podatkov kar najširši množici uporabnikov. V zadnjih nekaj letih smo priča velikemu razmahu uporabe interaktivnih zemljevidov na spletu. Tehnologije, kot so Microsoft Bing Maps (prej Virtual Earth), Google Maps in Google Earth, so približale geografske informacije širokim množicam. Z rešitvijo ArcGIS Server smo uporabnikom namiznih in spletnih odjemalcev omogočili dostop do različnih virov, kot so zemljevidi, prikazi na globusu, orodja za izvajanje analiz in za administracijo podatkov (slika 10).



Slika 10: Konfiguracija rešitve ArcGIS Server

Rešitev ArcGIS Server tako v organizacije prinaša nov koncept obvladovanja prostorske problematike. Imenujemo ga izdelaj, objavi, postreži, uporabi (author, publish, serve, use). V okviru takega koncepta uporabniki z namiznimi orodji (ArcMap, ArcView, ArcGlobe) oblikujejo GIS-vsebine, ki jih nato prek orodja ArcGIS Server objavijo širši množici. ArcGIS Server poskrbi, da te vsebine »strežejo« širokemu krogu uporabnikov, vključno z mobilnimi delavci, analitiki, upravljavci ter vodstvom, in tako omogoča boljše razumevanje in lažje sprejemanje odločitev.



Slika 11: Primer iskalnika kartografskega gradiva

5.3 Orodje Topobase

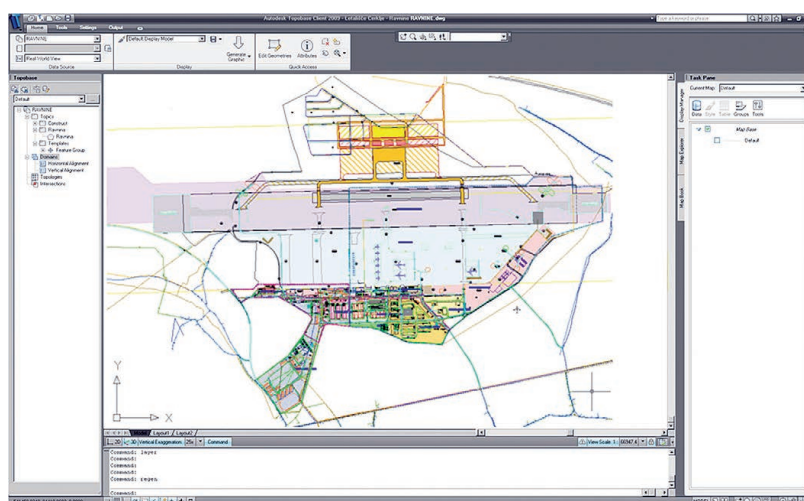
Uporabniki že dolgo poskušajo uporabiti CAD-orodja tudi kot učinkovit GIS-sistem, vendar so se pri teh poskusih pokazale nekatere bistvene pomanjkljivosti:

- pomanjkanje povezljivosti podatkov in topologije,
- shranjevanje podatkov v eni datoteki,
- hkraten dostop do podatkov za enega samega uporabnika,
- neučinkovito povezovanje grafike z opisnimi podatki.

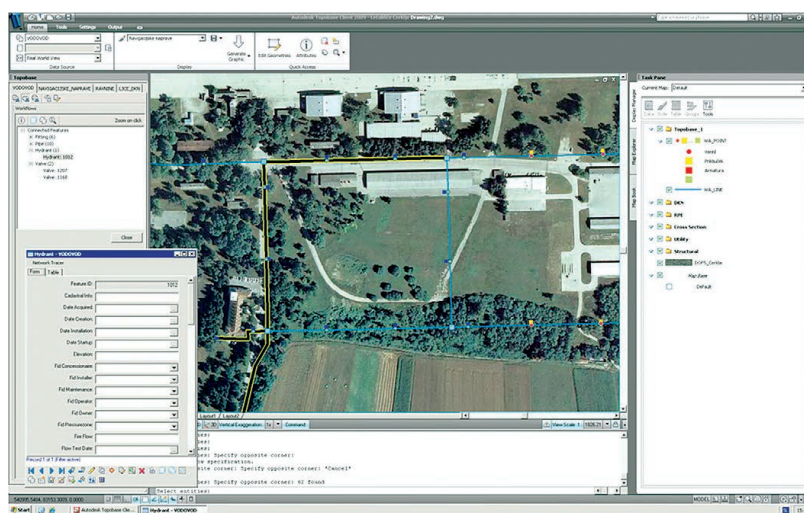
Z uvedbo programske opreme Topobase smo na MO začeli odpravljati razkorak med CAD- in GIS-sistemi, saj omogoča integrirano CAD- in GIS-rešitev za podporo v celotnem gradbenem življenjskem ciklu (od idejnega projekta, PZI, gradnje, PID in vzdrževanja) ter upravljanja infrastrukture. Rešitev zagotavlja učinkovit pretok prostorske informacije med različnimi uporabniki v organizaciji, kot so operaterji, inženirji in logistika, najpomembnejša pa je tesna povezanost z geografskim informacijskim sistemom. Združljivost s standardi Open Geospatial Consortium (OGC) nam omogoča uporabo enotnih podatkov z različnimi orodji, ki so v uporabi na MO: Autodesk, MapInfo, ESRI in Oracle.

Z orodjem Topobase želimo zasnovati prostorsko podprt sistem upravljanja letališča Cerklje. Cilj projektne skupine je integrirati veliko količino podatkov javnih infrastrukturnih baz in jih nadgraditi s projektno dokumentacijo infrastrukture, objektov ter tehnoloških naprav. Med preverjanjem ustreznosti orodja je projektna skupina izdelala okrnjeno zbirko podatkov, na kateri je lahko testirala funkcionalnost. V sklopu pilotnega projekta smo s tehnologijo Topobase med drugim uspešno opravili:

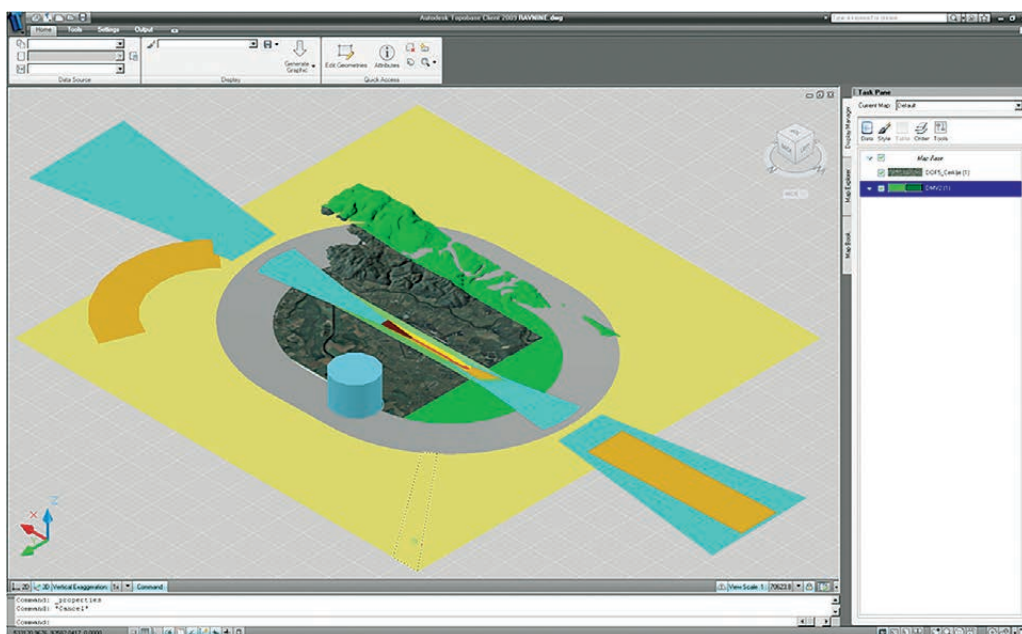
- povezavo med CAD-načrti projektantov infrastrukture in sedanjimi podatki v GIS,
- testiranje sledenja po vodovodnem omrežju za določanje napak,
- prikaz podatkov analize hrupa v okolici letališča,
- 3D-prikaz reliefa in omejitvenih ravnin letališča.



Slika 12: Prikaz letališke infrastrukture v Topobase



Slika 13: Iskanje zaprtih vodov z analizo sledenja po vodovodnem omrežju



Slika 14: 3D-pogled na omejitvene ravnine letališča

Združljivost rešitve Topobase z orodji ESRI se je za MO izkazala kot zelo pomembna. Tako lahko uporabniki CAD in GIS dostopajo do skupne osrednje baze prostorskih podatkov. Risbe oziroma načrte, pripravljene v CAD-sistemu, lahko z vsemi potrebnimi informacijami hitro in preprosto prenesemo v GIS. Prav tako pa lahko iz GIS neposredno prenesemo vse informacije v sistem CAD, brez dodatne obdelave podatkov. Vse informacije se namreč ohranjajo in prenašajo neposredno, poleg tega pa omogočajo dodatno obdelavo in dvosmerno osveževanje. Dodatni moduli Topobase za posamezna področja (vodovod, kanalizacija, plinovod, električno omrežje, zemljiški kataster) predstavljajo nadgradnjo, ki omogoča uporabo preddefiniranih podatkovnih modelov, poslovnih pravil, poročil itn.

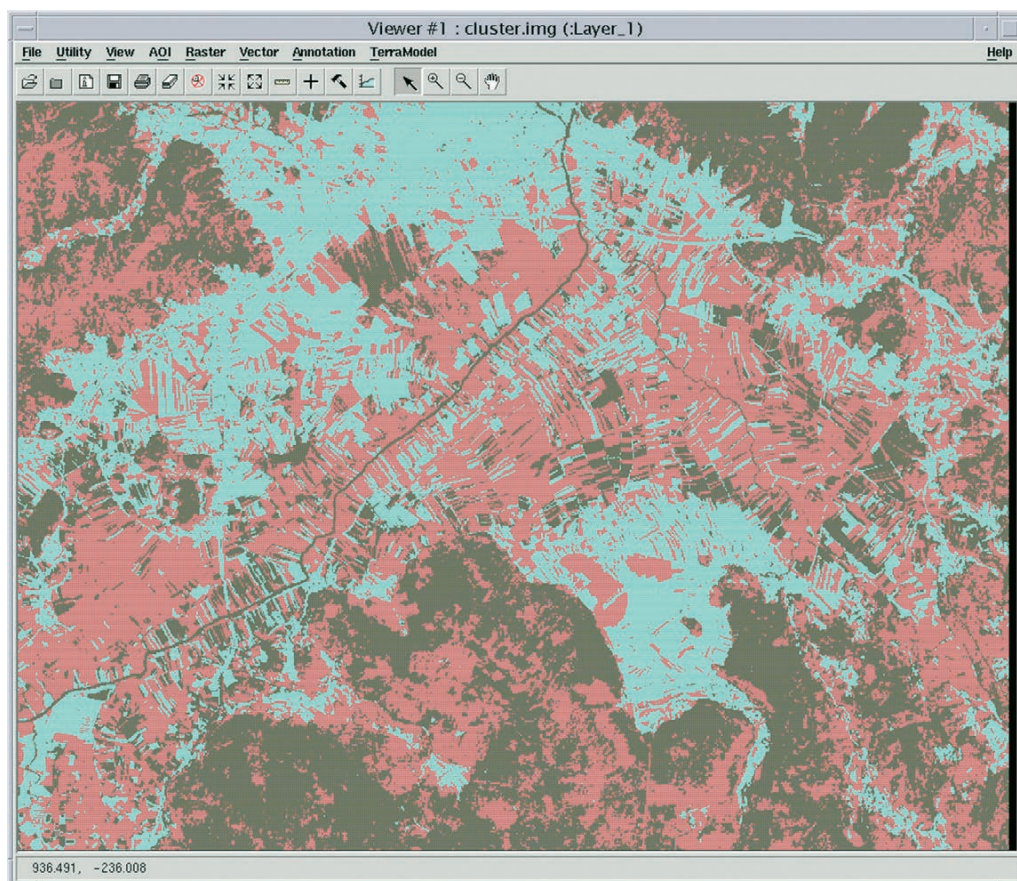
6 ORODJA ZA OBDELAVO PODATKOV DALJINSKEGA ZAZNAVANJA IN ORTOFOTO POSNETKOV

Za velika območja, ki niso intenzivno pokrita s podatki GIS, so podatki daljinskega zaznavanja, ortofoto posnetki in ortofoto karte edini pomemben vir prostorskih podatkov. Ti podatki so nam na voljo v obliki satelitskih in aerofoto posnetkov. Obdelava teh virov in priprava za nadaljnjo uporabo sta sorazmerno kompleksni. Izredno pomembni so predvsem takrat, ko je treba o pojavih in dogodkih na nekem prostoru pridobiti sprotne informacije. Zelo pogosto jih uporabljamo na področju kriznega upravljanja in obveščevalne dejavnosti.

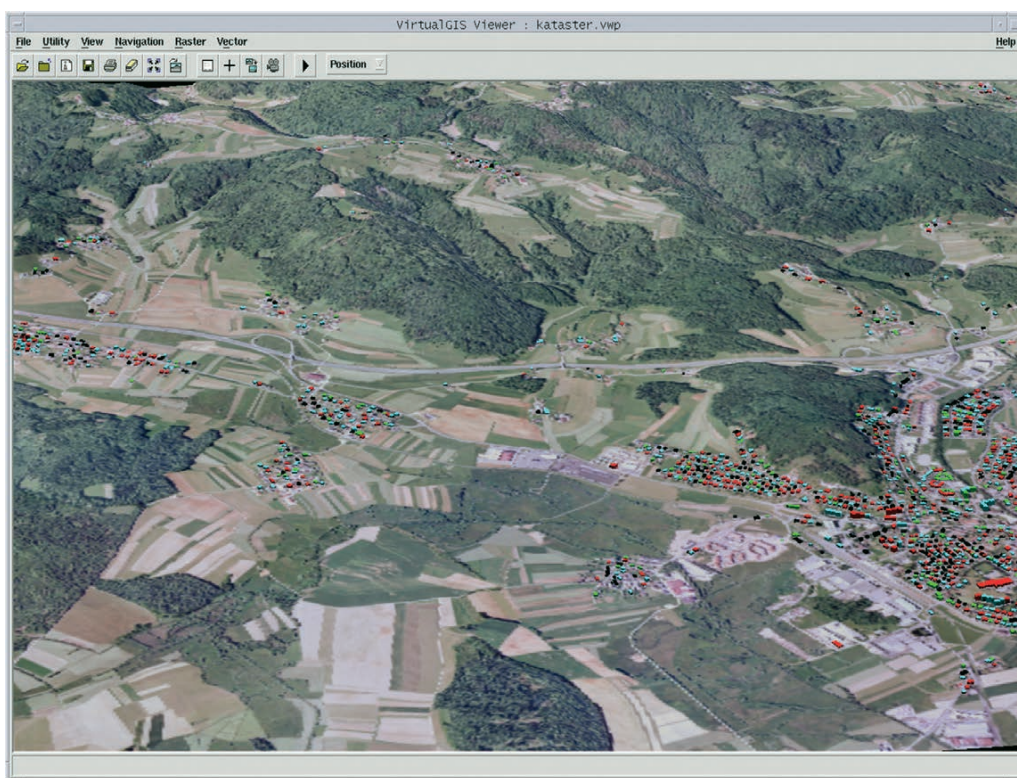
Leica ERDAS Imagine je skupina orodij, ki se uporabljajo za vizualizacijo podatkov, pridobljenih z oddaljenimi senzorji.

Osnovne karakteristike programske opreme ERDAS Imagine so:

- podpora večini komercialnih aktivnih in pasivnih senzorjev,
- predobdelava posnetkov (podatkov),
- nadzorovana in nenadzorovana klasifikacija,
- napredne analize podatkov daljinskega zaznavanja,
- preprostejša ortorektifikacija posnetkov,
- prostorsko modeliranje,
- obdelave in analize digitalnega modela reliefa,
- zelo kakovostni kartografski izdelki,
- prikaz v 2D- in 3D-načinu,
- vizualizacija in navidezna resničnost.

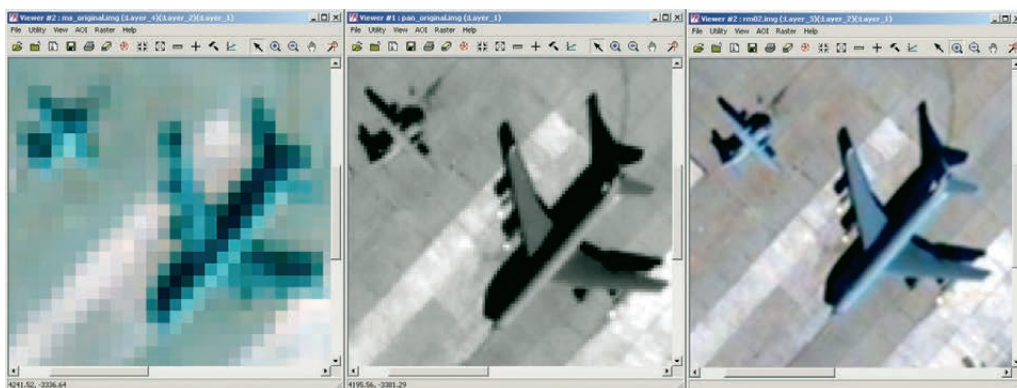


Slika 15: Primer nenadzorovane klasifikacije (trije razredi, vir podatkov: Landsat 7)



Slika 16: Primer vizualizacije: analiza starosti prebivalcev po stanovanjskih objektih (vir podatkov: centralni register prebivalstva, evidenca hišnih števil, kataster stavb, digitalni model reliefa, ortofoto načrt)

Programsko orodje je zelo primerno tudi za obveščevalno dejavnost. Na sliki 17 je primer obdelave multispektralnega posnetka letala.



Slika 17: Združevanje multispektralnega in pankromatskega posnetka različnih resolucij, filtriranje in osterenje (vir: MO, 2004)

7 SKLEP

V članku smo vam želeli prikazati nekatera orodja kot enega izmed segmentov GIS. Osredinili smo se na tista orodja, ki so danes v uporabi na MO in v SV. Prikaz temelji predvsem na tehnološkem pristopu vsakega izmed naštetih orodij in na delitvi glede na vsebino obdelave.

Drugih segmentov GIS-tehnologije (prostorski podatki, usposobljenost uporabnikov, prostorske analize in strojna oprema) v tem članku nismo obravnavali, so pa vsaj tako pomembni kot orodja ali še bolj.

Članek se v ničemer ne dotika specializiranih orodij in sistemov, ki se uporabljajo za podporo posameznim vojaškim ali drugim procesom na MO. Namen tega članka je bil čim bolj poljudno seznaniti zaposlene na MO in v SV z GIS-tehnologijo (orodji), ki je na voljo, in jih spodbuditi k njeni uporabi.

8 LITERATURA

- Kvamme, K., [in drugi], 1997. Geografski informacijski sistemi. Ljubljana: Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti.
- Snow, J., 1854. Snow's map of cholera deaths in the Broad Street area. Los Angeles: University of California. <http://www.ph.ucla.edu/epi/snow/mapmyth/mapmyth2.html>, 10.1.2011.
- Šteiner, A., 2000. Prenos obveščevalne priprave bojišča v delo poveljstev Slovenske vojske in njena geoinformacijska podpora. 00-7, str. 76–81.
- <http://www.capecodcommission.org/gis/usersgroup/rolloutcut.pdf>, 10. 3. 2011.
- <http://www.erdas.com/products/erdasimagine/erdasimagine/details.aspx>, 10. 3. 2011.
- <http://www.esri.com/software/arcgis>, 10. 3. 2011.
- <http://www.esri.com/news/arcnews/fall07/articles/fulfilling-the-promise.html>, 10. 3. 2011.
- http://www.esri.com/industries/defense/software_tech.html, 10. 3. 2011.
- <http://www.pbinsight.com/products/location-intelligence>, 10. 3. 2011.
- <http://www.topobase.si/>, 10. 3. 2011.

O AVTORJIH

Marijan Slak, diplomirani organizator dela – informatik, razvojni inženir, Služba za informatiko in komunikacije MO. Leta 1991 je diplomiral na Fakulteti za strojništvo, smer letalstvo, in se v podjetju Aerodrom Ljubljana ukvarjal z računalniško podprtim projektiranjem (Computer Aided Design – CAD). Od leta 1993 se na MO ukvarja z GIS. Področja njegovega dela so obdelava prostorskih podatkov, prostorske analize, svetovanje, izobraževanje in razvoj programske opreme. Je avtor več GIS-aplikacij, ki se uporabljajo na MO in v SV (GISPO, Nika, MOGIS, Stratos itn.).

Janko Rozman, diplomirani inženir geodezije, vodja oddelka, Služba za informatiko in komunikacije, MO. Leta 1979 je diplomiral na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Oddelek geodezija, in se leta 1980 zaposlil na Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo v Ljubljani. Tam se je ukvarjal predvsem z raziskavami s področja računalniško podprte kartografije, od leta 1985 pa tudi z raziskavami s področja geografskih informacijskih sistemov. Do leta 1988 je bil član združenja AM-FM. Leta 1992 se je na MO začel ukvarjati z uvajanjem GIS. Od 2004 do 2009 je bil član upravnega odbora Satelitskega centra EU (SATCEN EU), trenutno pa je član več združenj v RS.

ABOUT THE AUTHORS

Marijan Slak, graduate of organisation studies, informatics engineer, is employed as Development Engineer at the MoD Information and Communication Service. In 1991, he graduated from the Faculty of Mechanical Engineering, majoring in aviation, and was later employed at Ljubljana Airport where he worked in the field of Computer Aided Design – CAD. Since 1993, he has worked with the Geographic Information System. His interests include the processing of spatial data, spatial analysis, consulting, training and software development. He is the author of several GIS applications, which are used by the MoD and the SAF (GISPO, NIKa, MOGIS, STRATOS, etc.).

Janko Rozman, graduate of geodesy, is employed as Head of Department at the MoD Information and Communication Service. In 1979, he graduated from the Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Department of Geodesy, and has been employed with the Institute of Geodesy and Photogrammetry in Ljubljana since 1980. There, he has mainly dealt with research in the area of computer-supported cartography and, since 1985, with research in the area of the geographic information system. Until 1988, he was also a member of the AM-FM Association. Later, in 1992, he began to work on the introduction of GIS. Between 2004 and 2009, he was a member of the EU Satellite Centre (SATCEN EU) Board and is currently a member of several Slovenian associations.

Uvedba trirazsežnega geografskega informacijskega sistema za odločanje in ukrepanje ob nesrečah

Introduction of the 3D GIS for Decision-Making and Response in the Event of Disasters

Grigorij Krupenko
Gregor Berginc
Luka Mulej

Povzetek Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR), ki deluje v okviru Ministrstva za obrambo Republike Slovenije (MO), je v svetu znana kot ena izmed prvih, ki je za učinkovitejšo podporo ukrepanju ob nesrečah (na primer ob prometnih nesrečah, razlitju nevarnih snovi, poplavih in požarih) v vseh regionalnih centrih obveščanja uvedla uporabo geografskega informacijskega sistema (GIS). Na podlagi novih zahtev vizualizacije prostorskih podatkov je URSZR leta 2009 sprejela odločitev, da takratni dvodimenzionalni (2D) GIS zelenih nadgradenj ne omogoča več, zato je pripravila javni razpis za novega. Na podlagi tehnične in finančne predstavitve je URSZR izbrala tridimenzionalno (3D) prostorsko vizualizacijsko okolje Gaea+. Ta omogoča stvaren pregled terena in delo z najrazličnejšimi analitičnimi in vizualizacijskimi orodji ter možnosti za nadaljnje nadgradnje. Tako je URSZR v Evropi postala ena izmed prvih, ki za zaščito in reševanje uporablja 3D-GIS. Predstavili smo ga že nekaterim evropskim upravam, ki so nas obiskale. Nad prikazanim so bile navdušene.

Ključne besede 3D GIS, vizualizacija, zaščita, reševanje, Gaea+.

Abstract The Administration of the Republic of Slovenia for Civil Protection and Disaster Relief (ACPDR), a constituent body of the Ministry of Defence (MoD), is known worldwide as a one of the first institutions to introduce the Geographic Information System (GIS) in all regional notification centres in order to increase the efficiency of support to rescue operations (e.g. during traffic accidents, hazardous materials spills, floods, fires). Due to new requirements regarding the visualisation of geospatial data and the fact that the then existing 2D GIS did no

longer allow desired upgrades, the ACPDR decided in 2009 to issue a public tender for the purchase of a new system. Based on a technical and financial presentation, the ACPDR selected the 3D GIS solution Gaea+. This tool allows a real-time terrain visualisation and application of various other tools (analysis and visualisation tools) as well as the possibility of further upgrades. Hence, the ACPDR was among the first European institutions to use the 3D GIS for civil protection and disaster relief. This system has already been presented to several European administrations during their visit to Slovenia and they all expressed their enthusiasm about what they were shown.

Key words 3D GIS, visualisation, civil protection, disaster relief, Gaea+.

1 UVOD

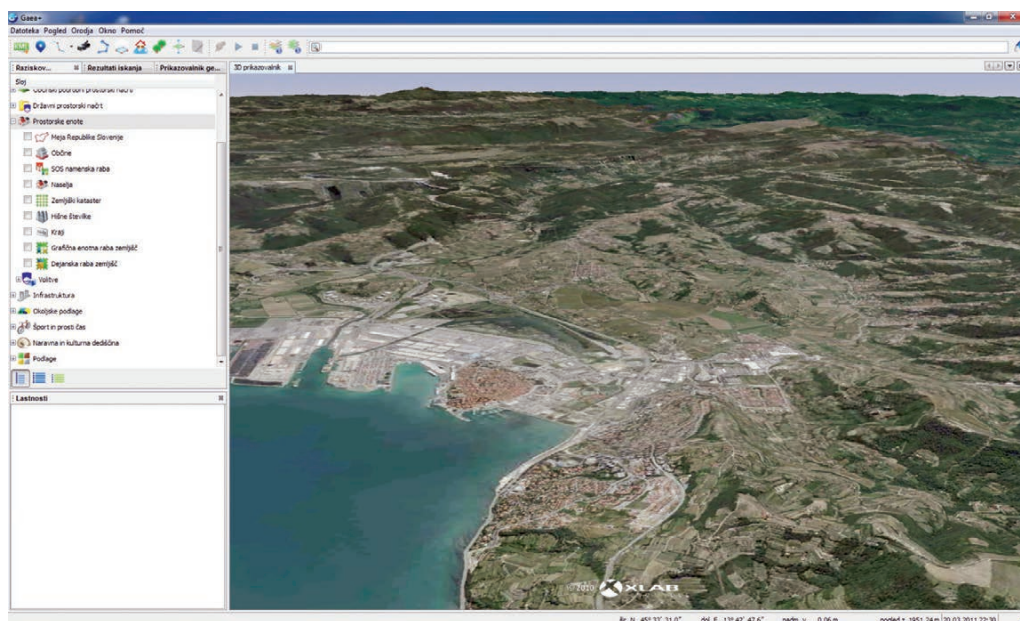
Slovenija je zaradi svoje geografske lege potresno, poplavno in požarno ogrožena. Tega so se dobro zavedali tudi naši predniki, zato so že konec šestdesetih let prejšnjega stoletja vzpostavili organizacijo, ki je skrbela za zaščito in reševanje ljudi ter njihovega imetja v vojnih razmerah. Pozneje (v nekdanji skupni državi) je Civilna zaščita v Sloveniji svoje delovanje razširila tudi na področje varstva pred naravnimi in civilizacijskimi nesrečami. Temu je bilo treba prilagoditi njeno organizacijo in tehnično opremljenost, širšo usposobljenost njenih pripadnikov, predvsem pa tesnejše sodelovanje različnih strokovnih, znanstvenoraziskovalnih in drugih ustanov.

2 UVAJANJE 3D-GIS

URSZR je v svetu znana kot ena prvih, ki je za boljšo podporo reševanja vpeljala GIS in je tudi danes informacijsko zelo dobro opremljena. V preteklosti so jo obiskovali tuji reševalci, predvsem iz evropskih držav in držav nekdanje Jugoslavije, ki so si želeli ogledati sistem GIS in ga tudi vpeljati v svoje delo. Nov preskok je sledil pred letom in pol, saj se je URSZR odločila, da 2D-GIS zamenja za sodobnejši 3D-GIS, ki omogoča stvaren pregled terena in delo z naprednimi orodji.

Izboljšavo sistema so omogočili na državni ravni vzpostavljeni registri, kot so centralni register prebivalstva, register prostorskih enot in drugi. URSZR je 2D-GIS sistem poimenovala GIS_UJME. Ta je ob vzpostavitvi uporabljal za tisti čas napredno iskanje po različnih registrih (evidenca hišnih števil, register zemljepisnih imen itn.) ter izračun števila prebivalcev na nekem prostoru v kombinaciji s funkcionalnostmi za merjenje razdalje in površine. Sistem GIS_UJME je zadovoljil potrebe po geografskem prikazu pripravljenih načrtov ukrepanja ob naravnih in drugih nesrečah, hkrati pa so ga uporabljali v regijskih centrih za obveščanje kot podlago za prikaz lokacije kličočega in izpis podatkov o pripadnikih enot, ki jih aktivirajo oziroma obvestijo v primeru nujnih klicev na številko v sili – 112.

Sčasoma so se pokazale potrebe po nadgradnjah, predvsem v smeri vizualizacije, ki pa jih v GIS_UJME nismo mogli uresničiti. Pokazale so se analitične težave s podatki slojev, vrstili so se izpadi sistema, s tem pa so se večali tudi stroški vzdrževanja. Z javno objavljenim razpisom po uvedbi nove tehnologije in novih ter izboljšanih funkcionalnostih je URSZR za podlago potreb izbrala 3D-prostorsko vizualizacijsko okolje Gaea+ (slika 1).



Slika 1: Osnovno okno prostorskega vizualizacijskega okolja Gaea+

3 TRIDIMENZIONALNI GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEM (3D-GIS)

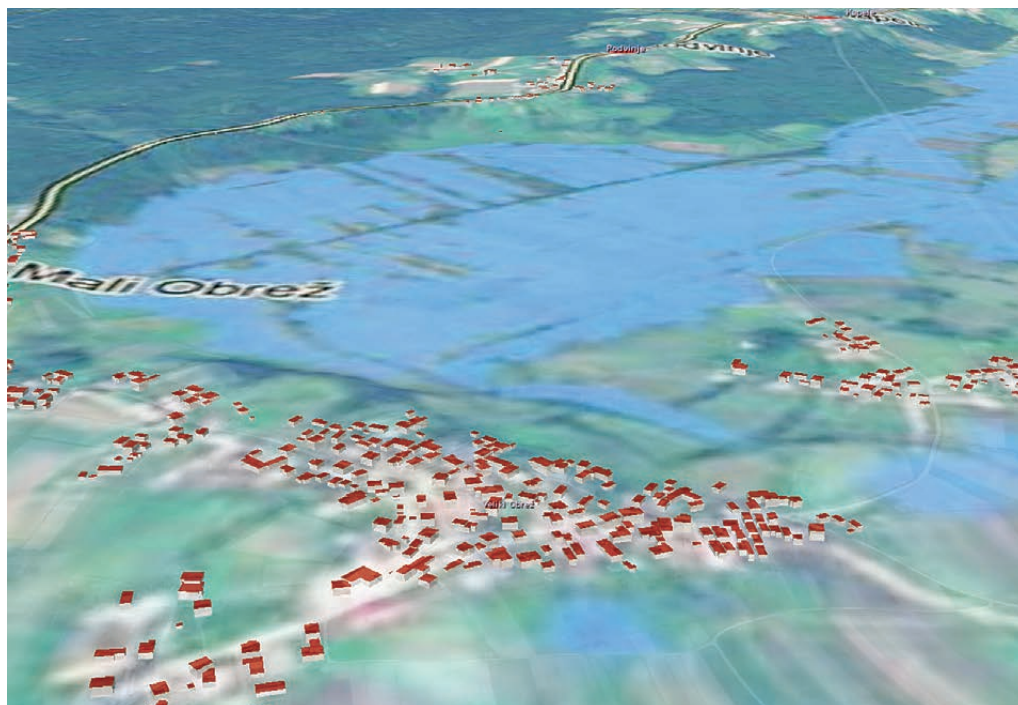
Sistem 3D-GIS je zasnovan na arhitekturi odjemalec-strežnik. Prostorski podatki, med katerimi so najpomembnejši višinski model Slovenije, ortofoto posnetki ter vektorski sloji infrastrukture in enot zaščite ter reševanja, so shranjeni na osrednjem strežniku, ki je nameščen v URSZR. Na osrednji strežnik so nameščeni tudi standardizirani procesi za prostorsko poizvedovanje in analitiko, ki so odjemalcem na voljo prek standardnih komunikacijskih vmesnikov (HTTP). Zaradi zagotavljanja visoke ravni zanesljivosti sistema in hitrosti dostopa je v vsakem regijskem centru obveščanja nameščena kopija osrednjega strežnika. Vizualizacijski odjemalci v regijskih centrih dostopajo do lokalnih strežnikov, ob izpadu oziroma tehničnih težavah pa dostopajo do osrednjega strežnika.

Sprotno posodabljanje podatkov, ki se pogosto spreminjajo, na primer kataster stavb ter register prebivalstva in nepremičnin, se izvaja na osrednjem strežniku. Podatki se prek varnega omrežja HALCOM prenesejo na strežnik, kjer se pretvorijo v obliko, primerno za posodobitev podatkovne zbirke. Zaradi narave dela v regijskih centrih obveščanja, ki zahteva neprestano delovanje vseh delov sistema, se posodobitve porazdeljenih strežnikov izvajajo na zahtevo skrbnika sistema.

Strežniška programska oprema, ki poganja podatkovni in računski del sistema, temelji na kombinaciji odprtokodne programske opreme (Apache web server, GeoServer WMS/WFS-server in podatkovna baza PostgreSQL z razširitvijo PostGIS) in rešitev podjetja XLAB. Slednje omogočajo poenoten način obdelave velikih količin prostorskih podatkov, na primer optimizacijo rasterskih slojev za prikaz v orodju Gaea+, ter storitev, ki zunanjim uporabnikom omogočajo dostop do omejenih vsebin. Poljuben del programskega sklada je mogoče nadomestiti z izdelki drugih

podjetij na področju rešitev GIS (Oracle, ESRI itn.), zaradi česar je mogoč preprost prehod iz sedanjega sistema 2D v 3D.

Orodje Gaea+ ponuja razširljivo, večslojno arhitekturo za tridimenzionalno vizualizacijo, analizo in upravljanje prostorskih podatkov. Implementacija, ki temelji na okolju Java, omogoča uporabo odjemalca na vseh najpomembnejših operacijskih sistemih (Linux, Mac OS X, Windows), modularna zasnova pa različne načine uporabe, od namizne aplikacije do spletne aplikacije v brskalniku.



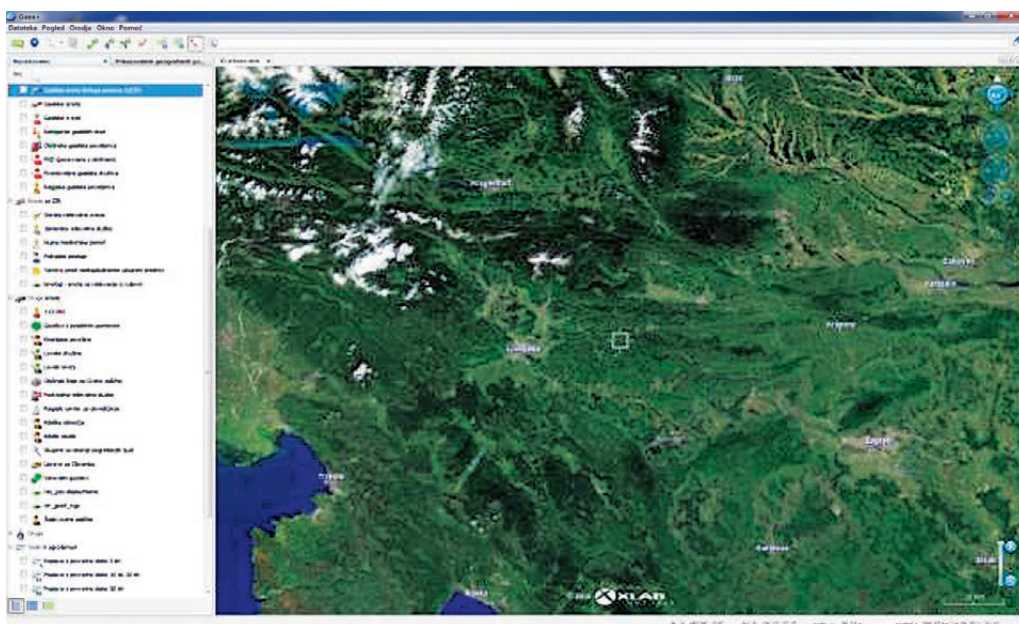
Slika 2: Podlaga, ki prikazuje obseg poplav iz leta 2010 in je pridobljena iz satelitskega posnetka. Na sliki je prikazan tudi sloj stavb (vir: projekt SAFER).

Gaea+ podpira sedanje odprte standarde za izmenjavo prostorskih podatkov, kar omogoča preprosto integracijo s sedanjimi podatki in v sedanje sisteme. Platforma Gaea+ se lahko poveže s spletnimi viri podatkov s pomočjo protokolov, ki jih razvija združenje Open Geospatial Consortium (OGC), med katerimi sta najpomembnejša Web Map Service (WMS) za prikaz rasterskih podatkov, kot so ortofoto posnetki, satelitski posnetki poplavnih območij (slika 2), prostorski načrti občin itn., ter Web Feature Service (WFS) za prikaz vektorskih podatkov, kot so zemljiški kataster, zgradbe (slika 3), komunalna infrastruktura, enote zaščite in reševanja itn. Podpora standardu OGC Simple Feature Access omogoča tudi dostop do podatkov neposredno iz podatkovnih zbirk, na primer Oracle Spatial, PostGIS in MySQL Spatial.



Slika 3: Zgradbe iz katastra, parcele

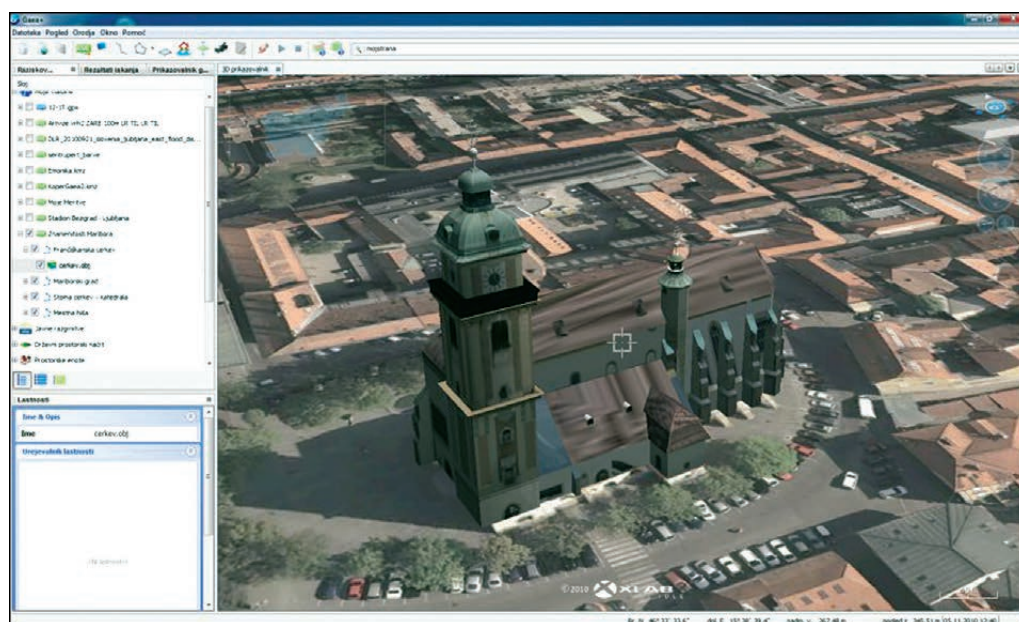
V rešitev 3D-GIS je trenutno vključenih več kot 100 podatkovnih slojev, ki so razdeljeni v več vsebinskih sklopov (slika 4). Podpora odprtim standardom za izmenjavo prostorskih podatkov URSZR omogoča vključevanje dodatnih slojev brez sodelovanja izvajalca.



Slika 4: Vsebinski sloji na levi strani prostorskega vizualizacijskega okolja Gaea+

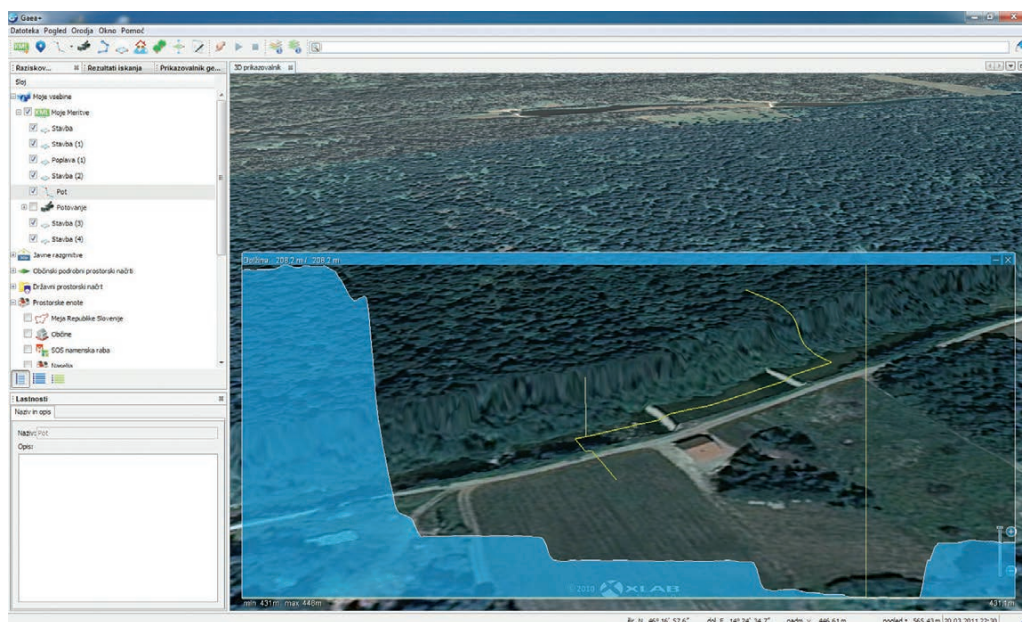
Gaea+ podpira tudi vključevanje lokalnih virov podatkov v obliki uveljavljenih datotečnih formatov. Podpora georeferenciranim rasterskim podatkom, predvsem GeoTIFF, ECW, MrSID, pa tudi DDS, PNG in JPEG, omogoča uporabnikom nalaganje lastnih slikovnih slojev. Za potrebe uvoza vektorskih podatkov je razvit modul, ki podpira vključevanje podatkov v formatih ESRI Shapefiles, MapInfo, Keyhole Markup Language – KML in kompresirani KMZ, GPX. Omenjena podpora se je izkazala za zelo učinkovito za prikaz in analizo obsega poplav, ki so Republiko Slovenijo zajele leta 2010. V sodelovanju s Centrom odličnosti Vesolje, ZRC SAZU in projektom SAFER je URSZR pridobila obdelane ortorektificirane in georeferencirane slike optičnih in radarskih satelitskih posnetkov osrednje in južne Slovenije.

Podpora zapisa tridimenzionalnih modelov COLLADA, Wavefront OBJ, 3DS in VRML omogoča preprost uvoz in prikaz tridimenzionalnih predmetov in animacij iz večine orodij za 3D-modeliranje in okolij CAD, kar pripomore h kakovostnejši predstavitvi nepremičnih in premičnih objektov na terenu (slika 5).



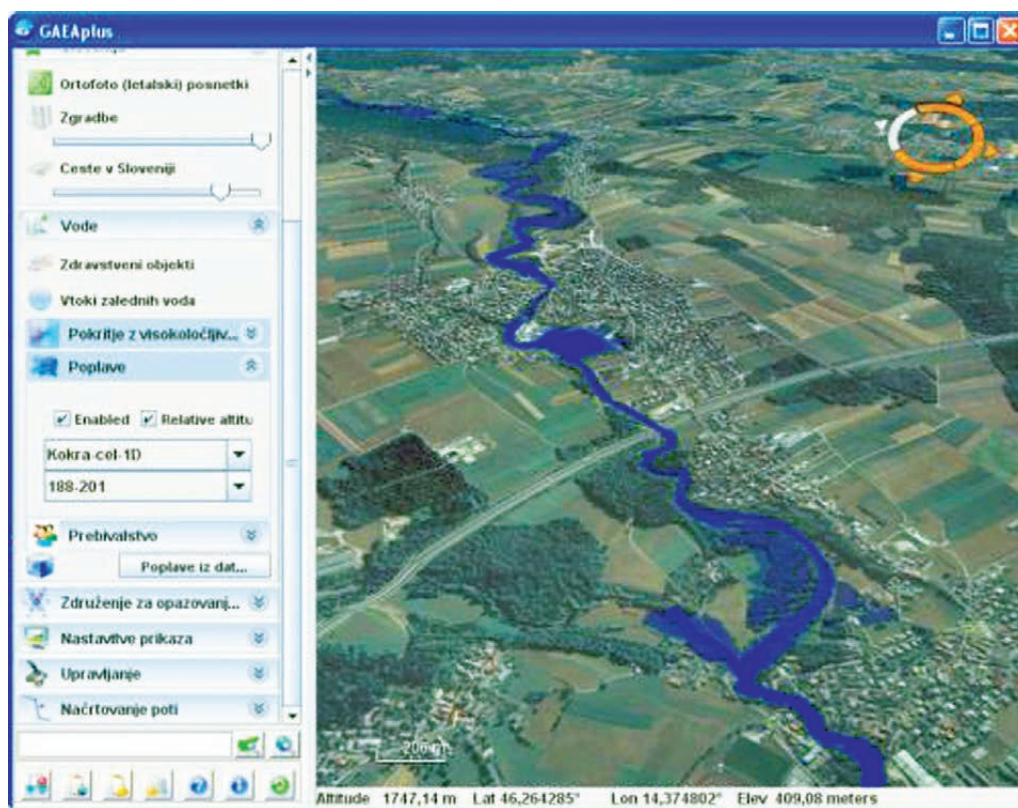
Slika 5: Tridimenzionalni model zapisa COLLADA

Gaea+ podpira uporabo več hkratnih višinskih modelov, vključno z gostimi točkovnimi podatki LiDAR (angl. Light Detection And Ranging), in uporablja progresivno nalaganje višinskih podatkov glede na trenutno raven podrobnosti. Optimizirani prikazovalni postopki (slika 6) omogočajo vizualizacijo izjemno gostih in natančnih podatkov, kar omogoča izvajanje natančnih analiz in simulacij terena (na primer poplavna ogroženost, analiza optimalnega sestopa, iskanje najkrajše poti itn). Omogoča tudi interaktivno urejanje višinskega modela ter analizo tako načrtovanih sprememb terena v realnem času ali s simulacijo različnih scenarijev *kaj-če*.



Slika 6: Vizualizacija podatkov LiDAR

Eden izmed najpomembnejših scenarijev *kaj-če* je analiza poplavnih območij v okolici rečnih strug. Gaea+ v ta namen vključuje namensko orodje za simulacijo višine vodne gladine oziroma vodnega pretoka, kot prikazuje slika 7. Na podlagi osnovne analize, ki jo omogoča omenjeno orodje, se lahko določijo območja, na katerih je treba opraviti podrobno študijo poplavnega območja in vizualizacijo v prostoru (sliki 6 in 7).

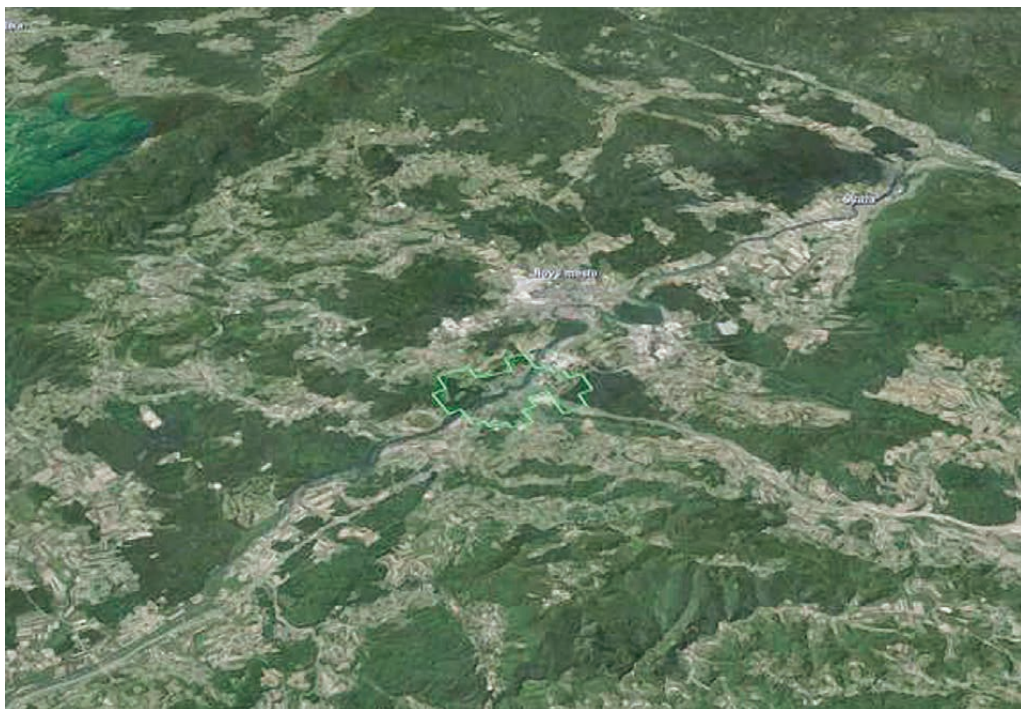


Slika 7: Orodje za simulacijo višine vodne gladine oziroma vodnega pretoka

Povezljivost sistema 3D-GIS s preostalimi sistemi URSZR

Sistem 3D-GIS je eden izmed štirih med seboj povezanih sistemov, ki se uporabljajo na URSZR za zagotavljanje odzivne pomoči na terenu (slika 7). Preostali trije sistemi so:

- **Sistem podpore centrom (SiPod)** operaterjem v regijskih centrih obveščanja omogoča sistematično obravnavo različnih vrst nesreč s pomočjo vnaprej določenih algoritmov ukrepanja. Glavni namen SiPod-a je, da operaterje razbremeni obvladovanja procesov, saj te predstavi programska oprema, in jih vodi skozi celoten proces, vključno z vsemi pomembnimi podatki o osebah, ki jih mora v posamezni fazi aktivirati.
- **Sistem za poročanje o intervencijah in nesrečah (SPIN)** je namenjen podrobnemu opisovanju obravnavanih nesreč in intervencij. Operaterji v regijskem centru za vsak dogodek vpišejo podatke o lokaciji dogodka, o aktiviranih enotah ter morebitne opombe.
- **Prikaz lokacije kličočega (PLK)** je sistem, ki na podlagi podatkov o prejetem klicu pridobi lokacijo klica. Ob klicu s stacionarnega telefona se uporablja telefonski imenik Slovenije z geolokacijo posameznih števil, za prikaz lokacije mobilne številke pri mobilnih operaterjih pa se pridobi okvirno območje, kjer bi uporabnik lahko bil (slika 8).



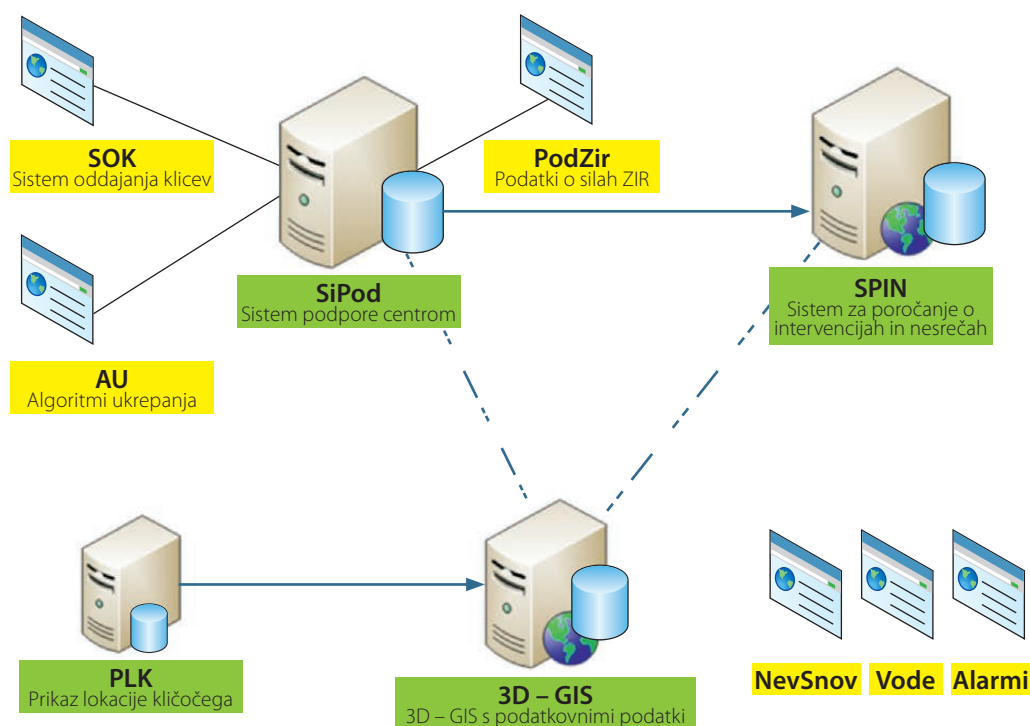
Slika 8: Območje je razmeroma veliko, vendar lahko operater na podlagi dodatnih informacij zelo natančno določi položaj kličočega

Za učinkovito delovanje vseh omenjenih sistemov je ključnega pomena tudi podatkovni strežnik PodZIR (Podatki o silah Zaščite in reševanja), ki predstavlja osrednjo zbirko podatkov vseh enot, vključno s podatki o osebah in njihovih vlogah v enotah. Na podlagi tega lahko operaterji iz katerega koli sistema nemudoma pridobijo imena in kontaktne podatke oseb, ki jih morajo aktivirati.

Iz slike 9 je razvidno, da je sistem 3D-GIS povezan z vsemi preostalimi sistemi, ki od njega večinoma pridobivajo podatke, ki so vezani na prostor. Primeri takih poizvedb so:

- Prikaz podatkov o enoti posamezne vrste za izbrano lokacijo;
- Prikaz podatkov o sosednjih enotah posamezne vrste, kar pride prav ob večjih posredovanjih, ko je treba aktivirati več sosednjih enot;
- Prikaz lokacije kličočega v 3D-prikazovalniku;
- Podatki o trenutni lokaciji ter drugih prostorskih informacijah iz podatkovnih slojev.

Komunikacija med posameznimi deli sistema poteka prek standardnih http-vmesnikov, kar omogoča preprosto širjenje novih funkcionalnosti med posameznimi sistemi.



Slika 9: 3D-GIS in drugi med seboj povezani sistemi

Uporaba aplikacije 3D-GIS na URSZR

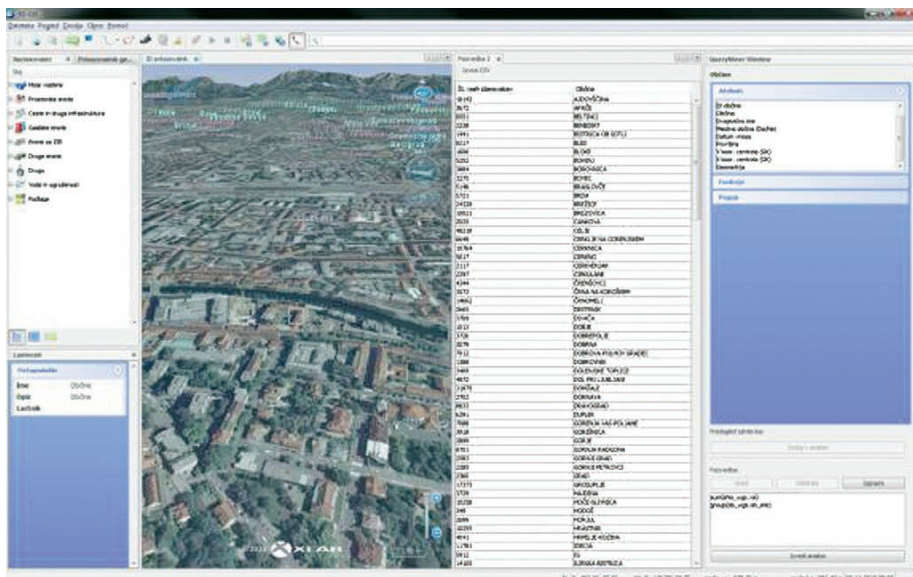
Aplikacija 3D-GIS je bila razvita za tri glavne skupine uporabnikov, in sicer operaterje v regijskih centrih obveščanja, analitike in načrtovalce ter zunanje uporabnike.

Za uporabnike v centrih obveščanja je najpomembnejše neprekinjeno delovanje vseh delov sistema, kar izvajalec, podjetje XLAB, zagotavlja z rednimi pregledi in podporo na daljavo. Operaterjem so na voljo vsi razpoložljivi podatkovni sloji, vključno s kontaktnimi podatki oseb, pristojnih za posamezne enote. Omogočen imajo tudi modul za prikaz lokacije kličočega, ki drugim uporabnikom zaradi zagotavljanja varnosti ni omogočen. Orodje omogoča tudi izvedbo osnovnih prostorskih poizvedb za izbrana območja, s katerimi lahko operaterji pridobijo število oseb in število nepremičnin na ogroženih lokacijah.

Za potrebe analitikov in načrtovalcev je bil razvit namenski grafični uporabniški vmesnik za pripravo prostorskih poizvedb, ki temeljijo na zlivanju (angl. fusion) večjega števila prostorskih podatkov (slika 10). Izdelava prostorske poizvedbe poteka v več korakih:

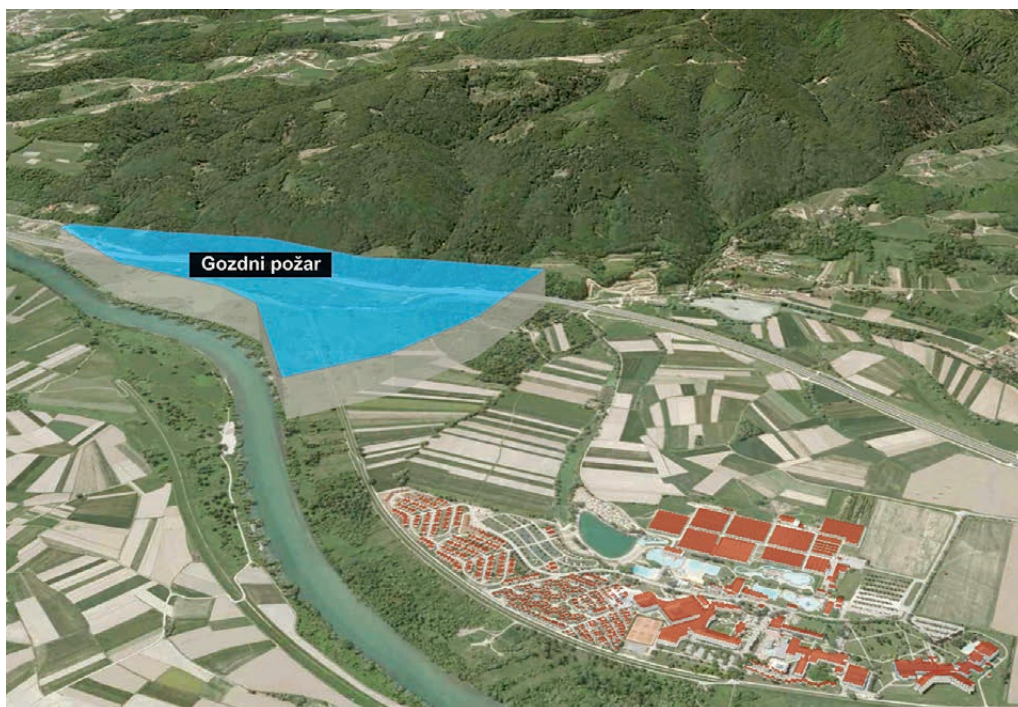
- izbira vektorskega podatkovnega sloja (lahko prikazuje točke, linije ali poligone);
- izbira atributa, ki ga želimo dodati v poizvedbo:
 - za vsak atribut lahko določimo, ali nas zanima samo izpis ali želimo nad njim izvesti neko operacijo;
 - za vsak atribut lahko dodamo tudi dodaten neobvezen pogoj.

V primerjavi z operaterji v centrih obveščanja v tem sklopu ni na voljo podatkov o pristojnih osebah.



Slika 10: Priprava prostorskih poizvedb

Zunanji uporabniki imajo pravice le za ogled osnovnih podatkovnih slojev ter orodij (slika 11) za označevanje prostora (dodajanje točk, linij in poligonov). Med zunanje uporabnike spadajo vsi pogodbeni partnerji URSZR, ki lahko sodelujejo pri posameznih dogodkih.

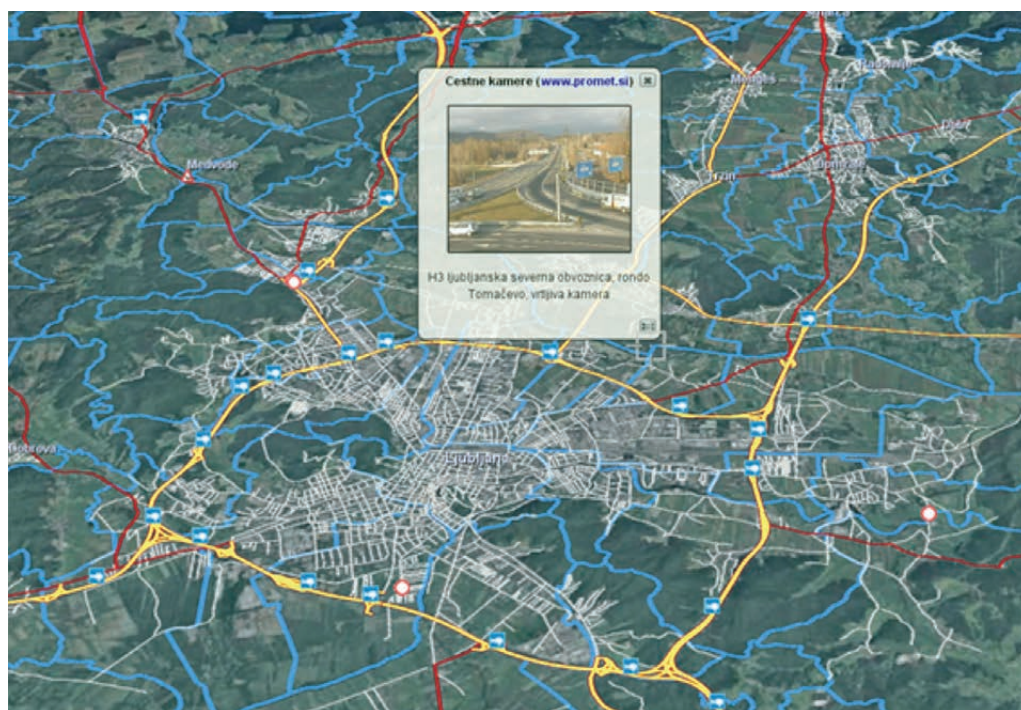


Slika 11: Orodje za označevanje prostora

4 MOŽNOSTI NADALJNJEGA RAZVOJA 3D-GIS

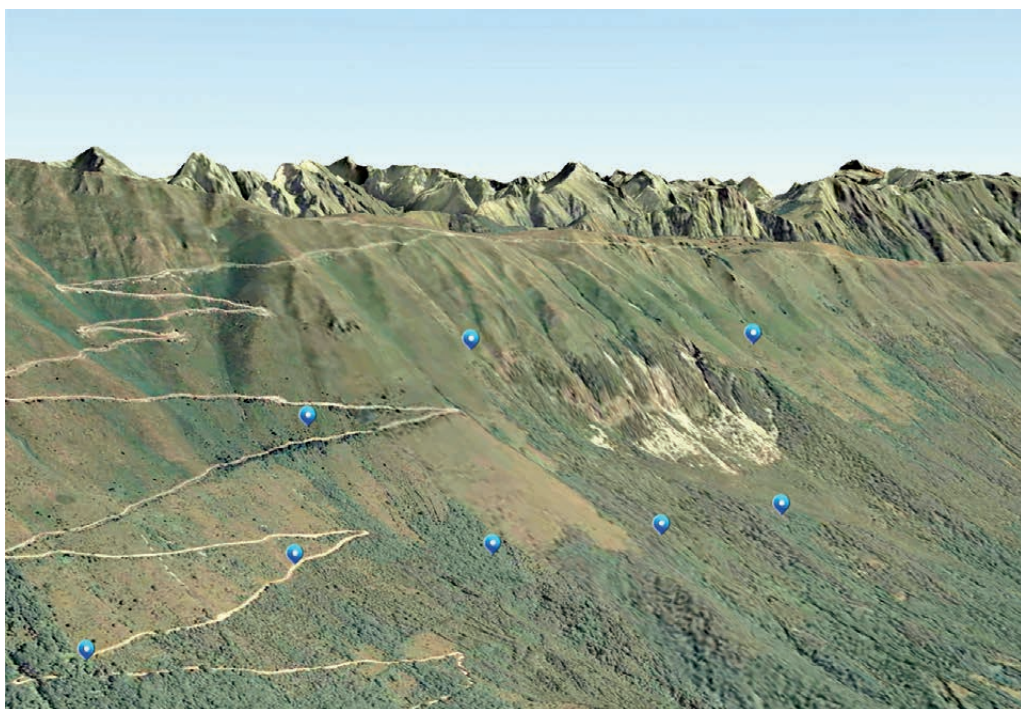
Da bi zagotavljali ažurne prostorske podatke, je načrtovana nadgradnja sistema z urejevalnikom sedanjih podatkov, ki so shranjeni na centralnem strežniku. URSZR namreč nima enotnega sistema za urejanje podatkov, tako da bodo z integracijo urejevalnika s pregledovalnikom podatki takoj na voljo vsem uporabnikom sistema. V pripravi je tudi nadgradnja natančnih podatkov o državnih cestah (trenutno le prikaz cestnega omrežja in podatkov prometno informacijskega centra, kar prikazuje slika 12), kar vključuje:

- podroben ortofoto posnetek celotnega avtocestnega križa Republike Slovenije (DOF 1000),
- podatke o odsekih in stacionažah avtocestnega omrežja,
- podatke o dvojnem pokrivanju nevarnih odsekov avtocestnega omrežja.
-



Slika 12: Cestna infrastruktura s podatki prometno informacijskega centra

V načrtu je tudi kandidatura za pridobitev dodatnih sredstev za obširnejšo nadgradnjo sistema 3D-GIS, ki bo namenjena predvsem učinkovitejšemu vodenju intervencij na terenu (slika 13). Nadgradnja bo vključevala možnost sinhronizacije enot na terenu z bazo, možnost specializiranih analiz in povezovanje z zračnimi enotami za neposredno prikazovanje podatkov v realnem času. Trenutno namreč centri obveščanja ne vodijo intervencije na terenu, temveč le aktivirajo ustrezne enote, zaradi česar omenjenih funkcionalnosti URSZR še ni potrebovala.



Slika 13: Dodajanje pozicij reševalcev na terenu trenutno poteka ročno

5 SKLEP

V prispevku smo predstavili novi trirazsežnostni geografski informacijski sistem, ki je bil razvit za odločanje in ukrepanje ob nesrečah na URSZR. Razviti sistem temelji na porazdeljeni strežniški infrastrukturi, kar zagotavlja visoko raven zanesljivosti in prepustnosti, hkrati pa zaradi svoje inherentne podpore odprtim standardom URSZR omogoča gospodarno nadgrajevanje sistema.

Z novim sistemom so največ pridobili operaterji v regijskih centrih obveščanja, saj imajo ti v vsakem trenutku na voljo posodobljene podatke ter nova orodja za učinkovitejše delo. Popolna povezanost s preostalimi sistemi, ki so ključni za delovanje centrov obveščanja, pa jim omogoča kakovostno usmerjanje intervencij. Načrtovalci in analitiki so s trirazsežnostnim vizualizacijskim orodjem pridobili možnost izvajanja natančnih prostorskih analiz v kontekstu stvarnega reliefa Republike Slovenije.

V prihodnje načrtujemo nadgradnje sistema, ki bodo usmerjenje v povečevanje zanesljivosti in uporabnosti celotnega sistema. Mednje spada nadgradnja lokalnih strežnikov v centrih obveščanja, vključevanje novih, natančnejših, ter popraviljanje sedanjih podatkov. V sodelovanju s partnerji načrtujemo tudi izvedbo nadgradnje sistema 3D-GIS za vodenje intervencij na terenu (geolociranje enot na terenu, analiza optimalnih poti in sestopov, povezovanje z zračnimi enotami za neposredno prikazovanje podatkov v realnem času itn.).

O AVTORJIH

Grigorij Krupenko, diplomant fakultete za upravo, smer informatika, je zaposlen na Upravi RS za zaščito in reševanje kot višji svetovalec za spletne aplikacije. Je oseba z izkušnjami pri uvajanju aplikativnih rešitev za delovanje centrov za obveščanje in na področju razvoja aplikacij za klice v sili – 112.

Gregor Berginc je diplomiral leta 2004 na Fakulteti za računalništvo in informatiko v Ljubljani z diplomom z naslovom Kategorizacija predmetov na slikah z metodo Adaboost. Po diplomi se je zaposlil v mednarodno priznani skupini s področja računalniškega vida in nadaljeval z razvojem metod za kognitivno razpoznavanje ter kategorizacijo objektov. Leta 2007 se je zaposlil v podjetju XLAB, kjer je sodeloval na treh evropskih projektih sedmega okvirnega programa ter razvoju 3D-geografskega informacijskega sistema. Trenutno je direktor podjetja Tretja dimenzija, d. o. o., ki s podjetjem XLAB, d. o. o. sodeluje pri razvoju naprednih 3D-vizualizacijskih rešitev ter aplikacij za mobilne platforme.

Luka Mulej je po končani srednji šoli za elektrotehniko in računalništvo izobraževanje nadaljeval na Univerzi v Ljubljani. Študij je zaključil z večnivojsko diplomsko nalogo: Interaktivno oblačilo plesnega učitelja. Kmalu zatem se je pridružil podjetju XLAB. Sprva kot oblikovalec, nato pa je prevzel še marketinški del produktov Gaea (gaeaplus.com) in PHOV (phov.eu). Neprestano je v stiku v ljudmi in išče načine, kako koristno uporabiti izdelke in storitve podjetja XLAB.

ABOUT THE AUTHORS

Grigorij Krupenko holds a degree in informatics from the Faculty of Administration. He is employed at the Administration for Civil Protection and Disaster Relief (ACPDR) of the Republic of Slovenia as a Senior Advisor on web applications. Krupenko's rich experience has contributed to the introduction of applicative solutions for the operation of the notification centres and development of the 112 emergency call applications.

Gregor Berginc graduated from the Faculty of Computer and Information Science in 2004. His thesis was titled "The Categorisation of Objects in Pictures with the AdaBoost Method". After graduation he started working with an internationally renowned group of experts involved in computer vision research where he continued to develop methods for cognitive recognition and categorisation of objects. His next employment, in 2007, was at the company XLAB d.o.o where he participated in three European projects that were a part of The Seventh Framework Programme and the development of the 3-D Geographic Information System. He is currently the director of Tretja dimenzija d.o.o., a company which cooperates with XLAB d.o.o. in the development of advanced 3-D visualisation solutions and applications for mobile platforms.

Luka Mulej finished Secondary School of Electrical and Computer Engineering. His education continued at the University of Ljubljana. His thesis was titled "The interactive garment of a dance teacher". Soon after, he joined the XLAB team. He started as a designer and later became responsible for the marketing of Gaea (gaeaplus.com) and PHOV (phov.eu) products. Luka Mulej continues to search for new applications of XLAB products and services.

3D-karta morskega dna slovenskega morja in njena uporaba v geoprostorski podpori pomorstvu Slovenske vojske

The 3D-Map of the Seabed of Slovenian Territorial Waters and its Use in the Geospatial Support to the Navy of the Slovenian Armed Forces

Sašo Poglajen
Bogomir Tomažič

Povzetek Pomorska enota Slovenske vojske uporablja sodobna orodja in rešitve za svojo geoprostorsko podporo. Pri tem ima osrednje mesto sistem ECDIS (angl. Electronic Chart Display and Information System), ki združuje digitalno navigacijsko karto z navigacijskimi senzorji patrolne ladje Ankaran. Zaradi potrebe po izboljšanju geoprostorskih podatkov o slovenskem morju je bil med letoma 2006 in 2008 uresničen projekt *3D-karta morskega dna slovenskega teritorialnega morja*. Rezultat projekta je programsko okolje z geoprostorskimi informacijami o slovenskem morju, ki omogoča interaktivno 3D-pregledovanje vseh podatkov in integracijo sistema z drugimi senzorji. Sistem, narejen po meri, je bil razvit posebej za končnega uporabnika in na enem mestu združuje natančne podatke o morju (batimetrija, podpovršinski preseki, potopljeni objekti, pomorske oznake) s priobalnimi kopenskimi podatki (DMR in orthophoto). Za uporabnike je sistem nepogrešljivo orodje pri izvajanju številnih nalog 430. mornariškega diviziona Slovenske vojske tako v Pomorskem operativnem centru kot tudi na plovilih. Posodobljen sistem omogoča integracijo s sonarjem za odkrivanje podvodnih vsiljivcev in tvori celovit sistem za nadzor in varovanje akvatorija ter pri operacijah iskanja in reševanja na morju.

Ključne besede Slovensko morje, 3D-karta, navigacija, sonarsko snemanje, pomorska obramba.

Abstract The naval unit of the Slovenian Armed Forces has, at its disposal, the latest tools and solutions for geospatial support. The main system is represented by ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) which incorporates the digital nautical chart and navigational sensors of the Ankaran patrol boat. To improve the geospatial data of Slovenian territorial waters, the project *3D-map of the Seabed of Slovenian Territorial Waters* was carried out between 2006 and 2008. The result of the project is a software system with geospatial information of Slovenian territorial waters. The software enables interactive 3D visualization of all the data and its integration with other sensors. The system, which was custom made and developed to meet the needs of the end user, combines accurate sea data (bathymetry, sub-bottom profiles, sunken objects and navigational markings) with coastal land data (DTM and orthophoto). Users have found the system to be very useful in providing geospatial aid in the numerous tasks that the 430th Naval Division of the Slovenian Armed Forces has carried out from the naval operations centre or from operational vessels. The upgraded system also enables the integration with intruder detection sonar and thus forms a complete system for the inspection and defence control of the aquatorium and for search and rescue missions at sea.

Key words Slovenian territorial waters, 3D-map, navigation, sonar survey, naval defence.

1 UVOD

Pomorstvo Slovenske vojske (SV) sestavlja 430. mornariški divizion (430. MOD), ki pri svojih nalogah za geoprostorsko podporo uporablja najsodobnejšo opremo. To po eni strani sestavljajo programska orodja z digitalnimi podatki, po drugi pa strojna oprema različnih navigacijskih komponent in sonarjev.

Razpoložljiva oprema ponuja geoprostorsko podporo pri delovanju pomorstva SV, ki mora zagotavljati zmogljivosti za delovanje na morju in pod morsko gladino, pri čemer opravlja naloge:

- zagotavljanje pripravljenosti za delovanje na morju;
- vzpostavljanje vojaškega nadzora in izvajanje vojnega režima plovbe;
- izvajanje minskega, protiminskega in protidiverzantskega delovanja na akvatoriju;
- sodelovanje v protiteroristični zaščiti vojaških objektov v pristaniščih in na sidriščih;
- odkrivanje virov ogrožanja na akvatoriju in obveščanje o njih;
- opravljanje nalog po načrtih za nesreče na akvatoriju.

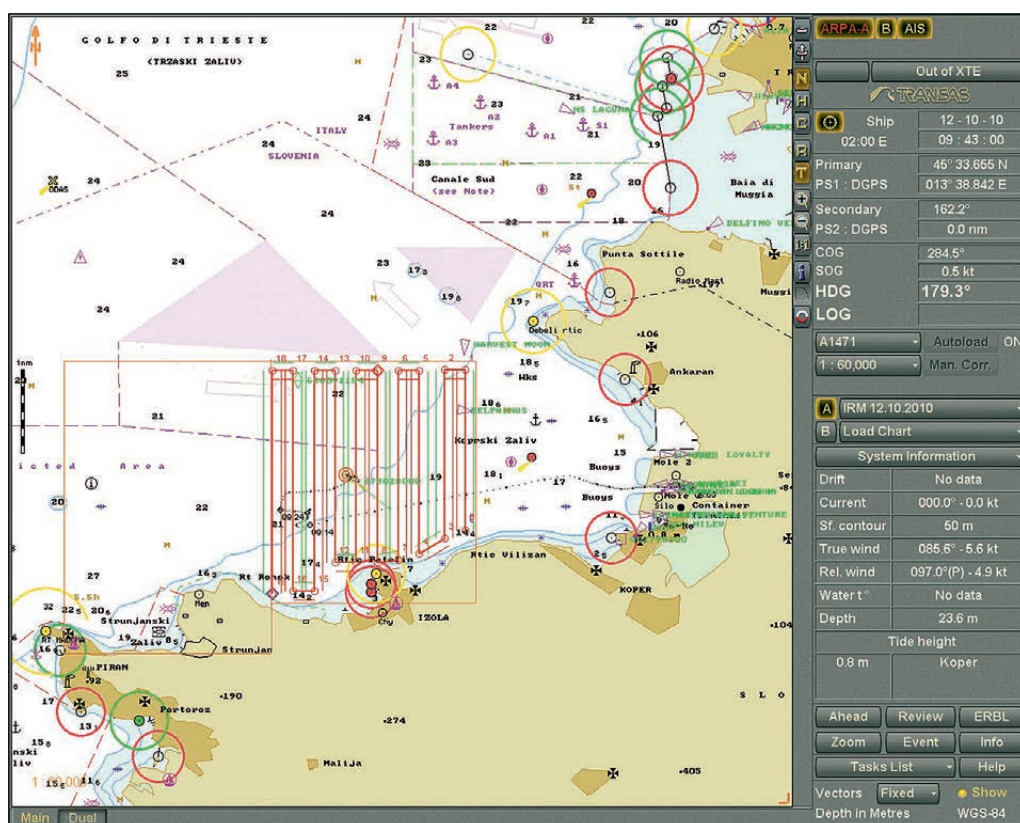
Za opravljanje operativnih nalog ima 430. MOD na voljo hitro patroljno ladjo Ankaran-21, ki je opremljena z navigacijskim sistemom Navi-Sailor 3000 proizvajalca Transas. Gre za sodoben sistem za prikaz elektronskih kart (angl. Electronic Chart Display and Information System – ECDIS), ki povezuje vektorske elektronske navtične karte formata TX-97 z naslednjimi ladijskimi navigacijskimi senzorji:

- sprejemnikoma DGPS,
- sistemom za samodejno identifikacijo plovil (angl. Automatic Identification System – AIS),

- navigacijskim radarjem s samodejno pomočjo pri izrisovanju (angl. Automatic Radar Plotting Aid – ARPA),
- globinomerom,
- anemometrom,
- žiroskopskim kompasom,
- sprejemnikom NAVTEX (angl. Navigational Telex).

Konfiguriran sistem omogoča kompleksno podporo za načrtovanje in vodenje navigacije, načrtovanje in izvajanje iskanja ter reševanja na morju, sprejemanje in samodejno vrisovanje varnostnih sporočil, prikaz ladijskega prometa prek transponderjev AIS, prikaz radarske slike, projicirane prek karte, samodejno registracijo vseh podatkov za poljubno pregledovanje in analizo opravljenih plovb ter iskanje morebitnih krivcev v spornih razmerah itn. To je torej multiopravilen sistem, ki ponuja vso geoprostorsko podporo posadki na ladji Ankarán-21 pri opravljanju nalog mornariškega diviziona (slika 1).

Nova večnamenska ladja Triglav-11 ima vgrajeno podobno konfiguracijo senzorjev, integriranih v novejši ECDIS Navi-Sailor 4000, ki ponuja nekaj novih rešitev. Poleg dveh ladij so na voljo še gumi-jasti čolni z zunajkrmnimi motorji, ki jih za svoje delovanje uporablja potapljaška enota.



Slika 1: Zaslonka slika sistema Navi-Sailor 3000. Ob desnem robu so podatki senzorjev in orodja za upravljanje. Osrednji del zaseda kartografska podlaga z vrisanim načrtom iskanja in reševanja.

2 3D-KARTA

V okviru geoprostorske podpore pomorstvu SV je bil zaradi potrebe po izboljšanju geoprostorskih podatkov o slovenskem morju zasnovan projekt *3D-karta morskega dna slovenskega teritorialnega morja* (skrajšano 3D-karta). Gre za razvojnoraziskovalni projekt, ki ga je Ministrstvo za obrambo zaupalo podjetju Harpha sea, d. o. o., iz Kopra. Cilj projekta, ki je potekal med oktobrom 2006 in decembrom 2008, je bil programsko in strojno opremiti 430. MOD s prostorskimi, hidrografskimi ter geofizikalnimi podatki o slovenskem morju. Obsežnost projekta je narekovala podrobno pripravo in definiranje posameznih faz projekta, in sicer zajem in obdelavo podatkov, razvoj programskega paketa, nakup strojne opreme, integriranje sistema z uporabniki ter uvajanje v uporabo, prek njih pa smo od načrtovanja in praktičnega dela prišli do končnega rezultata.

2.1 Zajem podatkov

Bistvo programskega okolja 3D-karte so prostorski podatki, vezani na morje, morsko dno in obalo. Projekt je bil zasnovan prav na pripravi podrobne batimetrične karte slovenskega morja. Poleg batimetrije sistem obsega še geofizikalne oziroma podpovršinske podatke vseh privezov na slovenski obali. V sistemu so zbrani tudi objekti, ki ležijo na morskem dnu, in pomorske oznake na gladini ter kopnem, torej boje in pomorska svetila. Morskim podatkom je dodan še priobalni kopenski del z digitalnim modelom reliefa (DMR) in digitalnim ortofoto posnetkom (DOF).

Podatke, ki so zbrani v okolju 3D-karte, smo namensko pridobili z različnimi metodami izmere. Osrednje in glavno delo je predstavljala batimetrična izmera z večsnopnim sonarjem. Geofizikalne podatke strukture sedimentov smo pridobili s podpovršinskim sonarjem. DMR in DOF smo generirali iz lidarskih podatkov, položaj pomorskih oznak pa smo po metodi neposrednega zajema pridobili z GPS-sprejemnikom. Skupna vsem meritvam je uporaba GPS-sprejemnika v RTK-načinu delovanja (angl. Real Time Kinematic). Značilna natančnost RTK-izmerjenih položajev je $1 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$ horizontalno in $2 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$ vertikalno (WWW 1), v praksi pa to pomeni, da so bili vsi položaji izmerjeni z natančnostjo nekaj centimetrov.

2.1.1 Batimetrija

Globinomerstvo ali batimetrija je osrednja hidrografska dejavnost, katere cilja sta pridobivanje podatkov o globinah plovnih voda in priprava pomorskih navtičnih kart. Globine določamo z ultrazvočnimi globinomeri ali sonarji, ki z oddajanjem in sprejemanjem ultrazvočnih impulzov ugotavljajo globine na določenem kraju. Pri izmeri za 3D-karto je bil uporabljen visokoresolucijski večsnopni sonar SeaBat 8125 proizvajalca Reson. Sonar z 240 snopi, razporejenimi v kotu 120° , do 40-krat na sekundo z vsemi snopi ugotavlja globine po poti plovbe. Zaradi velikosti plovila, uporabljeno je bilo namreč 11 metrov dolgo plovilo, ni bilo mogoče snemanje na nekaterih priobalnih plitvinah, zato smo tam uporabili majhen, 3,5 metra dolg gumijast čoln, na katerem je bil pritrjen enosnopni globinomer. Tako smo maksimalno pokrili izmerjene globine do obalne črte. Opravljena snemanja ustrezajo najnatančnejši vrsti batimetričnega snemanja, tako imenovana Special Order, ki so opredeljena v standardih za hidrografska snemanja (IHO, 2008). V praksi to pomeni neprekinjeno pokrivanje dna z izmerjenimi globinami in detektiranje objektov s prostornino $>1 \text{ m}^3$.

2.1.2 Geofizikalne meritve

Geofizikalne podatke o strukturi podpovršinskih sedimentov smo pridobili s parametričnim pod-površinskim sonarjem (angl. sub-bottom profiler) Innomar SES2000-compact. Sonar z nelinearnim seštevanjem dveh visokih frekvenc od 100 do 115 kHz v stolpcu vode pod sondo ustvarja nizkofrekvenčni signal, nastavljen med 4 in 15 kHz. Nizka frekvenca zvočnega pulza lahko prodira v sedimente morskega dna in poleg globine podaja tudi meje med sedimenti pod dnom z različno sestavo.

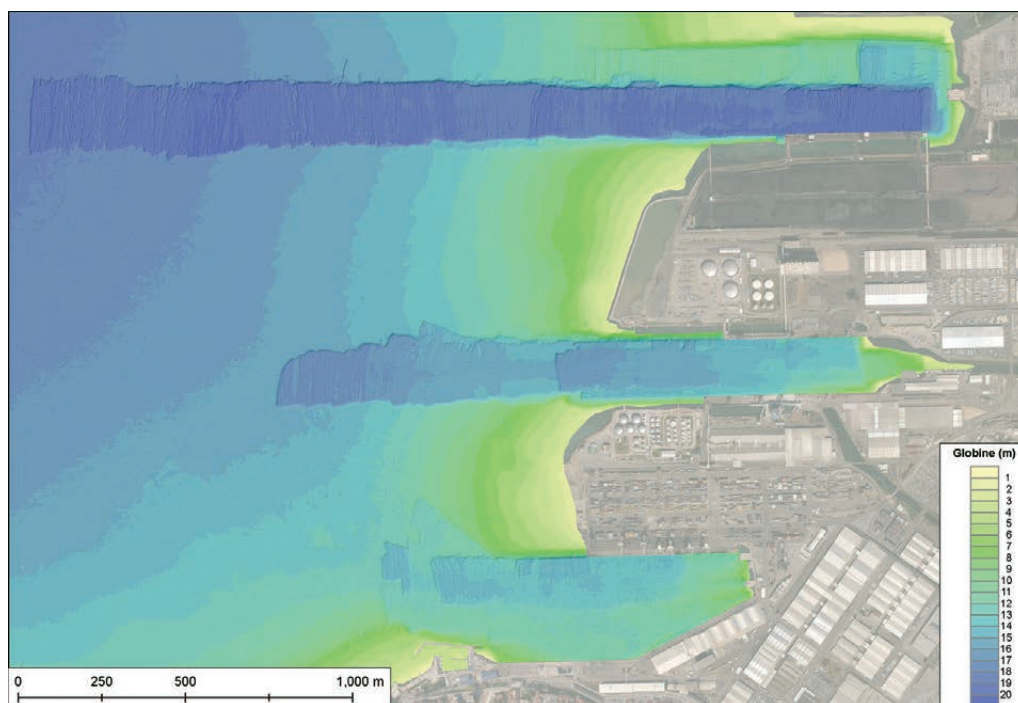
V okviru projekta so bili izmerjeni podpovršinski preseki na vseh pomolih oziroma morebitnih privezih na slovenski obali, uporabnih za 430. MOD. Preseki so bili posneti vzporedno s privezi z linijami v razmiku dveh metrov. Skupaj je bilo posnetih 21 privezov od zaliva sv. Jerneja pri Lazaretu do kanala Džasi v Sečoveljskih solinah.

2.1.3 GPS-meritve

V okviru del za pripravo podatkov smo z GPS-sprejemniki registrirali položaje vseh pomorskih oznak na morski gladini in obali. To so predvsem boje, ki označujejo priveze, zaščitena območja in školjčišča. Poleg objektov na gladini smo dokumentirali še svetlobne objekte na obali. Meritve so potekale ročno s postavitvijo antene sprejemnika neposredno nad ali ob izbrani objekt. Skupaj je bilo registriranih 116 pomorskih oznak.

2.2 Rezultati

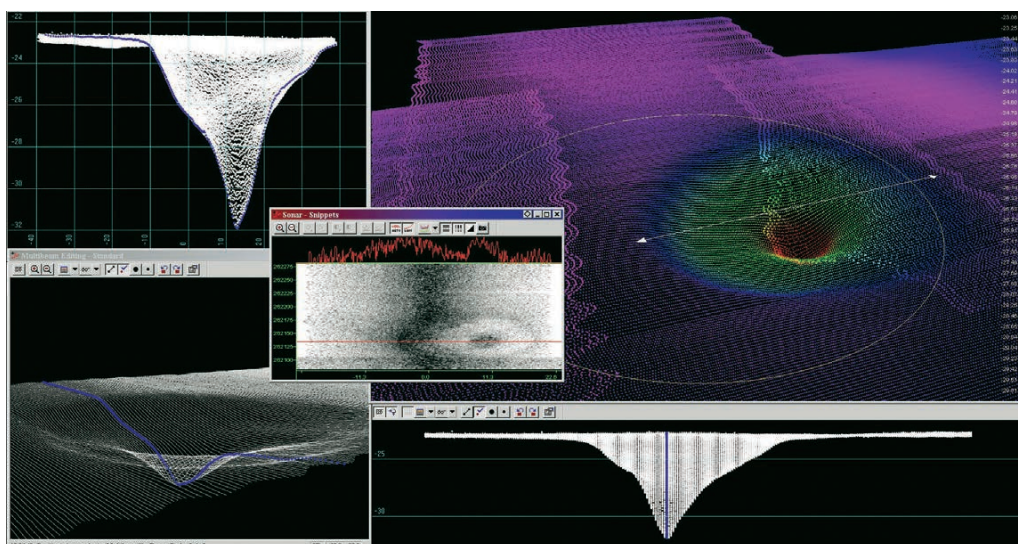
Rezultati meritev so po svoji obliki različni glede na vrsto tehnologije in metodologije pridobivanja podatkov. Osrednje mesto imajo batigrafski podatki, ki so podani v obliki digitalnega batimetričnega modela (DBM) z ločljivostjo celice 0,5 metra in obsegom površine 204 km² (slika 2). Ločljivost 0,5 metra je bila izbrana, ker je bil to približen domet horizontalne gostote snemanja v globinah več kot 20 metrov, obenem pa še dovolj natančno ponazarja podrobnosti v manjših globinah. Vsaka celica ima zabeleženo vrednost, ki predstavlja povprečje vseh izmerjenih globin na njenem mestu.



Slika 2: Digitalni batimetrični model akvatorija Luke Koper. Izstopajo predvsem strojno poglobljeni plovni kanali treh bazenov.

Natančna batigrafska slika je zelo uporabna, kadar želimo imeti natančno ponazoritev razmer na dnu. Poleg splošnega podatka o globini lahko razberemo morfologijo dna in prepoznamo naravne ali umetne nepravilnosti. Za potapljače je natančen DBM uporaben tudi pri orientaciji pod vodo in pri pripravi poligonov za podvodno pregledovanje dna.

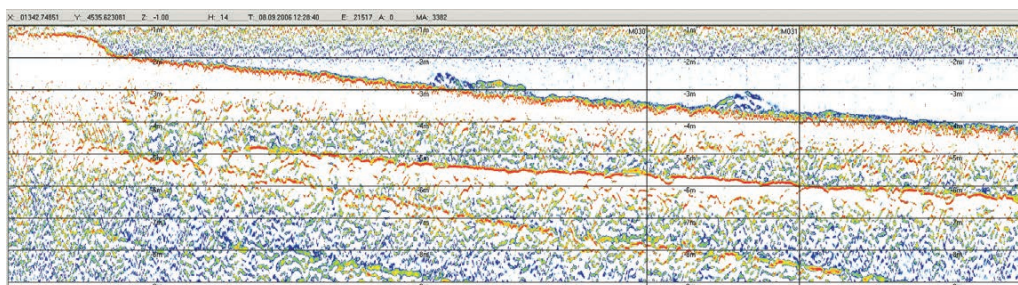
Iz osnovnih batimetričnih podatkov so bili registrirani objekti na morskem dnu, ki predstavljajo naravne ali umetne objekte oziroma nepravilnosti. Podatki so zbrani v tabelah z lokacijo, minimalno in maksimalno globino, kratkim opisom in interpretacijo, kjer je to mogoče. Za vsak objekt je dodana še shranjena slika sonarskih podatkov, ki daje prvo informacijo o podobi objekta, kot ga je zaznal večsnopni sonar (slika 3).



Slika 3: Grafična podoba sonarskih podatkov podvodnega izvira pred Izolo na globini 22,5 metra, globina lijakaste depresije pa je 9,5 metra. Različne možnosti prikaza podatkov nam pomagajo razumeti geometrijo in lastnosti objekta.

Objekti predstavljajo raznolike predmete in pojave, kot so cevovodi, razbitine, odtisi detonacij min, podvodni izviri, razsut material, nedefinirani objekti različnih oblik ter velikosti in drugo. Seznam registriranih objektov in njihova grafična podoba predstavljata izjemen podatek pri nadzoru ter spremljanju stanja dna akvatorija. Točen položaj, dimenzije in videz so med drugim uporabni za podvodno orientacijo ter ciklično spremljanje sprememb na morskem dnu.

Podatki podpovršinske strukture sedimentov so predstavljeni kot grafični vertikalni preseki, ki ponazarjajo sedimente pod morskim dnom (slika 4). Preseki prikazujejo linijo prvega odboja, ki predstavlja morsko dno, in morebitne naslednje odboje od mej med sedimenti z različno sestavo. Podpovršinski podatki so v 3D-karto integrirani kot površine podpovršinskih plasti, prikaže pa se tudi vrednost debeline prvega sloja.



Slika 4: Eden izmed podpovršinskih presekov ob pomolu pred kopališčem v zalivu Sv. Jerneja. Poleg dna oziroma prve rdeče linije se vidita še podpovršinska sloja.

Seznam pomorskih oznak obsega boje na morski gladini, označujejo pa priveze, režim plovbe in druga območja. Na seznamu so tudi pomorska svetila na vlohah in pristanišča in marine ter

kardinalna oznaka pri Debelem rtiču. Seznam z lokacijami in opisi končuje celoto geoprostorskih podatkov morja in predstavlja posnetek stanja ter pomoč pri navigaciji s 3D-karto. Objekti so v obliki shematičnih 3D-modelov vneseni v program 3D-karte.

Poleg izmerjenih podatkov so v sistem vneseni tudi podatki o registriranih objektih, ki jih je imel v svoji dokumentaciji shranjene 430. MOD.¹ Podatki so bili pridobljeni s sodelovanjem zavezniških enot v različnih akcijah in predstavljajo potencialna neeksplozirana ubojna sredstva (NUS). Sloj NUS je v obliki shematičnih modelov z opisi integriran v 3D-karto.

2.3 Programsko okolje

Osnovna zahteva projekta 3D-karte je bila možnost interaktivnega pregledovanja podatkov v 3D-okolju. V ta namen je bil pripravljen programski modul, ki temelji na odprtokodnem pregledovalniku terenov VTP (angl. Virtual Terrain Project).² Programsko okolje 3D-karte deluje v operacijskem sistemu Windows in za optimalno delovanje potrebuje naprednejše strojne komponente.

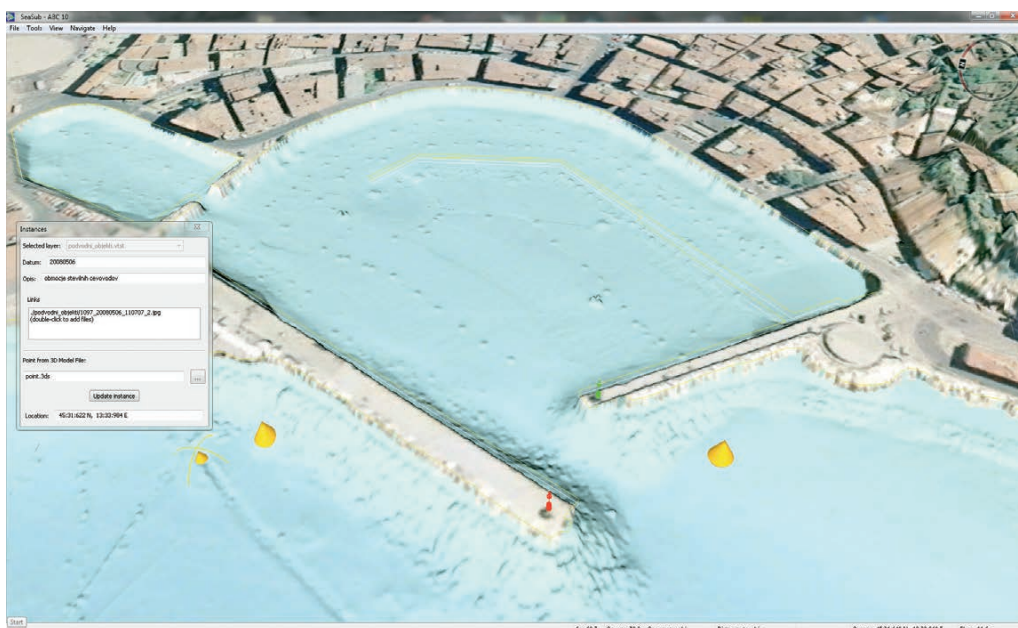
V primarni obliki program omogoča pregledovanje vgrajenih podatkov, pridobljenih z zgoraj opisanimi postopki. Zaradi velike količine natančnih batimetričnih podatkov je njihovo prikazovanje različno natančno glede na oddaljenost kamere pogleda. Pri majhnih merilih se izriše približen model terena (slika 5), ob približevanju in zmanjševanju območja pogleda pa se teren izriše v končni ločljivosti. Poleg batimetričnega modela lahko vklopimo še druge sloje, kot so objekti na dnu, pomorske oznake, NUS, obalna linija in podpovršinski podatki (slika 6).



Slika 5: Zasloni izris uporabniškega vmesnika 3D-karte s približnim prikazom batimetrije dna in kopenskega dela. V spodnjem levem kotu se izrisujeta položaj in usmerjenost kamere pogleda, v zgornjem desnem kotu pa kompas trenutnega pogleda. Na spodnji informacijski liniji je podatek o trenutni smeri pogleda kamere, lokaciji puščice in globini oz. višini na tem mestu.

¹ Pridobljeno pri Upravi RS za zaščito in reševanje.

² VTP-programska licenca dovoljuje uporabnikom vse vrste uporabe programa in predelavo izvirne kode.



Slika 6: Bližnji pogled na podatke 3D-karte prikazuje natančno batimetrijo piranskega pristanišča, shematične modele objektov na dnu in modele pomorskih oznak. V dodatnem oknu so prikazani podatki izbranega objekta.

S klikom na želeni objekt dostopamo do njegovih informacij in priloženih grafičnih podob. Dodajamo lahko nove objekte ali popravljamo položaje in informacije že popisanih objektov. Poleg osnovne sonarske grafične podobe lahko dodajamo še dodatne rastrske slike, npr. podvodne fotografije. Uporaba programa skupaj z GPS-sprejemnikom omogoča sledenje našemu premikanju v realnem času in usmerjanje do izbranega objekta. Na informativni vrstici se izpišeta razdalja in smer do izbranega objekta.

Uporabnik lahko prikazuje dodatne geoprostorske vektorske sloje v formatu Esri SHP ali znotraj programa izriše, shranjuje in popravlja poligone poljubnih oblik s podatki o obsegu, površini in centroidu, izbrane za podvodne preglede. Program omogoča tudi pripravo visokoresolucijskih zaslonskih slik in animiranje premikanja med definiranimi lokacijami.

3 UPORABNOST

3D-karta je prvi popoln zajem geoprostorskih podatkov slovenskega morja in predstavlja primarni posnetek stanja ter orodje za nadaljnje spremljanje podvodnih razmer akvatorija. S sistemom 3D-karte je opremljen Pomorski operativni center, v katerem je računalniška oprema z naloženimi podatki in programskim orodjem. Večji mobilni sistem se uporablja na ladjah 430. MOD, povezan je z GPS-sprejemnikom in tako ponuja dodatno možnost spremljanja plovbe in navigiranja do želenega cilja. Podoben, toda lažji prenosni sistem pri svojem delu uporabljajo potapljači na čolnih.

Sistem je namenjen generalnemu nadzoru in vodenju podvodnih razmer za potrebe Pomorskega operativnega centra. Pri tem sistem olajša načrtovanje patroliranja in bivanja ladij zunaj pristanišča Koper, plovbo na obalnem območju z majhnimi globinami in sidranje ter pristajanje na možna privezna mesta.

S sistemom se načrtujejo in izvajajo operacije protiminskega ter minskega delovanja. V okviru tega se izvajajo podvodni pregledi na definiranih poligonih in posodablja zbirka podatkov ter načrtuje in izvaja uničenje neeksplozivnih ubojnih sredstev. Ob minskem delovanju sistem omogoča podporo pri načrtovanju in izvajanju polaganja minskih polj ter podvodnih ovir.

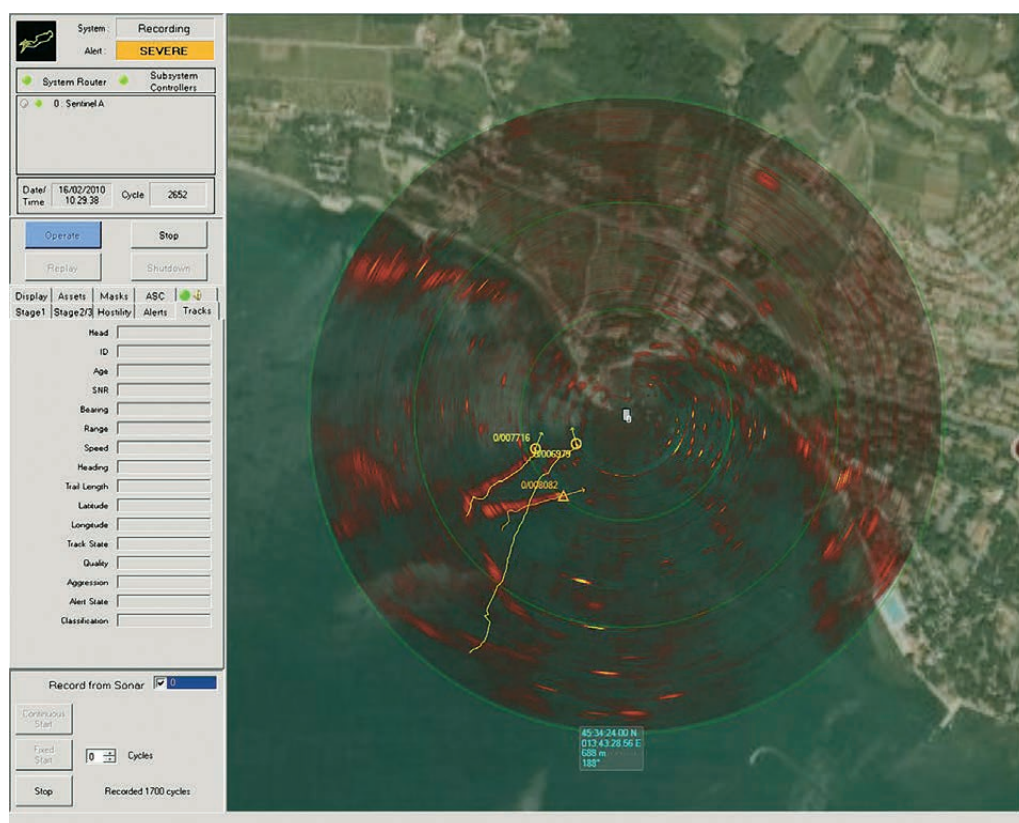
Ena izmed pomembnejših pridobitev sistema je seznam vseh definiranih in potencialnih neeksplozivnih ubojnih sredstev, katerih položaji so znani oziroma smo jih detektirali med obdelavo batimetričnih podatkov. V našem morju je kar nekaj takih objektov iz druge svetovne vojne, ribiči pa jih občasno zajamejo z mrežami in odložijo na izbranih lokacijah. Pogosto se dogaja, da se že locirana neeksplozivna ubojna sredstva premaknejo, zato je nujno njihovo periodično spremljanje in ob spremembi lokacije popravljanje v seznamu podatkov.

V praksi je sistem 3D-karte najbolj zanimiv in uporaben za enoto potapljačev, ki je s tem dobila orodje za nadziranje stanja na morskem dnu ter pozicioniranje svojih dejavnosti v realnem času. Uporaba definiranih poligonov podvodnih pregledov omogoča načrtno pregledovanje morskega dna. Z načrtnimi potopi se identificirajo, fotografirajo in klasificirajo objekti ter dopolnjujejo podatki v zbirki. Poleg podvodnih pregledov potapljaška enota za pregledovanje dna uporablja bočni sonar EdgeTech 4200, ki se vleče za plovilom. Pridobljene podatke primerjajo z dokumentiranim stanjem in, če je treba, posodobijo sliko objektov v 3D-karti.

Sistem je uporaben pri vseh akcijah na morju, na primer pri načrtovanju operacij ob ekoloških nesrečah ter iskanju in reševanju na morju.

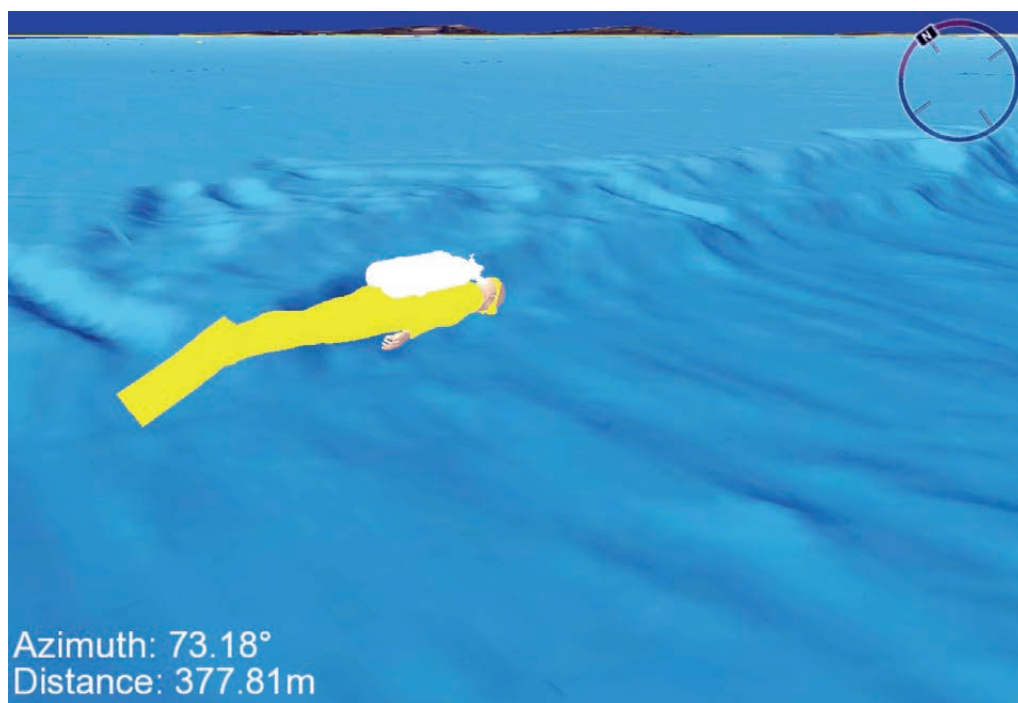
4 NADGRADNJA SISTEMA

Osnovna različica 3D-karte je bila v nadaljevanju s projektom sistema za odkrivanje oseb, predmetov in plovil pod vodno gladino (SIPOD) dopolnjena tako, da je integrirana s sistemom za detekcijo podvodnih vsiljivcev. Osrednji sistem pri tem je Sentinel IDS (angl. Intruder Detection Sonar) proizvajalca Sonardyne, ki z oddajanjem ultrazvočnih impulzov v krogu 360° in v dosegu do 900 metrov izrisuje prejete odboje ter jih interpretira glede na zvočni odtis (slika 7).



Slika 7: Zasloni posnetek sistema Sentinel z izrisanimi linijami premikanja zaznanih tarč

Sonar omogoča stacionarno postavitve na morskem dnu za dolgotrajno spremljanje ali pa ga, če je treba, spustimo s plovila za kratkotrajno spremljanje interesnega območja. Sistem samodejno razloči potapljače od drugih tarč in jih klasificira glede na dihalni sistem, ki ga uporabljajo, ter spremlja njihovo gibanje. Podatki se prek protokola TCP/IP in radijske povezave posredujejo uporabnikom na oddaljeni lokaciji (plovilo za hitro posredovanje, operativni center) ter se izrišejo v 3D-karti (slika 8).



Slika 8: Zaslonski posnetek programa 3D-karta z vrisanim potapljačem, ki ga je identificiral Sentinel IDS. Poleg je še podatek o razdalji in smeri od trenutnega položaja čolna (GPS) do potapljača. Barva potapljača ponazarja stopnjo ogrožanja.

Tak celovit sistem omogoča izvajanje zaščite sil v pristaniščih ali na sidriščih. Ob morebitnem terorističnem ali diverzantskem podvodnem napadu se podatki o vsiljivcu posredujejo posadki na čolnu za hitro posredovanje, ta pa lahko čoln usmerja nad vsiljivce.

Seveda ima vsak sistem, ki temelji na zahtevah uporabnikov, številne možnosti nadaljnjega razvoja. Pri vodenju podvodnih razmer bi bila koristna integracija podatkov bočnega sonarja z obstoječim stanjem v realnem času. S samodejnim registriranjem podvodnih objektov in njihovim izrisom na 3D-karti bi hitro ter učinkovito odkrivali nove objekte. Predvsem je veliko možnosti pri dopolnjevanju geoprostorske podpore pri zaščiti sil v tujini. S pripravo kart za izbrana območja v tujini bi s sistemom SIPOD zagotovili podvodno zaščito ladij SV ali vojaških objektov zavezništva v tujih pristaniščih.

5 SKLEP

Projekta 3D-karta in SIPOD sta se pokazala kot odlična priložnost za sodelovanje med malim visokotehnološkim podjetjem in Ministrstvom za obrambo. Končni izdelek predstavlja izvirno rešitev, ki se je oblikovala predvsem skozi pripombe končnih uporabnikov. Skupaj z drugo standardno opremo sestavlja učinkovito celoto geoprostorske podpore pomorstvu SV. Podpora je izjemna predvsem zaradi natančnih podatkov slovenskega morja in posebnih uporabniških možnosti, ki presegajo običajno dosegljive sisteme. Možnosti razvoja, ki se kažejo ali načrtujejo, pomenijo, da bosta projekta 3D-karta in SIPOD tudi v naslednjih letih nepogrešljiva pri geoprostorski podpori slovenskih pomorskih sil.

6 LITERATURA

- IHO, 2008: IHO Standards for Hydrographic Surveys, 5th Edition, February 2008, Special Publications N° 44, International Hydrographic Bureau, Monaco. http://www.iho-ohi.net/iho_pubs/standard/S-44_5E.pdf, 17. 3. 2011.
- WWW 1: Real Time Kinematic. http://en.wikipedia.org/wiki/Real_Time_Kinematic, 17. 3. 2011.

O AVTORJIH

Dr. Sašo Poglajen se je leta 2001 kot mladi raziskovalec iz gospodarstva zaposlil v podjetju Harpha sea. Leta 2007 je končal doktorski študij na Oddelku za arheologijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani s tematiko apliciranja geografskih informacijskih sistemov v študijah rimskega podeželja. V delovnem okolju se je izobraževal za zajemanje, obdelavo, analizo in predstavitev različnih prostorskih podatkov. Trenutno je odgovoren za hidrografske podatke in vodja raziskovalne skupine Prostorske študije ter mentor novim mladim raziskovalcem. Pri projektu 3D-karta je sodeloval kot član projektnega sveta, odgovoren je bil za zajemanje, obdelavo in pripravo podatkov.

Poročnik bojne ladje **Bogomir Tomažič** je leta 1989 diplomiral na takratni Višji pomorski šoli v Portorožu, in sicer iz navtike. Do leta 1996 je bil zaposlen na Splošni plovbi, d. d., Portorož kot navigacijski častnik. Leta 1997 se je zaposlil v SV in od leta 2001 do 2006 poveljeval hitri patroljni ladji Ankaran 21. Leta 2003 je končal univerzitetni študij tehnologije prometa na Visoki pomorski in prometni šoli Portorož. Trenutno opravlja naloge načelnika operativnega odseka v poveljstvu 430. mornariškega diviziona. Pri dveh razvojno-raziskovalnih projektih (3D-karta slovenskega morja in SIPOD) je bil koordinator in strokovni sodelavec, njegova naloga je bila ustrezno strokovno podpirati izvajalca Harpha Sea, d. o. o., Koper ter usmerjati izvedbo projektov.

ABOUT THE AUTHORS

As an early stage researcher in the area of economy, **Sašo Poglajen**, PhD, was employed by the company Harpha Sea d. o. o. in 2001. In 2007, he completed his doctoral studies at the Department of Archeology of the Faculty of Arts, University of Ljubljana, having majored in the application of geographic information systems in the study of Roman settlements. Within his working environment, he focused on the capturing, processing, analysing and presenting of various spatial data. Currently, he is responsible for hydrographic data and is head of the research spatial studies group and mentor to new early stage researchers. In the context of the 3D-map project, he participated as member of the project board and was responsible for the collection, processing and preparation of data.

Lieutenant **Bogomir Tomažič** graduated from the Maritime College in Portorož in 1989, majoring in nautics. Until 1996, he was employed as navigation officer at the Slovenian Shipping company Splošna plovba d. d., Portorož. In 1997, he was employed by the SAF, and between 2001 and 2006, he commanded the fast patrol boat Ankaran 21. In 2003, he completed his university studies in transport technology at the Maritime Studies and Transport College in Portorož. Currently, he is Head of the Operational Division at the 430th Naval Division HQ. He was coordinator and assistant in two development and research projects (3D-map of the Slovenian territorial waters and SIPOD), where he was tasked with the adequate expert support for the outsourced company Harpha Sea d. o. o., Koper as well as with the managing the project implementation.

Uporaba slikovnih podatkov v obveščevalni dejavnosti Ministrstva za obrambo in pomen geoprostorske obveščevalne podpore Satelitskega centra EU

Use of Imagery in Intelligence Activities of the Ministry of Defence of the Republic of Slovenia and the Importance of Geospatial Support of the EUSC

Aleš Florjanc

Povzetek Prispevek govori o uporabi slikovnih podob na področju obveščevalne dejavnosti. Predstavlja vrste in značilnosti slikovnih podatkov ter naniza nekaj primerov analiz za oblikovanje geoprostorskih obveščevalnih informacij. Te so namenjene podpori odločanju v kriznih razmerah. Geoprostorska obveščevalna dejavnost je na Ministrstvu za obrambo integrirana v sistem obveščevalne dejavnosti na strateški ravni. Njene zmogljivosti so omejene, ker Slovenija nima svojih sistemov za zajemanje podatkov na daljavo in je zato v tem pogledu odvisna od zunanjih virov. Eden teh je gotovo Satelitski center Evropske unije, ki je bil ustanovljen z namenom, da državam članicam EU zagotavlja geoprostorsko obveščevalno podporo. Slovenija mora ta vir izkoristiti in, kolikor je najbolj mogoče, uporabljati podatke, izdelke in storitve, ki jih ponuja.

Ključne besede Slikovni podatki, geoprostorska obveščevalna dejavnost, daljinska zaznava, geografski informacijski sistemi.

Abstract The article presents the use of imagery in the field of military intelligence. It explains how different types of imagery can be used for intelligence analysis in order to create geospatial intelligence information that is to be used in decision making processes. Geospatial intelligence is an integral part of the military

intelligence community on the strategic level within the Ministry of Defence of the Republic of Slovenia. Geospatial intelligence capabilities are limited due to the fact that Slovenia does not have its own remote sensing assets; therefore, it needs to have constant support from external sources. One of them is the European Union Satellite Centre, whose mission is to provide geospatial intelligence support to the EU and its member states. Slovenia should use this opportunity to exploit all data, products and services available.

Key words Imagery, geospatial imagery intelligence, remote sensing, GIS.

1 UVOD

V času hitrega tehničnega in tehnološkega razvoja so sodobne tehnologije postale eden izmed ključnih virov za pridobivanje obveščevalnih podatkov. Visoko razvita vesoljska tehnika, letala, sodobni radarski sistemi, brezpilotna letala in druga tehnologija z vse bolj dovršenimi senzorji nam omogočajo, da na daljavo pridobivamo zelo natančne slikovne podatke v skoraj realnem času in se z njihovo uporabo učinkovito odzivamo na krizne razmere. Ne glede na to, ali gre za odzivanje na naravne nesreče, za mirovno ali bojno vojaško posredovanje, so potrebe uporabnikov na terenu povsem enake; vsi potrebujejo kakovostne in pravočasno ter učinkovito dostavljene geoprostorske informacije.

Eden izmed subjektov, ki obvladujejo takšno znanje in tehnologijo, je Satelitski center Evropske unije s sedežem v Madridu v Španiji, ki je bil ustanovljen prav za podporo odločanju v kriznih razmerah. Pripravlja obveščevalne izdelke, ki izhajajo iz analiz satelitskih slikovnih podatkov in kolateralnih podatkov. Za boljšo obveščevalno podporo slovenskim pripadnikom v tujini in uspešnejše sodelovanje v vojaških, mirovnih ter drugih operacijah in na vajah kriznega upravljanja se je Republika Slovenija odločila, da bo kot članica EU uporabljala zmogljivosti in storitve Satelitskega centra.

2 SLIKOVNI PODATKI – VIR OBVEŠČEVALNIH INFORMACIJ

Slikovni podatki so pomanjšane slikovne predstavitve realnega sveta, naravnih in družbenih pojavov, prostorskih sestavin in procesov, ki so zajeti v slikovnih podobah (angl. imagery). Glede na njihove natančne lokacije v prostoru so prikazani pomanjšani in v določenem matematičnem razmerju. Podatki se pridobivajo z namenski obveščevalnimi izvidniškimi sistemi s sateliti, letali, brezpilotnimi letali in drugimi namenski plovili. V preteklosti so zanje uporabljali predvsem letala, ki so omogočala snemanje iz zraka z optičnimi kamerami na fotografski film. V času digitalne informacijske tehnologije so senzorji za zajemanje podatkov natančnejši, omogočajo snemanje z velikih višin in iz vesolja, predvsem pa ne gre več le za elektrooptično snemanje, temveč je mogoče snemanje tudi v drugih delih elektromagnetnega spektra, na primer v radarskem, ultravijoličnem (UV) ali infrardečem (IR). Gre za zajemanje podatkov na daljavo, za daljinsko zaznavo (angl. remote sensing) ali teledetekcijo, pri kateri naprave za snemanje niso v fizičnem stiku z opazovanimi objekti v prostoru. Zajem podatkov je odvisen od lastnosti uporabljenega spektra, od lastnosti opazovanih objektov in od prostorskih značilnosti na razdalji opazovanja med senzorjem in objektom.

Posnetek, ki je narejen iz zraka ali iz vesolja, ni vedno optična slika, ki jo zaznava človeško oko v vidnem delu spektra, zato produkti daljinske zaznave niso več zgolj fotografije, temveč so slikovne podobe, ki nosijo veliko več informacij. Izraz slikovna podoba je sicer nekoliko neroden prevod angleškega izraza

»imagery«, in vendar je bolj ustrezen, saj pove več. V praksi so se ustalili izrazi, kot so letalski posnetek, satelitski posnetek ali pa kar satelitska slika, glede na to, da gre v resnici za sliko, ki jo gledamo. Ker pa obstaja več vrst takih slik, na primer optične (pankromatične), radarske (SAR), infrardeče (IR), termalne IR, multispektralne in hiperspektralne, vedno ob tem tudi navedemo, za katero vrsto gre. Med slikovne podatke ne spadajo ročno posnete digitalne fotografije.

Produkti daljinske zaznave se danes zapisujejo v digitalni obliki, kar omogoča hitro in razmeroma preprosto nadaljnjo računalniško obdelavo ter pripravo za obveščevalne analize. Z analiziranjem slikovnih podob se ukvarja obveščevalna disciplina IMINT. Beseda je kratica angleškega izvora, skovanka iz besed »imagery intelligence«. Ker jo je težko prevesti v slovenski jezik, se je tudi v našem obveščevalnem besednjaku ustalila raba te besede. IMINT je torej obveščevalna disciplina, s pomočjo katere se z analizami slikovnih podob pridobivajo zanesljive in podrobne obveščevalne informacije. IMINT obsega procese identifikacije in interpretacije prepoznanih objektov ter določanje njihove pomembnosti z vidika namena snemanja. Z interpretacijo slikovnih podob se oblikujejo tehnične, geografske in obveščevalne informacije (NGA, 2006). Za čim boljšo interpretacijo se uporabljajo tudi tako imenovani kolateralni podatkovni viri, s katerimi je mogoče informacije s slikovnih podob kakovostno nadgraditi in izdelati celovit geoprostorski obveščevalni produkt, ki pojasnjuje več, kot kaže slika; na primer namen opazovanih objektov, njihovo zgodovino, funkcije, načrtovane spremembe ipd. V primeru analize satelitske slike vojaškega letališča je še kako pomembno razumeti funkcionalnosti tega vojaškega območja. Kolateralni podatki se pridobivajo iz javnih virov (OSINT¹), kot so dnevno časopisje, internet, literatura in tudi v povezavi z drugimi obveščevalnimi disciplinami, kot so SIGINT², HUMINT³, MASINT⁴.

Interpretiranje slikovnih podob ni domena le vojaške obveščevalne analitike, temveč se uporablja tudi na drugih najrazličnejših analitičnih in raziskovalnih področjih, v ekologiji, pri načrtovanju in urejanju prostora, v gozdarstvu, kmetijstvu, ključnega pomena je tudi v zdravstvu na področju diagnostike. Interpretacija rentgenskega posnetka se v metodološkem pogledu prav nič ne razlikuje od geoprostorske obveščevalne analize.



Slika 1: Rentgenska slika dlani (EUSC, 2008).



Slika 2: Termalni infrardeči (IR) posnetek vojaškega letala (EUSC, 2008).

Sliki 1 in 2: Primerjava uporabnosti produktov daljinske zaznave v medicini in v vojaški obveščevalni dejavnosti.

¹ OSINT (Open Source Intelligence) – pridobivanje informacij iz javnih virov.

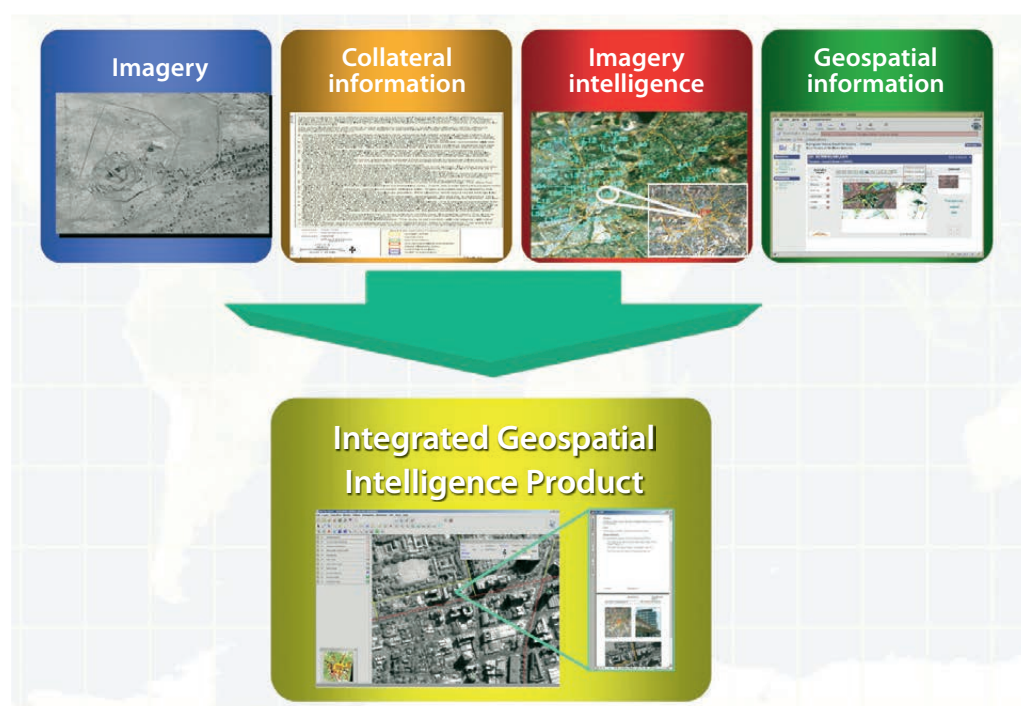
² SIGINT (angl. Signal Intelligence) – pridobivanje obveščevalnih informacij z elektronskim delovanjem.

³ HUMINT (angl. Human Intelligence) – pridobivanje obveščevalnih informacij s pomočjo človeških virov.

⁴ MASINT (angl. Measurement and Signature Intelligence) dopolnjuje druge obveščevalne discipline s pridobivanjem obveščevalnih informacij na podlagi analize elektromagnetnega sevanja.

Današnje delo na področju analize produktov daljinske zaznave zahteva visoko specialistično znanje s posameznih strokovnih področij ter zmogljivo računalniško in programsko opremo.

Krovno geoprostorsko obveščevalno dejavnost označujemo z angleško kratico GEOINT (Geospatial Intelligence), ki združuje zmogljivosti in uporabnosti slikovnih podob, obveščevalno analitiko slikovnih podatkov (IMINT) ter geoprostorske podatke. Njeno poslanstvo na obveščevalnem področju je opisovati, vrednotiti ter vizualno prikazovati fizične pojave in georeferencirane aktivnosti v prostoru. Po razumevanju ameriške agencije NGA (National Geospatial Intelligence Agency), vodilne organizacije za razvijanje te obveščevalne discipline v svetu, GEOINT združuje kartografijo, slikovne podobe in kolateralne podatke, obveščevalne analize slikovnih podatkov (IMINT) ter GIS-analize. GEOINT nima enotne definicije, saj ga v različnih državah različno razumejo. V kanadskih oboroženih silah na primer v GEOINT vključujejo tudi slikovne podatke, pridobljene z ročno digitalno fotografijo, ter meteorološke in oceanografske slikovne podatke (NGA, 2006).



(Routledge, 2009)

Slika 3: GEOINT omogoča združevanje pridobljenih obveščevalnih informacij z geografskimi podatki o določenem območju v celovit geoprostorski obveščevalni produkt.

GEOINT je močna obveščevalna disciplina. Z analizo slikovnih in GIS-podatkov pridobiva obveščevalne informacije, ki omogočajo kakovostno načrtovanje ter optimalno izvajanje misij in bojnih operacij ter pripomorejo k učinkoviti zaščiti lastnih vojaških enot. Obveščevalne informacije se uporabljajo v procesih odločanja na taktični, operativni in strateški ravni ter pripomorejo k zagotavljanju obrambne varnosti in stabilnosti.

GEOINT združuje vrsto aktivnosti, ki so integrirane v vse dele obveščevalnega kroga, od načrtovanja in zbiranja podatkov, obdelave in analiz do oblikovanja produktov (izrabe) in distribucije geoprostorskih obveščevalnih informacij uporabnikom. Cilj GEOINT-a je oblikovati zanesljive, kakovostne in pravočasne informacije za podporo odločanju.



Slika 4: GEOINT je integralni del obveščevalnega kroga, v katerem tesno sodeluje z drugimi obveščevalnimi disciplinami.

3 SISTEM GEOPROSTORSKE OBVEŠČEVALNE DEJAVNOSTI MO

Geoprostorska obveščevalna dejavnost na Ministrstvu za obrambo je vključena v strukturo Obveščevalno varnostne službe (OVS). Deluje v obliki celice GEOINT, ki zagotavlja geoprostorsko obveščevalno podporo obrambnovarnostnemu sistemu na strateški ravni. Njene naloge so vezane na celotno strukturo OVS kot podpora analitičnemu, operativnemu in varnostnemu delu službe, navzven pa sodeluje z uporabniki v vseh organizacijskih enotah MO in SV, katerih delovanje je vezano na geoprostorske obveščevalne vsebine.

Sodeluje s Sektorjem za načrtovanje (SNČ), ki je informacijsko vozlišče geoprostorskega področja MO, saj usklajuje izmenjavo informacij, skrbi za pridobivanje kartografskega gradiva in digitalnih prostorskih podatkov pri domačih in tujih virih, vodi postopke za potrjevanje in sprejemanje normativnih in standardizacijskih dokumentov z geoprostorskega področja ter usklajuje mednarodno sodelovanje. Služba za informatiko in komunikacije (SIK) je pomemben partner, ki vzdržuje baze prostorskih podatkov in GIS-aplikacije ter izvaja tehnično podporo in strokovno svetovanje svojim uporabnikom. Sodelovanje z Nacionalnim centrom za krizno upravljanje (NCKU) je operativno vezano na področje kriznega upravljanja. GEOINT-celica sodeluje tudi z obveščevalnima službama Generalštaba Slovenske vojske J2 (GŠSV J2) in Poveljstva sil G2 (PSSV G2) ter s Poveljstvom za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje (PDRIU). To sodelovanje bi bilo treba dodatno okrepiti predvsem na področju sistema zagotavljanja geoprostorske obveščevalne podpore SV za delovanje na operativni in taktični ravni ter na področju izobraževanja in usposabljanja. V sistem

vojaškega šolstva bi bilo treba umestiti tudi poučevanje vsebin z geoprostorskega obveščevalnega področja GEOINT in IMINT. Zelo redko se zgodi strokovno sodelovanje z Upravo Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR).

3.1 Operativne zmogljivosti in naloge celice za GEOINT-podporo

GEOINT-celica je opremljena z najsodobnejšo računalniško in programsko opremo. Na voljo ima orodja za obdelavo in analizo satelitskih slik v paketu Erdas Imagine, programski paket za vizualizacijo prostorskih podatkov in za analize GIS⁵ ESRI ARCGIS ter orodje za namizno kartografijo MapInfo. Za analitično delo sta na voljo še slovenski programski orodji NIKA, ki deluje v sistemu MapInfo, in Proval2000. Skupaj z dobro usposobljenim strokovnim osebjem je GEOINT-celica sposobna izvajati tudi najzahtevnejše analitične naloge in izdelati vsakovrstne geoprostorske obveščevalne produkte.

Kartografsko gradivo za delo zagotavlja SNČ, digitalne geoprostorske podatke pa SIK, ki hkrati omogoča strokovno pomoč in tehnično podporo pri upravljanju prostorskih podatkovnih baz, uporabo namenskih GIS-aplikacij (GISPO – GIS za podporo odločanja) in izvajanje zahtevnejših prostorskih analiz. Dostopanje do prostorskih podatkovnih baz MO je omogočeno z neposrednimi mrežnimi povezavami na podatkovne strežnike.

Osnovna naloga GEOINT-celice je zagotavljati geoprostorsko obveščevalno podporo obrambno-varnostnemu sistemu MO na strateški ravni. Ta vključuje izdelavo analitičnih produktov GEOINT in IMINT za uporabnike v sistemu MO in SV, pa tudi navzven (na primer MNZ, Policija, MZZ) ter izmenjavo geoprostorskih obveščevalnih informacij in produktov v okviru sistema RFI (Request for Information). Znotraj službe celica zagotavlja strokovno in tehnično pomoč uporabnikom na področju kartografije in vizualizacije geoprostorskih vsebin analitičnemu, operativnemu in varnostnemu delu službe ter prav tako zanje po potrebi izdeluje prostorske analize in analize terena ter statistične kartografske prikaze. Tu se hranijo in se za uporabnike pripravljajo GIS-podatki, rastrske topografske karte in satelitske slike. V digitalni knjižnici prostorskih podatkov se hranijo tudi analitični produkti in podatki Satelitskega centra Evropske unije (EUSC – European Union Satellite Centre).

V GEOINT-celici se pripravljajo stališča službe do potrjevanja in sprejemanja Natovih in nacionalnih geoprostorskih standardizacijskih dokumentov. Prav tako se izdelujejo predlogi za spremembe in dopolnitve drugih normativnih dokumentov Nata in EU, na primer Nato Geospatial policy, Nato Imagery Policy itn.

Ena izmed pomembnih nalog je tudi zagotavljanje izobraževanja na področju GEOINT- in IMINT-obveščevalnih disciplin ter usposabljanja uporabnikov za samostojno delo na prostorskih informacijskih sistemih (GISPO) ter orodjih za analizo in vizualizacijo prostorskih podatkov (MapInfo in Nika). V sistem vojaškega šolstva ter v procese izobraževanja in usposabljanja pripadnikov SV, ki jih izvaja PDRIU, bi bilo treba vključiti tudi obveščevalno-varnostne vsebine s področja GEOINT- in IMINT-obveščevalnih disciplin. To bi bila hkrati priložnost, da se potencialnim uporabnikom že v procesih izobraževanja in usposabljanja predstavita pomen in uporabnost geoprostorskih obveščevalnih informacij.

GEOINT-celica zagotavlja tudi sodelovanje pri razvojnoraziskovalnih projektih z geoprostorskega obveščevalnega področja v Sloveniji in v tujini.

⁵ GIS – geografski informacijski sistemi.

Na Ministrstvu za obrambo je bila leta 2008 s sklepom⁶ ministra ustanovljena delovna skupina za koordinacijo in izvajanje nalog s področja geoprostorske obveščevalne dejavnosti. Skupina usklajuje naloge na GEOINT-področju na ministrstvu, zagotavlja enotno uporabo predpisov in standardov, pripravlja predloge sprememb in dopolnitev predpisov ter internih aktov, ki urejajo to področje, usklajuje programe in potrebe za izobraževanje delavcev ministrstva in pripadnikov SV na GEOINT-področju, spremlja sodelovanje ministrstva z drugimi službami in organizacijami ter zagotavlja strokovno podporo na področju inšpekcijskega in notranjega nadzora nad varovanjem tajnih podatkov na ministrstvu (MO, 2008).

Skupina se sestaja po potrebi oziroma najmanj štirikrat na leto. Člani delovne skupine so delegirani predstavniki notranjih organizacijskih enot MO in SV, katerih vsakodnevno delo se nanaša na geoprostorske obveščevalne vsebine: OVS, SV (GŠSV J2 in PSSV G2), SIK, SNC in IRSO.

4 UPORABA SLIKOVNIH PODATKOV V GEOPROSTORSKI OBVEŠČEVALNI PRODUKCIJI

Na splošno se digitalni geoprostorski podatki delijo v rastrske in vektorske, pri čemer se slikovne podobe, ki se pridobivajo z daljinsko zaznavo in se uporabljajo v GEOINT- in IMINT-obveščevalni analitiki, uvrščajo v skupino rastrskih podatkov. Osnovna gradbena enota rastrske slike je piksel (angl. pixel – picture element), s katero se označuje tista površina na Zemlji, s katere senzor zajame povprečni odboj elektromagnetnega valovanja. Pri satelitskem snemanju je lahko posamezen piksel velik od 1 m krat 1 m do 4 km krat 4 km. Pri uporabi skeniranih podatkov ni smiselno govoriti o merilu snemanja, temveč o ločljivosti – to je o velikosti pikslov, v katerih se zajema osnovni podatek. Izpisi ali izrisi teh podatkov v obliki kart pa so lahko izdelani v poljubnem merilu, pri čemer je osnovni piksel tista vrednost, ki opredeljuje najbolj natančen izris. Vsak piksel ima svojo lokalno koordinato, kar omogoča njihovo prostorsko obdelavo (Tretjak in drugi, 2000). Ločljivost 1 m pomeni, da je velikost piksla 1 m krat 1 m ter da je vsak pojav na Zemlji, ki je večji od enega metra, na sliki prepoznaven kot samostojna entiteta. Satelitske slike visoke ločljivosti premorejo velikosti pikslov 0,61 m (satelit QuickBird) in 0,41 m (satelit GeoEye-1), leta 2013 pa naj bi začel delovati novi komercialni satelit GeoEye-2 z ločljivostjo 0,25 m (SIC, 2011).

Poleg satelitskega snemanja se za pridobivanje slikovnih podatkov uporabljajo izvidniška letala (na primer U-2), letala za nadzor (na primer E-8C Joint STARS) in taktična izvidniška letala, zelo učinkovita so snemanja z brezpilotnimi letali (UAV – Unmanned Aerial Vehicle kot na primer Global Hawk, Predator) in tudi z vodenimi izstrelki (angl. drones) z vnaprej programiranimi poleti.

Za daljinska snemanja za vojaške potrebe se najpogosteje uporabljajo elektrooptični, infrardeči (IR) in radarski senzorji (SAR – Synthetic Aperture Radar), večinoma multispektralni, senzorji za hiperspektralna in ultraspektralna snemanja pa se uporabljajo za posebne namene, predvsem za znanstvenoraziskovalne (Keister in ostali, 1995). Uporaba laserskega snemanja s sistemi LIDAR (LIDAR – Light Detection And Ranging, imenovan tudi LADAR – Laser Detection And Ranging), ki dajejo visoko natančne slikovne produkte (Campbell, 2002: 237), je za namene vojaške obveščevalne analitike za zdaj še na začetku.

⁶ Sklep o imenovanju delovne skupine za koordinacijo in izvedbo določenih nalog s področja geoprostorske (GEOINT in IMINT) obveščevalne dejavnosti na ravni ministrstva številka 024-40/2007-6 z dne 16. 1. 2008 s spremembama št. 024-40/2007-10 z dne 10. 5. 2008 in 024-40/2007-20 z dne 9. 9. 2009.

4.1 Vrste slikovnih podatkov

Za potrebe GEOINT- in IMINT-analitike se najpogosteje uporabljajo optični, infrardeči (IR), radarski (SAR) in multispektralni posnetki.

a. Optični posnetki (pankromatični) so pravzaprav fotografije z odlično ločljivostjo (tudi do 0,41 m), ki omogočajo dobro pokrivanje površja. Nastanejo z elektrooptičnim snemanjem, z zajemanjem odboja vidne svetlobe od zemeljskega površja (pasivni senzorji). Snemanje je mogoče le podnevi in v odvisnosti od vremena, kajti oblačno vreme zmanjšuje ali povsem onemogoča vidnost zemeljskega površja na sliki. Posnetki so primerni za nadzor nad interesnimi območji, za prepoznavanje lastnosti površja in ugotavljanje sprememb v prostoru, ocenjevanje učinkov bojnega delovanja, hitro kartiranje (angl. rapid mapping) in izdelovanje slikovnih kart (angl. image maps), služijo pa tudi kot geoprostorska podlaga za TOS⁷ ipd.



Slika 5: Satelitski posnetek Vatikana, Rim, Italija, satelit IKONOS, ločljivost 1 m (IKONOS, 2003)

b. Infrardeči (IR) posnetki, vključno s termalnimi IR, lahko nastanejo s snemanjem v dnevnih in nočnih razmerah, vendar še vedno v odvisnosti od vremenskih razmer, kajti IR-senzorji so prav tako pasivni senzorji, ki nimajo lastnega vira sevanja. Zagotavljajo zadovoljivo ločljivost za prepoznavanje kamufliranih objektov (vozil, opreme), ugotavljanje sledov aktivnosti vojaške tehnike (zaznavanje vročih motorjev in koles vozil, pojava »termalne sence⁸«), prepoznavanje pokrovnosti zelenih rastlin, ki so na slikah značilne rdeče barve, analize priobalnega morja itn. (NGA, 2006).

⁷ TOS – taktična operativna slika.

⁸ IR-senzor zazna termalno senco na podlagi razlike v temperaturi mesta, s katerega je bilo odmaknjeno neko vozilo ali letalo, in temperaturi okolice.



Slika 6: Jez Itaipu na meji med Brazilijo in Paragvajem, IKONOS IR, ločljivost 4 m (IKONOS, 2005)



Slike 7 a, b in c: IR-posnetki prikazujejo zaznavanje vojaških aktivnosti: a. vojaška oprema je zakrita s kamuflažnimi mrežami, b. bela črta označuje mesto termalne sence, c. ogreta kolesa in motorji kažejo na premikanje vozil (EUSC, 2008).

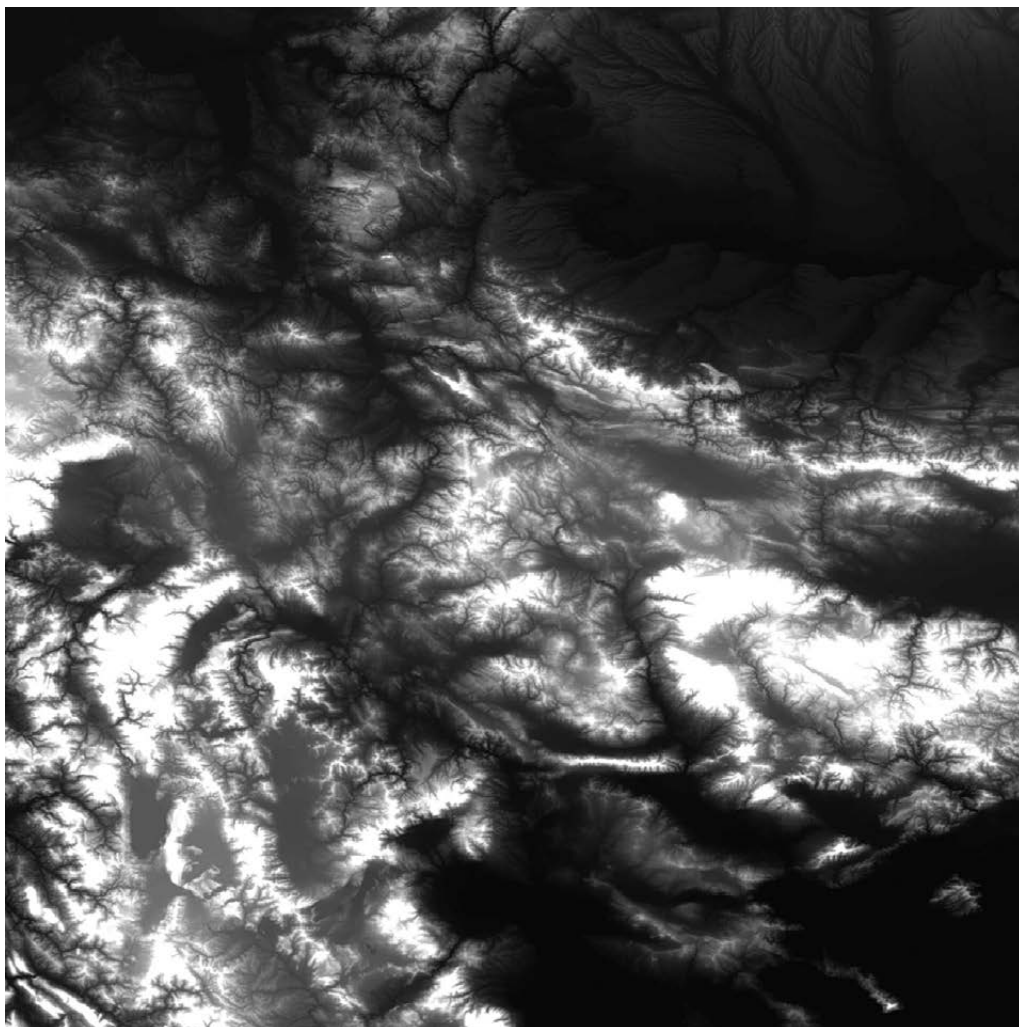
c. Radarski (SAR⁹) posnetki nastanejo z radarskim snemanjem aktivnih senzorjev, ki merijo odbiti del energije lastnega sevanja. Snemanja so mogoča v dnevnih in nočnih razmerah ter ob vsakršnih vremenskih razmerah, kar jim kljub slabši ločljivosti povečuje uporabnost. Uporabljajo se predvsem za snemanje v razmerah, ko elektrooptično snemanje ni učinkovito.



Slika 8: Rudnik bakra, Chuquibambilla, Peru, SAR-posnetek satelita TerraSAR-x (EUSC, 2008).

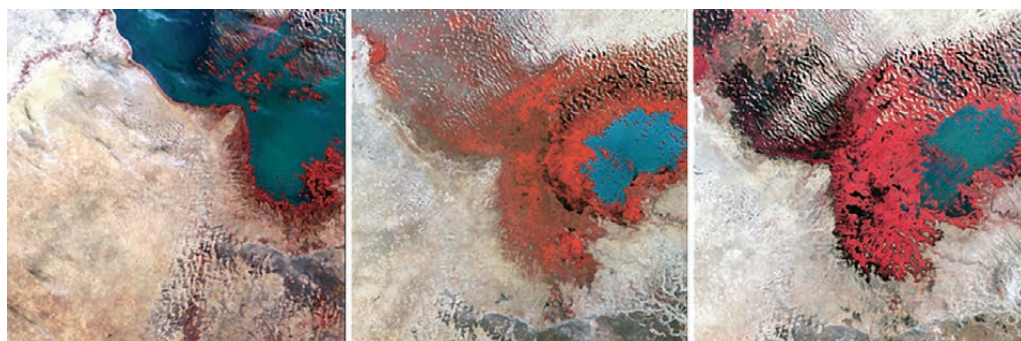
Radarsko snemanje se uporablja tudi za izdelavo digitalnega modela reliefa (DMR), ki se v prostorski analitiki uporablja za modeliranje terena in kot podlaga za 3D-vizualizacije. Leta 2000 je vesoljska agencija NASA z vesoljskim plovilom Space Shuttle Endeavour opravila skeniranje celotnega zemeljskega površja in na tej podlagi izdelala globalni digitalni model zemeljskega površja (SRTM – Shuttle Radar Topography Mission) v 90-metrski ločljivosti za približno 80 odstotkov površja (NASA, 2000). Slika 9 prikazuje izsek iz te globalne slike DMR za območje osrednjega Balkana. Slika je v značilnih črno-belih odtenkih in je za nepoznavalca popolna uganka.

⁹ SAR – Synthetic Aperture Radar.



Slika 9: Digitalni model reliefa (SRTM, 2004) za območje osrednjega Balkana (Geodata, MO, 2011).

d. Multispektralni posnetki nastanejo s simultanim snemanjem odboja dveh ali več spektralnih kanalov elektromagnetnega spektra od zemeljskega površja v istem času z enim samim senzorjem. Podatki se zbirajo v ultravijoličnem, vidnem in v IR-delu spektra. Multispektralni posnetki se uporabljajo za izdelavo analiz terena, vključno z izdelavo 3D-perspektivnih pogledov, za zaznavanje sprememb v prostoru in za razkrinkavanje prikrivanja, maskiranja in zavajanja. So podlaga za izdelovanje kartografskih prikazov kot tudi za kategorizacijo zemljišč, predvsem z vidika rabe tal. Učinkovito se uporabljajo v poveljstvih pri načrtovanju bojnega delovanja na taktični in operativni ravni, v obveščevalni pripravi bojišča (IPB – Information Preparation of Battlefield) ter pri načrtovanju misij in evakuacij.



Slika 10: Manjšanje obsega Čadskega jezera. Multispektralni posnetki satelitov Landsat L1 MSS, L4 TM in L7 ETM, snemanja 8. december 1972, 14. december 1987 in 18. december 2002 (Landsat, 2002)

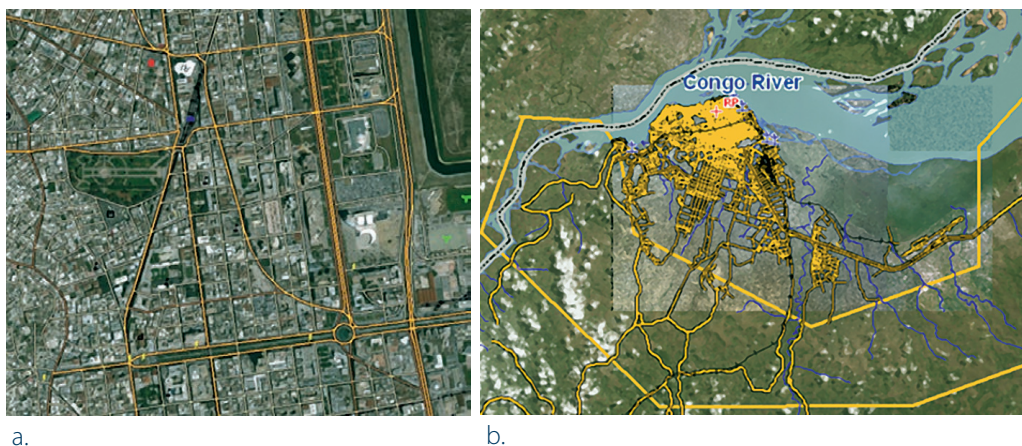
4.2 Nekaj primerov analiz slikovnih podatkov

V optimalnih pogojih je mogoče z analizo slikovnih podatkov izdelati natančne in kakovostne obveščevalne produkte različnih analitičnih vsebin. Te se nanašajo na kartiranje, analize terena, IMINT-interpretacijo slikovnih podob, GEOINT-analize ter izdelavo perspektivnih pogledov in virtualnih preletov.

4.2.1 Kartiranje

Uporablja se za kartografsko prikazovanje geografskih območij, za katera niso bile izdelane kartografske podlage oziroma so te tako zastarele, da ne omogočajo natančne orientacije. To pravzaprav niso prave topografske karte, ki se sicer izdelujejo z geodetskimi snemanji in nimajo natančnih matematičnih lastnosti. So pa zelo realni približki razmer v prostoru, saj nastajajo na podlagi ažurnih satelitskih posnetkov. GIS-analitik na podlagi prepoznavanja prostorskih struktur na satelitski sliki na prekrivajočo podatkovno plast izriše (vektorizira) posamezne značilne prostorske pojave (letališča, ceste, železnico, vodno mrežo, pristanišča, zazidalne sklope naselij, tudi posamezne stavbe, pomembne infrastrukturne objekte, bolnišnice, šole, vladna poslopja, industrijske komplekse z vsemi instalacijami, vojaška območja, vojašnice z vso opremo ter vojaške zmogljivosti itn.). Tako »računalniško« kartiranje je hitro, zato se tudi imenuje »hitro kartiranje« (angl. rapid mapping). Končni produkt je karta v izbranem merilu, ki prikazuje interesno območje in pojave v njem s standardiziranimi kartografskimi simboli, pri čemer se pogosto vključijo tudi izohipse. Te se navadno izdelajo posebej s pomočjo digitalnega modela reliefa. Če se karte združijo s satelitsko sliko, gre za tako imenovane slikovne karte (angl. image maps).

Take karte se navadno izdelujejo za potrebe misij in vojaških posredovanj, predvsem za odročne in manj razvite dele sveta, kjer je to edina možnost za pridobitev ažurnih kart v kratkem času.



Sliki 11 a in b: Produkt hitrega kartiranja območja Kinšase, R Kongo. Levo (a.) – mestna slikovna karta s ključno infrastrukturo, desno (b.) – ažurna karta širšega območja mesta z glavnimi prometnicami, rečno mrežo in lokacijami vojaških območij (EUSC, 2008)

4.2.2 Analize terena

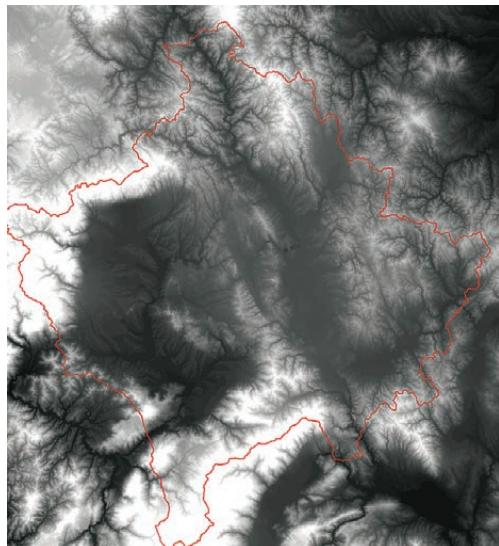
Analize terena (angl. terrain analysis) so zbirke, analize, ocene in interpretacije geografskih podatkov o naravnih in grajenih prostorskih pojavih (elementih terena), ki se, združene z drugimi ustreznimi dejavniki, uporabljajo za napovedovanje mogočih vplivov terena na vojaške operacije (Nato, 2002). Analize terena se osredotočajo na razumevanje ključnih informacij in predstavitev lastnosti fizičnega prostora ter možnosti njegove izrabe za vojaške in civilne potrebe. Z vojaškega vidika je treba imeti natančne obveščevalne informacije o zemljišču za vsa interesna območja in območja delovanja, kajti zemljišče je eden izmed ključnih dejavnikov za uspešno bojno delovanje. Pomen zemljišča je znanstveno opredelil že vojaški teoretik pruski general Carl Philipp Gottfried von Clausewitz, leta 1832 v knjigi *O vojni*, v kateri pravi, da »/.../ je pravilna ocena zemljišča verjetno prvi pogoj za pravilno uporabo vojaških sil /.../« (Clausewitz, 2004).

Vsebina terenskih analiz se v vojaški geoprostorski obveščevalni analitiki strukturira v naslednje kategorije: oblikovanost površja (relief), vegetacija, površinske vode, prsti, prometno omrežje, naselja, podzemlje, podnebje in posebni pojavi (v: Florjanc in drugi, 2007, povzeto po STANAG 3992). Produkti terenskih analiz so lahko standardizirani ali tudi nestandardizirani, navadno so predstavljeni v grafični obliki, namenjeni za uporabo v vojaškem sistemu odločanja. Produkti vsebujejo na primer izdelane ocene prehodnosti terena, informacije o cestah, mostovih in drugih komunikacijah, tipe, gostoto in razporeditev vegetacije, lastnosti tal, površinske vode, trenutne in predvidene ovire itn.

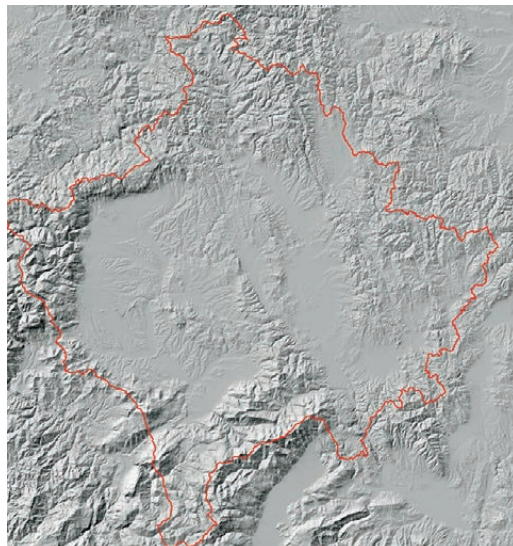
Za kakovostno analizo terena uporabimo topografske karte, ortofoto načrte, satelitske slike in bazične digitalne prostorske GIS-podatke, med drugimi tudi digitalni model reliefa (DMR). Pravzaprav je DMR v številnih terenskih analizah prvi podatkovni sloj, ki si ga priskrbimo v bazi podatkov, ker lahko iz njega pridobimo še veliko drugih podatkov. Z njim prikazujemo relief s plastnicami, izračunavamo profile in prečne prereze terena, računamo prostornine, izdelujemo karte vidljivosti, računamo naklone, usmerjenosti, konveksnosti in konkavnosti terena, prikazujemo relief z umetnim senčenjem, določamo značilne točke in črte terena ipd. (v: Kwamme in drugi, 1997, povzeto po Burrough, 1986; Enner, 1992).

V nadaljevanju so prikazani trije primeri terenskih analiz, ki predstavljajo pomembne obveščevalne informacije GEOINT-podpore in se lahko uporabijo v procesih načrtovanja delovanj in odločanja na taktični, operativni in strateški ravni. Ključni vhodni podatek za izdelavo teh analiz je prav digitalni model reliefa.

a. Izračun radarske vidljivosti z najvišje točke Kopaonika (Srbija), možne lokacije za namestitev radarskih sistemov, od koder je mogoče izvajati popoln nadzor nad celotnim območjem Kosova. Uporabljen je digitalni model reliefa SRTM.

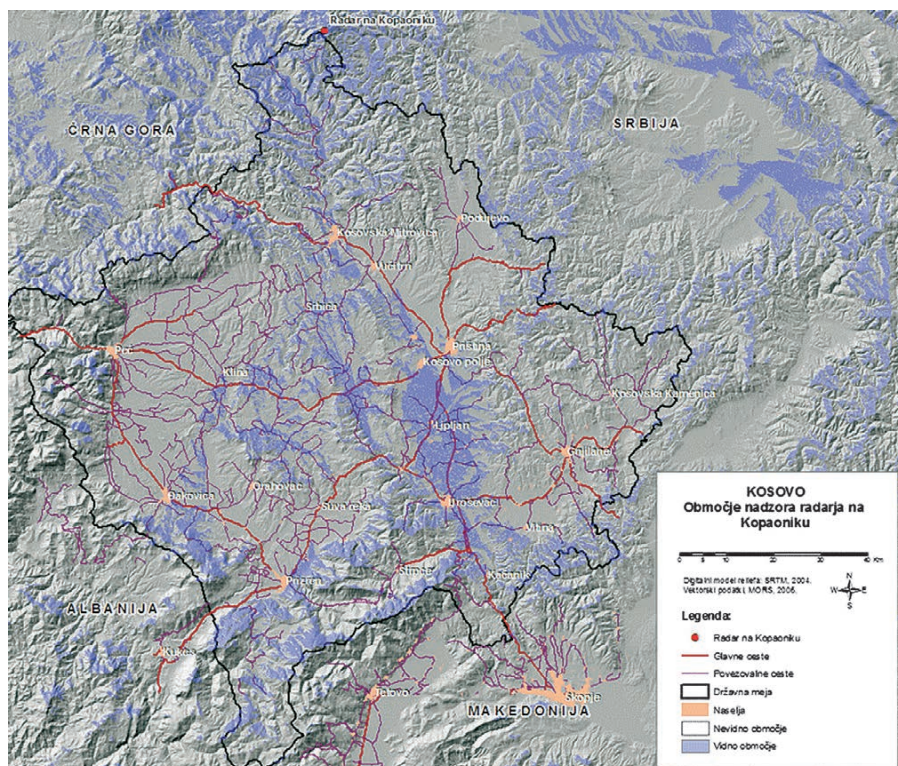


a. Surovi DMR90 (SRTM)



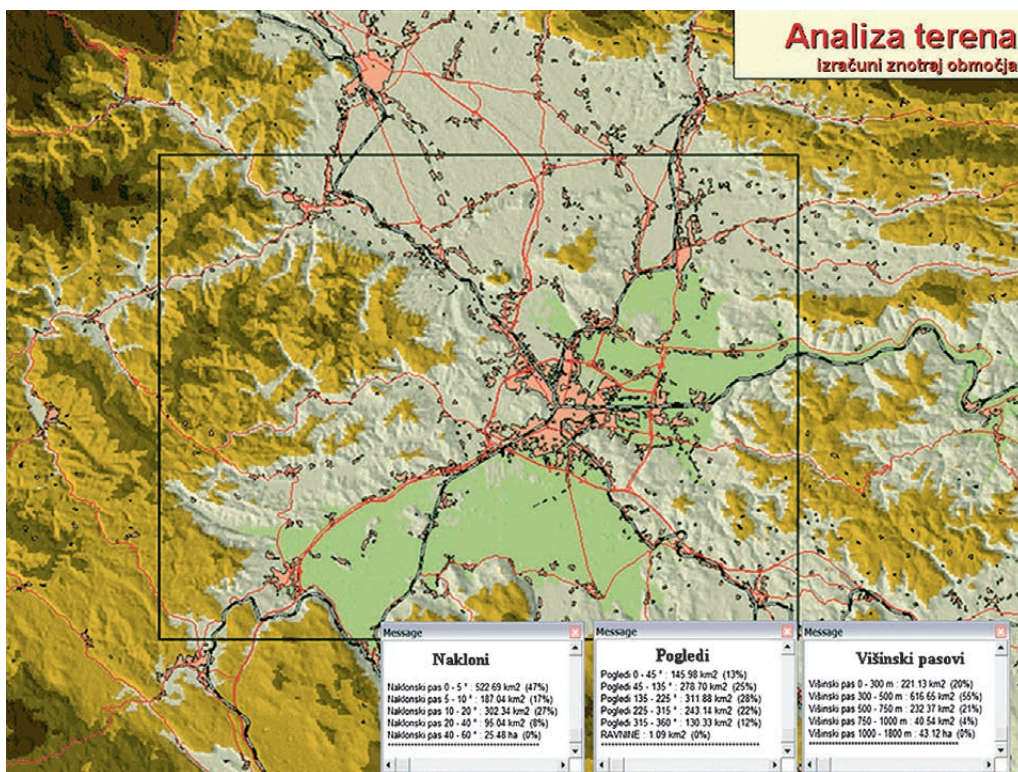
b. Osenčen relief

Sliki 12 a in b: Digitalni model reliefa za območje Kosova (OVS, MO, 2011).



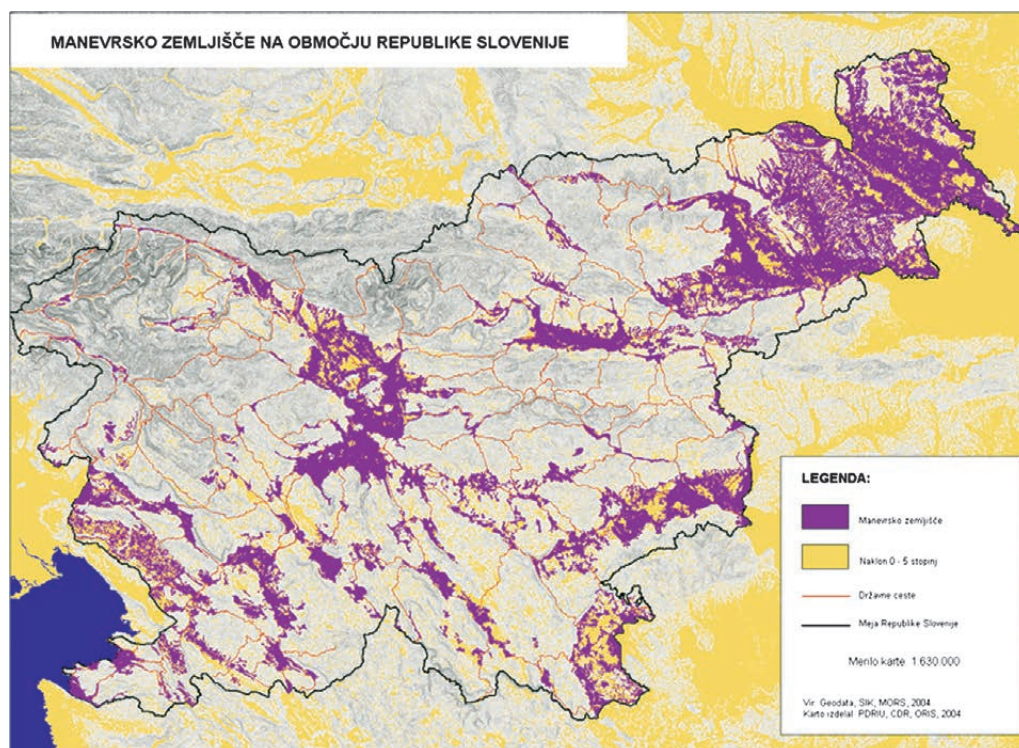
Slika 13: Analiza radarske vidljivosti z vrha Kopaonika z orodjem ARCGIS (OVS, MO, 2011).

b. Analiza oblikovanosti reliefa na širšem območju Ljubljane. Poleg vizualnega prikaza reliefa s senčenjem in obarvanih višinskih pasov so narejeni izračuni površin izbranih parametrov reliefa: naklonov, pogledov (usmerjenost reliefa) in višinskih pasov. Izračuni prikazujejo absolutne vrednosti površin v km² in deleže posameznih razredov v odstotkih.



Slika 14: Analiza členjenosti površja na območju Ljubljane z orodjem za terenske analize NIKA.

c. Izračun območij manevrskega zemljišča za območje Republike Slovenije s pomočjo DMR100 in sloja gozdnih površin. Pri analizi sta upoštevana dva kriterija za določanje manevrskega zemljišča: površine ne smejo biti pokrite z gozdom in naklon zemljišča ne sme presegati 5° (Grizila, 2001).



Slika 15: Območja manevrskega zemljišča v Republiki Sloveniji (ORIS, PDRIU, 2004).

4.2.3 IMINT-interpretacija slikovnih podob

Delo IMINT-analitika je natančno pregledati posnetek interesnega območja in interpretirati slikovne podatke glede na vsebino prejete naloge. Pomembno je, da pri pregledu posnetka analitik zapisuje zgolj dejstva, le tisto, kar na sliki vidi in prepozna. Na analizo ne smejo vplivati njegovi predsodki, pomisleki ali osebna stališča.

Kakovost in zanesljivost analize sta odvisni od treh ključnih dejavnikov: od kakovosti posnetka, razpoložljivega časa za analizo in od sposobnosti analitika. Ta mora biti primerno izobražen, ustrezno usposobljen, imeti mora visoko razvite mentalne sposobnosti in zmogljivosti analitičnega mišljenja, biti mora široko razgledan, predvsem pa mora imeti preiskovalni značaj. Uspešnost opravljanja nalog je precej odvisna od njegovih izkušenj.

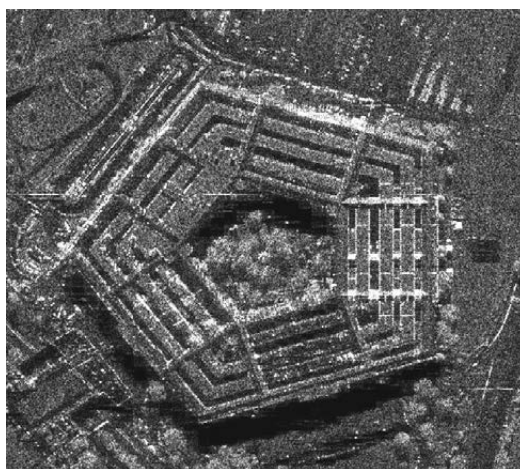
Analitični postopki imajo določena vsebinska in metodološka pravila, ki so za vojaško IMINT-analitiko predpisana, kajti za učinkovito delo je treba zagotoviti enotne standarde. Tak primer je Natov standard »STANAG 3596 – Military Categories«, ki predpisuje minimalno vsebino in metodologijo analitičnega postopka pri izvajanju obveščevalnih analiz vojaških obveščevalnih kategorij. Opredeljuje 19 kategorij, med katerimi velja omeniti nekatere, na primer letališča (CAT01), vojaška poveljstva in območja vojaških objektov (CAT04), vojaške aktivnosti (CAT06), pristaniške objekte in naprave (CAT14), industrijske objekte in naprave (CAT16), urbana in poseljena območja (CAT18) ter posebne strukture (CAT19). Standard predpisuje metodologijo in merila za analizo posamezne vojaške obveščevalne kategorije. Pri analizi letališča je na primer treba analizirati naslednje parametre: lokacijo in vrsto letališča (vojaško, civilno, mešano), funkcionalni tip (na primer vojaška baza), status letališča (aktivnost, opravljenost, zasedenost, zmogljivosti letališča, stopnjo utrjenosti, način

gradnje, možnosti maskiranja), opremo letališča in aktivnosti, obrambne in zaščitne zmogljivosti, strukturo in opis objektov ter oceno škode (fizična, funkcionalna, kolateralna). Na koncu IMINT-analitik vedno da svoj komentar.

Na spodnjih slikah sta prikazana dva primera satelitskih slik za analizo vojaškega poveljstva in območja vojaških objektov (slika 16) ter prepoznavanje oborožitvenih sistemov (slika 17). V obeh primerih gre za primerjavo uporabnosti optičnega in SAR-posnetka.

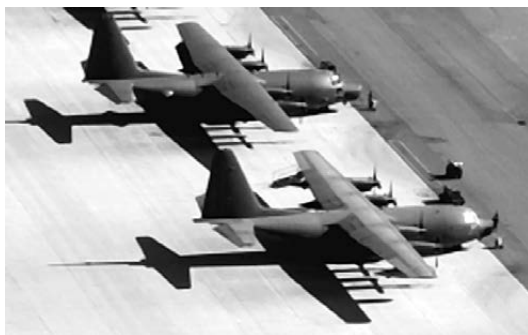


a.

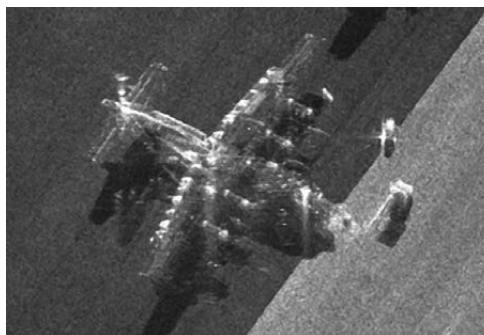


b.

Sliki 16 a in b: Analiza vojaških poveljstev in območij vojaških objektov, primerjava optičnega in SAR-posnetka istega objekta, Pentagon v Washingtonu, ZDA (Radukanu, 2008)



a.



b.

Slika 17 a in b: Prepoznavanje oborožitvenih sistemov, primerjava optičnega in SAR-posnetka istega objekta, transportnega letala C-130 (Radukanu, 2008).

IMINT-analize se zelo uspešno uporabljajo tudi v primerih ocenjevanja škode v prostoru, ki je nastala kot posledica bojnega delovanja, lahko tudi kot posledica delovanja naravnih sil, na primer potresov, plazov ali poplav. V nadaljevanju je prikazana metoda ocenjevanja poškodb na grajenih objektih kot učinkov bojnega delovanja (BDA – Battle Damage Assessment).

Na satelitskem posnetku prizadetega naselja analitik pregleda celotno območje, prepozna poškodovane objekte in oceni stopnjo poškodovanosti vsakega objekta posebej. Pri tem si pomaga s primerjavo posnetkov pred konfliktom in po njem. Vse poškodovane objekte sproti vnaša v

prekrivni vektorski GIS-podatkovni sloj, pri čemer ustvari bazo podatkov poškodovanih objektov (glej sliko 20). Vrednotenje poškodb se izvaja po naslednjih merilih (EUSC, 2008):

1. Ni poškodovan. Na objektu ni znakov poškodb.
2. Poškodovan. Opaziti je poškodbe zaradi bojnega delovanja. Streha je delno ali v celoti poškodovana, prepoznavne so luknje v strehi in v zunanjih stenah stavbe, v nekaterih primerih manjka cela stena, vogal ali kakšen drug del objekta.
3. Močno poškodovan. Objekt ima vidne velike poškodbe zaradi bojnega delovanja. V večini primerov manjka streha na objektu, vidni so sledovi požara, leseno stropovje je uničeno, prepoznavne so le oblike stavbe in potek zunanjih sten. V neposredni okolici so deli poškodovane stavbe, na vegetaciji so znaki požara.
4. Uničen. Objekt je v celoti uničen in težko prepoznaven. V neposredni okolici ležijo ostanki uničene stavbe, na vegetaciji so znaki požara.

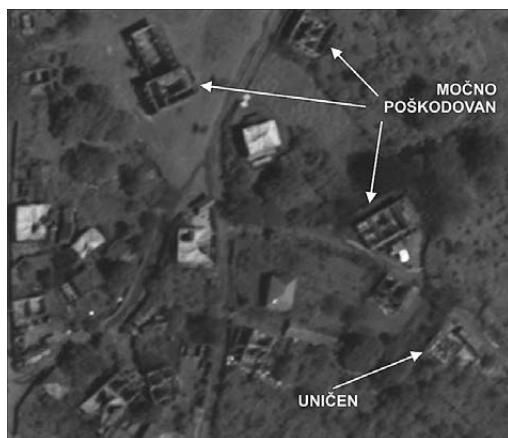


a.



b.

Sliki 18 a in b: Metoda ocenjevanja poškodb na objektih, Tskhinvali, Gruzija, 2008 (Routledge, 2009, EUSC, 2008)



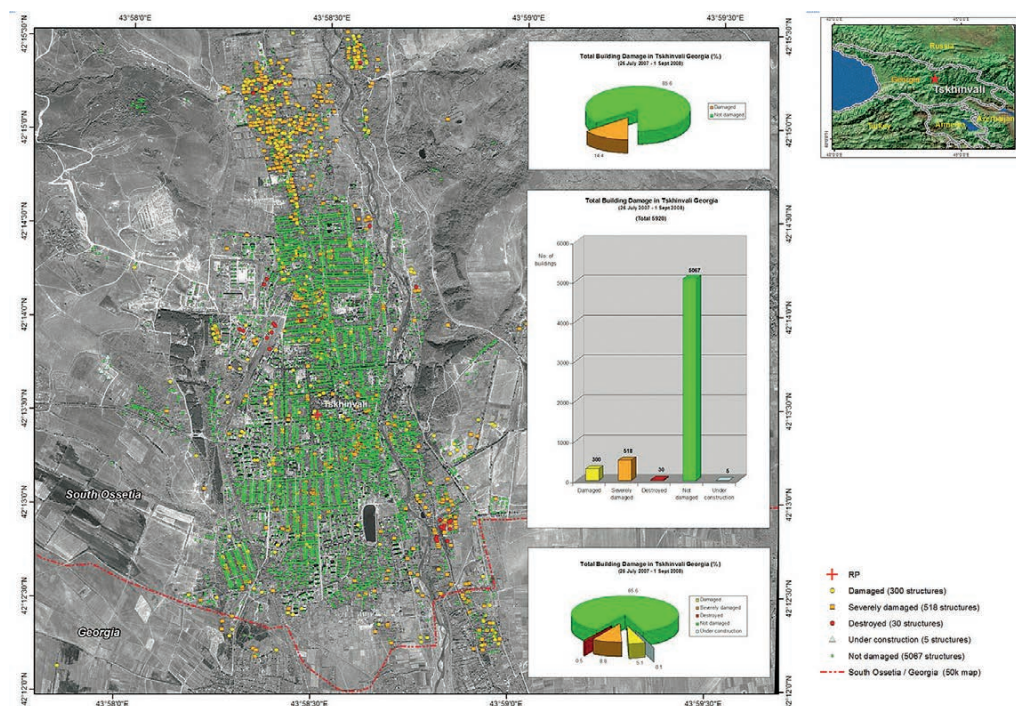
a.



b.

Sliki 19 a in b: Metoda ocenjevanja poškodb na objektih, Tskhinvali, Gruzija, 2008 (Routledge, 2009, EUSC, 2008)

Rezultat analize je inventar poškodovanih objektov na izbranem območju in je prikazan na tematski karti, kartodiagramu (slika 20). Vektorski sloj tematske karte prikazuje prostorske lokacije poškodovanih stavb in za vsako posebej stopnjo poškodbe. Karti je dodana statistična analiza, ki pripomore k lažjemu razumevanju tematske karte, predvsem za odločevalce, saj pregledno podaja skupno oceno škode na obravnavanem območju in njeno strukturo.



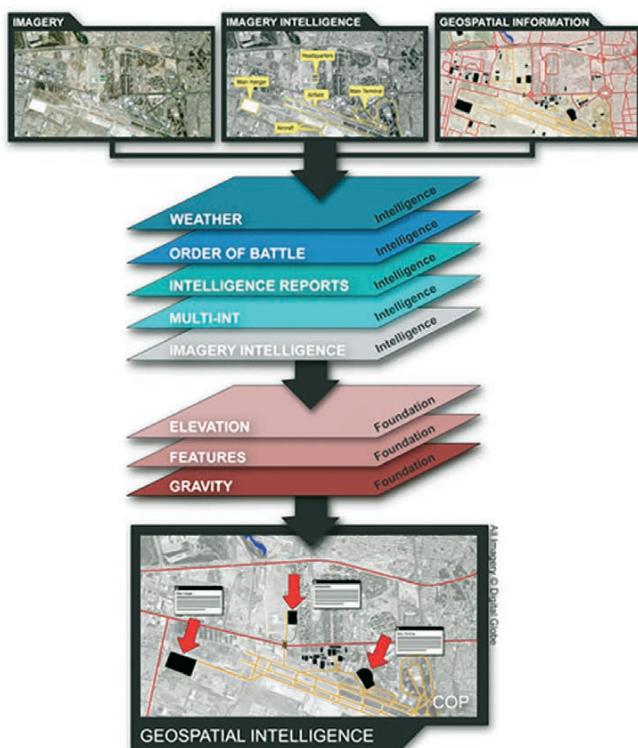
Slika 20: Prostorska razporeditev poškodovanih objektov v naselju Tskhinvali v Gruziji s statističnim prikazom strukture ocenjene škode (EUSC, 2008).

4.2.4 GEOINT-analize

Namenjene so pridobivanju obveščevalnih informacij tako na podlagi analiz rastrskih slikovnih podatkov kot analiz vektorskih GIS-podatkov. Zelo zanimivi in obveščevalno učinkoviti produkti nastanejo z združevanjem rezultatov obeh vrst analiz in še posebno v kombinaciji s kolateralnimi informacijami, kar daje produktom večjo informacijsko in uporabno vrednost. Gre za celovite GEOINT-produkte, ki z vsebino in informacijami zaokrožajo kompletno informacijsko obveščevalno sliko interesnega območja. Združujejo obveščevalne informacije, pridobljene iz posameznih slikovnih in geoprostorskih analitičnih virov, ter standardizirane geoprostorske podatkovne plasti v skupen prostorsko obveščevalni informacijski paket GEOINT. Tak nabor informacij tvori skupno taktično operativno sliko interesnega območja (COP – Common Operational Picture), ki je pomembna geoprostorska obveščevalna podpora za načrtovanje delovanj in spremljanje taktičnega dogajanja.

Celovite GEOINT-analize se uporabljajo kot geoprostorska obveščevalna podpora v procesih odločanja na vojaškem področju, kot na primer pri načrtovanju misij in bojnih delovanj, odzivanju na učinke bojnega delovanja, pri izdelavi obveščevalne priprave bojišča (OPB), spremljanju taktične

situacije v poveljstvih (COP), za izračune prehodnosti zemljišča, kategorizacije bojnega zemljišča, izbiro ciljev (angl. targeting), nadzor nad širjenjem jedrskih zmogljivosti ipd. Na civilnem področju se GEOINT-analize koristno uporabljajo v procesih kriznega odzivanja, za odpravljanje škode po naravnih nesrečah, pri analizah gozdnih požarov in njihovih posledic, za načrtovanje evakuacij, podpore pri varovanju pomembnih dogodkov, za nadzor meja itn. GEOINT-analize dajejo celovite ocene o možnostih za izvajanje aktivnosti v prostoru.

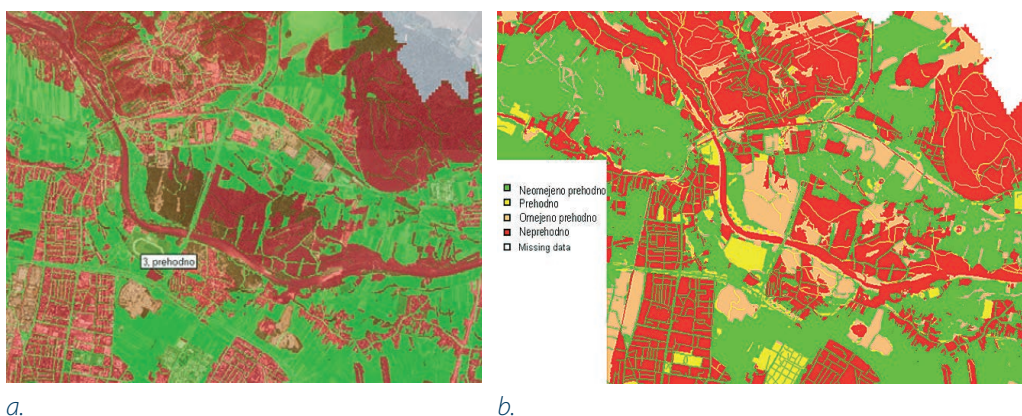


(NGA, 2011)

Slika 21: Slika prikazuje celovit GEOINT-sistem združevanja obveščevalnih in geoprostorskih informacij.

Za primer vojaške GEOINT-obveščevalne analize velja predstaviti celostno analizo prehodnosti za tanke na izbranem območju severno od Ljubljane. Analiza je bila narejena z orodjem za prostorsko modeliranje PROVAL2000. Za izračun prehodnosti je bil izdelan model, v katerem so bili upoštevani dejavniki, ki predstavljajo prostorsko oviro za prehodnost (naklon terena, raba tal s kategorizacijo zemljišč glede na stopnjo oviranja, vodna mreža in železnica), ter en dejavnik, ki prehodnost pospešuje – cesta. Z uporabo orodij za prostorske GIS-analize so bila v prvi fazi izračunana območja z različno stopnjo prehodnosti za tanke (glej sliko 22), v nadaljevanju pa je bil narejen tudi izračun območij, na katerih lahko posamezen tip tankovske enote (oddelek, vod ali četa) razvije polno bojno formacijo. Končni rezultat analize je prvovrstna obveščevalna informacija, ki jo je mogoče uporabiti v načrtovanju bojnega delovanja tankovskih enot (glej sliko 23).

Za podatkovno podlago so bili uporabljeni DMR20, barvni DOF ter vektorski sloji za rabo tal, cestno mrežo, železnico, vodne površine (reka Sava) in linijsko rečno mrežo.



Sliki 22 a in b: Rezultat prve faze izračuna prehodnosti za tanke so območja štirih kategorij: neomejeno prehodno, prehodno, omejeno prehodno in neprehodno (ORIS, PDRIU, 2004).

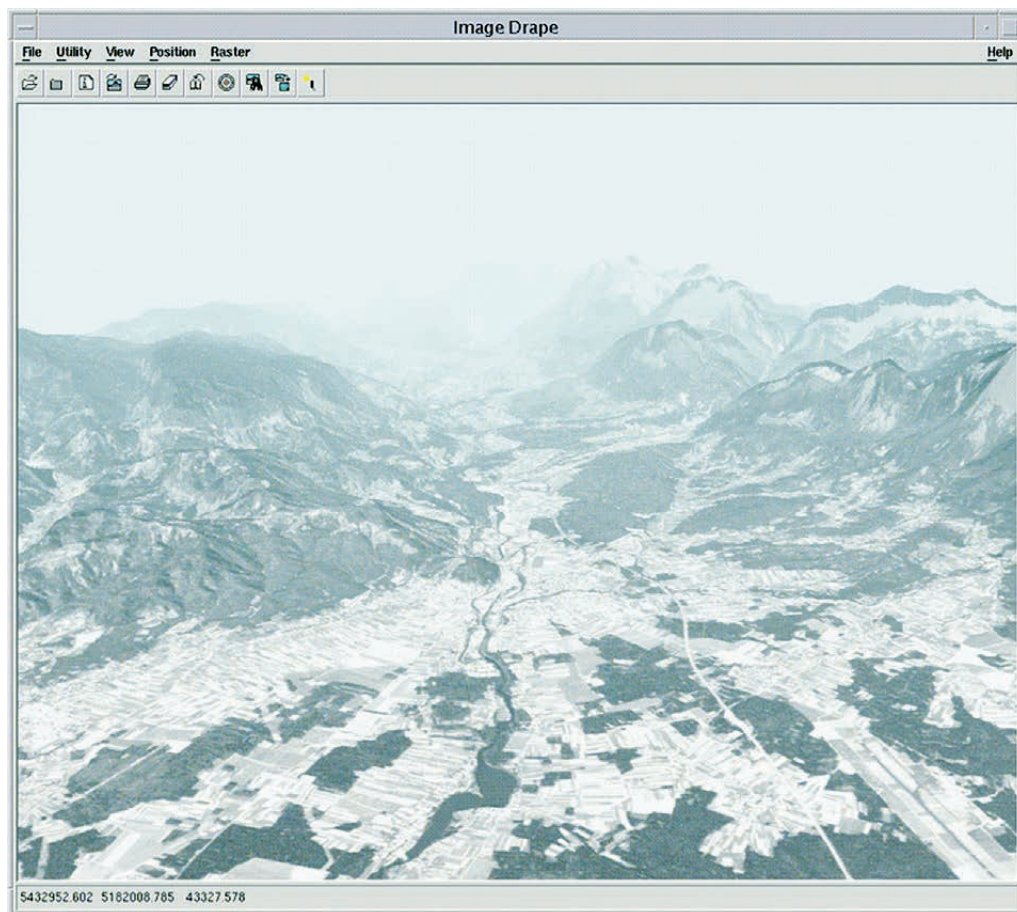


Slika 23: Poudarjena barva na sliki označuje območja, kjer lahko tankovski oddelek razvije polno bojno formacijo (ORIS, PDRIU, 2004).

4.2.5 Perspektivni pogledi in virtualni preleti

Panoramski ali perspektivni oziroma 3D-prikazi so pravzaprav dvodimenzionalne slike zemeljskega površja, ki zaradi uporabe ustrezne projekcije in senc ustvarjajo prostorski vtis (Kwamme et al, 1997). S perspektivnimi pogledi prikazujemo oblikovanost reliefa in najrazličnejše lastnosti terena, saj lahko DMR prekrivamo z različnimi podatkovnimi sloji, tudi z rezultati prostorskih analiz in tako poustvarimo prostorski vpogled vanje. Glavni pomanjkljivosti perspektivnih pogledov sta zakritost oddaljenih površin in skromna pozicijska natančnost.

Simulacije preletov virtualnega 3D-prostora povečajo predstavnost obravnavnega območja in omogočajo seznanitev s prostorom brez terenskega ogleda. Seveda pa tovrstno računalniško izvidovanje ne more nadomestiti klasičnega vojaškega izvidovanja na terenu.



(SIK, MORS, 2004)

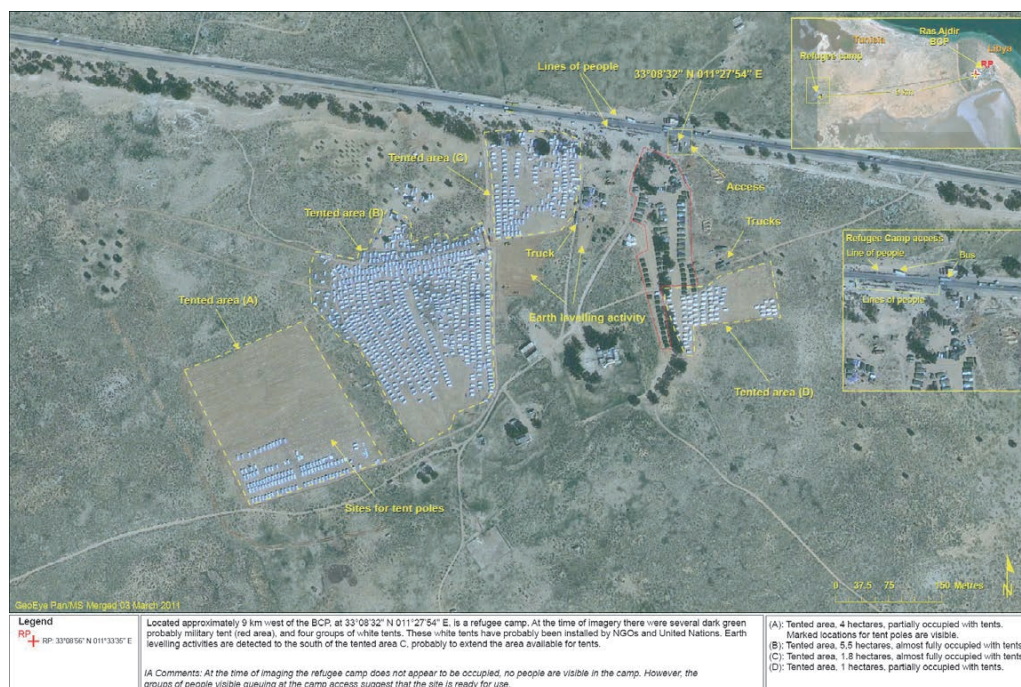
Slika 24: Spajanje digitalnega modela reliefa in ortofoto slike omogoča perspektivni 3D-pogled v območje delovanja. S specializiranimi GIS-računalniškimi orodji je mogoče izdelati tudi virtualni prelet območja, neke vrste virtualno izvidovanje.

5 SATELITSKI CENTER EVROPSKE UNIJE

Satelitski center Evropske unije (orig. European Union Satellite Centre – EUSC) je agencija Evropske unije s sedežem v Madridu v Španiji. Ustanovljen je bil za podporo odločanju v kriznih razmerah in je ena ključnih ustanov evropske obrambne in varnostne politike. Podpira odločanje Evropske unije v okviru skupne zunanje in varnostne politike z zagotavljanjem izdelkov, ki izhajajo iz analiz satelitskih slikovnih podatkov in kolateralnih podatkov (Florjanc, Ilnikar, 2007). Ključna naloga agencije je zagotavljati kakovostne in predvsem pravočasne IMINT- in GEOINT-obveščevalne

produkte za odločevalce v EU in za operacije EU. Naloge obsegajo naslednja področja: podporo združenim operacijam, nadzor orožja in boj proti širjenju orožja za masovno uničevanje, boj proti terorizmu in varovanje dogodkov, pomoč humanitarnim misijam, načrtovanje evakuacij, boj proti kriminalu, nadzor nad izbranimi območji ter izdelavo baz prostorskih podatkov.

Slika 25 prikazuje značilen obveščevalni produkt EUSC, analizo lokacije in strukture begunskega taborišča v Tuniziji ob meji z Libijo leta 2011.

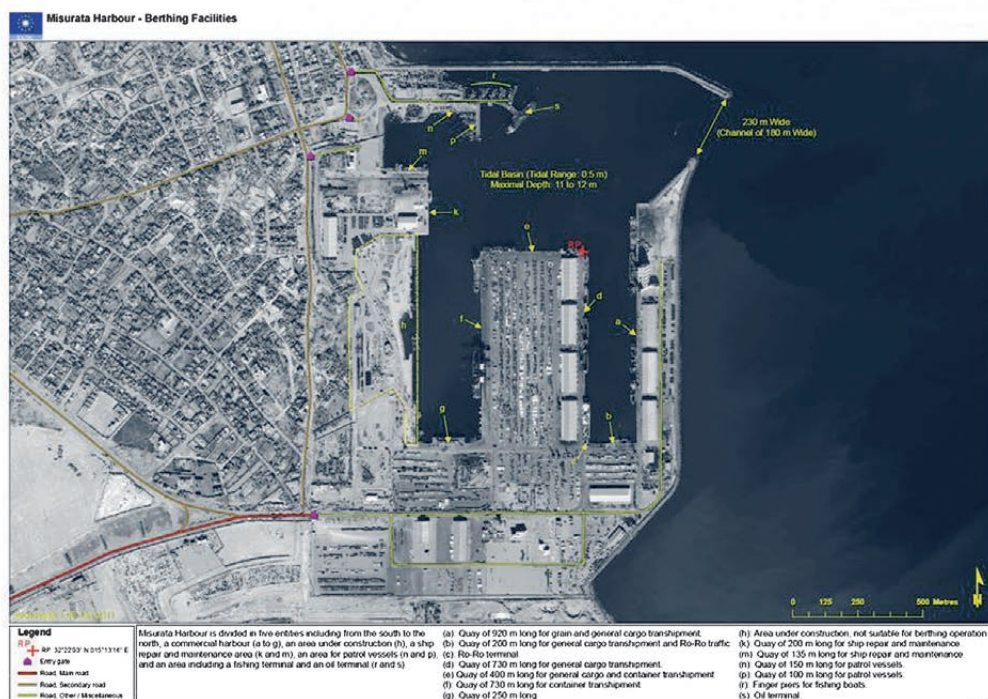


Slika 25: Taborišče libijskih prebežnikov v Tuniziji (EUSC, 2011).

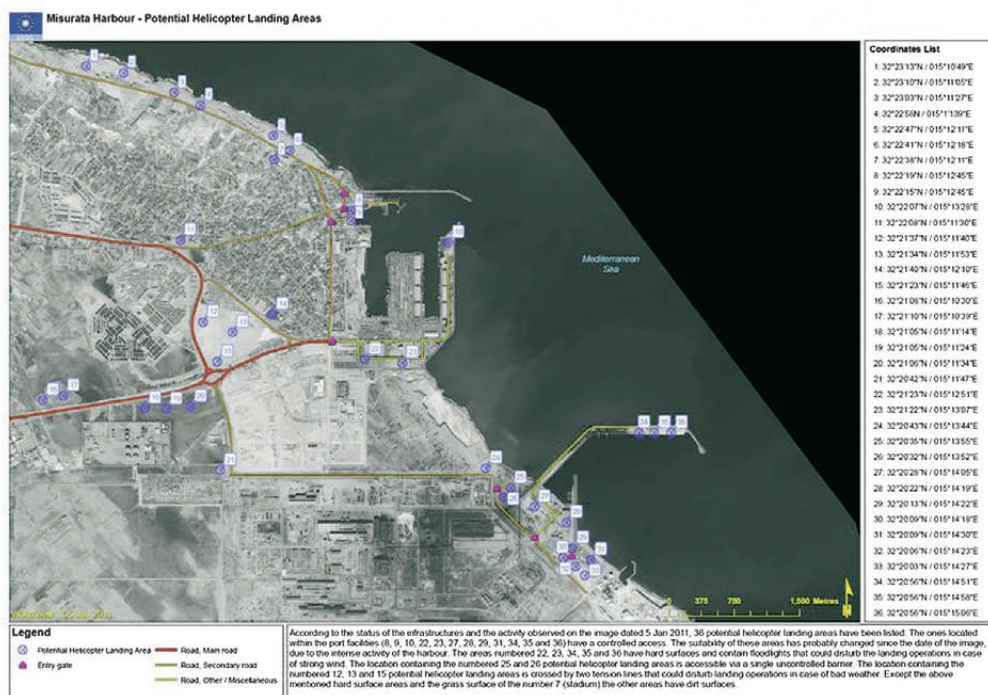
EUSC državam članicam zagotavlja zelo kakovostne obveščevalne produkte in podatke, s čimer jim omogoča znatne denarne prihranke pri pridobivanju satelitskih slik, ker jih financira 27 držav hkrati. Zadovoljuje potrebe EU in posameznih držav po obveščevalnih produktih, daje podporo pri izvajanju vaj, izvaja strokovno svetovanje, izobraževanje in usposabljanje. Vsi analitični produkti, satelitske slike in GIS-podatki so last vseh držav članic in so jim tako na voljo za njihovo uporabo in za vključevanje v lastne analitične produkte.

Posebno podporo GEOINT-skupnosti v EU izvaja EUSC z rotacijami zaposlenih in s sekundiranji¹⁰, s strokovno pomočjo pri razvijanju GEOINT-standardov in pri zagotavljanju interoperabilnosti med državami članicami. EUSC predstavlja center odličnosti za razvijanje GEOINT-metodologije in analitičnih orodij (EUSC, 2010).

¹⁰ Sekundiranje (angl. secondment) pomeni pomoč pri delu. Sekundant je pomočnik. Države članice EU pošiljajo svoje strokovne delavce – analitike na sekundiranje v EUSC, pri čemer se dosegata vzajemni cilj; EUSC tako dobi strokovno pomoč, sekundant pa prilžnost, da svoje znanje nadgrajuje in izpopolnjuje.



Slika 26: Analiza pristanišča v Misurati v Libiji za potrebe načrtovanja evakuacij (EUSC, 2011).

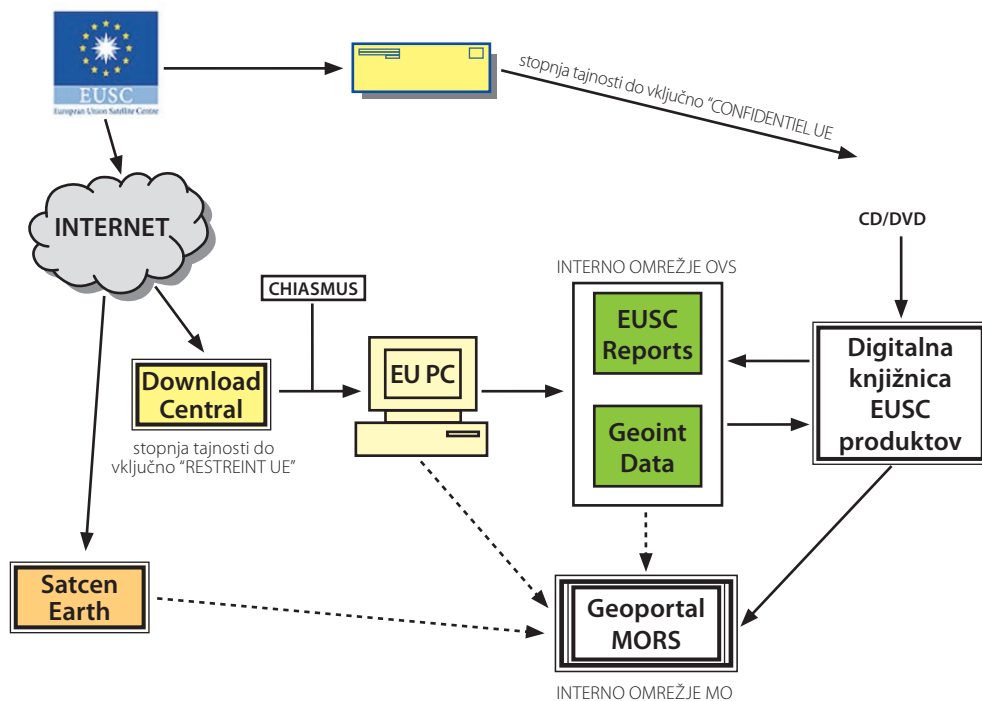


Slika 27: Analiza pristanišča v Misurati v Libiji za načrtovanje evakuacij (EUSC, 2011).

Lahko rečemo, da je EUSC priložnost za majhne države, kot je Slovenija, ki nimajo razvitih svojih sistemov za pridobivanje slikovnih podatkov in so premajhne, da bi take podatke kupovale. Prav tako imajo zaradi svoje majhnosti nezadovoljivo razvite GEOINT-zmogljivosti za povsem samostojno analitiko, produkcijo ter specialistično izobraževanje in usposabljanje.

Slovenija je kot polnopravna članica EU upravičena do pridobivanja vseh produktov EUSC in do uporabe vseh njenih storitev. Na podlagi tega je MO leta 2004 na državni ravni prevzelo vlogo kontaktnega organa Republike Slovenije za EUSC. Tako je predstavnik ministrstva postal nacionalni predstavnik RS za stike z EUSC. Nacionalni predstavnik se redno udeležuje sej upravnega odbora EUSC v Bruslju in sestankov delovnih skupin v vojaški bazi Torrejon v Madridu (Florjanc, Ilnikar, 2007). Hkrati pa predstavlja povezavo Slovenije z EUSC v primerih naročanja ter posredovanja produktov in podatkov, pa tudi organizacije izobraževanja in usposabljanja.

EUSC Ministrstvu za obrambo redno posreduje svoje izdelke na CD/DVD-spominskih medijih, ki se hranijo v za ta namen ustvarjeni digitalni knjižnici v OVS. Najnovejša obveščevalna produkcija EUSC pa je sproti dostopna na spletnem portalu »Download Central«, na katerem se vsak dan objavljajo ažurni izdelki, vendar le do stopnje tajnosti RESTREINT EU (interno) in so zaščiteni s kodirnim sistemom Chiasmus. Sezname prejetih produktov EUSC se objavljajo na internem računalniškem omrežju ministrstva, na tako imenovanem Geoportalu in so dostopni vsem upravičenim uporabnikom na MO in v SV. Prav tako so do vseh produktov EUSC upravičena druga ministrstva in vsi državni organi v RS.



Slika 28: Slika prikazuje poti za pridobivanje izdelkov EUSC in njihovo upravljanje v omrežjih MO.

6 SKLEP

Sodobna digitalna tehnologija omogoča zajemanje podatkov z daljinskim snemanjem v različnih delih elektromagnetnega spektra in izdelavo slikovnih podatkov visoke ločljivosti; optične (pankromatične), radarske (SAR), infrardeče (IR), termalne IR, multispektralne, hiperspektralne itn. Uporabljajo se v civilne namene, na primer na področju ekologije, gozdarstva, kmetijstva in pri prostorskem načrtovanju ter so ključnega pomena v medicini na področju diagnostike; rentgensko slikanje je tudi daljinsko zaznavanje. Posebno pomembna je uporaba produktov daljinske zaznave na obrambno-varnostnem področju, kjer se z analizo slikovnih podatkov pridobivajo pomembne obveščevalne informacije. S tem se ukvarja geoprostorska obveščevalna disciplina GEOINT (Geospatial Intelligence), ki združuje zmogljivosti in uporabnosti slikovnih podob, obveščevalne analize slikovnih podatkov (IMINT – Imagery Intelligence) ter geoprostorske podatke. Njegov namen je opisovati, vrednotiti ter vizualno prikazovati fizične pojave in georeferenciirane aktivnosti v prostoru.

Slikovni podatki, ki se pridobijo s teledetekcijo, se zapisujejo v digitalni obliki v slikovnih podobah (angl. imagery). Te imajo visoko ločljivost, večjo prostorsko natančnost od nekdajšnjih zapisov na fotografskem filmu, krajši je čas pridobivanja teh slikovnih podatkov, mogoče jih je hitreje distribuirati, predvsem pa je pridobivanje obveščevalnih informacij iz njih hitro, natančno in učinkovito. Omogočeno je nadzorovanje aktivnosti na območjih, kjer drugi obveščevalni viri niso dostopni, mogoče je vizualno potrditi ali zavrniti informacije, ki so pridobljene iz drugih virov in z drugačnimi metodami in mogoče jih je hitro ažurirati.

Obveščevalne informacije GEOINT se pridobivajo s pomočjo analiz slikovnih podob. Te obsegajo kartiranje, analize terena, IMINT-interpretacijo slikovnih podob, GEOINT-analize ter izdelavo perspektivnih pogledov in virtualnih preletov. Napredna računalniška GIS-tehnologija omogoča zelo dobro vizualizacijo informacij na kartah, kar zagotavlja najvišjo mogočo analitično in predstavitevno vrednost obveščevalnih produktov in prav to zvišuje njihovo vrednost. GEOINT-produkti niso več zgolj navedbe in opisi prepoznanih objektov na slikovnih podobah, kot je bilo to v preteklosti, temveč združujejo obveščevalne in geoprostorske informacije s kolateralnimi informacijami ter tako zaokrožajo celostno obveščevalno sliko nekega izbranega interesnega območja. GEOINT-produkti se uporabljajo v procesih odločanja na taktični, operativni in strateški ravni ter s kakovostnimi in pravočasnimi informacijami pripomorejo k zagotavljanju obrambne varnosti in stabilnosti.

Današnji vojaki so vse bolj izobraženi in izurjeni. Njihova oprema in tehnologija, ki ju uporabljajo, sta vedno bolj zahtevni in zmogljivi. Vse bolj celoviti postajajo tudi sistemi informacijske in obveščevalne podpore njihovem delovanju kot tudi procesi pridobivanja podatkov in oblikovanja obveščevalnih informacij. Ti sistemi in sredstva so dragi, številne države si jih zaradi svoje majhnosti ne morejo privoščiti, vendar morajo kljub temu izpolnjevati svoje obveznosti kot članice EU in morajo zagotavljati varnost svojih vojakov. Pri tem imajo pomembno vlogo GEOINT-zmogljivosti Satelitskega centra Evropske unije (EUSC), katerega glavni namen je EU in državam članicam zagotavljati geoprostorsko obveščevalno podporo odločanju v kriznih razmerah. Slovenija mora izkoristiti to priložnost in čim več uporabljati razpoložljive zmogljivosti in storitve satelitskega centra, saj lahko od njega kot članica EU pridobiva ažurne GEOINT-obveščevalne produkte, satelitske slike, bazične GIS-podatke in predvsem znanje, ki ga EUSC kontinuirano zagotavlja z izvajanjem specialističnega izobraževanja in usposabljanja.

7 LITERATURA IN VIRI

- Campbell, B. J., 2002. Introduction to Remote Sensing. Third Edition. The Guilford Press, New York, 620 str.
- Clausewitz, 2004. O vojni. Studia humanitatis, Begunje na gorenjskem: Cicero, 341 str.
- EUSC, 2008. GIS & Remote Sensing Advanced Course. Delovno gradivo. European Union Satellite Centre. Torrejon de Ardoz, Madrid.
- EUSC, 2010. European Union Satellite Centre Annual Report 2009. Torrejon de Ardoz, Madrid, 33 str.
- Florjanc, A. et al, 2007. Vpliv zemljišča na bojno delovanje (VZPD 2006), raziskovalna naloga. Slovenska vojska, PDRIU, Oddelek za raziskave in simulacije, Ljubljana, 215 str.
- Florjanc, A., Ilnikar, J., 2007. Izobraževanje s področja slikovnih obveščevalnih podatkov. Slovenska vojska XV/17. Ljubljana, str. 19–21.
- Geodata, MORS, 2011. Podatkovna zbirka prostorskih podatkov MORS. Ljubljana.
- Grizila, B., 2001. Priročnik za podporo vojaškega preigravanja. Ljubljana, MORS, Generalštab Slovenske vojske, 79. str.
- IKONOS, 2003. IKONOS Satellite Image of Vatican City – Rome, Italy. Satellite Imaging Corporation, Houston, 2011.
- <http://www.satimagingcorp.com/galleryimages/vatican-city-satellite-image-ikonos-high-resolution.jpg>, 27. 3. 2011.
- IKONOS, 2008. Itaipu dam, Brasilia/Paraguay border. Image provided by GeoEye. <http://www.geovar.com/data/satellite/ikonos/itaipu4m.htm>, 28. 3. 2011.
- Keister, M. et al, 1995. Multispectral Users Guide August 1995. »Unknown Publisher«, USA.
- Kwamme, K., Oštir-Sedej, K., Stančič, Z., Šumrada, R., 1997. Geografski informacijski sistemi. Znanstveno raziskovalni center SAZU, Ljubljana, 476 str.
- Landsat, 2002. Lake Chad, Africa. U.S. Geological Survey.
- http://landsat.usgs.gov/gallery_view.php?category=nocategory&thesort=mainTitle, 27. 3. 2011.
- MORS, 2008. Sklep o imenovanju delovne skupine za koordinacijo in izvedbo določenih nalog s področja geoprostorske (GEOINT in IMINT) obveščevalne dejavnosti na ravni ministrstva številka 024-40/2007-6 z dne 16. 1. 2008 s spremembama št. 024-40/2007-10 z dne 10. 5. 2008 in 024-40/2007-20 z dne 9. 9. 2009
- NASA, 2000. Space Radar Topographic Mission – SRTM. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>, 27. 3. 2011.
- Nato, 2002. NATO Geographic Policy. Supreme Headquarters Allied Powers Europe, Belgium.
- NGA, 2006. National system for geospatial intelligence. Geospatial intelligence (GEOINT) basic doctrine, Publication 1-0. National Geospatial Intelligence Agency. Washington.
- NGA, 2011. Geopatial Intelligence Structure. Introduction to GEOINT. National Geospatial Intelligence Agency, Washington. <https://www1.nga.mil/kids/geoint/Intro/Pages/default.aspx>, 28. 3. 2011.
- Radukanu, D., 2008. STANAG 3596 TGT Category, SAR Imagery approach. GIS & RS Advanced Course. Delovno gradivo, prezentacija, elektronski vir. European Union Satellite Centre. Torrejon de Ardoz, Madrid.
- Routledge, B., 2009. GIS Support to EU Missions. European Union Satellite Centre. DGI Europe 2009, predavanje, prezentacija, elektronski vir. London.
- SIC, 2011. GeoEye-2 Satellite Images and Sensor Specifications. Satellite Imaging Corporation, Houston, 2011. <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/geoeye-2.html>, 27. 3. 2011.
- Tretjak, A., Šabič, D., Lojovič, E., 2000. Uporaba podatkov posnetih z Landsat in SPOT sateliti. V: Vojaška geografija v Sloveniji. Dela 15, Ministrstvo za obrambo, Center vojaških šol in Oddelek za geografijo Filozofske fakultete v Ljubljani, str. 229–240.

O AVTORJU

Mag. Aleš Florjanc je leta 1988 diplomiral na Filozofski fakulteti v Ljubljani, smer geografija in zgodovina. Prve delovne izkušnje je pridobil na Ljubljanskem regionalnem zavodu za varstvo naravne in kulturne dediščine in na Uradu za prostor pri Ministrstvu za okolje in prostor. Delal je na področju varovalnega in prostorskega planiranja. Leta 2000 se je zaposlil na Ministrstvu za obrambo, v Oddelku za raziskave in simulacije, v Centru v vojaških šol (današnji PDRIU – Poveljstvo za doktrino, razvoj, izobraževanje in usposabljanje), kot GIS-analitik. Njegovo delo je bilo povezano z GIS-analizami za potrebe vojaških operacijskih raziskav in računalniških simulacij. V tem času je bil član Znanstvenoraziskovalnega sveta Slovenske vojske in občasni predavatelj na vojaških šolah na temo geografskih informacijskih sistemov. Leta 2002 je zaključil podiplomski magistrski študij iz pokrajinske ekologije na Katedri za geografijo Filozofske fakultete v Ljubljani in si pridobil naziv magister znanosti. Leta 2007 se je zaposlil v Obveščevalno varnostni službi MO, na delovnem mestu geoprostorskega obveščevalnega analitika. Avtor ima bogate izkušnje s področja prostorskega in varovalnega planiranja, prostorskih analiz ter upravljanja GIS-podatkov. Dodatno znanje z obveščevalnega področja je pridobil med enoletnim službovanjem v Satelitskem centru Evropske unije (EUSC) v Madridu, kjer je delal kot GEOINT- in IMINT-analitik. Danes je predstavnik Slovenije v EUSC in hkrati član upravnega odbora.

ABOUT THE AUTHOR

Aleš Florjanc, MSc, graduated in 1988 from the Faculty of Arts in Ljubljana, having majored in geography and history. He gained his first work experience at the Ljubljana Regional Institute for the Protection of Natural and Cultural Heritage and the Office for Spatial Planning at the Ministry of Environment and Spatial Planning. He worked in the area of security and spatial planning. In 2000, he was employed as GIS analyst by the MoD Research and Simulation Centre of the Military Education Centre (today the Doctrine, Development, Education and Training Command). His work was related to GIS analyses for military operation research and computer simulations. During this period, he was member of the Slovenian Armed Forces Science Research Council and a temporary lecturer on geographic information systems at the military schools. In 2002, he earned his master's degree in landscape ecology at the Chair of Geography, Faculty of Arts. In 2007, he was employed as geospatial intelligence analyst at the MoD Security and Intelligence Service. The author has rich experience in the area of spatial and security planning, spatial planning and GIS-related information management. He acquired advanced knowledge during his one-year service in the EU Satellite Centre (EUSC) in Madrid, where he worked as a GEOINT- and IMINT-analyst. Today, he represents Slovenia at the EUSC and is, simultaneously, member of the EUSC Board.

Geoprostorska obveščevalna podpora Slovenski vojski v pripravah na mednarodne operacije in misije

Geospatial Intelligence Support to the Slovenian Armed Forces during Preparations for International Operations and Missions

Jože Grozde

Povzetek Slovenska vojska je iz vojske, namenjene teritorialni obrambi, omejene na nacionalno ozemlje, postala postmoderna vojska. Poleg nacionalne obrambe opravlja naloge v mednarodnih operacijah in na misijah v zahtevnih geografskih in klimatskih razmerah zunaj območja držav članic Nata in EU. Informacije o geografskem prostoru imajo pomembno vlogo pri začasnem izvajanju nalog zunaj nacionalnega ozemlja, zagotavljajo pa tudi podlago drugim informacijam in podatkom o bojišču oziroma kriznem območju.

Slovensko vojsko pri opravljanju nalog v zahtevnih geografskih in podnebnih razmerah, v tujih kulturnih okoljih, na oddaljenih območjih ter v operacijah višje intenzivnosti geoprostorsko podpirajo obveščevalno-varnostni organi SV, Obveščevalno varnostna služba in pristojni organi za geoinformacijsko podporo na Ministrstvu za obrambo (MO). Pomanjkanje izkušenj in geoinformacijskih podatkov se nadomešča s pridobivanjem geoinformacij iz javnih virov, znanstvenih, raziskovalnih in izobraževalnih ustanov, partnerskih držav ter Nata, EU in OZN.

Ključne besede Geoprostorska obveščevalna podpora, vrednotenje geografskega prostora, celovita priprava operativnega okolja, Slovenska vojska.

Abstract The Slovenian Armed Forces (SAF) has changed from forces designed for the defence of the national territory to a postmodern military. Along with national defence, its tasks include the participation in international operations and missions in difficult geographic and climatic environments outside the NATO and EU area. In such circumstances, geographic information occupies a significant role in carrying out assignments abroad. It also forms the basis for other information and data on the battlefield or crisis areas.

Hence, geospatial information is provided by military intelligence and security structures, the Intelligence and Security Service and competent MoD bodies in order to support the SAF in the execution of its tasks in difficult geographic and climate conditions, foreign culture environments, remote areas and high intensity operations. Since Slovenia lacks experience in geographic information gathering, data is acquired from scientific, research and educational institutions, open sources, partner states, NATO, the EU and the UN.

Key words Geospatial intelligence support, evaluation of geographic environment, comprehensive preparation of the operational environment, Slovenian Armed Forces.

1 UVOD

Slovenska vojska (SV) se je iz vojske, namenjene teritorialni obrambi in omejene na nacionalno ozemlje, preoblikovala v postmoderne tip vojske, ki poleg nacionalne obrambe opravlja naloge v mednarodnih operacijah in na misijah (MOM) zunaj območja držav članic Nata in EU, ki so, glede na zahtevnost, ekspedicijske operacije.

SV bo tudi v prihodnosti sposobna skupnega delovanja v večnacionalnem vojaškem okviru, tako konvencionalnega kot tudi proti hibridnim grožnjam.

Izvajanje nalog v zahtevnih geografskih in podnebni razmerah, drugih kulturnih okoljih, na oddaljenih območjih ter v operacijah višje intenzivnosti bo zahtevalo zmogljivosti, ki zagotavljajo premostljivost in vzdržljivost sil za delovanje, učinkovito bojno podporo ter zaščito sil.

Pomanjkanje izkušenj in geoprostorskih baz se pri načrtovanju, odločanju in pripravi na delovanje na območju MOM nadomešča s pridobivanjem geoinformacij o območjih delovanja iz javnih virov, znanstvenih, raziskovalnih in izobraževalnih ustanov ter civilne družbe v Republiki Sloveniji in tujini, iz partnerskih držav ter Nata, EU in OZN.

2 SODELOVANJE SLOVENSKE VOJSKE V MEDNARODNIH OPERACIJAH IN NA MISIJAH

Republika Slovenija kratkoročno in srednjeročno neposredno vojaško ni ogrožena, vendar nestabilne politično-varnostne razmere in občasni izbruhi spopadov nizke intenzivnosti v vzhodnem in jugovzhodnem delu Evrope opozarjajo na latentno prisotnost vojaških groženj evroatlantskemu prostoru, kar vpliva na varnostne razmere v njem (Rezolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije, 2010: 3680).

Republika Slovenija se zavzema za zagotavljanje in ohranjanje mednarodnega miru, varnosti in stabilnosti na temeljih mednarodnega prava ter določil OZN in OVSE.

Pri odzivanju Republike Slovenije na krize imajo prednost mednarodne operacije in misije v okviru Nata in EU, zlasti tiste, ki bolj neposredno vplivajo na nacionalno varnost. Gre za mednarodne operacije in misije na območju Jugovzhodne Evrope, Bližnjega vzhoda in vzhodnega evropskega sosledstva, Srednje Azije ter Severne Afrike. Težišče sodelovanja je na območju Jugovzhodne Evrope, kjer ima Republika Slovenija zaradi geografske bližine ter zgodovinske povezanosti poleg varnostnih tudi politične, gospodarske, razvojne in druge interese ter možnosti za uporabo svojih primerjalnih prednosti v okviru EU in Nata (predlog Obrambne strategije Republike Slovenije, 2011: 9).

Spreminjanje mednarodnega varnostnega okolja zahteva nenehno pozornost, ustrezno prilagodljivost in sorazmerno odzivnost obrambnega sistema Republike Slovenije. Za sodelovanje v mednarodnih operacijah in na misijah se država odloča ter v njih sodeluje skladno z veljavnim pravnim okvirom Republike Slovenije.

Strategija sodelovanja v MOM določa okvire za odločanje o sodelovanju ter opredeljuje splošen seznam zmogljivosti za njeno izvajanje, usklajena je z drugimi ključnimi dokumenti, ki urejajo področje nacionalne varnosti, zunanje politike, vključno z razvojnim sodelovanjem, drugimi strateškimi dokumenti in relevantnimi zakonodajnimi akti.

2.1 Izkušnje sodelovanja SV v MOM

Oborožene sile zavezništva, katerega del je tudi SV, so soočene z izzivi in zahtevami za delovanje v mednarodnih operacijah in na misijah, ki so, glede na zahtevnost, ekspedicijske operacije (začasno opravljanje poslanstva zunaj nacionalnega ozemlja), med katerimi prevladujejo operacije v podporo miru. Njihovi najpomembnejši značilnosti sta nepredvidljivost in celovitost. Vojaške enote izvajajo veliko nalog, od humanitarnih, vojaško-policijskih do intenzivnih vojaških spopadov. Pri tem se zahteva visoka raven samostojnosti, samozadostnosti, vzdržljivosti in prilagodljivosti na varnostne izzive na območju delovanja. Slovenska vojska je svoje pripadnike prvič napotila v MOM 14. maja 1997. Takrat je bilo na krizna žarišča napotenih 57 pripadnikov, leta 2007 pa že skoraj tisoč. Velikost slovenskih kontingentov (SVNKON) je bila zelo različna, od enega do dveh pripadnikov v poveljstvu ali vojaškega opazovalca do kontingenta s skoraj 600 pripadniki (Furlan, 2009: 89).

Danes je težišče delovanja SV v MOM na Kosovu in v Afganistanu, njeni pripadniki pa so prisotni še v Bosni in Hercegovini, Libanonu in Siriji. Značilnosti delovanja so raznolikost operacij in misij, geografska raznolikost, širok razpon velikosti kontingentov, nenehno povečevanje sodelujočih v operacijah ter velika operativna hitrost.

Pripadniki SV so okolje, v katerega so odhajali na misije, poznali zelo različno, od znanega do popolno nepoznanega geografskega okolja, kar je prikazano v preglednici 1.

Preglednica 1: Poznavanje geografskega prostora območij delovanja SV

Operativno okolje		Stopnja znanja in informacij		OPERACIJA
Regija	Država	Geoprostor	PVSEII ¹	
Zahodni Balkan	Bosna*	dobro	dobro	Nato, EU
	Makedonija	dobro	dobro	Nato
	Kosovo*	dobro	dobro	Nato, EU
	Albanija	srednje	dobro	OZN
Bližnji vzhod	Ciper	slabo	srednje	OZN
	Sirija	slabo	slabo	OZN
	Libanon	slabo	slabo	OZN
	Irak	slabo	srednje	Nato, ZDA
Srednja Azija	Afganistan*	slabo	slabo	Nato, ZDA
Južna Azija	Pakistan	slabo	slabo	Nato
V Afrika	Somalija	slabo	slabo	Nato
SZ Afrika	Kongo	slabo	slabo	EU
SZ Afrika	Sudan	slabo	srednje	EU
Srednja Afrika	Čad	slabo	slabo	EU

* Nato opredeljuje operacije v BiH, na Kosovu in v Afganistanu kot ekspedicijske operacije².
Vir: Grozde, 2011.

Območje Zahodnega Balkana je pripadnikom SV tako družbeno kot geografsko razmeroma dobro poznano:

- družbene razmere na območjih nekdanje skupne države, stanje vojaškega in ekonomskega sistema, infrastrukture ter informacijskih sistemov;
- geografsko znanje o prostoru nekdanje skupne države je zelo dobro, prav tako so bile pripadnikom TO (in pozneje SV) dostopne vojaško-geografske ocene prostora nekdanje države, ki jih je imela Jugoslovanska ljudska armada (JLA).

O vseh preostalih območjih, na katerih je bila prisotna SV, je Slovenija pridobivala informacije o družbi in prostoru oziroma geoinformacije iz javnih virov, domačih znanstvenih in raziskovalnih organizacij, partnerskih ali vodilnih držav, ki so imele tako znanje o operativnem okolju. Geoprostorsko podporo SVNKON v MOM so zagotavljala regionalna poveljstva oziroma poveljstva in enote, v katerih so pripadniki SV delovali. Po letu 2005 Slovenija pridobiva te informacije tudi na podlagi sklenjenih dvostranskih državnih sporazumov.

Delovanje na različnih geografskih območjih in v večnacionalnih sestavah je pripadnikom SV omogočilo seznanjanje z delovanjem na nepoznanih območjih, z novo kulturo, jezikom in običaji, urjenje v komunikacijskih veščinah in prilagajanju vedenjskih navad, izpopolnjevanje znanja tujih jezikov, pa tudi krepitev spoštovanja svoje kulture in tradicije. Pridobljene izkušnje o delovanju na različnih, zelo zahtevnih klimatskih območjih omogoča preverjanje sposobnosti delovanja in vzdržljivosti opreme v razmerah velikega tveganja ter omejene logistične podpore (Furlan, 2009: 95).

¹ PVSEII: politični, vojaški, ekonomski, socialni, infrastrukturni in informacijski sistemi. PMSEII v Natovi angleški terminologiji (political systems, military systems, economic systems, social systems, infrastructure systems, information systems).

² The Characteristics of Expeditionary Forces, 2007: 25–26.

2.2 Obveščevalno-varnostna podpora SV v MOM

Vojaška obveščevalna dejavnost SV v sodelovanju z Obveščevalno varnostno službo (OVS) s svojimi organizacijskimi in tehnološkimi rešitvami zadovoljuje nacionalne obrambne potrebe in delovanje SV ter zavezništva (Vojaška doktrina, 2006, 35). Glede na zakonske pristojnosti (Zakon o obrambi, 32. člen) je znotraj obrambnega sistema le OVS tisti, ki lahko zagotovi učinkovito in celovito obveščevalno-varnostno podporo pripadnikom SV. Za zagotavljanje take podpore je nujno tesno in stalno sodelovanje, predvsem med OVS in štabnimi varnostnimi organi SV, in sicer na vseh stopnjah napotitve pripadnikov, to je med pripravi na napotitev, med njo ter po njej (Črnčec, Urbanc, 2009: 101).

OVS zagotavlja obveščevalno-varnostno podporo SV v MOM:

- neposredno, prek nacionalnih obveščevalnih celic (znotraj SVNKON kot nacionalni podporni element v BiH in na Kosovu) ali prek svojih pripadnikov (kot zmogljivost SV) v S/G/J 2 v nadrejenih poveljstvih SVNKON, po konceptu »dvojnega klobuka«³. Pripadniki OVS v delo poveljstev SV bataljonske ravni do zdaj niso bili vključeni;
- posredno, prek obveščevalnih izdelkov v sodelovanju s partnerskimi službami in deli mednarodnih poveljstev.

Obveščevalno-varnostne potrebe poveljnikov na taktični ravni so v MOM zapletene in zahtevne. Ne vključujejo le podatkov, nujnih za bojno delovanje, temveč predvsem podatke za zaščito sil ter podatke o splošnih varnostnih, gospodarskih, političnih, socialnih in drugih področjih. Obveščevalno-varnostne zmogljivosti je treba ustrezno načrtovati že med načrtovanjem MOM.

Glede na naravo, predvsem pa na geografsko razpršenost mednarodnih operacij in misij, v katerih trenutno sodeluje SV, obrambni sistem ustrezne obveščevalno-varnostne zagotovitve ni zmožen zagotavljati le z oporo na svoje vire oziroma le z lastnimi podatki. Tako rekoč za vse MOM, v katerih so od leta 1997 sodelovali pripadniki SV, je bilo pri zagotavljanju ustrezne obveščevalno-varnostne podpore nujno povezovanje s tujimi obveščevalno-varnostnimi službami. S sodelovanjem SV v mednarodnih operacijah in na misijah na območjih, kot so Afganistan, Libanon, Irak in Čad, je takšno sodelovanje postalo še toliko pomembnejše. V teh primerih podatki, pridobljeni v sodelovanju s partnerji, pomenijo celo pretežni del podatkov, ki se uporabljajo za pripravo pripadnikov SV ter za zaščito sil med operacijo (Črnčec, Urbanc, 2009: 106).

Vojaška obveščevalna dejavnost neprekinjeno podpira delovanje SV v vseh operacijah, za katere se ta pripravlja. Vojaška obveščevalna dejavnost SV izpolnjuje svoje poslanstvo na strateški (OVS, GŠSV), operativni (PS SV) in taktični ravni poveljevanja (podrejena poveljstva in enote). Ravni obveščevalne dejavnosti se med seboj močno prepletajo in dopolnjujejo. Posamezni organi lahko opravljajo obveščevalno dejavnost za več ravni ali celo za vse. Med njimi velja načelo sodelovanja in dopolnjevanja. Pretok obveščevalnih podatkov med vsemi ravni je jasen in preprost ter omogoča neposredne povezave med uporabnikom in izvajalcem, ob hkratni možnosti nadzora (Rode, 2007: 37).

³ Angleško *dual hatted* v zavezništvu pomeni dogovorjeno (normativno urejeno) opravljanje nalog v mednarodnih vojaških strukturah ter nalog za nacionalne potrebe.

Temeljne naloge vojaške obveščevalne dejavnosti SV so priprava indikatorjev in opozoril, obveščevalna priprava bojišča, podpora poznavanju situacije, podpora načrtovanju in delovanju na cilje, ocenjevanje bojnega delovanja, podpora zaščiti sil in priprava sil za delovanje.

3 INFORMACIJSKA PODPORA POVELJEVANJU IN KONTROLI V SV

Procesa poveljevanja in kontrole skupaj tvorita sistem (PINK), s katerim poveljnik, njegov štab in podrejeni načrtujejo, organizirajo, vodijo in nadzorujejo bojno delovanje (Furlan, ur., 2006). Značilnost sodobnega bojevanja je velika hitrost poteka operacij, ki poudarja poveljnikovo sposobnost za spremljanje situacije in pravočasno odzivanje na spremembe na bojišču. SV mora biti sposobna skupnega delovanja v večnacionalnem vojaškem okviru, tako pri konvencionalnem delovanju kot tudi proti hibridnim grožnjam.

Čeprav obstaja veliko modelov procesa odločanja, je v strokovni literaturi največkrat citiran Boydov model zanke OODA⁴ (Šterbenc, 2010: 11), ki je sestavljena iz štirih stopenj: opazovanje, orientacija, odločanje in delovanje. Zanka OODA predstavlja poveljnikov proces odločanja⁵.

SV postavlja sodoben vojaški informacijski sistem PINK na strateški, operativni in taktični ravni. Sistem bo zagotavljal informacijsko podporo pri načrtovanju in izvajanju vojaških operacij ter sledljivost vojaških enot do ravni čete za Natove odzivne sile⁶ ter za sodelovanje v Natovih operacijah⁷. PINK sestavlja distribuirano omrežje med seboj povezanih strežnikov in senzorjev, ki si prek sistema fizičnih in brezžičnih omrežij izmenjujejo podatke skoraj v realnem času. Sestavljajo ga štirje ključni segmenti: uporabniške programske aplikacije, računalniška infrastruktura, komunikacijska infrastruktura ter upravljavci in uporabniki sistema.

Slika 1 prikazuje celovit model arhitekture tega sistema. Vsi gradniki skupaj tvorijo homogeno celoto. Sistem podpira proces PINK na vseh stopnjah procesa:

- opazovanje oziroma spremljanja situacije: poveljnik in štab zbirata informacije o lastnih silah in sovražniku na območju odgovornosti. Podatki se v lokalni podatkovni bazi zbirajo iz podrejenih poveljstev, enot na terenu in obveščevalnih virov;
- orientacija: poveljnik prek informacijskega sistema PINK sprejeme ukaz nadrejenega poveljstva. Na tej stopnji se izvaja obveščevalna priprava bojišča, pri kateri se z orodji geografskih informacijskih sistemov (GIS)⁸ naredi analiza terena, uporabijo se tudi že vnaprej pripravljene digitalne karte in prostorske analize. Z združevanjem podatkov in ustvarjanjem zavedanja o situaciji ter že pridobljenimi izkušnjami se ustvarja novo znanje;
- odločanje: pripravijo se variante delovanja, koncept delovanja in načrt, ki ga štabni častniki sočasno naredijo v aplikaciji SITAWARE;

⁴ Model zanke OODA (Observe, Orient, Decide, Act) je leta 1987 razvil ameriški polkovnik John R. Boyd, predstavlja pa ključne funkcije procesa PINK, v katerem postavlja poveljnika kot njegovo ključno komponento.

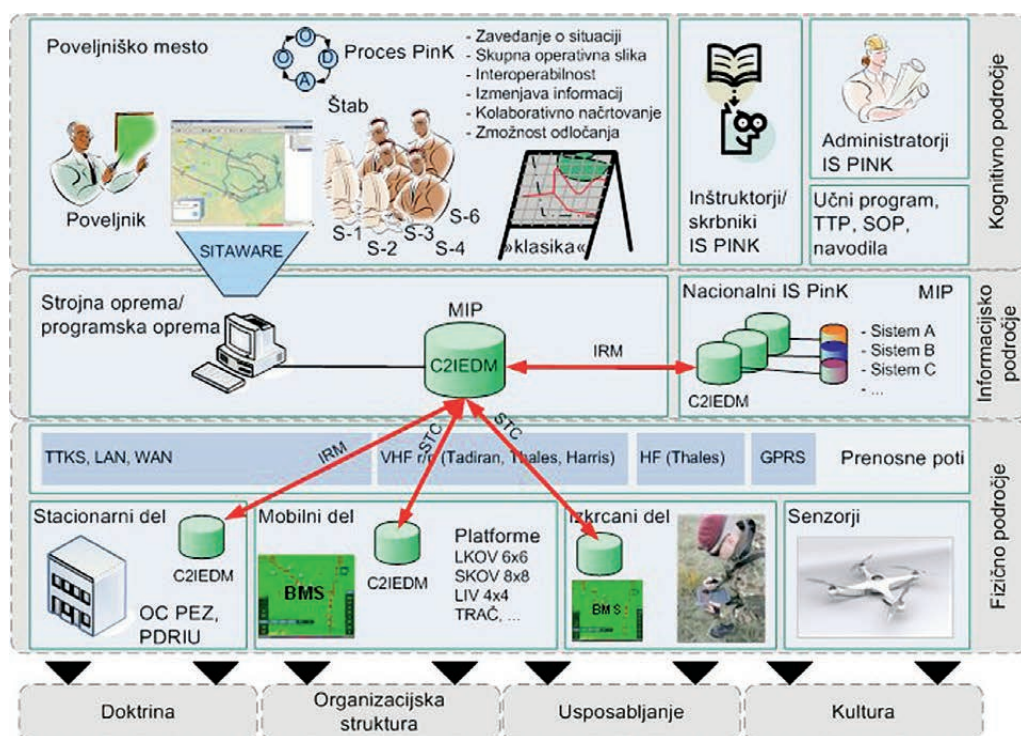
⁵ Decision-making process.

⁶ NATO Response Forces – NRF.

⁷ SVNKON 15 je leta 2007 v Kforju poskusno uvajal sistem SITAWARE.

⁸ GIS je organiziran sistem računalniške strojne in programske opreme, geografsko opredeljenih podatkov, oseba in načina dela, ki omogoča učinkovit zajem, shranjevanje, urejanje, posodabljanje in različne predstavitve vseh oblik geografsko opredeljenih podatkov (ESRI, 1994).

- ukrepanje: poveljnik aktivira načrt in ga kot ukaz prek informacijskega sistema PINK skoraj v realnem času posreduje podrejenim poveljstvom. Prek grafičnega vmesnika se poveljniku in drugim udeležencem omogoča zavedanje o situaciji skoraj v realnem času.



Slika 1: Model informacijskega sistema PINK v SV

Vir: Šterbenc, 2010.

Koncept informacijskega sistema je zasnovan tako, da omogoča nadzorovan pretok informacij od najnižje do najvišje ravni poveljevanja in kontrole. Sistem je vključen v stacionarni in premični del sil SV. S prikazom aktivnosti lastnih in nasprotnikovih sil ter razpoložljivih sredstev daje poveljniku in njegovemu štabu popolno informacijo, ki jo potrebuje za uspešno načrtovanje in izvedbo kopenskih, združenih ali koalicijskih operacij.

Ključne zmogljivosti informacijskega sistema so: samodejna izmenjava informacij, zagotavljanje skupne operativne slike, interoperabilnost (povezljivost) na ravni izmenjave podatkov, koncept informacijskih slojev za upravljanje informacij, integriran GIS, podpora obveščevalni pripravi bojišča, podpora izdelavi variant delovanja in načrtovanju delovanja, dinamična replikacija podatkov, sporočilni sistem, podpora pri izdelavi načrtov ali ukazov, vzporedno načrtovanje in integriran sporočilni sistem.

Vloga obveščevalno-varnostnih organov je izrednega pomena, saj so nosilci prostorskih analiz ter spremljanja situacije na območju delovanja. Štabni organi glede na območje odgovornosti prek grafičnega vmesnika sproti vnašajo podatke in informacije v podatkovno bazo v pet prednastavljenih informacijskih slojev. To omogoča preprosto selekcijo informacij, ki se posredujejo uporabnikom (komunikacijskim vozliščem) v informacijskem sistemu PINK.

Podatkovni model je zasnovan na podlagi zahtev po informacijah o bojišču, ki jih sestavljajo podatki o:

- lastnih silah (lokacija, tip, velikost, status, popolnjenost s kadri, materialnimi sredstvi in potrošnim materialom, organiziranost sil, mobilnost ter naloge);
- sovražnikovih oziroma opozicijskih silah (lokacija, tip, velikost, status, popolnjenost s kadri, materialnimi sredstvi in potrošim materialom, organiziranost sil, mobilnost in naloge);
- geografskem okolju (geografske, hidrografske in demografske lastnosti, infrastruktura itn.);
- načrtovanju operacij in posredovanju ukazov (poslanstvo, naloge, variante delovanja, koncept, organiziranost namenskih sil, načrt).

Informacije o geografskem prostoru imajo pomembno vlogo v vojaških operacijah, zagotavljajo temelj, na katerega so dodane druge informacije in podatki o bojišču oziroma kriznemu območju. Če so ti podatki združeni z obveščevalnimi podatki in informacijami o lastnih silah, vremenu in logističnih razmerah, pomagajo poveljniku k boljšemu poznavanju bojišča pri načrtovanju in vodenju operacij ter usmerjanju in natančnem določanju ciljev nasprotnika. Geografski informacijski sistemi skupaj z drugimi obveščevalnimi disciplinami omogočajo bojnim silam zagotovitev prevlade na bojišču.

GIS-podatki se v SV zagotavljajo prek sistema upravljanja in distribucije (UDiGISP), ki je sestavni del PINK, sistemov upravljanja ognja, načrtovanja operacij in logistične oskrbe operacij ter upravljanja senzorskih in komunikacijskih sistemov. Uporabnik, ki izrazi potrebo po podatkih za neko območje, obišče vstopno točko v sistem – portal⁹. Na portalu so povezave na vse module sistema, omogoča pa še dostop do drugih vsebin (novic, forumov itn.). Poslovanje v sistemu je nadzorovano in varovano z osebnim geslom in beleži promet posameznega uporabnika.

4 VREDNOTENJE GEOGRAFSKEGA PROSTORA

SV in zavezniške sile delujejo na območjih, ki so doživela hitre naravnogeografske, strukturne in funkcijske spremembe z izrazito splošno težnjo poslabšanja. Skupne značilnosti so poškodovana ali uničena infrastruktura (naselja, prometnice, energetski objekti itn.), kaotične pravne razmere, anarhija v delovanju javnih ustanov oziroma njihova odsotnost, prevlada črnega trga in različnih nelegalnih gospodarskih operacij, odsotnost investicij, beg kapitala in različnih gospodarskih dejavnosti, zelo nizka raven osebne in kolektivne varnosti, pogosto uporabljene oblike represije, prisotnost različnih paravojaških skupin, naglo povečana smrtnost in zmanjšana rodnost, množične selitve, pojav beguncev, odsotnost ali močna redukcija delovanja izobraževalnega sistema ter zdravstvenega in socialnega varstva (Zupančič, 2006: 163).

Proces analiz geografskega prostora je opredeljen v Natovem priročniku AGeoP-1(A). Te analize zagotavljajo interoperabilnost in neprekinjenost geoprostorske podpore zavezniškim silam v MOM. Proces obsega zbiranje, analize in interpretacijo geografskih podatkov o naravnih in umetnih objektih na območju delovanja, združen z drugimi informacijami pa omogoča oceno vpliva na vojaške operacije. Analize geoprostora so standardizirani in nestandardizirani izdelki, običajno so predstavljene v grafični obliki za uporabo pri sprejemanju odločitve.

⁹ Na intranetnem naslovu <http://IGIS2/MORS2>.

Sistem analize terena podpira vojaške potrebe po hitrih in vsestransko razumljivih informacijah v digitalni ali analogni obliki. To je sistem, katerega selekcionirane baze podatkov o geoprostoru omogočajo prilagodljivo pripravo in uporabo rezultatov analize terena.

Analiza geografskega prostora poteka v treh stopnjah:

1. zbiranje virov, analiza geoinformacij in podatkov, vrednotenje, shranjevanje in vzdrževanje ovrednotenih podatkov o zemljišču v digitalni ali analogni obliki. Javni viri so na tej stopnji pomembni in nepogrešljivi, saj bi bila brez njih začetna analiza geografskega prostora nerealna in nepopolna;
2. glede na posebne vojaške zahteve se opravi selekcija in kombinacija ovrednotenih geoprostorskih podatkov in vpliva posebnih geografskih dejavnikov (vreme in/ali lokalne značilnosti) na delovanje enot. O območjih zunaj evropskega prostora dobimo prve geopodatke in geoinformacije na internetu ali v knjižnih publikacijah. Pomembno je pridobiti primarne vire, saj lahko sekundarni viri (že obdelani) v procesu odločanja povzročijo napačne odločitve in velika tveganja;
3. priprava izdelkov analize geografskega prostora za sprejemanje odločanja, podporo komunikacijskim, oborožitvenim in drugim vojaškim sistemom kot dopolnilo pri sprejemanju odločitev in njihovem uresničevanju.

Analize geoprostorskih podatkov, vključno z različnimi tehnikami matematične optimizacije, so eno najmočnejših in nepogrešljivih GIS-orodij.

V procesu geoprostorskih analiz¹⁰ se s pomočjo prostorskih lastnosti modelira resnični svet, v njem se izvajajo analize, preizkušajo različni scenariji (na primer modeliramo razširjanje oblaka strupenih plinov, radijsko pokritost terena itn.), analizirajo se umetno narejeni sistemi in objekti (naselja, oborožitveni sistemi) ter iščejo vplivne cone in povezovalni mehanizmi.

5 GEOPROSTORSKA OBVEŠČEVALNA PODPORA

Doktrina SV obveščevalni dejavnosti določa, da mora s svojimi organizacijskimi in tehnološkimi rešitvami zadovoljiti nacionalne obrambne potrebe in delovanje SV ter zavezništva. To se zagotavlja z angažiranjem vseh razpoložljivih virov, predvsem pa z državno obveščevalno-varnostno agencijo, obrambno obveščevalno-varnostno službo in z vojaško obveščevalno dejavnostjo SV ter z izmenjavo informacij z drugimi pristojnimi resornimi organi države in tujimi partnerskimi obveščevalno-varnostnimi službami. V sodelovanju z zavezniki mora SV preprečiti strateška presenečenja in omogočiti pravočasno povečanje pripravljenosti ter načrtovanje uporabe vojske. Preprečiti mora tudi operativna in taktična presenečenja ter omogočiti pravočasno povečanje pripravljenosti in učinkovito odzivanje vojske (Doktrina, 2006: 32).

Obveščevalna zagotovitev (Doktrina bojevanja kopenskih sil, 2003: 26)¹¹ obsega vse poznavanje in razumevanje nasprotnikovih aktivnosti, zmogljivosti, namer in okolja ter vremena. Poleg izdaje usmeritev obveščevalnim in varnostnim organom morajo poveljniki poskrbeti za tesno sodelovanje med operativnimi in obveščevalnimi organi ter usklajenost bližinskega in globinskega boja ter delovanja v zaledju. Glede na poveljnikov interes po obveščevalnih informacijah razlikujemo tri posebna območja:

1. geografsko vplivno območje, v katerem lahko poveljnik s silami, ki jim poveljuje, neposredno vpliva na potek bližinskega in globinskega boja ter delovanje v zaledju, in sicer z manevrom ali s sistemi za ognjeno podporo;

¹⁰ Tudi geografske analize ali geoprocesiranje.

¹¹ Land Operations, ATP 3.2. STANAG 2241. Bruselj, junij 2003 (prevod 2005).

2. območje obveščevalne odgovornosti, ki je dodeljeno poveljniku in v katerem je odgovoren za zagotovitev obveščevalnih informacij s sredstvi, ki jih ima na voljo. Težišče aktivnosti obveščevalnih organov je na tem območju;
3. območje obveščevalnega interesa, ki obsega vplivno območje, sosednje območje ter prostor, ki se razteza na sovražnikovo območje proti ciljem trenutnega ali prihodnjih načrtovanih delovanj.

Obveščevalna podpora poveljevanju je med največjimi uporabniki geoprostorskih baz, saj ima skoraj vsak obveščevalni podatek tudi svojo prostorsko komponento. Obveščevalne discipline¹² pridobivanja podatkov so zmogljivosti SV, partnerskih vojsk, zavezništva ali drugih obveščevalno-varnostnih organizacij. Zagotavljajo uresničitev načrta pridobivanja podatkov, ki je izraz poveljnikovih zahtev po kritičnih informacijah in prednostnih obveščevalnih zahtevah.

Splošna obveščevalna produkcija vodi v funkcionalno osredotočen obveščevalni izdelek, ki se uporabi za poseben namen kot odziv na poseben obveščevalni zahtevek poveljnika oziroma uporabnika. Funkcionalne obveščevalne discipline¹³ s svojim specialističnim analitičnim strokovnim znanjem ob uporabi vseh virov prispevajo k celoviti analizi operativnega okolja.

OVS in obveščevalno-varnostni organi SV nimajo razvitih funkcionalnih obveščevalnih disciplin, zato se lahko v proces analize vključujejo posamezni specialisti iz SV ali strokovnjaki iz civilnega okolja oziroma se pridobivajo iskane informacije iz javnih virov. Navadno se za območja MOM pridobivajo obveščevalne informacije pri partnerskih službah in vojskah.

Funkcionalne obveščevalne discipline podpirajo analize operativnega geografskega prostora in analize zdravstvenih razmer, medtem ko je področje analize prebivalstva in demografije v pristojnosti splošne obveščevalne dejavnosti (preglednica 2).

Preglednica 2: Področje dela funkcionalnih obveščevalnih dejavnosti v celoviti pripravi operativnega okolja

Področje	Funkcionalna obveščevalna dejavnost
Geografske značilnosti	<u>Geoprostorska obveščevalna dejavnost</u> uporablja in analizira slikovne in geoprostorske informacije za opis, oceno in vizualni prikaz fizičnih značilnosti in geografsko pogojenih aktivnosti na zemlji.
Prebivalstvo/ demografija	Splošna obveščevalna dejavnost.
Zdravstvene razmere	<u>Zdravstvena obveščevalna dejavnost</u> proučuje zdravstvene, bioznanstvene, epidemiološke, okoljevarstvene in druge informacije, ki se kažejo v zdravju ljudi ali živali.

Vir: Grozde, 2011.

¹² Obveščevalne discipline: pridobivanje podatkov z izvidniškim delovanjem (angl. Reconnaissance & Surveillance); pridobivanje podatkov iz javno dostopnih virov (angl. Open Source Intelligence/ OSINT); pridobivanje podatkov s pomočjo človeških virov (angl. Human Intelligence/ HUMINT); pridobivanje podatkov s prestrezanjem signalov (angl. Signals Intelligence/ SIGINT); pridobivanje podatkov iz slikovnih virov (angl. Imagery Intelligence/ IMINT); pridobivanje podatkov na podlagi proučevanja zajete opreme in oborožitve (angl. Technical Intelligence/ TECHINT); pridobivanje podatkov z merjenjem (angl. Measurement and Signatures Intelligence/ MASINT).

¹³ Funkcionalne obveščevalne discipline so: obveščevalne dejavnosti o oboroženih silah, biografska, ekonomska, politična in obveščevalna dejavnost ciljenja, znanstvena in tehnična, logistična, infrastrukturna, geoprostorska, inženirska, sociološka, zdravstvena in varnostna obveščevalna dejavnost (Canadian Joint Intelligence doctrine – B-GJ-005-200/FP-000/, 2003:33–34). Funkcionalne obveščevalne discipline so opredeljene tudi v Stanaju AJP-2.1(A), Intelligence Rcedures, september 2005.

Področja dela funkcionalnih obveščevalnih disciplin in njihove zmožnosti analize nasprotnikovih družbenih sistemov PVSEII so prikazani v preglednici 3.

Preglednica 3: Področje dela funkcionalnih obveščevalnih dejavnosti v analizi PVSEII

PVSEII	Funkcionalna obveščevalna dejavnost
Politični sistemi	<u>Politična obveščevalna dejavnost</u> se ukvarja z dinamiko notranjih in zunanjih političnih zadev neke tuje države, regionalne skupnosti, večstranskih sporazumov in organizacij, tujih političnih gibanj, ki so protivladno orientirani. Sem vključujemo vladne strukture, notranjo in tujo politiko. <u>Varnostna obveščevalna dejavnost</u> je definirana kot obveščevalna dejavnost, ki se nanaša na identiteto, zmožnosti in namene sovražnih organizacij ali posameznikov, ki so ali so morebiti vpleteni v vohunstvo, sabotaže, subverzije (prevrati) ali terorizem. Vključuje obveščevalne podatke o tujih obveščevalnih sistemih in o organiziranih kriminalnih združbah. Na poseben način je povezana s protiobveščevalnimi aktivnostmi. <u>Biografska obveščevalna dejavnost</u> obravnava stališča, ravnanja, običaje, veščine, vplivnost, odnos, zdravje in življenjepisi tistih tujih oseb, ki so aktualno ali potencialno zanimivi za obveščevalno skupnost.
Vojaški sistemi	<u>Obveščevalna dejavnost</u> o tujih oboroženih silah se ukvarja z vsemi vidiki tujih prostorskih, kopenskih, pomorskih in zračnih oboroženih sil, vključujoč postopke bojevanja, poveljevanja in kontrole, oborožitvene sisteme, usposabljanje, osebje, doktrino, strategijo in taktiko, logistiko, oborožitveno trgovino, obrambno industrijo in obrambne stroške. <u>Obveščevalna dejavnost ciljenja</u> (angl. targeting) prikazuje, določa oziroma lokalizira komponente ciljev ter ugotavlja njihovo identiteto, ranljivost in relativno pomembnost. <u>Logistična obveščevalna dejavnost</u> vključuje zmožnosti premika sil, njihove podpore in vzdržljivosti na vojaških operacijah. <u>Inženirska obveščevalna dejavnost</u> obdeluje tiste informacije, ki se nanašajo na nasprotnikove inženirske operacije in vire, okoljske razmere in vojaškogeografske informacije o prostoru, ki jih zahteva poveljnik v procesu načrtovanja vojaških operacij.
Ekonomski sistemi	<u>Ekonomska obveščevalna dejavnost</u> se nanaša na tuje gospodarske zmogljivosti, aktivnosti, politiko, vključujoč produkcijo, distribucijo in porabo dobrin ter storitev, zaposlitve, financ in drugih vidikov mednarodnega ekonomskega sistema, kot so pomoč, trgovina in investicije. V sklopu obrambne obveščevalne dejavnosti gre za ekonomske zmožnosti za podporo in razvoj obrambnih zmogljivosti. <u>Znanstvena in tehnična obveščevalna dejavnost</u> se nanaša na tuji znanstveni razvoj in tuje tehnične raziskave, vključujoč inženirske in proizvodne tehnike, nove tehnologije, oborožitvene sisteme in njihove zmogljivosti.
Socialni sistem	<u>Sociološka obveščevalna dejavnost</u> obravnava socialne in kulturne dejavnike, ki vključujejo populacijske parametre, njihovo sestavo po narodnosti, socialne plasti in stabilnost, javno mnenje, izobrazbo, religijo, zdravje, zgodovino, jezik, vrednote itn.
Infrastrukturni sistemi	<u>Infrastrukturna obveščevalna dejavnost</u> vključuje železniške, cestne, cevovodne (naftovodne), vodne in zračne povezave ter omrežja, telekomunikacijske sisteme in njihovo uporabnost.
Informacijski sistem	<u>Splošna obveščevalna dejavnost</u>. Sodelovanje civilnih strokovnjakov.

Vir: Grozde, 2011.

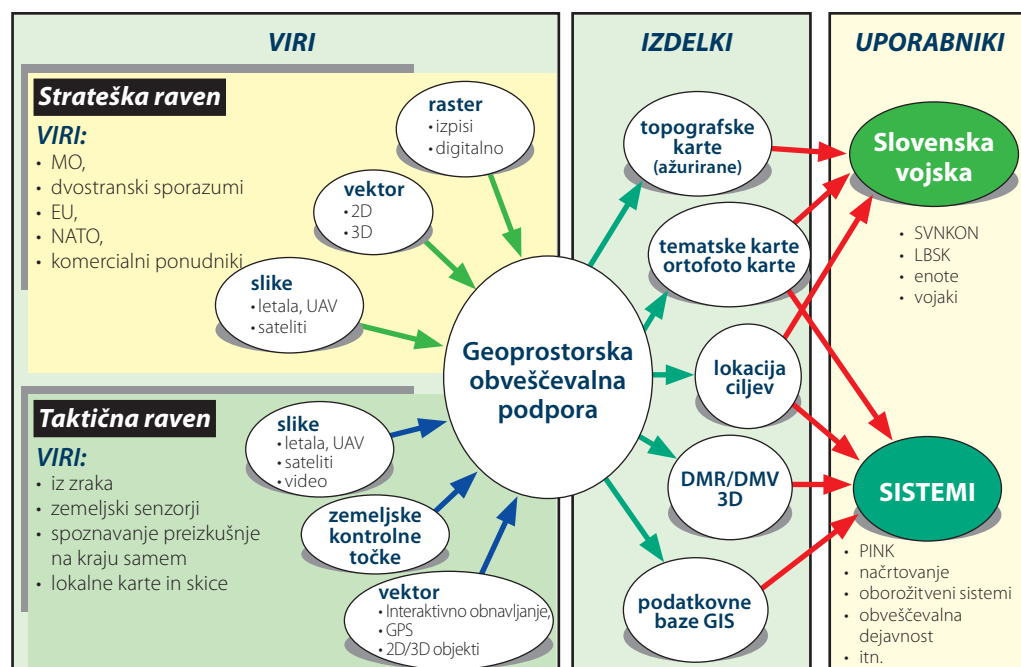
Ameriška vojska opredeljuje geoprostorsko obveščevalno podporo¹⁴ kot specializirano disciplino ravnanja z geopodatki in geoinformacijami. Vključuje vse dejavnosti, povezane z načrtovanjem, zbiranjem, obdelavo, izkoriščanjem in posredovanjem geoprostorskih informacij o interesnem območju, vizualizacijo teh informacij in združevanje vizualnih informacij v druge informacije s

¹⁴ Pred letom 2000 tudi geografska obveščevalna dejavnost, ta pojem je še vedno v uporabi v Marinskem korpusu.

postopki, analizami in procesi vizualizacije (Geospatial Intelligence Support to Joint Operations, 2007: 1–5).

Geoprostorska obveščevalna podpora ob GIS uporablja tudi druge različne vire za obveščevalne analize območij delovanja SV v MOM (slika 2).

Geoprostorsko obveščevalno vrednotenje¹⁵ prostora vključuje učinke in vplive splošnih, fizičnih in družbenih geografskih dejavnikov na vojaške ali druge aktivnosti vseh vpletenih strani na obravnavanem območju.



Slika 2: Geoprostorska obveščevalna podpora

Vir: Grozde, 2010, prirejeno po THALES.

Za zbiranje informacij morajo biti uporabljeni vsi razpoložljivi viri in službe. Prožnost in odzivnost modernih metod in sistemov zbiranja informacij omogočata poveljnikom, da imajo skoraj v realnem času podroben pregled nad bojiščem.

Rezultati geoprostorskih analiz so odvisni od kakovosti podatkov in izbrane metodologije. Dober metodološki pristop ne omogoča izdelave kakovostnih analiz, če so podatki slabi:

slabi podatki + dobra obdelava = slaba analiza = slabo odločanje

¹⁵ Obveščevalna dejavnost v SV in zavezništvu (Nato in EU) je nosilec vrednotenja geoprostora, zato je algoritem vrednotenja vsebinsko enak vojaškogeografskemu vrednotenju geoprostora z dodanimi obveščevalnimi vsebinami.

5.1 Vrednotenje geografskega prostora v zavezništvu

5.1.1 Vrednotenje geografskega prostora v Natu

Področje vrednotenja geografskega prostora je v Natu urejeno s standardizacijo geoprostorskih informacij in podatkov ter nadzorovanim uvajanjem v procese načrtovanja in izvajanja operacij ter drugih nalog v zavezništvu. Članice zavezništva imajo pravico nadzirati oblikovanje, reproduciranje in uporabo geografskih informacij svojega ozemlja in ozemeljskih voda ter določiti omejitve distribucije ter poznejše uporabe, če je izpolnjen pogoj, ki zahteva, da države članice lahko neovirano izvajajo načrtovanje ter politiko Nata.

Vsaka članica lahko neovirano zbira podatke ter opazuje ozemlja držav nečlanic in jih posreduje članicam, ki so odgovorne za pridobivanje in vzdrževanje teh podatkov glede na interesno območje. Zahteve poveljstev Nata za geoprostorsko podporo se uvedejo po posvetovanju s članicami, ki pokažejo interes za to podporo, ali z državo, v katere suverene pravice posegajo.

Izmenjava geoprostorskih informacij med državami za uporabo v zavezništvu je brez omejitve, poteka pa na podlagi dvostranskih sporazumov med udeleženkami (velja za geoprostorske informacije Nata in držav, ki niso članice). Izmenjava digitalnih geoprostorskih podatkov poteka po Natovem omrežju¹⁶ in izpolnjuje najvišje varnostne standarde varovanja pri prenosu podatkov.

V SHAPE je geoprostorska podpora umeščena v Diviziji za operacije in obveščevalno dejavnost, ki se funkcijsko povezuje z Obveščevalnim centrom v Londonu¹⁷. V združenih poveljstvih Nata je področje geoprostorske podpore organizacijsko umeščeno v sektor Podpora znanja¹⁸ v Centru znanja¹⁹ Direktorata za upravljanje znanja²⁰, v zvrstnih in taktičnih poveljstvih pa je področje v obveščevalno-varnostnih organih G/A/M-2.

Nato je za svoje odzivne sile vseh zvrsti, ki so namenjene delovanju na območjih zunaj zavezništva, v dokumentu Geoprostorska podpora Natovim ekspedicijskim operacijam²¹ opredelil sistem, procese in zmogljivosti geopodpore.

Regionalno poveljstvo posamezne operacije je odgovorno za geoprostorsko podporo silam, ki delujejo na njegovem območju odgovornosti. Sistem poslovanja deluje po načelu »potrebe po vedenju«, kar pomeni, da mora imeti uporabnik razlog za pridobitev geoprostorskega podatka. Prosto dostopne so le temeljne topografske karte, karte minskih polj in karte prometnih komunikacij za vse države, ki prispevajo sile v zavezništvo, ne glede na to, ali so članice EU in Nata ali ne. Ne glede na stopnjo tajnosti in upravičenca se vodi evidenca izdanih podatkov (digitalnih ali analognih).

¹⁶ V Natu se uporabljajo tri komunikacijska omrežja: LOCE, BICES – glavno obveščevalno hrbtnično omrežje, NATO WAN, ki je narejeno iz Natovega osnovnega digitalno prenosnega sistema (NIDTS), in CRONOS.

¹⁷ Intelligence Fusion Centre.

¹⁸ Knowledge support.

¹⁹ Knowledge center.

²⁰ Knowledge Management Directorate.

²¹ Geospatial support to Nato expeditionary operations, version 1.3, 2008.

5.1.2 Vrednotenje geografskega prostora v EU

Področje geoprostorske podpore v EU določa koncept geoprostorskih informacij²² kot način geoprostorske podpore vojaškim silam EU v operacijah kriznega odzivanja. Izvajalci so Celica za geoprostorsko podporo (GSC), Evropski satelitski center (EU SatCen) in države članice skupnosti. Koncept določa temeljna merila in vrsto geoprostorskih podatkov, ki jih vzdržujejo države članice EU, ter umeščenost in organiziranost geopodpore v Evropskem vojaškem štabu (EUMS). Določa naloge in odgovornosti članic EU na geoprostorskem področju, način in pogoje izmenjave, razdeljevanje ter pravice do razmnoževanja geoprostorskega gradiva (avtorske pravice). Priporočena je čim večja omejitev stopnjevanja tajnosti za geoprostorske podatke (razen za slikovne obveščevalne izdelke/IMINT). Standardizacija je temelj poveztivosti na tem področju, zato se priporoča uporaba Natovih standardov. Predstavniki EUMS sodelujejo v delovnih skupinah Nata.

Geoprostorsko podporo operacijam EU izvaja država, ki je nosilec te podpore²³ in ima ustrezno znanje, informacije ter podatke o kriznem območju²⁴. Članice morajo skrbeti za vzdrževanje geoprostorskih podatkov, za katere so prevzele odgovornost. RS zaenkrat nima obveznosti, razen vzdrževanja podatkov za svoje območje. Članice morajo vzdrževati metapodatkovno bazo o geoprostorskih podatkih in o stanju obveščati EUMS.

Izmenjava geoprostorskih podatkov med članicami poteka na podlagi sklenjenih dvostranskih sporazumov (strokovni nosilec za geoprostorske zadeve ter standardizacijo na tem področju je v organizacijski enoti (OE) MO, pristojni za razvoj kartografskega sistema za obrambo).

Vrednotenje geoprostora opravlja EU SatCen, ki je agencija Sveta EU, njen namen je izkoriščanje in priprava informacij, pridobljenih s satelitskim opazovanjem Zemlje, in sicer zaradi podpore skupni zunanji in varnostni politiki. Podatke pridobiva prek komercialnih satelitov, jih nato obdelava in pošlje Svetu EU. Članicam se analize posredujejo na podlagi njihovih zahtev. EU SatCen pripravlja obveščevalne informacije, ki jih večina držav na nacionalni ravni ne more.

5.2 Vrednotenje geografskega prostora v SV

Področje vrednotenja geografskega prostora in geopodpore SV podpirata dva organa v sestavi MO:

- OE, pristojna za razvoj kartografskega sistema za obrambo, pripravlja strokovne podlage za standardizacijo in izdelavo kart, nadzoruje aerosnemanja ter je skrbnik dvostranskih sporazumov s področja geopodpore²⁵;
- OE, pristojna za informatiko in komunikacije, ki načrtuje, razvija, uveljavlja in vzdržuje aplikacije ter administrira podatkovne baze geografskih podatkov, poleg tega pa oblikuje in upravlja prostorski podatkovni model in z njim povezane baze podatkov.

Usklajevanje in izvedbo nekaterih nalog s področja geoprostorske obveščevalne dejavnosti in slikovne obveščevalne dejavnosti opravlja delovna skupina, ki jo je imenoval minister za obrambo. V skupini so predstavniki OVS, SV, Inšpektorata za obrambo (IRSO) in predstavnika OE, pristojni za geoprostorsko podporo na MO.

²² EU Concept EDSP Geospatial Information, ki vsebinsko upošteva Natovo geoprostorsko politiko MC 296-1.

²³ Geospatial Supporting Nation.

²⁴ Za operacijo v Čadu je bila to Francija.

²⁵ RS ima podpisane dvostranske sporazume z Avstrijo, Nemčijo, Italijo, Veliko Britanijo, Madžarsko, Češko in ZDA. V pripravi sta sporazuma s Francijo in Hrvaško.

Proces geopodpore na MO je določen v Navodilu o zagotavljanju geoprostorskega gradiva pripadnikom SV pred napotitvijo v mednarodne operacije in na misije ter druge aktivnosti v tujini (MO, 2010). Geoprostorsko gradivo vključuje geodetske, topografske, letalske, hidrografske, kartografske, geofizikalne in slikovne podatke ali informacije v vseh oblikah, ki so georeferencirani v prostoru. Vključuje tudi publikacije in navodila, ki se nanašajo na geoprostorske podatke in geoinformacije interesnega območja.

Geoprostorsko gradivo se ob napotitvi SV v MOM zagotavlja po načelu:

- a) PSSV kot nosilec načrtovanja za sodelovanje v MOM ob načrtovanju opredeli potrebe po geoprostorskem gradivu in jih posreduje GŠSV, ki jih posreduje pristojni OE MO;
- b) OE, pristojna za razvoj kartografskega sistema za obrambo na zahtevo GŠSV na podlagi sklenjenih dvostranskih sporazumov na vojaškem geoprostorskem področju pridobi dodatno geoprostorsko gradivo ter strokovno pomaga pri njegovi uporabi. Strokovno pomoč pri uporabi gradiva daje tudi OE, pristojna za informatiko in komunikacije;
- c) PSSV sodeluje tudi pri načrtovanju potreb po geoprostorskem gradivu, operativno tehnično obdeluje to gradivo za potrebe organizacijskih enot SV in skrbi za distribucijo gradiva v te enote.
- d) OE, pristojna za informatiko in komunikacije, na zahtevo obveščevalno-varnostnega organa (J2) GŠSV obdeluje digitalno geoprostorsko gradivo in skrbi za njegovo arhiviranje in nadaljnjo distribucijo;
- e) OVS sodeluje pri pridobivanju in pripravi geoprostorskega gradiva. Poleg tega sodeluje pri pripravi usmeritev za upravljanje gradiva, ki je označeno s stopnjo tajnosti.

Geoprostorske informacije imajo pomembno vlogo pri načrtovanju in vodenju operacij SV. V operativnem smislu se geografska podpora SV deli na uporabnike in strokovnega nosilca. Analizo in uporabo geoprostorskih podatkov izvajajo uporabniki v SV, ki so usposobljeni za prostorske analize na svojem funkcionalnem področju:

- strokovni nosilec upravljanja in distribucije GIS-podatkov v SV je umeščen v obveščevalno-varnostni organ (G-2) Poveljstva sil SV, ki strokovno usmerja, zagotavlja, analizira ter nadzira upravljanje in distribucijo geoprostorskih baz podatkov v digitalni in tiskani obliki ter analizira in posreduje meteorološke podatke za območja delovanja SV. Sistem distribucije in upravljanja geoprostorskih podatkov deluje po načelu »potrebe po vedenju«. Upravičenost uporabe nadzoruje G-2 v Poveljstvu sil, ki tudi zagotavlja redno usposabljanje strokovnih nosilcev GIS v SV;
- uporabniki GIS-podatkov v SV (štabni organi) morajo biti usposobljeni za opravljanje prostorskih analiz za svoja področja odgovornosti.

Obveščevalne prostorske analize se izvajajo na vseh ravneh poveljevanja in z uporabo informacijskega sistema PINK:

- a) v Poveljniškem centru SV (POVC) spremljajo dejavnosti SV na območjih delovanja;
- b) na taktični ravni štabni organi (od S-1 do S-4) v poveljstvih bataljonov²⁶ in brigad;
- c) obveščevalno-izvidniški bataljon (5. OIB) s svojimi taktičnimi obveščevalnimi zmogljivostmi opravlja obveščevalne in geoprostorske analize na podlagi pridobljenih taktičnih obveščevalnih podatkov iz različnih virov.

²⁶ Pehotni in motoriziran bataljoni in drugi rodovski bataljoni (OKMB, RKBO, BNZP, BZO, AB, MOD, letalska enota SV).

Posredovanje geoinformacij od leta 2008 poteka prek intranetnega portala²⁷ obveščevalno-varnostnih organov SV, pomanjkljivost tega portala pa je, da je dostopen le pripadnikom teh organov. Leta 2011 je OE, pristojna za razvoj kartografskega sistema za obrambo, uvedla nov intranetni geoportal²⁸, katerega prednost je v tem, da bo dostopen širšemu krogu zaposlenih na MO in v SV.

Usposabljanje za uporabo geoprostorskega gradiva poteka med pripravami na MOM. Poveljstvo sil izvaja in usklajuje usposabljanje na področju, ki obsega seznanitev z geoprostorskim gradivom in njegovo uporabo pred odhodom v MOM. Podporo pri načrtovanju in izvedbi usposabljanja daje OE, ki sta pristojni za razvoj kartografskega sistema za obrambo ter za informatiko in komunikacije. Pri usposabljanju s področja upravljanja geoprostorskega gradiva lahko sodeluje tudi OVS.

Usposabljanje pripadnikov SV in OVS poteka v SATCEN (v Madridu), Natovi šoli v Oberammergau (GEO Officers Course, Geospatial Orientation Course itn.) ter v partnerskih vojskah (npr. sodelovanje v geopodpori na vaji NOBLE LIGHT v Nemčiji).

6 GEOPROSTORSKA OBVEŠČEVALNA PODPORA SV PRI CELOVITI PRIPRAVI OPERATIVNEGA OKOLJA (PREDLOG)

Voditelji članic Nata so na vrhu v Lizboni sprejeli nov koncept zavezništva, naslovili so ga Aktivno udejstvovanje, moderna obramba. V poglavju Obramba in odvrčanje je v točki 19 opredeljeno, da bo zavezništvo zagotovilo celoten obseg zmogljivosti, nujnih za preprečevanje vseh groženj varnosti članic in njihovega prebivalstva ter obrambo pred njimi. Poleg drugih zmogljivosti bo razvijal in vzdrževal robustne, mobilne in premestljive konvencionalne sile za izvajanje nalog po 5. členu in za ekspedicijske²⁹ operacije zavezništva, vključno z Natovimi odzivnimi silami (NRF).

Pri odzivanju Republike Slovenije na krizna žarišča imajo prednost MOM na območju Jugovzhodne Evrope, Bližnjega vzhoda in vzhodnega evropskega sosedstva, Srednje Azije ter Severne Afrike (OSRS, 2011: 9).

Načrtovanje zavezniških operacij določa Direktiva celovitega načrtovanja operacij zavezniškega poveljstva³⁰ v poglavju Razvoj znanja, in sicer vsebino analize interesnega območja, ki vključuje celovito pripravo operativnega okolja³¹ (CPOO) in obsega velikost območja, geografske oziroma oceanografske podatke in informacije ter meteorološke značilnosti in informacije družbenih sistemov PVESII.

Celovit vpogled in razumevanje operativnega okolja kriznih žarišč sta ključnega pomena za ugotavljanje pogojev, ki morajo biti izpolnjeni za uresničitev nalog in prepoznavanje prednosti, pomanjkljivosti ter tveganj za lastne sile, nasprotnika, nevtralne ali lokalne prebivalce in druge subjekte, ki so del geografskega okolja.

Za spremljanje in analizo potencialnih kriznih območij na območju interesa Republike Slovenije in zavezništva je treba izbrati model, ki bi omogočal izdelavo PVESII. Dosedanji pristop obveščevalne zagotovitve, ki je temeljil na obveščevalni pripravi bojišča, je glede na naravo zavezniških operacij,

²⁷ Avtor prispevka je sooblikoval geoportal in portal obveščevalno-varnostnih organov SV.

²⁸ Intranetni naslov: <http://moss/GEOP/DEFAULT.ASPX>.

²⁹ Ekspedicija je vojaška operacija, ki jo izvedejo oborožene sile za izpolnitev določenega cilja v tuji državi (The Characteristics of expeditionary forces, 2007, str. 17).

³⁰ Allied Command Operations Comprehensive Operations Planning Directive, 17.1 2010.

³¹ Comprehensive Preparation of the Operational Environment (CPOE).

ki so bolj zapletene in morajo poleg vojaških zmogljivosti upoštevati tudi druge udeležence na območju delovanja, neustrezen, zato se je zavezništvo odločilo za celovito načrtovanje operacij. Sistem pridobivanja podatkov in funkcionalna področja obveščevalne dejavnosti podpirajo celovit pristop CPOO, obveščevalna priprava bojišča pa poteka v tradicionalnih vojaških spopadih.

Za SV bi bil v procesu priprav na odločitve o sodelovanju primeren dopolnjen model raziskav in analize ekspedicijskega okolja³², ki ga uporabljajo ameriški marinci že od leta 1988 (Steele, 2010: 127), ker zagotavlja celovito in načrtno analizo tujih geografskih območij po ravneh in področjih (preglednica 4).

Preglednica 4: Model analize ekspedicijskega okolja

STRATEŠKA RAVEN integrirana uporaba vseh nacionalnih virov moči.	<i>vojaška vzdržljivost</i>	spodobnost vzdrževanja vojaških operacij v daljšem časovnem obdobju in prostoru
	geografska lokacija	geostateška lokacija in naravni viri
	<i>civilna zavezništva</i>	odnosi z zunanjimi politikami so strateškega pomena
OPERATIVNA RAVEN izbira časa, pristo ra in taktičnih postopkov za doseganje strateških ciljev.	<i>vojaška razpoložljivost</i>	razpoložljiva vojaška moč
	geografski viri	razpoložljivi naravni viri, ki zagotavljajo samozadostnost
	<i>civilna stabilnost</i>	notranje razmere, ki vplivajo na režim in uporniška učinkovitost
TAKTIČNA RAVEN Uporaba končne bojne moči v določenem času in prostoru.	<i>vojaška zanesljivost</i>	vpliv usposabljanja na vzdrževanje obstoječih zmogljivosti
	teren	geografske razmere, ki vplivajo na stopnjo mobilnosti
	<i>civilna psihologija</i>	notranja skupinska dinamika, ki vpliva na nacionalno kohezijo
TEHNIČNA RAVEN Specifične sposobnosti sistemov, neodvisno od zunanjih virov	<i>življenska doba</i>	učinkovitost tehničnih zmogljivosti ob predpostavki, da ni omejitev
	klima	atmosferske razmere, ki vplivajo na delovanje sistemov
	<i>civilna infrastruktura</i>	civilna energija, promet, komunikacije in finance

Vir: Grozde, 2011, prirejeno po USMC Intelligence center Marine Corps.

Model obravnava vse tri ravni poveljevanja (strateško, operativno in taktično), vojaške zmogljivosti, geografske razmere, civilno okolje in območje delovanja.

Vsako področje se deli po skupinah in podskupinah. Delitev po skupinah:

- raven vojskovanja: strateška, operativna, taktična, tehnična;
- vojaške zmogljivosti: kopenske, zračne in pomorske sile, podpora poveljevanju (C4I 2), bojna podpora, logistična podpora, pripravljenost, usposobljenost, popolnjenost, elektronsko bojevanje, RKBO itn.;

³² Expeditionary Environment Research & Analysis Framework & Model 1990, USMC Intelligence center Marine Corps combat Development Command, 1990 na OSS.Net.

- geografija: topografija, hidrografija, operativna infrastruktura, vpliv zemljišča na vojaške in humanitarne aktivnosti, letalske razmere, vodni viri, klimatske razmere;
- civilno okolje: politična stabilnost, psihologija, infrastruktura, naravni viri, gospodarstvo;
- območja delovanja: obalni pas, morske in kopenske vode, komunikacije iz pristanišč in z letališč, strateška območja, analiza notranjih območij.

Posamezni obravnavani elementi se ocenjujejo s tristopenjsko lestvico sposobnosti (nizka, srednja, visoka), kar omogoča prepoznavanje prednosti in slabosti ter groženj in tveganj na obravnavanem geografskem območju. Ta dopolnjeni model zagotavlja ustrezne parametre za kvalitativno analizo po metodologiji večparametrskega odločanja.

7 SKLEP

SV se je razvila iz množične vojske za teritorialno obrambo v majhno poklicno vojsko, ki je sposobna delovati tako v nacionalni obrambi kot v večini MOM na kriznih žariščih zunaj geografskega območja zavezništva. Krizna območja, na katerih deluje SV v sestavi zavezniških sil, so območja, ki so doživela izrazite družbene spremembe s splošno težnjo poslabšanja varnostnih razmer.

Obveščevalna geoprostorska podpora ima pomembno vlogo v vojaških in nevojaških operacijah ter zagotavlja temelj, na katerega so dodani druge informacije in podatki o bojišču oziroma operativnem okolju MOM.

Obveščevalno-varnostne potrebe poveljnikov na taktični ravni so v MOM mnogo bolj zapletene in zahtevne. Potrebe ne vključujejo le podatkov, nujnih za bojno delovanje, temveč predvsem podatke za zaščito sil in podatke o splošnih varnostnih, gospodarskih, političnih, socialnih, geografskih ter drugih področjih. Obveščevalno-varnostne zmogljivosti morajo ustrezno opravljati analize potencialnih območij že veliko pred odločitvijo o napotitvi SV v MOM.

Obveščevalno-varnostni organi SV so skupaj z OVS in organi MO, pristojnimi za geoprostorsko podporo, nosilci obveščevalnih analiz, vključno z analizami geoprostora v informacijskem sistemu poveljevanja in kontrole v SV doma in v MOM. Geoprostorska podpora SV je ustrezno normativno urejena, ker definirani procesi in naloge zagotavljajo kakovostno podporo ob racionalni izrabi znanja, kadrov in sredstev. Zahtevnost in zapletenost sistemov geoprostorske podpore zahtevata strokovno usposobljen kader obveščevalno-varnostnega področja SV in OVS, kar se zagotavlja z usposabljanjem za uporabo GIS in drugih orodij informacijskega sistema poveljevanja in kontrole ter področij obveščevalne analitične podpore poveljevanju doma in tujini.

Zaradi velike količine javnih in zaupnih podatkov ter informacij se neizogibno pojavlja zahteva po postavitvi učinkovitega in obvladljivega geoinformacijskega sistema, s čimer bo zagotovljena uporabniško prijazna, odzivna ter učinkovita geopodpora na vseh ravneh poveljevanja, s sposobnostjo identifikacije varnostnih tveganj, ki izhajajo iz obravnavanega geografskega prostora. Temeljne pogoje za delo zagotavljata intranetni portal obveščevalno-varnostnih organov SV, ki je dostopen le ožji strokovni javnosti, in intranetni geoportal MO, ki je dostopen širšemu krogu zainteresirane javnosti na MO in v SV.

Za Slovensko vojsko je, glede na zapletenost območij delovanja v MOM in zahteve zavezniške direktive po celoviti pripravi operativnega okolja, primeren dopolnjen model analize ekspedicijskih okolij, ki omogoča pripravo predhodne celovite analize interesnega območja z zaznanimi grožnjami, omejitvami in tveganji, ki bi vplivali na morebitno delovanje SV in zavezništva.

Model je primeren za pripravo SV na MOM na operativni in taktični ravni ter za tradicionalno vojaško analizo nasprotnikovih oboroženih sil in njihovih zmožnosti delovanja v povezavi s tujim geografskim okoljem. Poleg operativne uporabe odzivnih sil v tujem geografskem okolju je uporaben tudi v nadaljevalnih oblikah šolanja in usposabljanja pripadnikov SV, v simulacijskih sistemih, ki jih uporabljajo v PDRIU, ter na štabnih urjenjih v PS SV.

Obveščevalno-varnostne zmogljivosti MO in SV pripravijo v sodelovanju s PDRIU in drugimi specialisti iz izobraževalnih, znanstvenih ali raziskovalnih ustanov v Sloveniji celovito oceno operativnega območja še pred odločitvijo o napotitvi SV v MOM.

8 LITERATURA

- Allied Command Operations Comprehensive Operations Planning Directive, 2010, Supreme Headquarters Allied Power EuropeBelgium.
- Arnold, A. M., Becker J. J., Hodermarsky, G., T., 2007. The Characterictich of Expeditionary Forces, SAIC, Suffolk, ZDA
- Breclj, B., Brodnik, U., 2009. Geoprostorska podpora SV, ppt- predstavitev, PS SV, MO.
- Bric, R., ur., 2009. Zbornik Sodelovanje Republike Slovenije v mednarodnih operacijah in na misijah. Ljubljana, MO.
- Chairman of the Joint Chiefsof Staff. Geospatial Intelligence Support to Joint Operations, 2007. Armed Forces of the United States.
- Furlan, B., Rečnik, D., Vrabič, R., Maraš, V., Cerkovnik, J., Špur, B., Šonc, M., Tušak, M., Ivanuša, M., Gorjup, B., Kojadin, M., Lasič, K., Unger, M., 2006. Vojaška doktrina. Ljubljana, Defensor.
- Grozde, J., 2006. Geoinformacijska podpora procesom obveščevalnih analiz vojaških aktivnosti SV, zaključna naloga, Poljče, MO, SV, PDRIU, Poveljniško-štabna šola.
- Grozde, J., 2011. Obveščevalno vrednotenje geografskega prostora območij delovanj Slovenske vojske, zaključna naloga, Maribor, Ministrstvo za obrambo, SV, PDRIU, Poveljniško-štabna šola.
- Grozde, J., 2010. Obveščevalno vrednotenje geografskega prostora območij delovanj SV v mednarodnih operacijah in misijah, seminarska naloga, Maribor, MO, SV, PDRIU, Poveljniško-štabna šola.
- Joint Intelligence doctrine - B-GJ-005-200/FP-000/. 2003. Canadian Forces, Canadian National Defence.
- Model for Analysis of Expeditionary Environment (1989) http://www.oss.net/dynamaster/file_archive/040319/db1c4e2ea7cf89d0eb55807aba021316/OSS1999-P1-12.pdf (december 2010)
- Navodilo o zagotavljanju geoprostorskega gradiva pred napotitvijo pripadnikov SV v mednarodne operacije in na misije v tujini, št. 024-8-2010 z dne 30. 7. 2010, Ljubljana, MO RS.
- Obrambna strategija Republike Slovenije (predlog besedila, 3. 5. 2011), MO RS.
- Overview of Planning and Programming Factors for Expeditionary Operations in the Third World, 1990. Marine Corps Combat Development Command.
- Resolucija o splošnem dolgoročnem programu opremljanja in razvoja Slovenske vojske do leta 2025 (ReSDPRO). Uradni list RS, št. 99/2010, z dne 7. 12. 2010.
- Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije, Uradni list RS, št. 56/01, in Uradni list RS, št. 27/10.
- Rode, A., 2007. Vojaška obveščevalna dejavnost. Magistrsko delo. Celje. Fakulteta za logistiko.

- Steele, R., D., 2010. INTELLIGENCE for EARTH: Clarity, Diversity, Integrity & Sustainability. Virginia, Earth Intelligence.
- STANAG 3992 IGEO (EDITION 2) - MGD - TERRAIN ANALYSIS - AGeoP-1(A), 1999, Bruselj, NATO.
- STANAG 2241 Land Operations, ATP 3.2, 2003. Bruselj, NATO.
- Strategija sodelovanja v mednarodnih operacijah in na misijah, št. 87100-16/2009, 2009, Vlada Republike Slovenije.
- Šterbenc, M., 2010. Vpliv informacijskega sistema poveljevanja in kontrole na uspešnost procesa poveljevanja in kontrole v SV-magistrska naloga. Koper, Univerza na Primorskem, Fakulteta za management Koper
- Zupančič, J., 2006. Geografski pristopi k proučevanju kriznih območij. Izvirni znanstveni članek, http://www.ff.uni-lj.si/oddelki/geo/Publikacije/dela/files/Dela_25/01%20zupancic.pdf (december 2010)

O AVTORJU

Podpolkovnik **Jože Grozde** je univerzitetni diplomirani politolog, smer obramboslovje. Izobraževal in usposabljal se je doma in v tujini, med drugim je leta 2011 končal generalštabno šolanje v PDRIU. Opravljal je različne štabne dolžnosti, od pomočnika za operativne zadeve v 57. ObmŠTO, pomočnika za RKBO, pomočnika za obveščevalno dejavnost v 5. PŠTO do pomočnika za pehoto na GŠSV, ter vodstvene dolžnosti, od poveljnika bataljona, načelnika logistike v CVŠ do načelnika oddelka za obveščevalne analize in načelnika enote za podporo na GŠSV. Je avtor in soavtor različnih strokovnih del in člankov s področij obveščevalne geoprostorske podpore, logistike in RKBO. Trenutno je poveljnik Vojaške zdravstvene enote.

ABOUT THE AUTHOR

Lieutenant Colonel **Jože Grozde** graduated in political sciences, majoring in defence science. He was educated and trained in Slovenia and abroad, including the General Staff Military Education and Training at the Doctrine, Development, Education and Training Command which he completed in 2011. In his past career, he was assigned to various staff duties, such as Assistant for Operational Affairs at the 57th Territorial Defence (TD) District Command, Assistant for NBC Defence, Assistant for Intelligence Operations at the 5th TD Regional Command, Assistant for Infantry-related Duties at the SAF General Staff, and also performed leadership duties, including Battalion Commander and Head of Logistics at the Military Education Centre, Head of the Intelligence Analysis Department and Head of the General Staff Logistics Unit. He is the author and co-author of numerous publications and articles dealing with intelligence geospatial support, logistics and NBC defence. Currently, he is Commander of the Military Medical Unit.

Uvajanje geoinformacijske podpore prehodnosti terena za motorizirane enote Slovenske vojske

GIS Modelling of Terrain Trafficability for the Needs of the Slovenian Armed Forces' Motorised Units

Borut Vrščaj, Tone Godeša, Jasna Šinigoj, Gregor Petkovšek, Alenka Šajn Slak

Povzetek Informacije o prehodnosti tal oziroma zemljišč, vodotokov oziroma terena so ključne za dejavnosti med naravnimi nesrečami in vojaškimi operacijami. Informacija o možnostih prehodnosti terena je odvisna predvsem od lastnosti tal, prehodnosti vodotokov, reliefnih značilnosti ter sestave (vojaških) enot oziroma tehničnih lastnosti vozil. Sodobne GIS-tehnologije ponujajo možnost dobre presoje lastnosti prostora za premike vozil zunaj cestišč ter vizualizacije bojišča. Prispevek predstavlja vsebine projekta iPREHOD, ki se nanašajo na pridobivanje in obdelavo podatkov tal, vodotokov in kamnin, njihovo integracijo ter razvoj programskih orodij in zasnovo informacijskih sistemov ocene prehodnosti vojaških in mirnodobnih enot za posredovanje. V sklopu krepitev obrambnih sposobnosti Slovenije pa orodje predstavlja podporo vizualizaciji bojišča. Izvajalci projekta za Ministrstvo za obrambo so bili CGS plus, d. o. o., Geološki zavod Slovenije in Kmetijski inštitut Slovenije. Projekt Informacijska podpora pri odločanju z vidika prehodnosti terena (iPREHOD) je bil narejen v več delih, in sicer zajem in obdelava pedoloških podatkov, prehodnost vodotokov, lastnosti kamnin ter izdelava aplikacije iPREHOD. Ti sklopi so zagotovili informacije, ki so omogočile zasnovo informacijske podpore za oceno prehodnosti terena za vozila in vizualizacijo morebitnega bojišča.

Ključne besede Prehodnost, tla, pedološka karta, vojaški premiki, modeliranje, ArcGIS.

Abstract Information about the trafficability of soil/land, water bodies or terrain is key for activities during natural disasters and military operations. Information on off-road trafficability of the terrain depends in particular on soil properties, water network trafficability, relief, and the units' composition or vehicles' technical characteristics. Advanced GIS technologies enable good assessment of off-road trafficability and - at the same time - the visualisation of the battlefield. The iPREHOD

project described in the article represents the collection and processing of information on soil, water bodies and rocks, its integration and the development of GIS support tools and the concept of information systems for the determination of possible pathways and potential battlefield visualization. The RS Ministry of Defence project was implemented by CGS plus, d.o.o., the Ljubljana Geological Institute and the Agricultural Institute of Slovenia. The iPREHOD project was organised into several following segments: 'Collection and Analysis of Soil Data', 'Trafficability of Water Bodies', 'Lithology' and the 'iPREHOD Application'. These segments provided information which enabled the conceptualisation of information support for assessing the off-road trafficability for vehicles and the visualisation of a potential battlefield.

Key words Trafficability, soil, soil map, troop movements, modelling, ArcGIS.

1 UVOD

V prispevku predstavljamo tematiko prehodnosti prostora za vojaške enote. Vsebine so rezultat projekta iPREHOD, ki ga je financiralo Ministrstvo za obrambo med letoma 2007 in 2009, in posegajo na tri glavna področja, ki so merodajna za prehodnost prostora: prehodnost tal in teramehanika, prehodnost vodotokov ter lastnosti kamnin; vse v okviru sodobnih geoinformacijskih orodij in postopkov. V prispevku se tako povezujejo tri različna področja:

- prehodnost tal oziroma zemljišč: področje teramehanike z zbiranjem fizikalnih podatkov tal in GIS-aplikacijo prehodnosti zemljišč;
- prehodnost vodotokov: merjenje prehodnosti vodotokov in prototipno oblikovanje baz podatkov o vodotokih;
- geomehanske lastnosti kamnin: lastnosti kamnin v okviru premikov in vojaškega delovanja v prostoru oziroma na bizišču.

Ta področja povezuje končna povezovalna računalniška aplikacija iPREHOD, ki kot operativni modul ArcMAP v svojih podatkovnih bazah združuje podatke o tleh, vodotokih in kamninah ter jih obdeluje, uporablja in vizualizira za podporo odločanju o premikih vojaških enot v slovenskem prostoru.

1.1 Prehodnost tal oziroma zemljišč

Tla kot nosilni medij. Tla so naravno telo, sestavljeno iz plasti (horizontov) z različnimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi. Fizikalne lastnosti posameznih horizontov (mineralna sestava, organska snov, zrnavost/tekstura, vodne razmere itn.) se lahko zelo razlikujejo in določajo lastnosti celotnega talnega profila¹ (v nadaljevanju tal), ki skupaj z lastnostmi podtalja in klimatskimi parametri (količine in razporeditev padavin, temperature itn.) določajo lastnosti in primernost tal oziroma prostora za različne rabe. Podatki o vozilih, ki so potrebni za napovedovanje njihove prehodnosti na naravnih, neutrjenih podlagah, se nanašajo na značilnosti vozil in so: kolesna obremenitev, razporeditev teže, radij oziroma premer kolesa, radij kotaljenja, širina pnevmatike, tlak polnjenja, podajnost in višina pnevmatike, premer platišča, število osi, moč motorja.

¹ Talni profil je navpični presek skozi talne horizonte od površine do matične podlage, največkrat kamnine.

Podatki o tleh Slovenije. Digitalni prostorsko opredeljeni podatki o tleh primerne kakovosti za modeliranje prehodnosti vozil so v Sloveniji prikazani predvsem v okviru pedološke karte 1 : 25.000 (PK 25) in točkovnih podatkov pedoloških (talnih) profilov (PP). Digitalizacijo pedološke karte v vektorsko obliko je v letih 1992–1997 financiralo Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano (MKGP). Vsak poligon PK 25 predstavlja območje, na katerem v naravi zasledimo do tri različne tipe tal (talna sistematska enota – TSE), katerih lokacija znotraj poligona ni opredeljena, zastopanost v poligonu pa je ovrednotena z deležem. Bistveni atributni podatek vsakega poligona PK 25 vsebuje ime TSE in numerične podatke na podlagi ekspertne ocene, izvedene iz opisov in analiz talnih profilov ter izražene kot povprečna vrednost znotraj posameznega poligona. V PK 25 Slovenije je 935 različnih talnih tipov, razporejenih v 1861 kartografskih enot, ki sestavljajo karto 10.787 različnih poligonov. Podatki talnih oziroma pedoloških profilov so geokodirani in obsegajo identifikacijo 5409 talnih horizontov, njihov morfološki opis in fizikalno-kemijske analize. Ti podatki so bili pridobljeni pretežno za izdelavo osnovne pedološke karte, predvsem za kmetijstvo, zato so lokacije profilov, opis in analize horizontov prilagojeni metodi identifikacije talnih tipov.

Nosilnost in prehodnost tal za vojaška vozila. Za vojaške aktivnosti je značilna uporaba velikega števila zelo zmogljivih vozil različnih izvedb na zemljiščih zelo različnih lastnosti. Nosilnost naravnih površin v splošnem ni znana, je spremenljiva in odvisna od mnogih dejavnikov. Za ustrezno napovedovanje sposobnosti prehoda vozil je treba poznati značilnosti zemljišč na predvideni trasi prehoda. Ena glavnih značilnosti pri napovedovanju prehodnosti vozil je nosilnost oziroma trdnost tal, ki je v povezavi z lastnostmi tal, reliefom, geološko podlago, fazo rabe in trenutnim stanjem vlažnosti. Za določitev sposobnosti vozil in strojev ter interakcije vozila in podlage je potrebno predvsem dobro poznavanje mehanskih lastnosti in geometrije površine tal ter karakteristike vozil. Do danes še ni bila sprejeta univerzalna, standardizirana metoda za določanje mehanskih lastnosti tal. V uporabi so trije načini oziroma metode določanja teh lastnosti, ki so povezane z mobilno sposobnostjo vozil, in sicer metode penetrometra, bevametra in gradbene mehanike tal. S kombinacijo metod penetrometra in bevametra izboljšamo natančnost presoje prehodnosti zemljišč za vojaška vozila.

Ocena nosilnosti in prehodnosti tal. Na podlagi naštetih parametrov vozila in mehanskih lastnosti tal lahko z različnimi modeli dokaj natančno napovemo karakteristike prehodnosti vozila: kotalni upor, zdrs koles, vlečno silo, ugrezanje koles, globino kolesnic, število prehodov koles oziroma vozil, zbijanje tal, nazivni tlak na stični ploskvi kolesa in tal, indeks tlaka na stični ploskvi, mejni specifični odpor tal, kolesno število, vrtilni moment na pogonskih kolesih in obodno silo na pogonskih kolesih. Za predvidevanje prehodnosti terena, predvsem za vojsko, so znani posebej razviti modeli, na primer: MosSAF/SIMNET, CCTT, WARSIM in NRMM II. Najbolj natančno je mogoče predvideti prehodnost in vlečne karakteristike vozil, če naredimo analizo na podlagi meritev mehanskih lastnosti tal na obravnavani lokaciji tik pred prehodom. Ker pa je večina lastnosti tal, ki vplivajo na prehodnost, povezana z lokacijo (tip tal, naklon, relief, ovire itn.), je mogoče pripraviti digitalno karto bistvenih fizikalnih lastnosti tal. S pomočjo take karte ter ob upoštevanju karakteristik vozila in stanja tal lahko ocenimo zmožnost premikanja vozil. Za pripravo karte mehanskih lastnosti tal za celotno območje države pa sta nujna večje število meritev in njihova ustrezna prostorska interpretacija v GIS-okolju, kar je predmet tega projekta.

Stvarna ocena nosilnosti in prehodnosti tal poteka na podlagi skoraj nespremenljivih podatkov:

- lastnosti tal (zrnavost, skeletnost, organska snov),
- reliefa (nagib zemljišča, konkavnost, konveksnost),
- prostora (raba tal).

Na njihovi podlagi je mogoče podati dobro oceno nosilnosti in možnosti prehoda za vozila z določenimi tehničnimi karakteristikami. S temi podatki je mogoče vnaprej načrtovati smeri in koridorje prehodov. Dejanska prehodnost terena za vojaška vozila v krajšem časovnem obdobju je odvisna od prej navedenih parametrov in trenutnih meteoroloških dejavnikov ter medsebojnih vplivov.

V projektu smo razvili **GIS-model napovedovanja prehodnosti tal oziroma zemljišč za vojaška vozila** v Sloveniji. Model je samostojen operativni GIS-modul, ki prikaže GIS-informacijske sloje prehodnosti zemljišč in **je sestavni del končne aplikacije prehodnosti prostora ArcMAP in vizualizacije bojišča iPREHOD.**

1.2 Prehodnost vodotokov

Vodotoki so najbolj dinamičen (spremenljiv) del vodnega kroga in zato najbolj dinamičen vojaškogeografski prostorski dejavnik, ki močno vpliva na možnosti prehajanja terena. Rečna korita oziroma struge in s tem rečna mreža se neprestano spreminjajo in prilagajajo razmeram v lokalnem kroženju vode. Nekatere spremembe so hitre (na primer ob visokih vodah se spremenijo vodostaj, hitrost toka, oblika ali celo potek korita), druge pa so bolj postopne (izsušitev zaradi upadanja gladine podzemne vode, zakrsevanje). Večina slovenskih rek ima hudourniški značaj. To pomeni, da pretoki zelo hitro narastejo in hitro tudi upadejo, večji del vode pa odteče ob visokovodnih ali celo poplavnih valovih (Bratun, 2005). Ugotavljanje prehodnosti vodotokov za vojaško rabo zato predstavlja poseben problem.

Pri presoji prehodnosti terena zahtevajo vodotoki posebno pozornost. Poleg topografskih omejitev območij vodotokov, kot so na primer nagib in trdnost brežin, širina in globina vodnega telesa ter trdnost in oblika dna, je treba upoštevati še lastnosti vodnega toka, in sicer **največje pretočne hitrosti** in **največje pretočne globine**. V nasprotju z drugimi dejavniki, ki so s časom manj spremenljivi, pa so parametri, povezani s tokom vode, lahko bistveno spremenljivi. Razlogi za to so:

- pretok vode v strugi (količina vode, ki preteče skozi presek vodotoka v časovni enoti) se spreminja;
- morfologija dna se spreminja, ker lahko vodni tok tudi erodira dno in brežine, premešča plavine in jih drugeje spet odlaga.

Pri slovenskih vodotokih so lahko razlike v pretoku tudi 100-kratne. Posledica tega so tudi spremembe v pretočni hitrosti in globini. O posameznem prerezu vodotoka torej pogosto ne moremo dati preproste ocene, ali je prerez struge vodotoka prehodni ali ne. Nek prerez je namreč lahko prehodni pri nizkih vodostajih, pri visokih pa ne. Smiselno je torej iskati odgovor na vprašanja:

- koliko časa je nek prerez prehodni in koliko ne, na primer v odstotkih časa ali v dneh na leto;
- ali je v danem trenutku prerez prehodni;
- ali je pri izbranem pretoku, če ga lahko za predviden čas prehoda napovemo ali vsaj ocenimo, prerez prehodni.

Da bi dobili odgovor na navedena vprašanja, potrebujemo podatek o časovni porazdelitvi pretokov v prerezu vodotoka, kar se imenuje **krivulja trajanja pretokov**. Ta podaja odnos med časom in pretokom. Vrednost pretoka pri določenem času izražamo v dnevih na leto, pri čemer število dni pove, koliko dni na leto se pojavlja pretek, ki je večji ali enak vrednosti na krivulji pri tem času.

Krivulje za postaje rečne mreže, ki jih upravlja, na zahtevo posreduje Agencija Republike Slovenije za okolje. Za prereze vodotokov, za katere podatki o izmerjenih pretokih niso na voljo, imamo več možnosti. Če je v bližini vodomerna postaja na istem ali bližnjem vodotoku, lahko predpostavimo,

da so pretoki v določenem sorazmerju z velikostjo prispevne površine, pri čemer pa je treba upoštevati še hidrološke dejavnike.

Za oceno prehodnosti vodotoka pa moramo določiti pretočne globine in hitrosti. Zvezo med pretokom in omenjenima količinama lahko dobimo z meritvami ali z numeričnimi modeli. Prvi način je zanesljiv, vendar je omejen na prereze, za katere imamo znano pretočno krivuljo. Na podlagi vodostaja in geometrije pretočnega prereza lahko preprosto določimo največjo pretočno globino in srednjo pretočno hitrost. Ker je malo verjetno, da bi načrtovali prehod žive sile in vojaške tehnike le v prerezih opazovalne mreže, je uporaba tega načina razmeroma omejena. V primerih, ko želimo informacijo o prehodnosti poljubnega prereza vzdolž vodotoka, si pomagamo z numeričnimi simulacijami toka vode, za katere uporabljamo numerične modele. Tudi ti modeli dajejo zanesljive rezultate, če zagotovimo ustrezno kakovost vhodnih podatkov in smo model primerno umerili. Danes obstaja precej numeričnih modelov za simulacijo toka vode. Mednje spadajo na primer komercialni programi iz skupine MIKE Danskega hidravličnega inštituta. Za oceno prehodnosti so primerni tudi manj zmogljivi, nekomercialni numerični modeli, kot je npr. HEC-RAS, ki ga je razvil Hidrološki inženirski center (Hydrologic Engineering Center – HEC) znotraj inženirske enote ameriške vojske (US Army Corps of Engineers – USACE). Program je precej razširjen in uporabljen, ne le v ZDA, temveč tudi v Evropi in ima pomembno mesto tudi v hidrotehnični praksi v Sloveniji. Namenjen je analizi rečnih sistemov z različnih vidikov, kot so na primer varstvo pred poplavami, analiza delovanja hidrotehničnih zgradb itn. Poleg pretočnih globin in hitrosti je mogoče z njim izračunati tudi vrsto drugih parametrov.

Posebno pozornost je treba nameniti tudi določanju največje pretočne hitrosti, ki se lahko bistveno razlikuje od srednje, ki jo večinoma dajejo modeli. Tu si je treba pomagati s teoretičnimi izsledki porazdelitve hitrosti po globini in z oceno porazdelitve hitrosti v prečni smeri.

Pri tem si lahko pomagamo tudi z meritvami. Razmeroma preprosto in natančno meritev lahko opravimo s plovcem, ki ga vržemo v reko, pri čemer izmerimo čas, v katerem prepotuje vnaprej znano razdaljo, ki jo izmerimo na bregu. Hitrost izračunamo kot kvocient med razdaljo in časom. Učinkovitejše meritve pa lahko izvajamo z ustrezno mersko opremo, pri čemer dobimo tudi posnetek dna struge in porazdelitev hitrosti.

Govorimo o akustičnih merilnikih, ki merijo pretok na podlagi Dopplerjevega pojava (spremembo med oddano in sprejeto frekvenco). Za merjenje pretoka rek se uporablja frekvenčno območje med 500 in 2000 kHz. Hitrost toka merimo posredno s hitrostjo delcev v vodi (suspendiranih delcev, zračnih mehurčkov itn.). Globino struge merimo kot čas potovanja signala do dna in nazaj do sprejemnika. Meritve izvajamo tako, da z dvema vrvema in dvema izvajalcema na nasprotnem bregu prek vodotoka vlečemo instrument ADCP (navadno čolniček trimaran). Meritve pa lahko opravljamo tudi iz čolna, z mostu ali prek žične premostitve. Merilnik hkrati meri hitrost (porazdelitev hitrosti v preseku) in globino struge oziroma kaže posnetek dna struge.

1.3 Mehanske lastnosti kamnin

Sedanja generalna inženirsko-geološka karta v merilu 1 : 250.000 podaja le posplošene inženirsko-geološke značilnosti slovenskega terena. Inženirsko-geološke karte je mogoče izdelati tudi za točno določen namen, lahko na primer dajejo tudi informacijo o zahtevnosti posegov v določen tip kamnine. Pri izdelavi tematskih inženirsko-geoloških kart so kamnine na podlagi njihovih lastnosti razvrščene v razrede primernosti načrtovanega posega. Mehanske lastnosti kamnin pogojujejo zahtevnost posegov v podlago, zato so digitalni podatki mehanskih lastnosti kamnin Slovenije temelj pri analizah in ocenah prehodnosti ter vkopov vojaške mehanizacije in enot.

Inženirsko-geološka karta, ki opredeljuje inženirsko-geološke značilnosti slovenskega ozemlja, temelji na osnovni, tristopenjski delitvi, pri kateri so kamnine (geološki pojem) na prvi stopnji razvrščene v zemljine, polhribine in hribine (prva raven, inženirsko-geološki pojmi). Na drugi ravni se zemljine delijo v ravninske (aluvialni nanosi rek in potokov), pobočne (deluvialni, proluvialni nanosi, pobočni vršaji in grušči), kamenotvorne (kamnine, ki imajo lastnosti zemljin in gradijo teren oziroma oblikujejo krajino) in antropogene (umetno ustvarjeni zasipi večjih površin). Polhribine so delno litificirane, njihova vlaga, trdnost in druge geomehanske lastnosti pa so še prenizke, da bi se uvrstile v hribine, zato jih ločujemo od hribin. Hribine se delijo v klastite, karbonate, metamorfne in magmatске kamnine. Na tretji ravni poteka delitev v tri skupine, v geotehnično najmanj primerne, srednje primerne heterogene kamnine in najbolj odporne kamnine. Če se menjavajo plasti geotehnično različnih kamnin, se pri uvrstitvi upoštevajo lastnosti prevladujoče kamnine.

Pri razvrščanju kamnin glede na inženirsko-geološke lastnosti je treba upoštevati geološko pestrost slovenskega ozemlja s poudarkom na lokalni ravni. V naravi zelo redko nastopa samo ena litološka homogena kamnina, največkrat se litološke različice menjavajo med seboj ali pa med prevladujočo kamnino nastopajo vložki, plasti ali žile druge kamnine. Zaradi tega pri razvrščanju in združevanju enot ni smiselno vedno upoštevati klasifikacij, ki so utemeljene v raznoliki literaturi, temveč je treba problematiko reševati skladno z lokalnimi lastnostmi kamnin oziroma enot, torej s podrobnimi opisi iz baz vrtin in sondažnih izkopov, ki so včasih opremljeni tudi z geomehanskimi meritvami kamnin.

Zahteva po kakovostnih prostorskih podatkih narekuje kot optimalno merilo za obdelavo in prikaz rezultatov vhodne podatke v merilu 1 : 25.000. Tako merilo že omogoča neposredno uporabo informacije na terenu, obenem pa je dovolj splošno, da je obdelava podatkov obširnega območja obvladljiva. Tak podatek obstaja v Sloveniji samo v obliki rokopisnih litoloških kart, ki so v letih 1965–1987 služile kot podlaga za izdelavo osnovne geološke karte SFRJ v merilu 1 : 100.000 (OGK-1). Zaradi dolgega obdobja, ko so karte nastajale, jih je bilo treba najprej litološko reinterpreterirati in nato vsebinsko prerazvrstiti za ta projekt. Reklasifikaciji je sledil zajem podatkov v GIS s poudarkom na preverjanju zajetih podatkov. Naslednja stopnja je bilo usklajevanje robov kart, saj območje Slovenije pokriva 290 listov rokopisnih geoloških kart. To je potekalo po že osvojeni metodologiji, ki je bila uporabljena za usklajevanje robov OGK-1.

Inženirsko-geološko karto Slovenije smo nazadnje nadgradili s podrobnejšimi arhivskimi podatki iz baze vrtin in sondažnih izkopov. Namen te nadgradnje je bil izdelava natančne karte mehanskih lastnosti kamnin s sintezo podatkov litologije in inženirsko-geoloških lastnosti enot (geomehanskih lastnosti – litifikacija kamnin, vsebnostjo glinaste frakcije v strukturi kamnine, razpokanostjo, preperelostjo, globino in debelino). Karta mehanskih lastnosti kamnin podaja informacijo o nosilnosti kamnin in njihovi odpornosti na izkop.

1.4 Razvoj aplikacije ArcGIS za podporo odločanju o premikih na bojišču

Aplikacija iPREHOD je razvita za določanje možnosti in optimizacijo premikov med dvema lokacijama na terenu, in sicer na podlagi fizikalnih lastnosti prostora (lastnosti tal, vodotokov in kamnin), rabe zemljišč in sestave vojaških enot. V celoti je izdelana z računalniškimi algoritmi v programskem okolju ArcGIS (ESRI). Aplikacija vključuje podatkovne strukture, vizualizacijo in programska orodja (Toolboxes), ki vsebujejo tudi postopke in algoritme modelov za izračun prehodnosti terena, možnosti vkopavanja in optimizacijo prehodov bojišča oziroma terena. Uporabljajo jo lahko uporabniki sistema TIS PINK Slovenske vojske na ravneh poveljevanja, ki so skladne z ustaljeno prakso in notranjimi pravili ter organiziranostjo Slovenske vojske. Je integrirana v modul ArcMAP, ki je del programskega okolja ArcGIS Desktop, ob koncu projekta je dobila obliko prototipa.

Uporabniški vmesnik deloma temelji na novih programskih knjižnicah in na vseh sedanjih funkcijah in orodjih, ki so standardno prisotni v ArcMAP. V aplikaciji so dosegljiva vsa orodja in funkcionalnosti standardnega programskega vmesnika ArcMAP, kot jih na računalniku uporabnika določa trenutni obseg licenc ArcGIS. Uporabnik dostopa do aplikacije, opravlja analize podatkov in jih shranjuje.

Aplikacija obsega:

- bazo vozil v SQL Server RDBM;
- integriran GIS-modul za oceno prehodnost tal ali zemljišč;
- bazo prostorskih podatkov v datotečni obliki:
 - vhodni podatki (Grid, Shape),
 - rezultati izračunov modelov (Grid, Shape);
- dokument MXD z vhodnimi podatki;
- ekstenzijo iPrehod 9.2 (iPrehod.exe za namestitve);
- programske knjižnice (*.dll).

Vhodni podatki pokrivajo območje vse Slovenije, z izjemo območij, ki ne omogočajo prehoda terena za vojaško mehanizacijo (npr. predeli visokogorja).

Podatke aplikacije delimo na:

- rastrske informacijske sloje, ki jih definiramo v štiri bistvene skupine:
 - pedološki (globina tal, teksturni razred in količina gline vrhnjega horizonta, struktura, povprečna skeletnost, kohezivnost in drugi),
 - geološki podatki (geomehanske lastnosti kamnin, kategorizacija vkopa),
 - podatki prehodnosti rek (rečne brežine, globina in dno),
 - podatki prostora (DMR in derivati, raba tal in drugi);
- atributne baze podatkov:
 - opredelitev enot,
 - parametri mehanizacije.

2 UPORABLJENI MATERIALI IN METODE

2.1 Pridobivanje podatkov fizikalnih lastnosti tal za presojo prehodnosti zemljišč

Na točki vzorčenja poteka pridobivanje podatkov o fizikalnih lastnostih tal, ki jo uporabljamo na Kmetijskem inštitutu Slovenije. Z računalniško vodeno in hidravlično gnano napravo tipa bevameter (Bekker value meter), na katero so nameščena standardna orodja, kot so penetrometer, krilna sonda ter strižna in pritisni plošči, pridobimo podatke, iz katerih izračunamo prej navedene parametre fizikalnih oziroma mehanskih lastnosti tal.

Vrtalna naprava za odvzem neporušenega vzorca tal. Za merjenje fizikalnih lastnosti tal v povezavi s talnimi horizonti je bilo treba razviti napravo za jemanje neporušenega vzorca tal (Slika 1). Za vrtnje je narejen pogonski mehanizem s predležjem z izvedbo drsnih ležajev in verižnim prenosom vrtilnega gibanja od pogonskega hidromotorja na glavno pogonsko vreteno vrtalnika. Vreteno omogoča vijačno pritrditev vrtalne cevi. Ves pogonski mehanizem je nameščen

na vertikalno pomičnih saneh, ki omogočajo pomik vrtnalne cevi pri vrtanju navzdol. Pogon pomicanja sani je izveden s hidravličnim cilindrom. Na koncu cevi je vrtnalna krona z zobci iz karbidne trdine, kar zagotavlja ustrezno trdnost tudi ob naletu na skelet ali kamnino. Oblika in razporeditev zobcev sta taki, da zagotavljata kar najmanjšo poškodbo zemljine, ki se kot vzorec shranjuje v notranjo, mirujočo cev. Vodila sani s pogonskim mehanizmom so vpeta na podnožje vrtnalnika, tako da je omogočena rotacija celotnega vrtnalega sklopa v horizontalni položaj, v katerem izvlečemo dvodelno cev z vzorcem tal. Vzorec odložimo v posebno korito, v katerem poteka pedološka analiza.



Slika 1: Vrtnalna naprava za odvzem neporušenih talnih vzorcev



Slika 2: Analiza in vzorčenje horizontov oziroma talnega profila

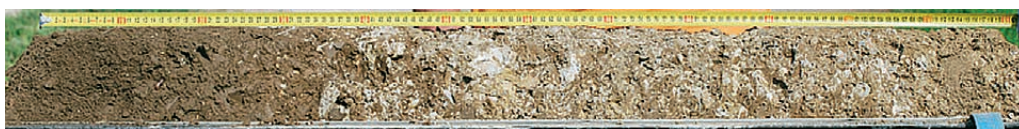
Vrtnalna naprava je primerna za vrtanje na mehkih hidromorfih (slika 3) in šotnih tleh (slika 4), v katerih je bilo pričakovati večje deformacije talnega vzorca, in na skeletnih tleh, v katerih je bilo pričakovati porušitev vzorca zaradi skeleta (slika 5).



Slika 3: Talni profil – izvrtina hidromorfih, v vodni fazi mehkih mineralnih glinastih tal



Slika 4: Talni profil – izvrtina mehkih organskih šotnih tal



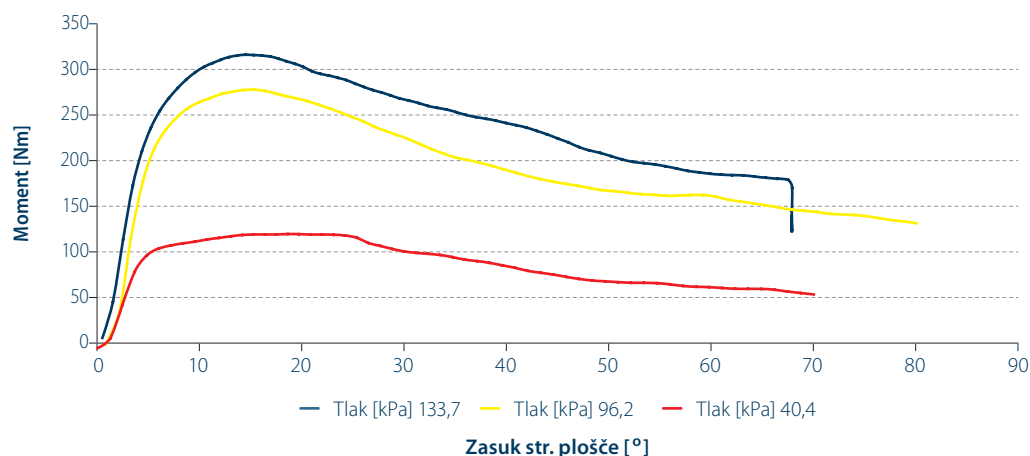
Slika 5: Talni profil – izvrtina plitvih, dobro nosilnih skeletnih tal na dolomitnem vršaju

Morfološki opis talnega profila delamo s pomočjo hidravlično vodene naprave za vzorčenje neporušenega talnega vzorca premera 20 cm in do največje globine 130 cm. Neporušen talni vzorec prenesemo v prirejeno ležišče, ki omogoča podroben morfološki opis in odvzem talnega vzorca za kemijsko analizo. Morfološki opis tal obsega določitev horizontov, barvo, strukturo, teksturo, količino in vrsto organske snovi, količino in obliko korenin, količino, vrsto in obliko novotvorb ter količino, vrsto, obliko in velikost skeleta. Iz vsakega horizonta vzamemo reprezentativni vzorec za standardno pedološko analizo, opravimo meritve pH in določimo obstojnost strukturnih agregatov po metodi Sekere. Za pripravo celovitega opisa smo razvili standarden obrazec in protokol za opis talnega profila in horizontov.

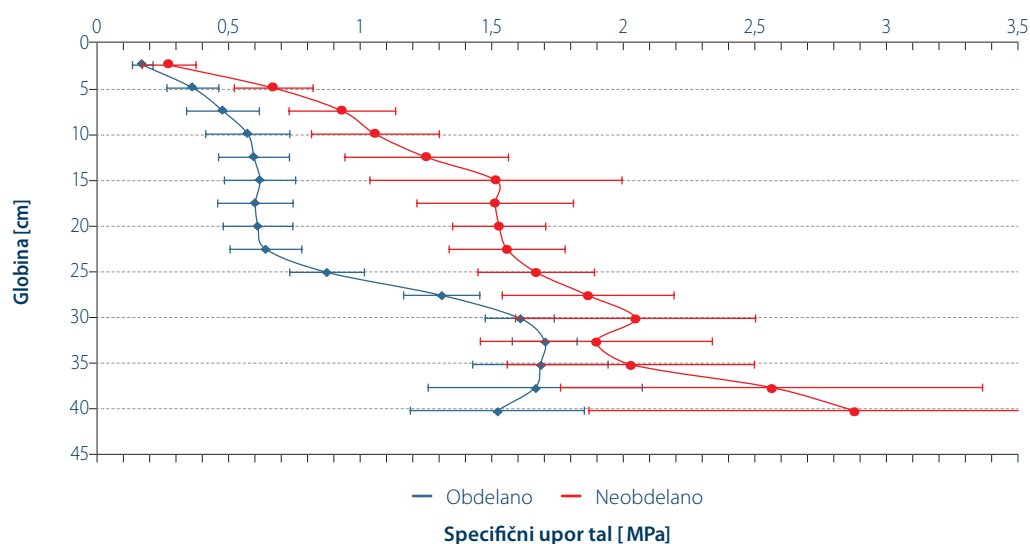
Merjenje fizikalnih lastnosti tal poteka s penetrometrom. Z meritvijo beležimo specifični upor tal v centimetrskem koraku do globine 60 cm, strižno trdnost s krilno sondo v korakih po 10 cm do globine 50 cm, medtem ko določanje kohezije, kota notranjega trenja in parametrov vertikalne nosilnosti poteka na površini.



Slika 6: Bevameter s penetrometrom, naprava za merjenje specifičnega upora tal in strižne trdnosti tal



Slika 7: Bevameter, primer merjenja strižne trdnosti tal in graf izmerjenih veličin



Slika 8: Statistična obdelava merjenih podatkov specifičnega upora tal

Podatke bevametra združujemo s podatki morfološkega opisa talnih horizontov in celotnega profila. Na podlagi sinteze podatkov smo izdelali GIS informacijske sloje fizikalnih lastnosti tal za oceno prehodnosti tal oziroma uporabo modela reliefa zemljišč v prostoru.

2.2 GIS-model za oceno prehodnosti tal oziroma zemljišč za vozila

GIS-model prehodnosti zemljišč za vozila (MPZ) je zbirka programske kode, narejena v programskem jeziku AML, deluje v ukaznem oknu ArcWorkstation ali pa jo celovito integriramo v aplikacijo ArcMAP iPREHOD. Ker je AML-okolje stabilno in dobra preizkušeno, predvsem bistveno hitrejše od različice ArcGIS Toolbox, ter hkrati omogoča popolno

integracijo v ArcGIS, smo model prehodnosti zemljišč razvili kot samostojno aplikacijo, ki se poganja parametrično. Bistvene funkcionalnosti modela prehodnosti zemljišč so:

- kakovosten izračun ocene težavnosti prehoda tal za vozila glede na interpretirane podatke tal, tehnične podatke vozil in terena;
- ustrezna hitrost poteka izračunov;
- parametrično pomikanje izreza prostora (mapextent) in s tem izračuna prehodnosti po vsem obsegu podatkov;
- nivojska obravnava podatkov glede na kakovost s ponazoritvijo natančnosti ocen;
- zvezna obravnava območij s podatki različnih natančnosti.

2.3 Podatki za model prehodnosti terena za vozila

MPZ zahteva prostorsko opredeljene podatke (ESRI-grid) in konstante. Spremenljivke, ki opredeljuje tehnične lastnosti posameznega vozila, so zbrane in vzdrževane v bazi podatkov vozil. MPZ poženemo parametrično s 13 podatki o vozilu: oznaka vozila, tlak v pnevmatiki (kPa), podana sila kolesa na tla (kN), skupna masa/teža vozila (t), deformacija pnevmatike (m), premer (m), povprečna širina (m) in višina pnevmatike (m), nazivna moč (kW), število osi, število pogonskih osi, največji vzdolžni vzpon (°), največji prečni nagib (°), globina brodenja (m), naziv vozila. Kot parameter MPZ so podane še mejne koordinate območja modeliranja ter korekcijski faktor pri izračunu globine kolesnic v razponu od 0,8 do 1,2.

Model MPZ je zasnovan tako, da obdela podatke specifičnega upora tal – cone index (Ci), digitalnega modela višin (DMV) in rabe zemljišč (raba) v dveh GIS-zbirkah podatkov (skupno šest ESRI-gridov):

- set A vsebuje podatke večje natančnosti, tako v vsebinskem, položajnem in geometričnem pomenu. Za Ci A – Cone Index večje natančnosti je vir podatkov natančnejša pedološka karta (vir: MKGP in CPVO, 2001). Ci-vrednosti (kPa) so merjene, statistično ali ekspertno ovrednotene za vsak talni tip posebej in nato ovrednotene za posamezne kartografske enote digitalne karte tal. Vhodni podatek za model prehodnosti tal je grid ločljivosti 12,5 m. Digitalni model višin večje ločljivosti DMV A je grid 12,5 m za območje Slovenije (vir: GURS, 2005). Grid raba tal A (12,5 m) je sloj rabe zemljišč večje natančnosti;
- set B vsebuje podatke manjše natančnosti. Ci B je Cone Index manjše natančnosti in pokriva širše območje zunaj meja Slovenije (vir: Pedološka karta Evrope 1 : 1.000.000). Za DMV B smo uporabili SRTM90 (NASA, 2003). Grid raba tal B je sloj rabe zemljišč srednje natančnosti (vir: Corine Land Cover, merila 1 : 100.000).

2.4 Metode določanja prehodnosti vodotokov

Izbrali smo odsek Kamniške Bistrice pod Domžalami, in sicer med avtocestnim mostom in mostom nad čistilno napravo Domžale. Odsek je dolg približno 800 m. Geometrija 26 prečnih profilov je bila določena z geodetsko izmero. Nato je bil postavljen hidravlični model v programu HEC-RAS. Ta je bil umerjen s pomočjo hidrometrične meritve in natančnega geodetskega posnetka gladine z GPS-inštrumentom Promark 3 RTK, in sicer v dveh profilih.

Hidrometrične meritve so potekale skozi vse leto ob različnih vodostajih (slika 9). Opravili smo jih z ultrazvočnim Dopplerjevim merilnikom pretoka (ADCP), proizvajalca RD Instruments, nameščenega na čolničku – trimaranu. Merilnik je izmeril pretočne hitrosti v velikem številu točk in jih nato integriral po pretočnem prerezu. Rezultat meritve je bila vrednost pretoka, stranski produkt meritve pa hitrostno polje.

Po liniji prečnega prereza, dobljenega z geodetsko meritvijo, smo naredili vrvno premostitev in pod njo prek reke zapeljali čolniček z ultrazvočnim merilnikom. Po standardu (ISO/TS 24154: 2005) smo opravili štiri take meritve, nato pa izračunali povprečno vrednost meritev in standardni odklon.

Ob sorazmerno nizkem pretoku med meritvijo se je izkazalo, da vrednotenje robnih pogojev pomembno vpliva na skupni pretok, zato je bilo nujno meritev na terenu opraviti zelo natančno.

Po meritvi smo dobljene podatke obdelali s programom WinRiver in naredili izhodno datoteko kot vhodni podatek pri umerjanju hidravličnega modela.

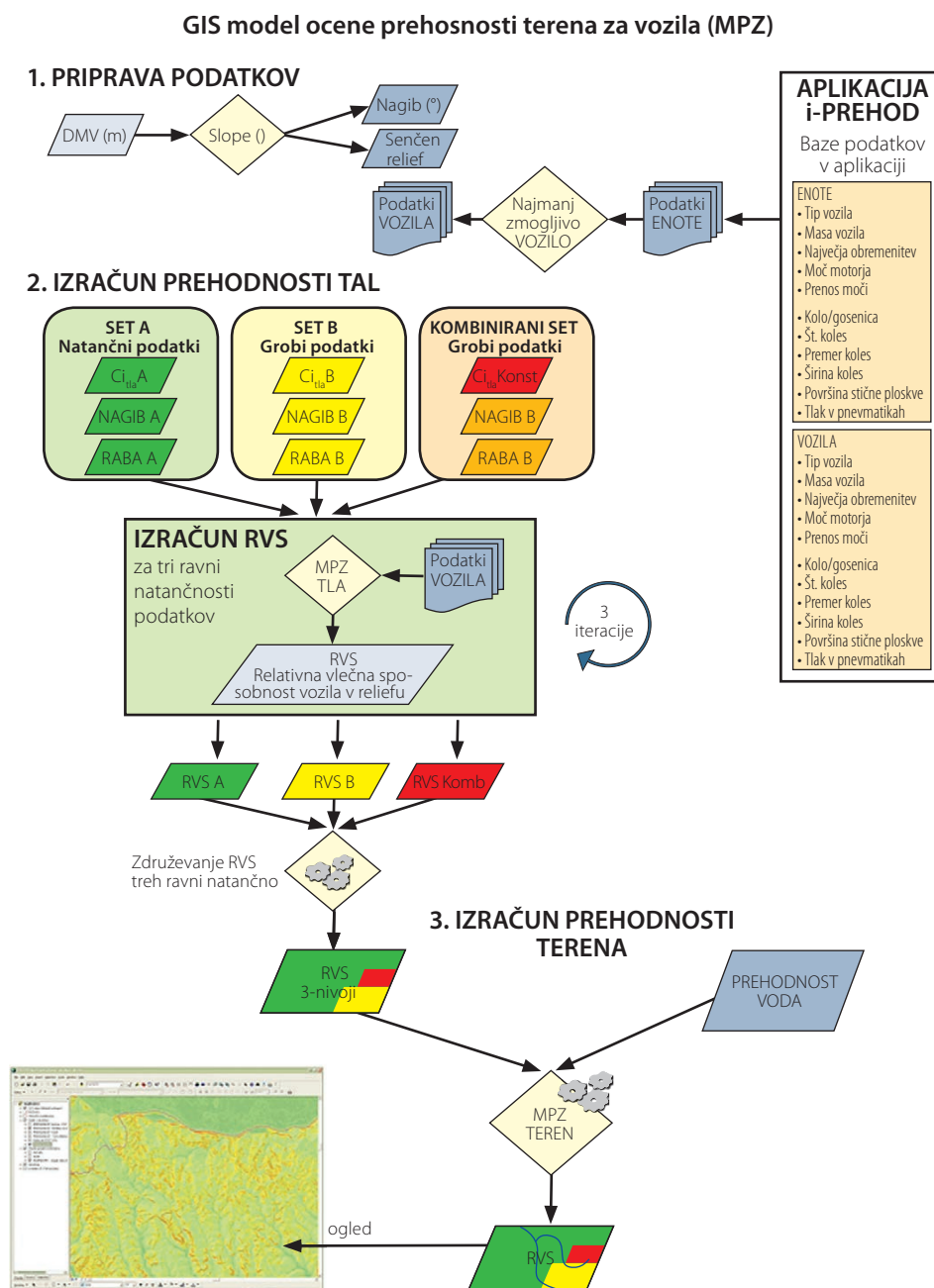


Slika 9: Merjenje pretoka Kamniške Bistrice

3 REZULTATI

3.1 GIS-model za oceno prehodnosti terena za vozilo

Pomemben rezultat projekta je model MPZ, ki uporablja podatke iz gridov DMV A in DMV B. Zasnovan je modularno, iz štirih bistvenih sklopov: predpriprava podatkov, izračun prehodnosti tal za vozila, izračun prehodnosti terena in modifikacija rezultatov za izračun poti oziroma koridorja (slika 10).

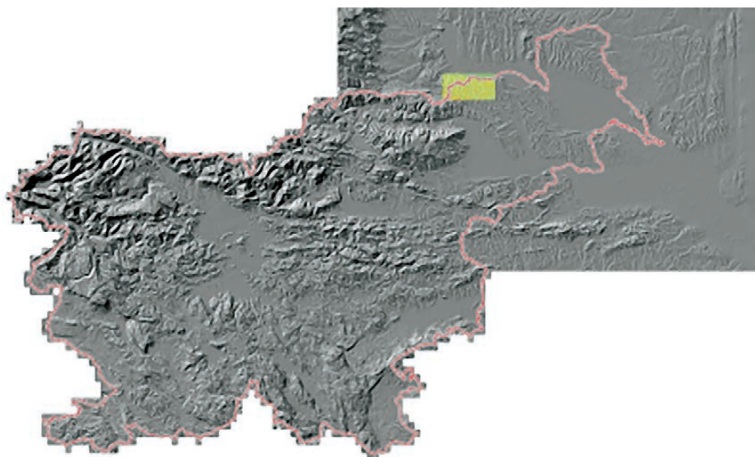


Slika 10: Potek GIS-modela ocene prehodnosti terena za vozila

3.1.1 Funkcije modela za oceno prehodnosti terena za vozilo

Posamezni sklopi modela obravnavajo oziroma opravijo naloge:

- **priprava podatkov** – model omogoča tudi čezmejno delovanje, saj obsega izdelavo senčenega reliefa vsega območja podatkov. Rezultat je združen senčni relief vsega območja, ki služi uporabniku aplikacije za vizualizacijo podatkov in kot podlaga za izdelavo kart. Slika 11 prikazuje združen senčni relief, ki je narejen iz podatkov območja Slovenije in SRTM-podatkov Nase za del Avstrije, Madžarske in Hrvaške;



Slika 11: Združeni podatki senčnega reliefa Slovenije in STRM-podatkov Nase

- **izračun oziroma ocena prehodnosti tal za vozila** se naredi v treh iteracijah, prvič s setom A, drugič s setom B in tretjič s kombiniranim setom, v katerem sta grida slabše natančnosti DMV B in RABA B ter Ci kot konstantna vrednost 700 kPa (najbolj pričakovana Ci-vrednost v običajnih razmerah humidne klime). Rezultat so trije gridi relativne vlečne sposobnosti vozila v reliefu (RVS). RVS A predstavlja najpodrobnejšo oceno prehodnosti tal za obravnavano vozilo; RVS B vsebuje manj podrobne podatke in RVS-kombinirane. RVS-kombiniran je rezultat DMV B, RABA B ter konstantnega Ci;
- **izračun prehodnosti terena** – vrednosti grida ocene prehodnosti terena je bilo treba prirediti v relativno obliko tako, da vse negativne vrednosti postanejo enake 0 (premikanje ni mogoče), pozitivne vrednosti pa označujejo večjo razpoložljivo vlečno silo oziroma lažje premikanje. S tem je prehodnost podana v relativni lestvici, ne v kPa;
- **modifikacija rezultatov za izračun poti**, potrebne za prireditev gridov za nadaljnjo integracijo modela v aplikacijo ArcGIS–ArcMap, ki med drugim izračunava optimalno pot po prostoru (bojišču), vidnost poti in drugo.

3.1.2 GIS-algoritem v AML-kodi

je narejen v dveh stopnjah.

I. Izračun voznih uporov pri vožnji vozila v ravnini: prehodnost tal za posamezno vozilo se kaže v njegovi sposobnosti za premikanje (rezultante vlečnih sil in voznih uporov v reliefu). Razliko med tangencialno reakcijo tal in voznimi upori označujemo kot vlečno sposobnost vozila. Večja kot je vlečna sposobnost na določeni točki zemljišča, večja je tudi prehodnost te točke zemljišča za obravnavano vozilo. Vozna upora, ki sta upoštevana v tem modelu, sta kotalni upor

zaradi deformacije pnevmatik in ugrezanja koles v površino tal ter upor pri vožnji po reliefu. V GIS-modelu oziroma AML-kodi je upoštevan izračun, ki vključuje:

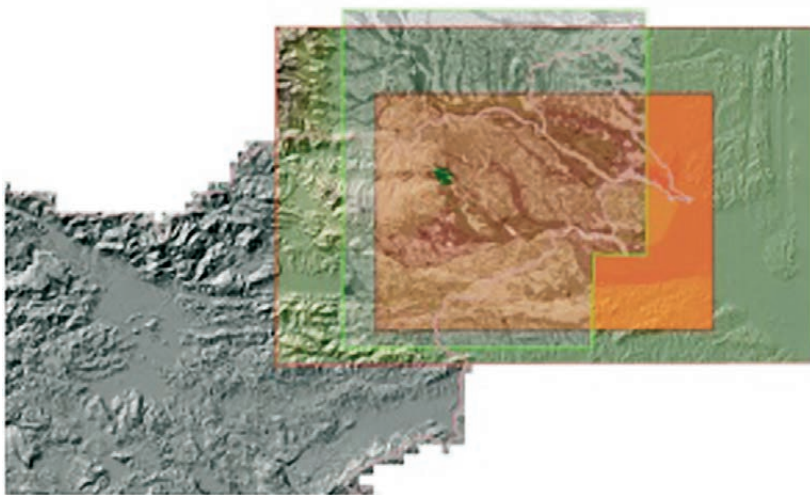
- koeficient kotalnega upora pri vožnji vozila po ravnih tleh (deformacija pnevmatike, kolesno število, globina ugrezanja koles, radij stika pnevmatike s tlemi, ki ga izračunamo s pomočjo grida globine ugrezanja koles ter spremenljivk vozila);
- silo kotalnega upora pri vožnji po ravnem zemljišču, ki jo izračunamo s pomočjo grida koeficienta kotalnega upora, skupne teže vozila in faktorja;
- silo upora pri vožnji po reliefu, ki je odvisna od skupne teže vozila in kota vzpona klanca, po katerem se giblje vozilo.

II. Izračun relativne razpoložljive vlečne sposobnost vozila v reliefu: relativna vlečna sposobnost vozila v reliefu predstavlja razmerje med teoretično mogočo vlečno silo, ki jo omogoča trdnost tal, in silo, potrebno za premagovanje voznih uporov. Izračunane vrednosti so pozitivna in negativna cela števila. Vrednost 0 ali negativne vrednosti celic izračunanega grida označujejo območje, po katerem se vozilo ne more gibati; vrednosti večje od 0 pa območje, po katerem vozilo lahko vozi. Višja kot je pozitivna vrednost celice grida, večja je prevoznost terena za obravnavano vozilo na tistem mestu. Izračun je opravljen po treh izračunih za:

- skupno silo upora pri vožnji – akcijo vozila,
- tangencialno reakcijo tal,
- relativno vlečno sposobnost vozila.

Stopenjska prilagodljivost natančnosti ocene prehodnost terena

Ena izmed zahtev pri načrtovanju aplikacije je bila, da lahko model MPZ deluje v drugih okoljih zunaj meja Slovenije. V okviru projekta iPREHOD smo za območje Slovenije pridobili podatke o prostoru, ki omogočajo dobro oceno prehodnosti terena za vozila (set A). Podatke za set B smo interpretirali in preoblikovali v grid obliko iz mednarodnih baz podatkov (SRTM, CLC in digitalna karta tal Evrope). Območja vseh treh gridov se med seboj deloma prekrivajo. Tako smo lahko ocenili in predstavili delovanje modela v razmerah različnih kombinacij vhodnih podatkov (slika 12).



Slika 12: Set B – lega in prekrivanje baz podatkov

3.2 Povzetek rezultatov modela prehodnosti zemljišč s primeri

3.2.1 Ocena prehodnosti zemljišč za različna vozila

Rezultat modela MPZ je v prvi fazi grid ocene prehodnosti zemljišč (*rvsp*). Pozitivne vrednosti celic grida *rvsp* med 1 in *n* nakazujejo razpoložljive sile (vlečne sile), ki jih na določeni točki (celici grida) zemljišča premore izbrano vozilo. Število *n* navzgor ni omejeno. Vrednost, na primer 100, pomeni, da lahko dajejo tla dvakrat večjo silo reakcije, kot je sila, potrebna za premagovanje voznih uporov pri vožnji vozila na območju, ki ga pokriva obseg celice grida. Analogna vrednost grida 300 predstavlja zemljišče, na katerem je 300 % prebitka razpoložljive reakcije tal. Po teh se lahko vozilo giblje hitreje. Pri vrednosti 25 ali 5 je le 25 % oziroma 5 % prebitka razpoložljive reakcije tal. Skladno s tem se lahko giblje le počasi oziroma v primeru vrednosti 5 zelo počasi ali se že ustavlja.

Negativne vrednosti grida *rvsp* nakazujejo stopnjo neprehodnosti zemljišč. Nižja kot je vrednost celic grida, bolj je zemljišče neprehodno za izbrano vozilo. Vrednost –50 označuje zemljišča, na katerih je razpoložljiva reakcija tal 50 % manjša od voznih uporov vozila in so bolj neprehodna od zemljišč z vrednostjo celice –10, kjer je razpoložljiva reakcija tal za 10 % premajhna, da bi se vozilo lahko premikalo po pobočju navzgor.

Grid *rvsp* je tako informacija o:

- stopnji prehodnosti zemljišč,
- zemljiščih, na katerih se vozilo zaustavi,
- stopnji neprehodnosti zemljišč.

Rezultat prehodnost zemljišč na območju, ki je v celoti pokrito s podatki **seta A** predstavlja slika 14 in slika 13. S slik za posamezno vozilo ugotovimo lažjo oziroma težjo prehodnost tal, stopnjo, ko se vozilo zaustavi, ter tudi večjo oziroma manjšo neprehodnost terena. Teren je glede na prenosnost za vozila obarvan v barvni lestvici:

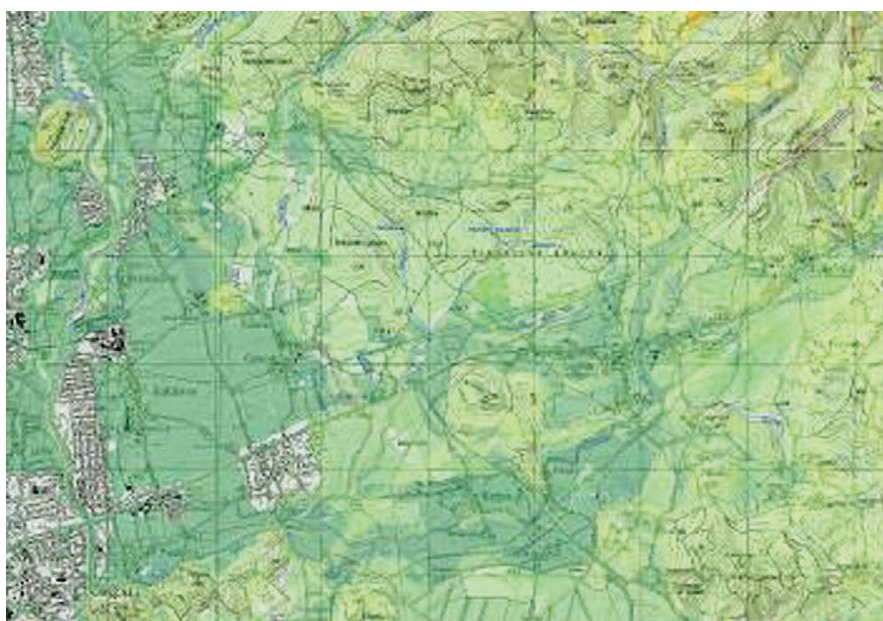
- temno zeleno–rumenozeleno: teren je prehoden za obravnavano vozilo. Bolj ko je barva temno zelena, lažja je prehodnost, svetlo zelena nakazuje srednjo relativno prehodnost, medtem ko rumenozelena območja nakazujejo teren, ki je slabo oziroma komaj prehoden za izbrano vozilo;
- rumeno: rumena barva označuje neprehoden teren, zemljišče ima takšne kombinacije talnih lastnosti in reliefa, da se vozilo zaustavi;
- rumeno–oranžno–rjavo: rumena barva označuje razpon neprehodnosti terena. Bolj ko je teren neprehoden, slabša je kombinacija lastnosti tla-relief in temnejše oranžno oziroma rjavo je zemljišče obarvano.

Tovornjak Eurotrak MP 38 ima zelo dobre vozne lastnosti, vendar so zaradi večje teže vozila in njegovih voznih lastnosti tla mehkih hidromorfni zemljišč južno od Krtine in vzhodno od Gorjuše ter v dolini Lukovice težko prevozna. Neprevozna so tudi zemljišča s strmejšim nagibom (slika 13).



Slika 13: Prehodnost tal za vozilo Eurotrak MP 38

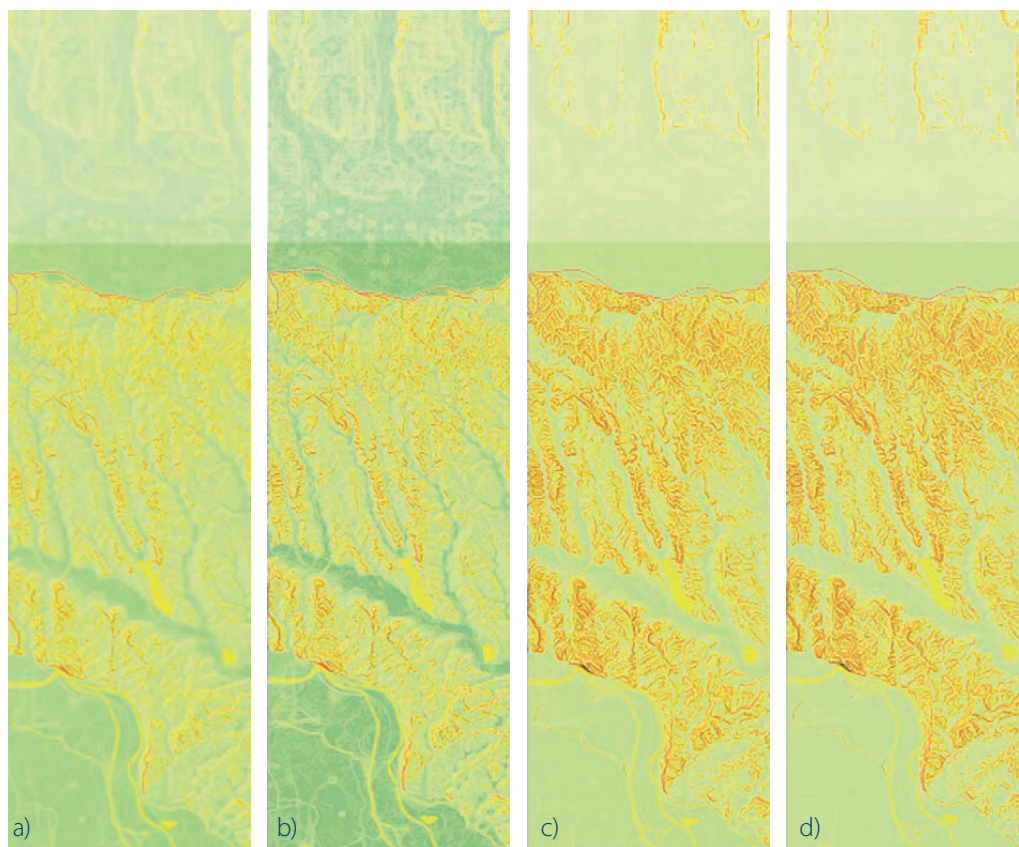
Slika 14 prikazuje prehodnost zemljišč za lahko tersko vozilo Pinzgauer. Tudi mehkejša zemljišča so za to vozilo z zelo dobrimi voznimi lastnostmi večinoma prehodna. Neprehodni so le tereni z velikim in zelo velikim nagibom.



Slika 14: Prehodnost tal za vozilo Pinzgauer

3.2.2 Prehodnost terena na območju s kombiniranimi podatki

Za Slovenijo kot članico Nata sta pomembni tudi mednarodno mirnodobno sodelovanje in skupno obrambno delovanje. Pri tem je nujna tudi čezmejna ocena možnosti skupnih aktivnosti. Slika 15 prikazuje primere prehodnosti terena za štiri različna vozila na območju, ki sega iz Slovenije, to je območje Šentilja. Jasno je vidna ločnica podatkov med podrobnim DMV 12,5 in manj natančnim SRTM. V severnem delu je prehodnost terena ocenjena na podlagi SRTM in interpretirane pedološke karte tal Evrope. Ločljivost v tem delu je manjša in izrazitost reliefnih tvorb slabša. Kljub temu je ocena prehodnosti za posamezna vozila jasno izražena in zvezna s spodnjim delom, kar omogoča načrtovanje smeri in primerjavo prehodnosti tudi pri podatkih slabše kakovosti, ki so predvidoma na voljo zunaj meja države. Pojasnilo barvne lestvice na sliki je enako kot za prejšnje primere. Najboljša prehodnost je izražena za zelo sposobno vojaško vozilo ML100E18WR in manj za tovornjake TAM 80 in TAM 125, le deloma prirejene za vojaško rabo. Na prvi pogled je sicer nelogično, a zaradi razmerij med težo, površino pnevmatike in moči na pogonskem kolesu se ob ustreznih terenskih pnevmatikah kot zelo dobro izkaže osebno vozilo Renault Clio.



Slika 15: Prehodnost terena na hribovito-ravninskem območju za vozila: a) Renault Clio 1, b) Iveco EuroCargo, ML100E18WR, c) TAM 125 T-10-ACV in d) TAM 80 T-5-B

Model MPZ za ocenjevanje prehodnosti terena za vozila je operativni modul skupne aplikacije iPREHOD v okolju ArcMAP.

3.3 Rezultati metode za prehodnost vodotokov – CGS

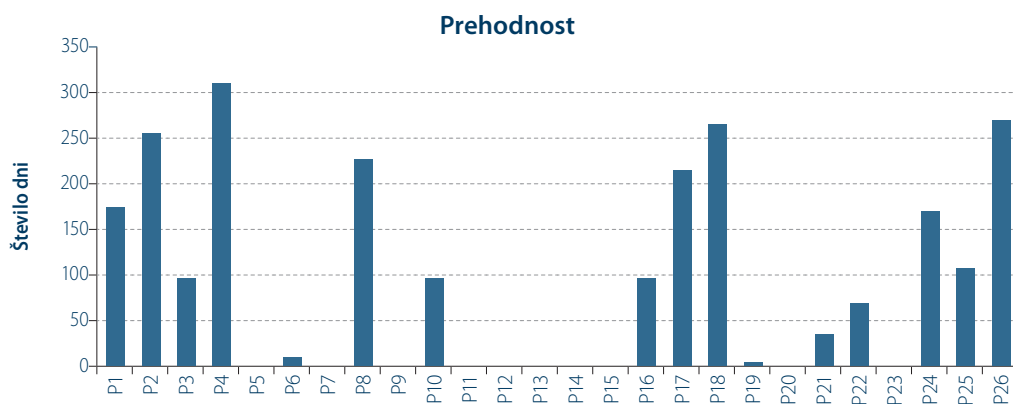
Pri modelnem izračunu dobimo kot rezultat modela srednjo hitrost vodnega toka v izbranem prerezu. Določanje največje pretočne hitrosti na podlagi teoretičnih izhodišč pokaže, da je razmerje med globinsko povprečno hitrostjo in največjo hitrostjo toka vode, ki je za oceno možnosti prehoda merodajna vrednost, za geometrijsko pravilno korito z ravnim dnom in veliko širino:

$$v_{\text{največja}} = 1,25 * v_{\text{srednja.}}$$

V resnici je v slovenskih razmerah, kjer so vodotoki manjši in je dno razgibano, treba upoštevati še spremenljivost po širini. Za primer odseka Kamniške Bistrice je bilo ugotovljeno, da tudi tu velja podobno razmerje. Ugotovimo torej lahko, da se največja hitrost giblje v mejah:

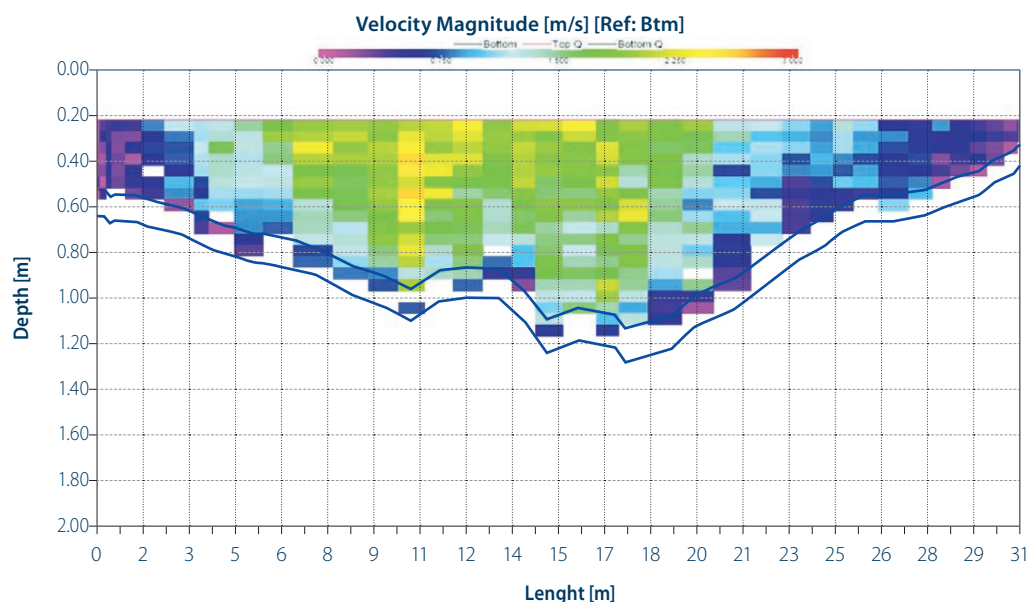
$$1,25 v_{\text{srednja}} < v_{\text{največja}} < 1,5625 v_{\text{srednja.}}$$

Točna vrednost pa je odvisna od oblike pretočnega prereza struge. Največjo globino dobimo neposredno iz rezultatov modela. Rezultati za prehodnost so odvisni še od tehničnih sposobnosti vozila. Za vozila, ki lahko premagajo globino do 0,6 m, je verjetnost možnosti prehoda, izražena v številu dni na leto na obravnavanem odseku Kamniške Bistrice, podana na sliki 9 (slika 9). Rezultati kažejo, da nekateri profili v takih razmerah niso prehodni, je pa mogoče najti profile, ki so prehodni večji del leta.



Slika 16: Število dni na leto, v katerih je prek izbranih profilov mogoč prehod vozil, ki premagajo globino vode do 0,6 m

Slika 17 prikazuje primer izmerjene porazdelitve hitrosti na enem izmed profilov Kamniške Bistrice, in sicer v bližini čistilne naprave v Domžalah.

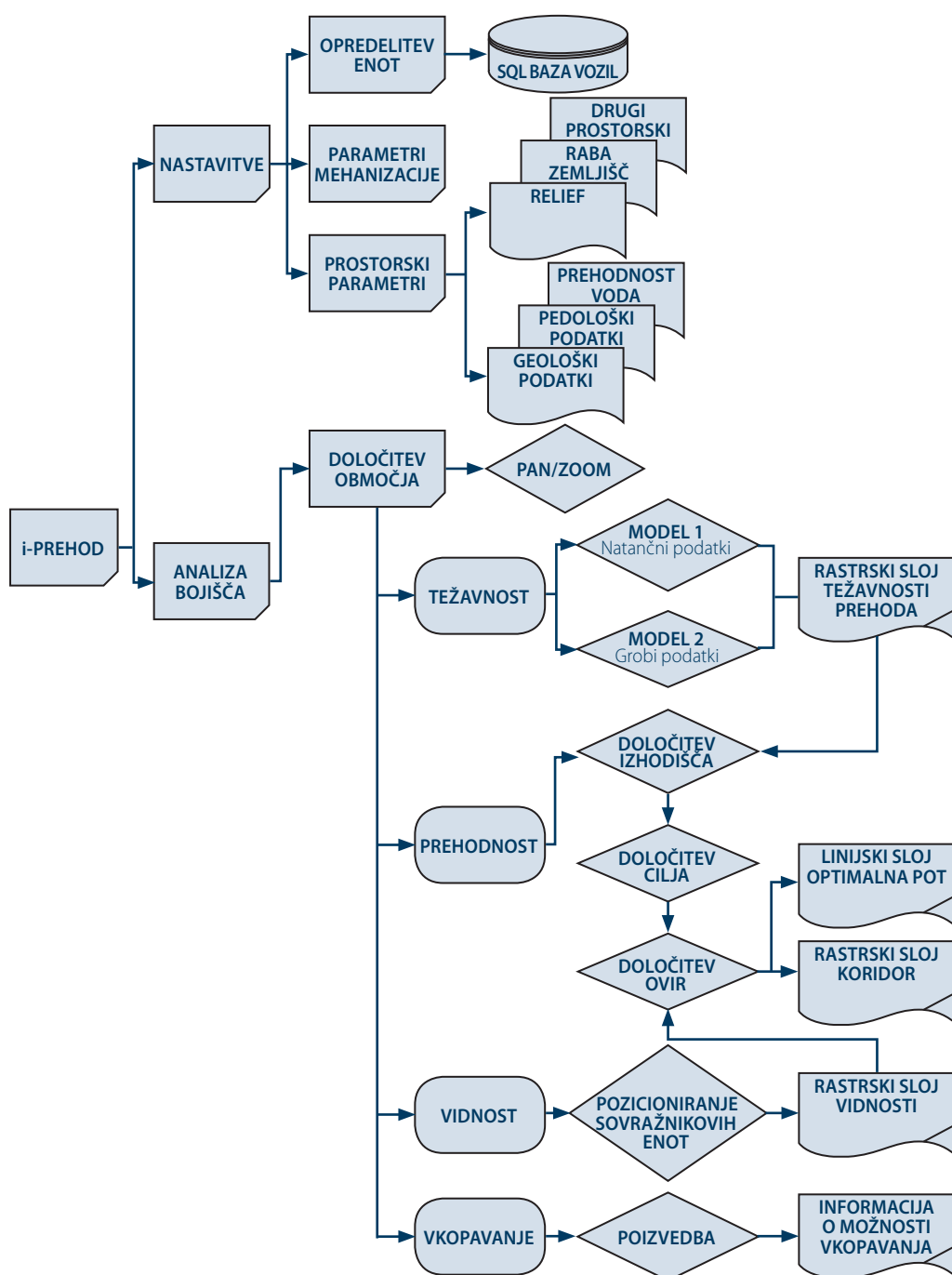


Slika 17: Primer meritve hitrosti vodnega toka v prerezu struge. Barve prikazujejo različne vrednosti pretočne hitrosti.

3.4 GIS-podpora premikom v prostoru oziroma na bojišču – skupna aplikacija ArcGIS

Krovna ArcGIS-aplikacija iPREHOD združuje podatke vseh tal, vodotokov in geologije, ki jih skupno vrednoti in vizualizira. Sestavljena je iz dveh glavnih modulov:

- nastavitve – modul nastavitve z uporabniškim vmesnikom, ki omogoča dostop, izbiro in sprejemanje podatkov v naslednjih spremljajočih bazah:
 - opredelitev enot,
 - parametri mehanizacije (tehnični parametri vozil, ki so potrebni za izračun prehodnosti tal),
 - prostorski parametri (določitev posameznih podatkovnih nizov);
- analiza – aplikacija omogoča štiri analize:
 - prehodnost (težavnost prehoda),
 - optimalna pot in koridor,
 - vkopavanje,
 - analiza vidljivosti.



Slika 18: Diagram poteka aplikacije iPREHOD z osnovnimi moduli in funkcionalnostmi

Modul *nastavitve* predstavlja osnovne zahteve za nastavitve aplikacije ArcGIS in vsebuje uporabniški vmesnik, ki omogoča dostop, izbiro in korekcijo podatkov v spremljajočih bazah *parametri mehanizacije* in *opredelitev enot*.

Modul *analiza bojišča* omogoča štiri analize bojišča, in sicer prehodnost, optimalno pot, vkopavanje in analizo vidljivosti.

Na podlagi izbranih tematskih rastrskih slojev in opredelitve enote je mogoča analiza prehodnosti bojišča. Aplikacija nam lahko poda dva modela prehodnosti, ki se med seboj razlikujeta po kompleksnosti izračuna ter kakovosti in vrsti vhodnih podatkov. Rezultat analize je težavnost prehoda terena.

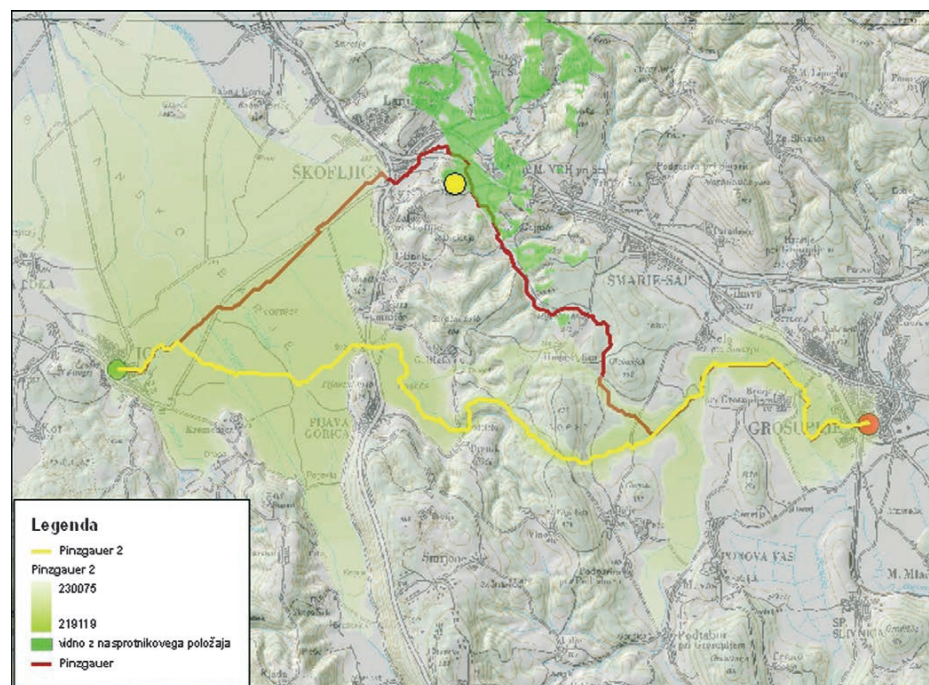
Analiza *iskanje optimalne poti* omogoča poiskati optimalno pot prehodnosti bojišča med dvema danima lokacijama. Rezultat je vektorski informacijski sloj, narejen na podlagi težavnosti prehoda terena, ki se izriše na topografsko podlago.

Za izračun optimalne poti uporabljamo funkcijo *PathDistance*, katere temelj je določitev minimalnih akumulativnih potnih stroškov iz vira do vsake celice na rastru. Vendar ta funkcija ne izračuna le akumulativnih stroškov glede na težavnost, temveč upošteva tudi resnično razdaljo in tako imenovane vertikalne in horizontalne dejavnike, ki vplivajo na stroške.

Pri določitvi pogojev za vkopavanje smo upoštevali inženirsko-geološko zgradbo terena Slovenije. Določili smo jih tako, da smo za različne kamnine, glede na razpoložljive podatke in izkušnje, upoštevali, kakšni sta pričakovana površinska sestava terena in debelina preperelih površinskih plasti. Za stvarno opredelitev pogojev vkopavanja na določeni točki slovenskega ozemlja bi na tej točki ali v njeni neposredni bližini potrebovali podatke o globinski sestavi, pridobljene s sondažnim jaskom ali vrtino, česar pa večinoma nimamo na voljo, zato so upoštevani pogoji vkopavanja samo ocena najbolj verjetnih razmer.

Za izračun soja vidnosti uporabljamo digitalni model nadmorskih višin, lokacijo opazovalcev ter njeno višino (na primer opazovalni stolp).

Analiza prehodnosti bojišča poteka v petih stopnjah. Najprej se izbere oziroma definira enota, nato določimo območje in pozicioniramo sovražnikove enote. Te so pomembne z vidika vidnosti bojišča. Nato izberemo vrsto analize za izbrano enoto ter določimo smer prehoda oziroma izhodiščno in ciljno točko prehoda.



Slika 19: Prikaz optimalne poti z upoštevanjem vidnosti prostora z nasprotnikovega položaja

Aplikacijo je mogoče uporabljati tudi zunaj Slovenije, pri čemer so rezultati analiz odvisni od vhodnih podatkov, kakovost podatkov nam namreč pokaže stopnjo zaupanja v rezultat modeliranja.

4 SKLEPNA BESEDA

Informacija o prostoru in možnostih premikov po terenu zunaj cestišč je pomembna za obrambo pred agresijo, terorističnimi akcijami ter ob naravnih in drugih nesrečah. Pridobivanje ustreznih podatkov o prostoru Slovenije (tla, vodotoki, kamnine) in uporaba GIS-tehnologije omogočata celovito podporo nadzoru in usklajevanju vojaških sil na terenu.

Sistem za podporo odločanju z vidika prehodnosti terena je v miru namenjen za ugotavljanje prehodnosti in dostopnosti, hkrati pa kot sistem za podporo na bojišču krepi obrambno pripravljenost Slovenije. Razvit sistem in operacijski moduli omogočajo uporabniku oceno možnosti prehodnosti za vozila med točkama A in B oziroma oceno možnosti dostopa do izbrane lokacije. V aplikaciji je mogoče izbirati kategorije vozil in na podlagi njihovih lastnosti optimizirati smer prehodov.

Aplikacija iPREHOD je razvita po modularnem načelu, kar omogoča dodajanje ali izločanje prostorskih informacijskih slojev (na primer podatkov o vegetaciji, rabi tal, lokaciji miniranem ozemlju, zasutih ali neprehodnih območjih zaradi usadov, podorov, zemeljskih plazov itn.), nadgradnjo in izboljšavo algoritmov ter nadgradnjo funkcionalnosti z različnimi namenski moduli.

Prehod prek vodne ovire lahko štejemo kot posebno vrsto operacije. Parametri, ki bistveno vplivajo na izbiro mesta in načina prehoda, so: širina in globina vodnega telesa, hitrost vodnega toka, naklon in trdnost brežin ter trdnost in oblika dna. Širina vodotokov in nagib terena sta edina parametra, ki se v času ne spreminjata hitro in lahko njuni veličini opredelimo za območje celotne Slovenije. Za natančnejšo določitev prehoda vodotoka je treba narediti hidravlične izračune po metodi, ki smo jo v prispevku že opisali (metoda za ovrednotenje prehodnosti vodotoka pri danem pretoku glede na hidravlična merila). Za končno določitev mikrolokacije prehoda je zaradi dinamičnih sprememb vodnih teles neposredno pred preходом treba opraviti še hidrometrične meritve na terenu.

Skupna aplikacija iPREHOD združuje podatke meritev in modelov prehodnosti tal oziroma zemljišč, vodotokov in lastnosti kamnin. V miru lahko pomembno pripomore k oceni dostopnosti lokacij ob naravnih nesrečah. V tem primeru aplikacija vizualizira prevoznost terena od izhodiščne lokacije do kraja nesreče. Aplikacijo iPREHOD pa je ob aktivaciji vizualizacije vidnosti terena z lokacij sovražnikovih položajev mogoče uporabljati tudi v vojni kot podporo delovanju na bojišču.

5 ZAHVALE

Avtorji prispevka in sodelavci na projektu se zahvaljujejo agenciji TIA za usklajevanje in podporo pri projektu, predvsem pa Ministrstvu za obrambo za sredstva in ustvarjalno sodelovanje pri uresničevanju projekta.

6 VIRI IN LITERATURA

- Albert, M., Koenig, G., Mason, G., 2000. Development of a Fast All-Seasons Model for the State of the Ground. Winter simulation conference 2000. Orlando.
- Bekker, M. G., 1968. Introduction to Terrain-Vehicle System. Michigan.
- Bratun, Z., 2005. Vojaška geografija. Ljubljana: Filozofska fakulteta.
- Brikel, P. A., 2003. Terrain Trafficability in Modelling and Simulation. SEDRIS Technical paper 2003-1, The MITRE Corporation.
- GURS, 2005. Digitalni model višin 12,5 m (DMV12,5). Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije, Digitalni model višin z resolucijo 12,5 m.
- MKGP in CPVO, 2001. Digitalna pedološka karta Slovenije 1 : 25.000 (PK 25). Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja, Biotehniška fakulteta.
- Richmond, P. W., Reid, A. A., Shoop, S. A., Mason, G. L., 2005. Terrain Surface Codes for an All-Season, Off-Road Ride Motion Simulator. Dostopno na <http://www.msiac.dmsomil/NewsDigest/TerrainSurfaceCodes-RideMotionSimulator.pdf> (21. 2. 2006).
- Saarihahti, M., 2002. Soil Interaction Model. Helsinki.
- Suvinen, A., 2003. Terrain mobility model and determination of optimal off-road route. Helsinki.
- Visone, D., 2003. Customizing ESRI Products to meet the Army War Fighter's Needs. Twenty-Third Annual ESRI International User Conference. San Diego.
- Vong, T. T., Haas, G. A., Henry, C. IL., 1999. NATO Reference Mobility Model (NRMM) Modelling of the DEMO III Experimental Unmanned Ground Vehicle (XUV), Weapons and Materials Research Directorate, Army Research Laboratory.
- Wong, J. Y., 1989. Terramechanics and Off-Road Vehicles. Amsterdam.

O AVTORJIH

Dr. Borut Vrščaj je diplomiral na Biotehniški fakulteti in doktoriral na Univerzi v Torinu. Od leta 1984 je bil zaposlen na Centru za pedologijo BF, od 2005 na Kmetijskem inštitutu v Centru za tla in okolje. V letih 2003–2004 je kot Visiting Scientist delal na EU Joint Research Centre. Na Kmetijskem inštitutu je višji znanstveni sodelavec za pedologijo in GIS tal, na Visoki šoli za varstvo okolja in Univerzi v Mariboru pa docent za predmete pedologija, raba in varstvo tal ter ekopedologija. Vodi domače in mednarodne znanstvene projekte ali sodeluje pri njih. GIS-orodja uporablja od leta 1987, začel je z USGS in 1989 z ArcInfo, zdaj pa uporablja orodja ArcGIS, GRASS, SAGA in MapGuide.

Mag. Tone Godeša je diplomiral na Fakulteti za strojništvo, in sicer s področja konstruiranja. Najprej je delal v industriji, nato pa kot asistent za kmetijsko mehanizacijo na Biotehniški fakulteti, kjer je opravil magistrski študij. Kot raziskovalec na Kmetijskem inštitutu dela na področju mehanike tal. Sodeloval je pri več domačih in mednarodnih projektih, v katerih je razvijal posebno raziskovalno in merilno opremo, inovativne rešitve, ki so pri tem nastale, pa so zaščitene z domačimi in mednarodnimi patenti. V sodelovanju s Fakulteto za strojništvo deluje tudi na področju obnovljivih virov energije in pri robotizaciji.

Jasna Šinigoj je diplomirala na Univerzi v Ljubljani, na fakulteti za Geologijo. Zaposlena je na Geološkem zavodu Slovenije kot vodja Geološkega informacijskega centra. Odgovorna je za postavitve geološkega informacijskega sistema Slovenije, prav tako pa vodi domače in mednarodne projekte o uporabi GIS v geologiji ali sodeluje v njih. Je aktivna članica Geoscience information consortium (mreža geoloških zavodov, ki omogoča izmenjavo znanja o upravljanju geoloških podatkov in informacijskih sistemov) ter strokovne delovne skupine INSPIRE pri EuroGeoSurveys.

Dr. Gregor Petkovšek je vodja hidrotehničnega oddelka v podjetju CGS plus, sodeluje pa tudi s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Je vodja razvoja programske opreme za načrtovanje kanalov in ureditev vodotokov Aquaterra, ki se je uveljavila v Srednji in Jugovzhodni Evropi ter drugod po svetu. Skrbi za programsko opremo za simulacije v hidrodinamiki MIKE by DHI za območje Slovenije. Poleg tega se ukvarja z raziskovalno dejavnostjo, zlasti na področju matematičnega modeliranja hidrodinamike rek in morja ter erozije tal in premeščanja plavin ter onesnažil.

Dr. Alenka Šajn Slak je leta 1992 diplomirala na Biotehnični fakulteti v Ljubljani. Magistrica znanosti je postala leta 1999, doktorica znanosti pa 2003. Že od leta 1992 je vodja Oddelka za okolje v podjetju CGS plus, d. o. o. V tej vlogi je skupaj s sodelavci uspešno uresničila številne poslovne zamisli. Je tudi vodja raziskovalne skupine, registrirane na ARRS. V vlogi vodje projekta je uspešno zaključila številne projekte, tako raziskovalne s področja aplikativne ekologije kot izvedbene, povezane z okoljskimi informacijskimi sistemi.

ABOUT THE AUTHORS

Borut Vrščaj, PhD, graduated from the Faculty of Biotechnology, University of Ljubljana and obtained a PhD degree from the University of Turin. In 1984, he was employed by the Pedology and Environmental Protection Centre, Faculty of Biotechnology, and in 2005 by the Centre for Soil Resources and the Environment of the Agricultural Institute of Slovenia. Between 2003 and 2004, he worked as a visiting scientist at the EU Joint Research Centre. He is Senior Researcher for pedology and GIS for soil resources at the Agricultural Institute. Furthermore, he is scientific assistant at the Environmental Protection College and assistant professor for pedology, use and protection of soil as well as ecopedology at the University of Maribor. He manages Slovenian and international scientific projects or participates in them. He has been using GIS tools since 1987, beginning with USGS in 1989 with Arcinfo and now employs tools such as ArcGIS, GRASS, SAGA and MapGuide.

Tone Godeša, MSc, graduated from the Faculty of Mechanical Engineering, having majored in the area of design. At the beginning of his career, he worked in the industry sector, later as assistant for agricultural mechanisation at the Faculty of Biotechnology where he also obtained his master's degree. As researcher at the Agricultural Institute, he works in the area of soil mechanics. He participated in several Slovenian and international projects, in which he developed special research and measurement equipment. The resulting innovative

solutions are protected based on Slovenian and international patents. In cooperation with the Faculty of Mechanical Engineering, he also works in the area of renewable energy resources and robotization.

Jasna Šinigoj graduated from the Faculty of Geology, University of Ljubljana. She has been employed at the Geological Institute of Slovenia as Head of the Geological Information Centre. She is responsible for the establishment of the geological information system of Slovenia and also manages Slovenian and international projects on the use of GIS in geology or participates in such. She is an active member of the Geoscience Information Consortium (a network of geological organisations enabling the exchange of knowledge on the managing of geological data and information systems) as well as of the expert working group INSPIRE at EuroGeoSurveys.

Gregor Petkovšek, PhD, is Head of the Hydrotechnical Department at the company CGS Plus, d.o.o. He also cooperates with the Faculty of Civil and Geodesy Engineering in Ljubljana. He manages the software development for the planning of canals and the arrangement of the Aquaterra streams that have established themselves in Central and South Eastern Europe and elsewhere. Also, he is responsible for the simulation software in hydrodynamics MIKE by DHI for the area of Slovenia. In addition, he is engaged in research activities, above all in the area of mathematical modelling of the hydrodynamics of rivers and seas as well as soil erosion and the movement of sediments and pollutants.

Alenka Šajn Slak, PhD, graduated in 1992 from the Faculty of Biotechnology, University of Ljubljana. She earned her master's degree in 1999 and obtained a PhD degree in 2003. Since 1992, she has worked as Head of the Environmental Department of the company CGS Plus d.o.o. As part of this position, she and her colleagues have successfully implemented several business ideas. She is also head of a research team, which is registered at the Slovenian Research Agency. As project manager, she has successfully accomplished several research projects associated with applied ecology and environmental information systems.

Uporaba laserskega skeniranja pri zaščiti in reševanju ter vojaških aktivnostih

The Use of Laser Scanning Technology in Protection and Rescue, and Military Activities

Vasja Bric, Mihaela Triglav Čekada, Maja Bitenc

Povzetek Tehnologija laserskega skeniranja, ki je ena izmed tehnik daljinskega zaznavanja, se že dve desetletji uspešno uporablja za zajem različnih 3D-podatkov o prostoru, predvsem pa je bila v sedemdesetih letih razvita za vojsko. Meritve opravljamo z aktivnim senzorjem, kar omogoča pridobivanje podatkov tudi ponoči. Zaradi divergence laserskega žarka lahko izmerimo tudi točke pod vegetacijo, kar omogoča neposredno izmero digitalnega modela reliefa. Rezultat zajema podatkov je 3D-oblak točk, ki ima visoko ločljivost in natančnost. Laserski podatki so uporabni v številnih aplikacijah, zaradi katerih se izboljšujejo stari in razvijajo novi sistemi.

V prispevku so opisane osnove ter prednosti in omejitve sistemov laserskega skeniranja. Podan je pregled sedanjih sistemov, ki se delijo predvsem glede na nosilca in lastnosti senzorja. Najpogosteje se uporabljajo zračni in terestrični sistemi. Nekatere omejitve laserskega skeniranja lahko premostimo s hkratnim zajemom podatkov še drugih tipov senzorjev daljinskega zaznavanja.

S širokega seznama literature smo pregledali opise različnih uporab rezultatov laserskega skeniranja, ki omogočajo virtualno prikazovanje sveta in sprejemanje pravih odločitev v kriznih situacijah. Vojška uporaba laserskega skeniranja in uporaba za zaščito in reševanje se povečujeta tako na področju zajema topografskih podatkov kot tudi pri izvajanju posebnih nalog.

Ključne besede Lidar, aplikacije, zaščita, vojska.

Abstract Laser scanning technology, first developed in the 1970s for military purposes, has successfully been used for acquiring 3D spatial data for over two decades. It is a remote sensing technique that, by applying an active sensor, enables the measuring of distant objects in daylight or night. Due to laser beam divergence, laser scanning also enables the measurements of laser points beneath vegetation, and

thus enables direct digital terrain model measurements. The result of laser scanning is a high resolution and accurate 3D point cloud. The use of laser scanning in many different applications has triggered the development of new laser scanning systems.

This paper describes the basics, advantages and disadvantages of laser scanning systems. An overview is given about existing systems which differ according to the platform and to the different types. Aerial and terrestrial systems of laser scanning are mainly used. Some limitations can be omitted by integrating the laser scanning measurements with data captured by other types of remote sensors.

The results show there are many different applications of laser scanning that enable visualization of the real world and that can be used in decision making processes. The military use of laser scanning is increasing in the field of topography and for special purposes.

Key words Lidar, applications, protection, military.

1 UVOD

Vulkani, potresi, plazovi, poplave so le nekatere posledice naravnih procesov, ki lahko povzročajo manjše, večje ali celo katastrofalne spremembe v našem okolju. Človek tudi sam precej spreminja svojo okolico, običajno z dobrim namenom izboljšati kakovost življenja, včasih pa naredi tudi napako. Da bi ljudje naredili čim manj napak in da bi čim bolje razumeli in predvidevali naravne procese, prikazujemo manjša ali večja območja zemeljskega površja na kartah in modelih.

Lasersko skeniranje (LS oziroma tehnologija LIDAR – Light Detection and Ranging) je poleg klasičnih in GNSS-geodetskih meritev, fotogrametrije ter uporabe satelitskih in radarskih posnetkov zelo pomembna tehnologija za natančno modeliranje našega okolja. V zadnjih 10 letih se je uporaba te tehnologije zelo razširila ter hkrati razvijala in dopolnjevala. Mnogi so menili, da bo zamenjala nekatere starejše tehnologije, vendar kaže, da jih predvsem dopolnjuje in povečuje možnosti kombiniranja različnih izvornih podatkov za še kakovostnejše kartiranje in modeliranje.

Za zaščito in reševanje ter vojaške namene je poznavanje območja in vseh objektov, ki se tam pojavljajo, zelo pomembno za strateške študije in vsakodnevne dejavnosti. Poleg statičnih objektov je treba spremljati in locirati tudi objekte v gibanju oziroma dogajanje, ki je lahko zemeljski plaz, naraščajoča gladina reke, ogenj ali sovražnikovo vozilo. Tehnologija laserskega skeniranja je lahko v pomoč tako pri študijah terena in statičnih ter gibajočih se objektov kot tudi pri spremljanju ali izvajanju različnih dejavnosti.

V prispevku bomo najprej podali nekaj značilnosti tehnologije laserskega skeniranja, ki so pomembne za razumevanje možnosti in omejitev njene samostojne uporabe, ter prednosti kombiniranja z drugimi tehnikami daljinskega zaznavanja. Opisali bomo še različne tipe, in sicer zračno, batimetrično in terestrično lasersko skeniranje ter mobilne snemalne sisteme. Na koncu pa bomo podrobno predstavili še možnosti uporabe laserskega skeniranja za dejavnosti zaščite in reševanja ter vojaške dejavnosti.

2 OSNOVE LASERSKEGA SKENIRANJA

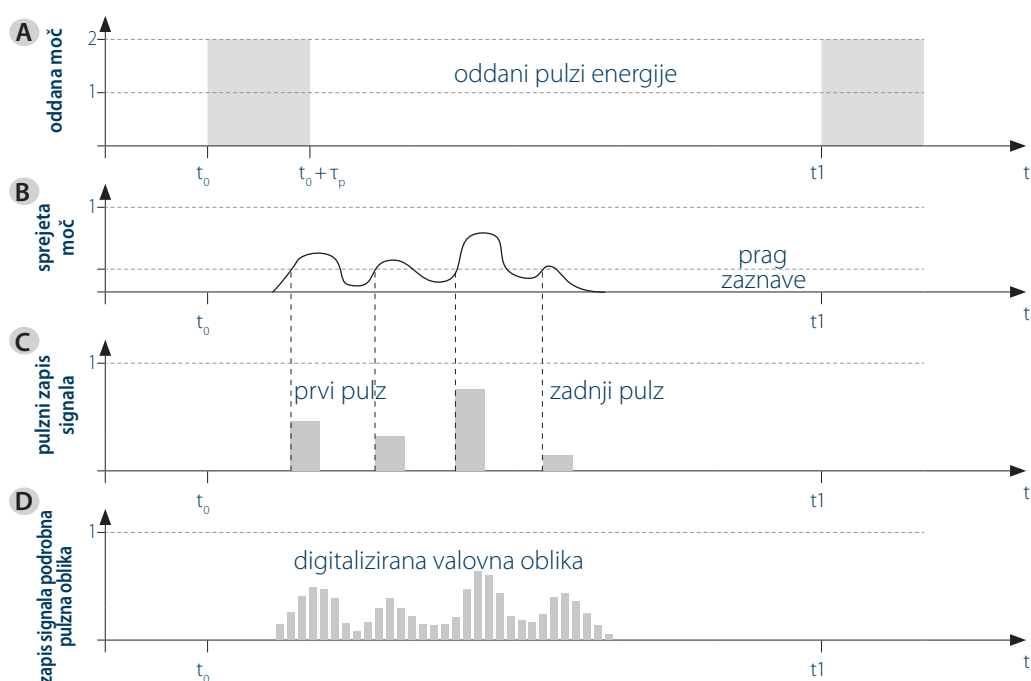
Lasersko skeniranje je aktivno daljinsko zaznavanje (Oštir, 2006), ker laserski instrument proti merjenemu objektu pošlje laserski žarek in njegov odboj potem tudi izmeri. Laserski instrument je sestavljen iz oddajnika laserskih žarkov in sprejemnika odbitih žarkov. Laserska meritev nam kot rezultat poda koordinate točke, od katere se je laserski žarek odbil, ter intenziteto izmerjenega signala. Koordinate točke se izračunajo na podlagi izmerjene razdalje med oddajnikom, tarčo in sprejemnikom, znanim kotom skeniranja ter znano lego oddajnika. Intenziteta, ki je večinoma predstavljena kot barva točke, je razmerje med izsevano energijo oddanega in prejeto energijo odbitega pulza. Prejeta energija pulza je odvisna od izsevane energije oddanega pulza, odbojnosti tarče, vpadnega kota (kot, pod katerim je laserski žarek zadel tarčo), atmosferskih razmer (vsebnost vlage in drugih aerosolov) ter lastnosti sprejemnika (prag zaznave sprejemnika). Podatek o intenziteti odboja se uporablja za lažjo identifikacijo in klasifikacijo objektov v oblaku laserskih točk.

Glede na obliko signala laserskega žarka ločimo laserske sisteme na:

- diskretne ali pulzne laserje, pri katerih je laserski žarek opisan s signalom v obliki pulza izsevane moči. Razdalja do objekta se izračuna iz pretečenega časa med oddajo in sprejemom istega pulza. Pri zračnih laserskih sistemih ločimo dve obliki, s katerima lahko sprejemnik zazna sprejeti signal (slika 1):
 - klasična pulzna oblika: sprejemnik zazna signal, ko prejeta moč preseže prag zaznave sprejemnika. Če je odbojev več, jih sprejemnik zazna kot več diskretnih signalov;
 - podrobna pulzna oblika z opisom valovanja (angl. full-waveform): sprejemnik si zabeleži celotno valovno obliko sprejetega odboja. Različni odboji enega pulza so zapisani skupaj kot ena valovna oblika;
- kontinuirni laserji, energija se oddaja nepretrgoma. Razdalja se izračuna kot razlika faz med oddanim in sprejetim signalom. Ta tip senzorja se veliko uporablja pri terestričnih laserskih sistemih.

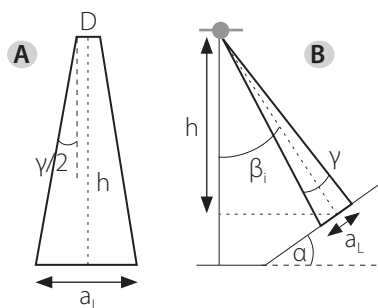
V daljinskem zaznavanju večinoma uporabljamo polprevodniške laserje in Nd:YAG¹, ki pokrivajo valovne dolžine od 532 do 1600 nm. Proizvajalci laserskih sistemov izberejo valovno dolžino laserja na podlagi največjega želenega dosega, vpliva atmosfere na laserski žarek pri takem dosegu (vodni hlapci, različni delci v zraku) ter možnosti poškodb oči pri minimalnem dosegu takega laserja. Laserji se poleg tega ločijo tudi po oddani moči, saj so za laserje kratkega dosega (npr. terestrične) sprejemljivejši laserji z manjšo močjo, za zračne laserske sisteme, ki so bolj oddaljeni od objektov, pa se uporabljajo laserji z večjo močjo (Lemmings, 2009; Wehr, 1999). Tako se laser Nd:YAG z valovno dolžino 1064 nm (infrardeča svetloba) in vršno močjo pulza nekaj megavatov večinoma uporablja za zračne laserske sisteme srednjega dosega (optimalna višina do 1000 m).

¹ Nd:YAG – kristal itrij-aluminijevega granata ($Y_3Al_5O_{12}$), v katerem del itrijevih atomov nadomestimo z neodimovimi. Laser Nd:YAG lahko oddaja valovni dolžini 1064 in 532 nm.



Slika 1: Dva načina zapisa prejetega signala pulznih laserjev: A) oddani pulz, B) sprejeti pulz, C) zapis v klasični pulzni obliki in D) zapis v podrobni pulzni obliki z opisom valovanja

2.1 Divergenca laserskega žarka



Slika 2: Premer odtisa laserskega žarka a_L : A) teoretično in B) s poenostavitvijo za zračne laserske sisteme, pri čemer moramo upoštevati tudi trenutni kot skeniranja β .

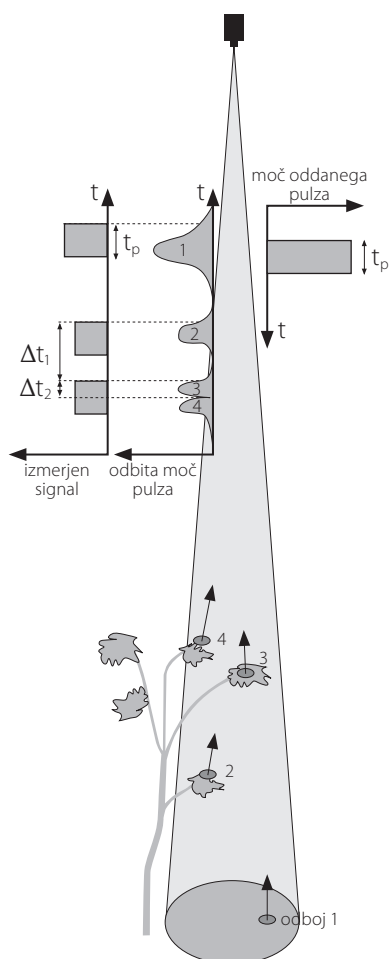
Laserski žarek ima zelo majhno divergenco, tipično med 0,2 in 2 mrad (Wehr, 1999; Wehr, 1999). Laserski senzorji z divergenco žarka 0,2 mrad, ki so na višini 1000 m, podajo na tleh laserski odtis (angl. footprint) v velikosti 20 cm (slika 2). Divergenca laserskega žarka omogoča, da se deli enega laserskega žarka odbijejo od več teles na njegovi poti (slika 3). Zato z zračnim laserskim skeniranjem lahko zaznamo tudi objekte, ki so pod vegetacijo. Koliko odbojev bomo dobili izpod vegetacije, je odvisno tudi od njenih vrst in gostote (več odbojev bomo dobili v neolistanih gozdovih, veliko manj pa v gostih iglastih gozdovih). Če imamo mešani gozd evropskega tipa, lahko v olistanem delu leta pričakujemo 20–40 odstotkov laserskih odbojev, ki dosežejo tla, v neolistanem delu leta pa 70 odstotkov (Ackermann, 1999; Triglav Čekada, 2009; Triglav Čekada, 2010).

2.2 Določitev razdalje z laserskim žarkom

Sprejemnik meri čas, ki je pretekel med oddajo laserskega signala in sprejemom njegovega odboja. Čas je izmerjen s preciznim števcem intervalov, ki ima frekvenco reda velikosti 10 GHz (Katzenbeisser, 2003). Odvisno od laserskega sistema pa laserski sprejemnik lahko zazna le določeno število odbojev enega laserskega žarka (največkrat od 2 do 4). Kdaj bo sprejemnik še lahko ločil med sabo dva vertikalno zamaknjena odboja, je odvisno od trajanja oddanega laserskega pulza. Trajanje laserskega pulza t_p je najkrajši čas, ki ga sprejemnik še lahko zazna in opredeljuje vertikalno ločljivost laserskega skeniranja. Čas laserskega pulza je med 5 in 12 ns (Thiel, 2004).

Primer uspešne in neuspešne ločitve dveh vertikalno zamaknjenih objektov vidimo na sliki 3. Če je $t_1 > t_p$, je sprejemnik še ločil dva objekta (list–tla), če je $t_2 < t_p$, pa ne (dva lista).

Horizontalna ločljivost laserskih sistemov je določena z velikostjo laserskega odtisa na tleh. Objektov, ki so manjši od premera laserskega odtisa, ni mogoče ločiti med seboj. Če uporabljamo topografski laserski sistem, s katerim dobimo velikost odtisa laserskega žarka na tleh 0,2 m, rečemo, da je lahko največja teoretična položajna natančnost izmere 0,2 m.



Slika 3: Vertikalna ločljivost laserskega sistema: t_p je čas laserskega pulza, če je $t_1 \geq t_p$, dve vertikalno zamaknjeni podrobnosti lahko ločimo med sabo, če je $t_2 < t_p$, pa ju ne moremo ločiti.

2.3 Odbojnost laserskega žarka

Možnost zaznave laserskega odboja je odvisna od velikosti tarče, vpadnega kota laserskega žarka na tarčo, odbojnosti in strukture tarče (enovit odbojnik – ravnina, linijski objekti – žica, enakomerno ploskovno razporejeni majhni odbojniki – trava). Če primerjamo vpliv velikosti odbojnika in njegove odbojnosti, ugotovimo, da je ta veliko pomembnejša (Wotruba, 2005). Zato lahko zaznamo objekte, veliko manjše od laserskega odtisa (listje, žice), ki pa so dobri odbojniki v valovni dolžini laserja. Pri načrtovanju laserskega skeniranja, še posebno za opredelitev kontrolnih točk, je zelo pomembno, da poznamo nekaj dobrih odbojnikov v valovni dolžini laserja (preglednica 1). Odbojniki z albedom blizu ena so zelo dobri in jih je mogoče v oblaku laserskih točk dobro prepoznati.

Preglednica 1: Albedo različnih materialov za Nd:YAG valovno dolžino 1064 nm (Wehr, 1999; Wagner, 2005)

Material	Albedo	Material	Albedo
aluminijeva folija	0,8–0,9	pesek, peščene plaže, puščave	0,5
sneg	0,8–0,9	peščena prst: mokra – suha	0,2–0,3
baker	0,9	žgana glina (strešniki)	0,3
koruzno listje	0,9	cement	0,4
apnenec	0,7	asfalt	0,2
suha slana prst	0,6	lava	0,1
krom	0,6	voda	< 0,01
nerjavno jeklo	0,6		

2.4 Georeferenciranje

Georeferenciranje je postopek določanja položaja zajetih podatkov v referenčnem sistemu. Neposredno georeferenciranje zračnih laserskih sistemov (ZLS) in mobilnih snemalnih sistemov (MSS) temelji na meritvah laserskega skenerja inercialnega navigacijskega sistema (INS) in globalnega navigacijskega satelitskega sistema (GNSS), ki se nahajajo na nosilcu snemanja (ZLS: letalo, helikopter ali MSS, na primer avto). INS- in GNSS-meritve opredeljujejo lego in orientacijo snemalnega senzorja v prostoru. Najnovejši laserski sistemi uporabljajo zelo natančne integrirane sisteme INS oziroma GNSS, kot je na primer Applanix (Applanix, 2011), ki omogočajo višinsko natančnost ZLS-izmere okoli decimetra in položajno natančnost nekaj decimetrov v koordinatnem sistemu meritev (na primer ETRS89). S transformacijo iz ETRS89 v Gauß-Krügerjev koordinatni sistem »pokvarimo« natančnost meritev vsaj še za kak decimeter.

3 OMEJITVE LASERSKEGA SKENIRANJA

Pri uporabi podatkov laserskega skeniranja obstajajo nekatere omejitve, ki jih je treba upoštevati pri načrtovanju zajema podatkov in pri vrednotenju končnih rezultatov. Te omejitve lahko tudi obidemo, če laserski skener kombiniramo z drugimi senzorji (glej poglavje 6).

3.1 Prodornost laserskega skeniranja skozi pokrov vegetacije

Kot je bilo že omenjeno v poglavju 2.2, gostota in tip vegetacijskega pokrova vplivata na kakovost zajema objektov pod vegetacijo. Deblo, veje in listi povzročajo večkratne odboje in zmanjšujejo možnost, da se bo laserski žarek odbil od tal. Tudi uporaba laserja z večjim laserskim odtisom zmanjšuje možnost preboja skozi pokrov vegetacije, prav tako tudi uporaba večjega kota skeniranja. Na uspešen zajem podatkov o terenu ali objektih pod vegetacijo vplivata tudi višina leta nosilca skenerja in frekvenca laserskega skeniranja. Goodwin (2006) je opravil test laserskega skeniranja na treh različnih višinah leta (1000, 2000 in 3000 m) in na treh lokacijah z različno strukturo vegetacije in topografije. Ugotovil je, da se ob uporabi večjih višin leta zmanjša gostota laserskih točk. Drugi dejavniki, ki še vplivajo na prodornost in distribucijo odbojev na drevesnih krošnjah, so še valovna dolžina laserja, njegova moč in prejeta energija odboja ter letni čas snemanja (Baltsavias, 1999; Triglav Čekada, 2010). Ob snemanjih zelo olistanih območij, torej v olistanem delu leta, se zelo zmanjša prodornost laserskih točk do tal. Na primeru Nove Gorice se je pri snemanju gostega listnatega gozda v olistanem delu leta odbilo od tal le šest odstotkov laserskih točk (Triglav Čekada, 2009).

3.2 Vremenske, časovne in druge omejitve za izvedbo laserskega skeniranja

Laserskega skeniranja ne moremo izvajati v dežju, snegu, megli, pri nizki oblačnosti in visoki vlagi, saj se laserska svetloba absorbira ali odbije od vodnih in drugih delcev v atmosferi, torej merimo višino aerosolov nad tlemi. Poleg omejitev ob padavinah so težave tudi pri zaznavanju vodnih in drugih površin, ki so slabi odbojniki v valovni dolžini laserja (npr. svež asfalt, katran ali črne strehe). Lasersko skeniranje izkorišča za izmero princip difuznega odboja od hrapavih površin v valovni dolžini laserja. Vodna površina in druge gladke površine v valovni dolžini laserja ne omogočajo difuznega odboja laserskega žarka. Ta se tako odbije na gladkih površinah po odbojnem zakonu, pri čemer je vpadni kot enak odbojnemu kotu, zato odbitega žarka ne moremo zaznati. V tem primeru zaznamo odboj le pri pravokotnem vpadu laserskega žarka na vodno gladino – zato tudi dobimo nekaj odbojev na vodnih površinah.

Ker je laserski skener aktivni senzor, lahko meritve opravljamo tudi ponoči.

3.3 Obdelava velikih količin podatkov

Pri zajemu in obdelavi podatkov laserskega skeniranja nastane velika količina podatkov, ki se pri istočasnem zajemu ali uporabi tudi drugih senzorjev še poveča. Obdelave podatkov v pisarni zahtevajo veliko procesorsko moč in kakovostne algoritme. Zaradi količine je ročno popravljanje zelo dolgotrajno in ga je treba omejiti. Količino ročnega dela zmanjšamo s samodejnim iskanjem napak in nepravilnosti v podatkih.

3.4 Kakovost GNSS/INS-podatkov

Neposredno georeferenciranje točk zahteva kakovostne podatke. Kakršen koli izpad ali slabša kakovost GNSS/INS-podatkov lahko zahteva ponovitev laserskega skeniranja.

4 ZRAČNO LASERSKO SKENIRANJE

Zračno lasersko skeniranje delimo glede na namen zajema na topografsko in batimetrično. Laserski sistemi so lahko nameščeni na letalih, helikopterjih in njunih avtonomnih različicah ter na satelitih. Ker lahko helikopterji letijo počasneje, omogočajo večje gostote točk na enoto površine. Zračno lasersko skeniranje se lahko izvaja kot samostojna meritev ali kombinirano z različnimi drugimi tehnikami daljinskega zaznavanja (glej poglavje 6).

4.1 Topografski laserski sistemi

Današnji topografski laserski sistemi večinoma uporabljajo valovne dolžine 1064 nm, 1541 nm ali 1550 nm. Proizvajalci jih delijo glede na največjo mogočo višino snemanja na visoko leteče (do 2000 m), srednje visoko leteče (do 1000 m) in nizko leteče laserske sisteme (do 500 m). Največja optimalna višina snemanja opredeljuje valovno dolžino laserskega sistema, saj za višje leteče potrebujemo laser z večjo močjo, za katerega se izkaže, da ima tudi večjo valovno dolžino. Visoko leteči laserski sistemi (npr. ALS60, ALTM Orion C200 in ALTM Gemini, LMS-Q680i) imajo valovne dolžine 1064 nm, 1541 nm ali 1550 nm in se uporabljajo za klasična topografska snemanja večjih območij (Optech, 2011; Riegl, 2011). Za srednje visoko leteče laserske sisteme se večinoma uporablja valovna dolžina 1064 nm (npr. Riegl VQ-580 in Optech ALTM Orion M200 – glej preglednico 2). Na srednjih višinah (od 750 m do 1500 m) se uporabljajo za snemanje različnih koridorjev (elektrovodi, prometnice), nizko leteči pa se uporabljajo za posebna snemanja, kot je na primer kombinirano topografsko in batimetrično snemanje (na primer SHOALS-3000). Laserski sistemi za srednje in nizke višine nad Zemljinim površjem se lahko uporabljajo tudi na avtonomnih zračnih sistemih brez posadke.

Ker večje število laserskih točk na enoto površine omogoča zajem manjših podrobnosti, gre trenutni razvoj zračnih senzorjev v smeri povečevanja frekvenc sprejemanja laserskih odbojev pri enaki hitrosti leta nosilca in enaki končni natančnosti. ALTM Pegasus na primer v ta namen uporablja hkrati dva laserja (Optech, 2011).

Preglednica 2: Tehnične lastnosti topografskih laserskih sistemov. Posebej sta podana konkurenčna srednje visoko leteča Riegl VQ-500 in Optech ALTM Orion M200. (Riegl, 2011; Optech, 2011)

	Tipični topografski laserski sistem	Riegl VQ-580	ALTM Orion M200
optimalna višina leta	350–3000 m	350–1120	200–2500 m
divergenca laserskega žarka	0,2–2 mrad	0,2 mrad	0,25 mrad
največji kot skeniranja	do $\pm 40^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 25^\circ$
frekvenca meritev	10–266 kHz	50–200 kHz	150 kHz
vertikalna natančnost	do 1 dm	2,5 cm	5–15 cm
horizontalna natančnost	do nekaj dm		$1/5500 \times h^*$
število prepoznanih odbojev enega pulza	2–4	popolna valovna oblika	4

* h je višina leta v metrih

4.2 Batimetrični laserski sistemi

Batimetrični laserski sistemi imajo valovno dolžino 532 nm (zelena barva), ki prodre v vodo. Batimetrični sistem (preglednica 3) je dodan topografskemu in je namenjen snemanju priobalnih območij, saj v

enem snemalnem pasu hkrati zajamemo obalo s topografskim sistemom in dno z batimetričnim sistemom. Rezultat so podatki topografskega in batimetričnega laserskega skeniranja, združeni v skupnem brezšivnem podatkovnem sloju. Zeleni laser se odbije od vseh objektov v vodi, zato se lahko uporablja tudi za spremljanje različnih delcev v vodi (na primer planktona). Največja globina, ki jo bomo še lahko izmerili, je odvisna od prosojnosti vode in vsebnosti različnih delcev v njej. Teoretično je največja globina, ki jo z batimetričnim laserjem še lahko izmerimo, 70 m (AHAB, 2009), zato so ti konkurenčni sonarskim meritvam globin. Največje globine lahko pričakujemo v čistih tropskih morjih, najmanjše pa ob izlivih večjih rek. Tako lahko npr. Hawk Eye II ob karibskih otokih izmeri globino do 50 m, na Severnem morju 35–40 m in ob francoski obali 25–30 m (AHAB, 2009).

Preglednica 3: Tehnične lastnosti najnovejših batimetričnih laserskih sistemov za snemanje priobalnih pasov (AHAB, 2009; Optech, 2011). Frekvenca meritev topografskega sistema iz zračnega nosilca je vsaj nekaj desetkrat višja od frekvence meritev batimetričnega sistema.

	SHOALS-3000	HAWK EYE II
optimalna višina leta	200–400 m	250–500 m
največji kot skeniranja	$\pm 22^\circ$	$\pm 18^\circ$
frekvenca meritev	3 kHz	4 kHz
gostota točk na m ²		0,3 do 0,6/m ²
vertikalna natančnost	$\pm 0,25$ m	$\pm 0,25$ m
horizontalna natančnost	$\pm 2,5$ m	$\pm 2,5$ m
največja globina	50 m	teoretično 70 m
število prepoznanih odbojev enega pulza		podrobna pulzna oblika

5 TERESTRIČNO LASERSKO SKENIRANJE

Ko je laserski skener postavljen na tla in pritrjen na stativ ali na neko vozilo (na primer avtomobil, motor, vlak), govorimo o terestričnem laserskem skeniranju. Pri statičnem največkrat uporabljamo 3D-laserske skenerje, pri katerih se laserski žarek premika po horizontalni in vertikalni smeri. Pri mobilnem terestričnem laserskem skeniranju uporabljamo 2D-laserske skenerje, pri katerih se laserski žarek premika samo po eni smeri, druga dimenzija pa je dodana s premikanjem vozila. V obeh primerih je rezultat zajema oblak laserskih točk.

Bistvena razlika med statičnim in mobilnim terestričnim skeniranjem je georeferenciranje. V statičnem primeru se za georeferenciranje uporabljajo vezne točke, ki imajo znane 3D-koordinate (največkrat izmerjene z GNSS-meritvami) in jih lahko razločimo v oblaku laserskih točk. V mobilnem primeru, ko je laserski skener pritrjen na mobilno enoto, pa laserske točke neposredno georeferenciramo z GNSS/INS-meritvami.

Laserski skenerji se skupaj z navigacijskim sistemom in drugimi senzorji daljinskega zaznavanja uporabljajo tudi pri razvoju avtonomnih vozil, to je vozil, ki lahko opravijo neko pot brez človekovega posredovanja.

5.1 Statični terestrični laserski skenerji

Uporaba statičnega terestričnega laserskega skenerja (TLS) se je v zadnjih petnajstih letih zelo razširila in obsega številna in različna področja. Skladno z novimi aplikacijami se je razvijala tudi tehnologija laserskega skeniranja. Terestrični laserski skenerji, ki se najpogosteje pojavljajo na tržišču, delujejo s frekvencami 1000

Hz ali več in večinoma uporabljajo valovne dolžine med 532 in 1064 nm (Lemmens, 2009) (preglednica 4). Pomembni značilnosti tega skenerja, ki predvsem določata način uporabe instrumenta, sta največja mogoča merjena razdalja in način skeniranja. V primerjavi z zračnimi večina terestričnih instrumentov že vsebuje tudi fotoaparata.

Glede na največjo mogočo merjeno razdaljo delimo terestrične laserske skenerje v tri razrede (Lemmens, 2009):

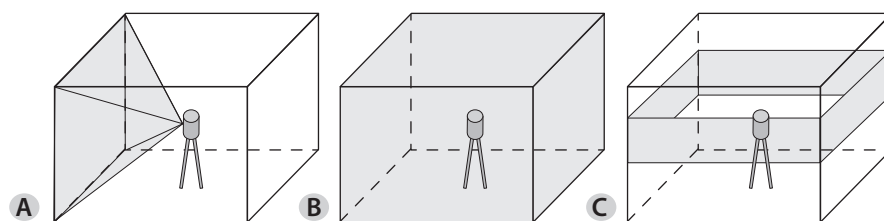
1. TLS kratkega dosega, to je do 25 m, ki jih uporabljamo za zajem manjših objektov z veliko podrobnostmi in ko potrebujemo zelo natančne meritve, na primer za zajem cevi in drugih naprav v industrijskih objektih, avtomobilov, arheoloških izkopanin itn. Primeri: Callidus CPW8000, Faro Photon 20, Trimble FX, Delta Sphere – 3000IR;
2. TLS srednjega dosega, to je do 250 m, ki jih uporabljamo za merjenje struktur zapletenih oblik na prostem, na primer za zajem gradbene konstrukcije, spomenikov kulturne dediščine, arheoloških najdišč. Primeri: Zoller & Fröhlich Imager 5006, Callidus CPW8000, Faro Photon 120;
3. TLS dolgega dosega, to je nad 250 m, ki jih uporabljamo za zajem površja, kot so na primer plazovi manjših obsegov. Primeri: Optech ILRIS-HD, Riegl LMS-Z620, Leica ScanStation 2.

Preglednica 4: Tehnične lastnosti najnovejših terestričnih laserskih skenerjev (Lemmens, 2009)

	Delta Sphere – 3000IR	Photon 120 FARO	Leica Scanstation 2
doseg [m]	kratki: 15 m	srednji: 0,6 m–120 m	dolgi: 1 m–300 m
valovna dolžina	780 nm	785 nm	532 nm
vidno polje: vertikalno × horizontalno	288° × 360°	360°/320°	270° × 360°
pomik po kotih skeniranja: vertikalno × horizontalno	0,067° × 0,067°	0,009°/0,009°	0,0002°
frekvenca meritev	17 kHz	976 kHz	50 KHz
natančnost izmere razdalje	7 mm (na 15 m)	2 mm (na 25 m)	4 mm (na 50 m)

Glede na način skeniranja, ki določa vidno polje, terestrično lasersko skeniranje delimo na tri tipe (Staige, 2003) (slika 4):

- a) navadni skener, katerega vidno polje je na primer omejeno na 40° × 40°, njegova uporaba je optimalna za skeniranje manjših objektov. Primer: Optech ILRIS HD;
- b) panoramski skener, njegovo vidno polje je omejeno le navzdol, tja, kjer je skener pritrjen na stativ. Ti skenerji tipično zajamejo vidno polje 360° horizontalno in 270° vertikalno, največkrat se uporabljajo za zajem notranjih prostorov, sob, opreme itn. Primeri: Imager 5003, Callidus CPW8000;
- c) hibridni skener, ki se okoli ene osi zavrti za 360°, v drugi pravokotni smeri pa je zaradi uporabe zrcal njegov doseg omejen, na primer do 80°. Primeri: Riegl LMS-Z620, Leica HDS4400.



Slika 4: Delitev TLS glede na vidno polje: A) navadni, B) panoramski in C) hibridni skener (prirejeno po Staige, 2003)

Območje oziroma objekt obravnave je zajet z enega ali več stojišč. Združitev več oblakov točk, posnetih z različnih stojišč, v skupen model se opravi z uporabo veznih točk (umetno postavljene tarče ali naravne strukture), ki jih lahko identificiramo v oblaku točk. Umetne tarče postavimo tako, da so vidne s čim več stojišč. Koordinate veznih točk izmerimo v referenčnem koordinatnem sistemu, na primer z GNSS-meritvami. Če vezne točke niso dobro vidne v oblakih točk z različnih stojišč ali pa bi motile videz 3D-modela, uporabimo še naravne vezne točke.

Za terestrično lasersko skeniranje nizozemske obale smo uporabili sferne vezne točke na stativih (slika 5). Položaj središča krogle v referenčnem koordinatnem sistemu je bil izmerjen z GNSS-meritvami.



Slika 5: Primer terestričnega laserskega skeniranja obale z uporabo sfernih veznih točk

Z večkratnim zaporednim skeniranjem nekega objekta lahko s terestričnim laserskim skeniranjem spremljamo deformacije in premike reda velikosti nekaj milimetrov.

5.2 Mobilni snemalni sistemi

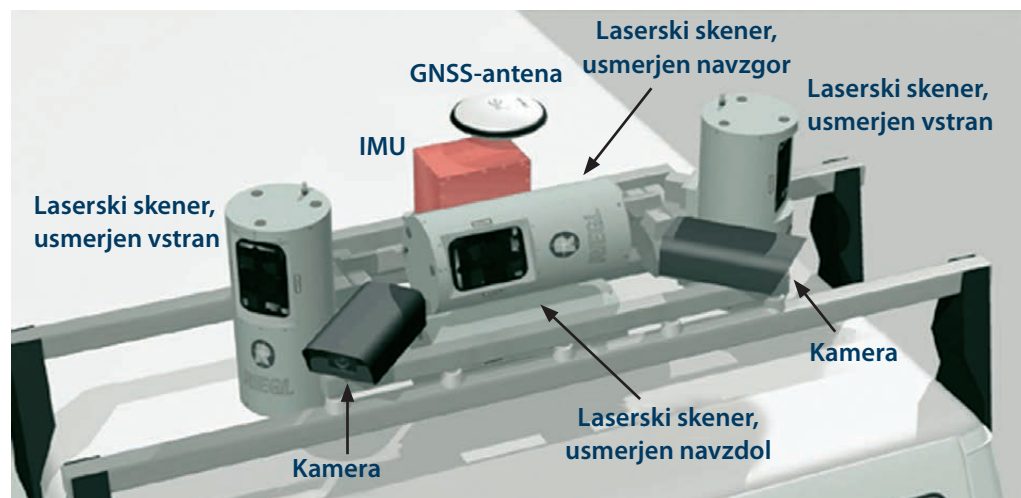
Razvoj terestričnih mobilnih snemalnih sistemov (MSS, angl. Land-based mobile mapping system) se je začel konec prejšnjega stoletja kot terestrična različica že uveljavljenega zračnega laserskega skeniranja, opisanega v poglavju 4. Mobilni snemalni sistem, ki združuje različne senzorje za daljinsko zaznavanje (laserski skener, fotoaparati, videokamera) in sistem GNSS/INS, je lahko pritrjen na avtomobil, vlak ali čoln. Razlika med mobilnim sistemom in zračnim laserskim sistemom je v perspektivi zajema in dosegu meritev. Z mobilnim snemalnim sistemom merimo krajše razdalje reda velikosti med 10 in 300 m. Zaradi kratkih razdalj med laserskim skenerjem in objektom ima oblak laserskih točk visoko gostoto, to je nad 100 laserskih točk na m^2 , in visoko absolutno natančnost, ki je tipično boljša od 2 cm. Mobilni snemalni sistem ima prednost pred zračnim laserskim sistemom tudi glede stroškov

zajema, saj je vožnja cenejša od letenja in bolj prilagodljiva težjim vremenskim razmeram, omogoča tudi hitrejši zajem »na poziv«.

V primerjavi s statičnim terestričnim skeniranjem je zajem s premikajočim se laserskim skenerjem precej hitrejši. Tudi izdelava 3D-oblaka točk je hitrejša, saj so meritve mobilnih snemalnih sistemov neposredno georeferencirane (klasična geodetska izmera veznih točk ni več potrebna).

Mobilne snemalne sisteme uporabljamo predvsem za zajem vertikalnih objektov, kot so fasade, kamnolomi, previsi, obcestna infrastruktura (signalizacija, znaki, cestne luči), predori in mostovi ter za zajem daljših koridorjev, kot so na primer obalna območja, hitre ceste, avtoceste, ulice, železniške proge itn.

V zadnjem desetletju se je pojavilo kar nekaj različnih konfiguracij mobilnih snemalnih sistemov, obširen in pregleden opis je podan v Petrie, 2010. V splošnem je na nosilec mobilnega sistema pritrjenih dva ali več 2D-laserskih skenerjev, ki pokrivajo vidno polje 360°. Večinoma so na nosilec nameščene še digitalne kamere (ena ali več), ki geometričnim podatkom skeniranja dodajo semantične informacije, pomembne pri naknadni obdelavi oblaka točk, za klasifikacijo točk in modeliranje zajetih objektov. Na sliki 6 je primer nosilca s senzorji za merjenje (laserski skenerji in digitalne kamere) in senzorji za pozicioniranje (sprejemniki GNSS in enota INS).



Slika 6: Primer postavitve različnih enot mobilnega snemalnega sistema (Kremer in Hunter, 2007)

Mobilni snemalni sistem omogoča hitro izmero 3D-oblaka točk in georeferenciranih digitalnih slik. Za obdelavo meritev in ovrednotenje končnih rezultatov (na primer DMR, 3D-modeli) pa žal potrebujemo desetkrat več časa. Na voljo je sicer veliko programov, orodij in modulov, vendar ostaja avtomatizacija naknadne obdelave v večini primerov še vedno nerešen problem.

5.3 Avtonomna vozila

Vozila, ki lahko popolnoma sama opravijo pot, brez posredovanja človeka, imenujemo avtonomna. V splošnem obstajajo trije pristopi k razvoju teh vozil. V prvem primeru je avtonomno vozilo vgrajeno v infrastrukturi objekt na cesti ali ob njej ali priklopljeno nanj, s čimer se usmerja njegova vožnja. V drugem primeru govorimo o sistemu za podporo vozniku, ki vsebuje različna orodja, s katerimi se zmanjša zahteva po voznikovem posredovanju. V tretjem primeru govorimo o popolnoma avtonomnih vozilih, ki za vodenje uporabljajo človeško zaznavanje in odločanje.

V drugem in tretjem primeru laserski skener uporabljamo za določanje razdalje do objektov oziroma za izdelavo digitalnega modela okolja, v katerem se giblje vozilo. Popolnoma avtonomna vozila večinoma vključujejo še druge merske senzorje, kot so na primer digitalna kamera, GNSS-sprejemnik in radar, ki sinhrono zajemajo podatke o okolju. Digitalni model okolja mora biti narejen in interpretiran v realnem času, da lahko operater sprejme pravilne odločitve o premiku. Zato je treba poleg merskih sistemov uporabiti visoko zmogljive računalniške enote in učinkovite programske rešitve. Primer uporabe laserskega skenerja v sistemih za podporo vozniku je na primer tehnologija za samodejno parkiranje ali tehnologija za sledenje drugemu vozilu na avtocesti.

Razvoj popolnoma avtonomnih vozil so je razcvetel predvsem po letu 2004, ko je ameriška vojaška agencija DARPA kot prva na svetu razpisala tekmovanje z avtonomnimi vozili na velike razdalje (Thrun, 2006). Z visokimi denarnimi nagradami so želeli spodbuditi razvoj tehnologije, saj je njihov cilj, da do leta 2015 avtomatizirajo tretjino svojih vojaških terenskih enot. Avtonomno vozilo bi omogočilo prevoz blaga na nevarnih območjih, kot so bojišča ali območja naravnih katastrof, ter zmanjšalo tveganje za življenje voznika. Več podrobnosti o popolnoma avtonomnih vozilih najdete v literaturi (Stanford Racing Team, 2011; VisLab, 2011; Ibeo Automotive Systems GmbH, 2011; Thrun, 2006).

Laserski skener se kot orodje za podporo vozniku uporablja tudi za izdelavo slike intenzitete sprejetih odbojev. Odbita infrardeča svetloba omogoča tako imenovani nočni pogled; voznik lahko vidi objekte okoli sebe tudi ponoči in ob slabi vidljivosti (na primer megla ali dim).

6 PRIMERJAVA Z DRUGIMI METODAMI ZAJEMA

Lasersko skeniranje se lahko izvaja samostojno in v kombinaciji z drugimi senzorji. Največ se kombinira s fotogrametričnim snemalnim sistemom (aerofotoaparati ali linijskimi senzorji) in z multispektralnimi ter hiperspektralnimi senzorji. V oblaku laserskih točk je na podlagi intenzitete odbitega žarka sicer mogoče prepoznati topografske objekte, vendar jih veliko lažje prepoznamo na aerofotografijah.

6.1 Fotogrametrični snemalni sistem – aerofotoaparat

Velikoformatni aerofotoaparati (npr. DMC, UltraCam) se razvijajo v smeri povečanja ločljivosti senzorjev in integracije z GNSS/INS-sistemi. Tehnologijo aerofotografiranja je delno nadomestilo lasersko skeniranje, predvsem pri izdelavi digitalnih modelov višin (DMV), pri izdelavi digitalnih modelov reliefa (DMR) in tudi digitalnih modelov površja (DMP). Lasersko skeniranje ima največjo prednost pri izdelavi DMR, ki prikazuje relief pod vegetacijo, saj nam le uporaba laserskega skenerja omogoča zaznavanje pod vegetacijskim pokrovom.

Za prepoznavanje objektov in 3D-digitalizacijo so primernejše aerofotografije, ki so razumljivejše od sive slike intenzitete laserskih točk ali obarvanega oblaka laserskih točk po višinskih pasovih.

Največja prednost aerofotografij pred laserskim skeniranjem je, da jih s pomočjo aerotrinagulacije lahko georeferenciramo tudi naknadno, brez uporabe GNSS/INS-meritev. Tako ob izpadu GNSS/INS-meritev ne potrebujemo ponovitve snemanja. Pri skeniranju pa je ob izpadu sistema GNSS/INS-meritev med snemanjem ponavljanje neizbežno.

6.2 Fotogrametrični snemalni sistem – linijski senzor

Podatki linijskega senzorja se podobno kot podatki laserskega skeniranja neposredno georeferencirajo s pomočjo GNSS/INS-meritev in so prav tako zelo občutljivi na prekinitev ali zmanjšanje kakovosti GNSS-signala (ADS80, 2011; JENOPTIK, 2011). Zapis slike linijskega senzorja je v končni obliki enak aerofotografiji in tudi pri uporabi se od nje ne razlikuje veliko.

6.3 Skupna uporaba zračnega laserskega skeniranja in fotogrametričnih snemalnih sistemov

Istočasni zajem podatkov z zračnim laserskim skenerjem in optičnim senzorjem (aerofotoaparatom ali linijskim senzorjem) daje široko možnost uporabe, saj z laserskim skeniranjem dobimo natančne podatke o višinah in barvno sliko, ki poenostavi interpretacijo. Z istočasnim fotogrametričnim snemanjem in skeniranjem omogočimo preprosto obarvanje oblaka laserskih točk. Pomanjkljivost takega skupnega snemanja z istega nosilca je zahteva, da zajem podatkov poteka podnevi in ob ugodnih svetlobnih razmerah, kar je sprejemljivo le za zajem podatkov na manjših območjih, pri sistemskem zajemu oziroma zajemu na velikih površinah pa to bistveno poveča stroške. Pri sistemskem zajemu sta tudi višina leta in kot zajema med laserskim skeniranjem in aerofotografiranjem precej različna, kar navadno vodi v ločen zajem.

6.4 Skupna uporaba zračnega laserskega skeniranja in večspektralnih senzorjev

Lasersko skeniranje se, poleg senzorjev v območju vidne in infrardeče svetlobe, kombinira tudi z multispektralnimi ali hiperspektralnimi senzorji, ki omogočajo razrez elektromagnetnega valovanja na več sto rezin z le nekaj nanometrov širokimi območji.

Lasersko skeniranje se skupaj s hiperspektralnim senzorjem uporablja za kartiranje rastlinskih vrst, proučevanje zdravja gozda ter zgodnje prepoznavanje in uničevanje drevesnih škodljivcev (Knapič, 2007), kot je na primer jesenov kresnik (Souci, 2009).

7 UPORABA LASERSKEGA SKENIRANJA PRI ZAŠČITI IN REŠEVANJU TER V VOJAŠKIH DEJAVNOSTIH

Ob možnosti zajema oblike objektov, možnost ločitve dveh objektov med sabo (prostorska in tematska) ter določitvi končne natančnosti zajema pa moramo, poleg parametrov opisanih v poglavju 2, poznati še minimalno gostoto laserskih točk na enoto površine (število točk na m^2). Odvisna je od uporabljenega skenerja, to je od frekvence oddajanja laserskih pulzov ter hitrosti premikanja snemalnega sistema. Izdelke lahko glede na gostoto laserskih točk delimo na:

- do 5 točk/ m^2 – majhna gostota laserskih točk: omogoča izdelavo splošnih DMR za vso državo;
- 5–10 točk/ m^2 – srednja gostota laserskih točk: omogoča izdelavo podrobnejših DMR, na primer za generalne študije poplavnih območij;
- 10–30 točk/ m^2 – visoka gostota laserskih točk, narejena z ZLS: omogoča izdelavo najpodrobnejših DMR za izdelavo podrobnih 3D-modelov mest, prikaz podatkov za topografske karte merila 1 : 10.000 ali 1 : 5000 in izdelavo podrobnih hidroloških študij poplavnosti;
- 100 in več točk – izdelki terestričnega laserskega skeniranja, ki se uporabljajo za izdelavo podrobnih modelov ulic, fasad, kulturnih spomenikov, manjših plazov in kart meril 1 : 1000.

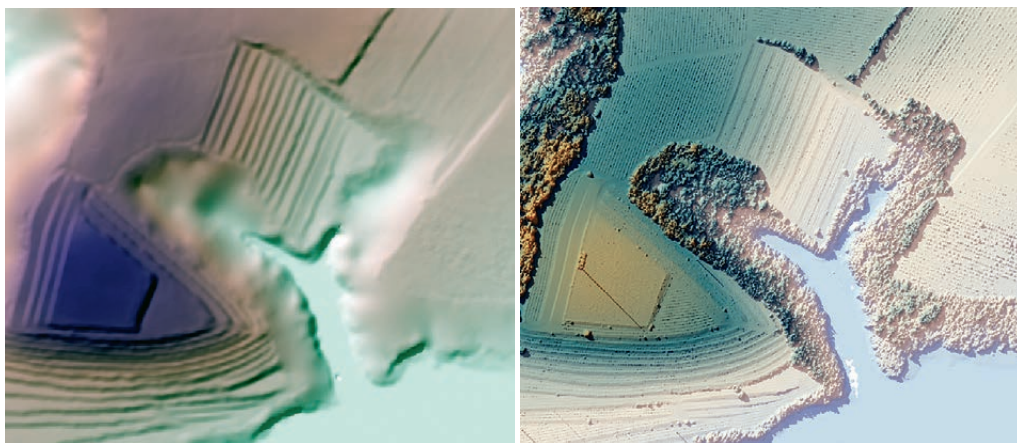
Leta 2011 je Geodetska uprava Republike Slovenije pričela z izvedbo topografskega laserskega skeniranja celotnega ozemlja Slovenije (GURS, 2011). Ob zaključku projekta bo Slovenija pokrita s tremi različnimi gostotami na enoto površine:

- 10 točk/m² za območja nekaterih stalnih zemeljskih plazov in delov vodotokov,
- 2 točki/m² za območje Alp in obširnih gozdov,
- 5 točk/m² za preostale dele države.

Zračno lasersko skeniranje se v tujini uporablja za izmero tras elektrovodov, izdelavo podrobnih 3D-modelov mest ter gozdarskih, hidroloških in drugih topografskih analiz (Shan in sod., 2008). Lasersko skeniranje omogoča zajem podatkov, ki so povsem primerljivi s podatki klasične stereo-restitucije na podlagi aerofotografij. Tudi v Sloveniji se je zračno lasersko skeniranje uveljavilo predvsem za podrobne hidrološke študije (Gosar, 2007), za gozdarstvo (Janža, 2009; Kobler, 2006), kot vhodni vir za izdelke prostorskega načrtovanja (Barborič, 2008; Kolega, 2008) ter za zgodovinske študije (Mlekuž, 2010; Kokalj, 2008; Štular, 2010). Terestrično lasersko skeniranje se uporablja še za spremljanje objektov kulturne dediščine, od arhitekturnih do arheoloških, ter spremljanje geomorfoloških sprememb manjšega obsega (plazovi).

7.1 Uporaba pri zaščiti in reševanju

Kljub različnim možnostim uporabe so podatki laserskega skeniranja najbolj uporabni predvsem za izdelavo DMR in DMP (slika 7). DMR je odločilna komponenta pri taktičnem načrtovanju in simulacijah, saj zaradi visoke gostote podatkov omogoča prikaz mikro reliefa in je zato uporabna tudi za dejavnosti zaščite in reševanja.



Slika 7: DMR in DMP istega območja, narejena iz podatkov zračnega laserskega skeniranja z gostoto 20 točk/m². Prikazana je terasasta pokrajina ob obalah akumulacije Vogrščka, ki je deloma pokrita z gozdom, deloma vinogradi in deloma poljščinami.

Zaščita in reševanje

Uporabnost tehnologije laserskega skeniranja pri zaščiti in reševanju je predvsem preventivnega značaja oziroma služi kot pomoč pri kartiranju objektov v prostoru. Čim hitrejša dostopnost do podatkov o prostoru, ko se v njem kar koli zgodi (na primer naravna nesreča), je nujnost. Pri

uresničevanju zaščite in reševanja je zelo pomembno dobro poznavanje terena, in sicer prek natančnih digitalnih modelov, s čimer si je mogoče čim bolj nazorno predstavljati resnično situacijo. Tudi iskanje pogrešanih je preprostejše, če se prehodnost terena lahko vsaj v grobem preveri na digitalnem modelu, na katerem je poleg terena treba kartirati tudi vegetacijo, ceste, kolovoze, poti in druge objekte.

Lasersko skeniranje je trenutno najnatančnejša metoda zajema podatkov za kakovostno modeliranje terena. Odvisno od obsega nesreče lahko uporabljamo podatke ZLS ali TLS.

Kartiranje prometnih nesreč in forenzične preiskave

Zaradi zavarovanja dokazov je treba kartirati kraje prometnih nesreč (slika 8) z večjo materialno škodo, poškodbami ali smrtnim izidom in kraje hujšega kaznivega dejanja (Bric, 2010). Najnaprednejša tehnologija zajema podatkov za kartiranje prizorišč prometnih nesreč in hujših kaznivih dejanj je lasersko skeniranje, navadno zadošča terestrično, saj so ti primeri večinoma prostorsko omejeni. Poleg velike natančnosti omogoča lasersko skeniranje tudi hiter zajem, kar je še posebej pomembno pri prometnih nesrečah, saj zajem podatkov za kartiranje neposredno vpliva na trajanje cestne zapore.

Težava pri uporabi terestričnega laserskega skeniranja za kartiranje prometnih nesreč je, da bi za hitro pokritje vseh nesreč potrebovali več instrumentov, ti pa so dragi. Poleg tega pa potrebujemo za zajem in obdelavo podatkov terestričnega laserskega skeniranja še posebno specialistično znanje.



Slika 8: Laserski skenogram kraja prometne nesreče (Pagounis, 2006)

Izdelava kart poplavnih nevarnosti in poplav

Za izdelavo kart poplavne nevarnosti potrebujemo DMR in DMP objektov, ki vplivajo na tok vode (slika 9). Pri proučevanju poplavne nevarnosti vodotoke modeliramo v državnem koordinatnem sistemu, v katerem so nadmorske višine predstavljene na geoidu in najprilneje prikazujejo padec vod. Podatki ZLS so v bistvu georeferencirani in temeljijo na globalnem

koordinatnem sistemu, na primer na ETRS 89, katerega višine temeljijo na elipsoidu. Pri transformaciji iz globalnega koordinatnega sistema v državnega moramo zato zelo paziti, da uporabimo prave in zelo natančne transformacijske parametre, da z njimi ne bomo pokvarili višinske natančnosti laserske izmere.

Lasersko skeniranje je zelo pomembno tudi za kartiranje poplav, predvsem za čim bolj objektivno oceno škode. Ker se laserski žarki topografskih laserskih skenerjev popolnoma odbijejo od vode in je zato gostota laserskih točk na vodnih površinah majhna v primerjavi s povprečno gostoto, bomo mejo med vodo in terenom zelo lahko določili.



Slika 9: DMV zajezitve Vogrščka, narejen na podlagi laserskega skeniranja z gostoto 20 točk/m²

7.2 Uporaba v vojaških dejavnostih

Lasersko skeniranje se v vojaških dejavnostih uporablja v številne namene (Steinval, 2011). Njegova uporaba se širi na različna nova področja in se povezuje z drugimi senzorji. Največ se še vedno uporablja za kartiranje terena oziroma pri odkrivanju možnosti za taktične premike na težko prehodnih terenih.

Karte in načrti

Poznavanje terena je pri vojaških dejavnostih izjemnega pomena. Obrambne aktivnosti danes potekajo tudi na različnih misijah po svetu, na odročnih terenih, kjer navadno ni na voljo primernih kart in načrtov. Pri izdelavi kart za večja območja se v ta namen uporabljajo satelitski posnetki. Za

prikaz manjših območij za taktične namene pa je zelo primerno lasersko skeniranje, še posebej, če so območja pokrita z gozdom, saj omogoča zajem objektov tudi pod vegetacijo. Tako je iz tako pridobljenih podatkov mogoče prepoznati tudi maskirana vozila, ki bi jih ob pregledu fotografij lahko spregledali.

Radijske komunikacije

Iz podatkov laserskega skeniranja izdelujejo tudi 3D-modele zemeljskega površja, ki omogočajo simulacijo čim boljših postavitv komunikacijskih instrumentov za sporazumevanje in prisluškovanje. S tem vnaprej opredelimo postavitev, ki bo imela najmanj motenj pri sprejemu signala in bo omogočala največji doseg.

Zračna plovila

Velik potencial natančnega modela višin, ki ga pridobimo iz LS-podatkov, je možnost samodejnega odkrivanja vertikalnih ovir, kot so na primer drogovi za električno napetost, industrijski dimniki in drugi visoki objekti (Lobonc, 2011). Redno vzdrževanje zbirke podatkov o visokih objektih je zelo pomembno za varno navigacijo nizko letečih zračnih plovil (helikopterji, letala). Poleg podatkov iz takih zbirk pa lahko nizko leteča plovila za sprotno določanje ovir ali za iskanje primerne mesta za pristajanje na območjih, za katera seznami visokih objektov niso vzdrževani ali pa jih sploh ni, uporabljajo laserske instrumente na svojem krovu (Koski, 2010).

Vozila brez posadke

Vsa vozila brez posadke (angl. UGV – unmaned ground vehicles), tako vojaška kot civilna, uporabljajo več laserskih instrumentov, ki skupaj z drugimi sistemi, kot so GNSS/INS, radar ter video kamere (MDRAS-E, 2010), in z uporabo naprednih računalniških algoritmov omogočajo avtonomno vožnjo. V tem primeru so laserski instrumenti namenjeni določanju lege terenskega vozila v prostoru ter iskanju ovir na njegovi poti. Taka vozila uporabljajo ameriške jedrske baze za nadzor in varovanje (MDRAS, 2010).

Avtonomna terenska vozila lahko uporabimo tudi kot nosilce mobilnih snemalnih sistemov.

Avtonomni zračni nosilci laserskega skeniranja lahko merijo in določajo tudi spremembe na bojišču, jih takoj posredujejo posamezniku na njegov prenosni računalnik (angl. Personal Digital Assistant) in tako vojaku omogočijo lažje odločanje o nadaljnjih premikih in dejavnostih (Butkiewicz, 2008).

Iskanje morskih in kopenskih min

Helikopterji ameriške vojske uporabljajo laserske sisteme tudi že za iskanje morskih min, ki so privezane na morsko dno (angl. Airborne Laser Mine Detection System). Ta sistem uporablja enako valovno dolžino, ki jo voda prepušča, kot batimetrični laserski sistemi.

Prav tako razvijajo tudi sisteme za odkrivanje kopenskih površinskih min, pri čemer se laserski skener uporablja skupaj z drugimi senzorji daljinskega zaznavanja (Letalick, 2011).

Zaznavanje kemične in biološke nevarnosti

Lasersko skeniranje se lahko uporablja tudi za zaznavanje kemičnih in bioloških nevarnosti v zraku (ARTEMIS, 2002; Abaie, 2003). Ameriška vojska razvija prototip diferencialnega laserskega skenerja, imenovanega Artemis, ki simultano oddaja dva laserska pulza različnih valovnih dolžin. S primerjavo moči vrnjenih odbojev obeh laserskih pulzov lahko določimo kemično sestavo odbojnika (na primer vodnih hlapov), saj se ena valovna dolžina bolj absorbira kot druga. S tem določamo prisotnost bioloških ali kemičnih snovi. Laserske meritve kemične sestave atmosfere se že dolgo uporabljajo tudi v civilne meteorološke namene.

Uporaba na morju

Uporaba batimetričnega laserskega skeniranja na obalah, na katerih se načrtuje izkrcanje, lahko načrtovalcem vojaške akcije poda zelo pomembne podatke o globini vode, čerih in drugih nevarnostih nepoznanega terena.

Uporaba LS-tehnologije na vojaških ladjah ima dva namena: prepoznavanje manjših in večjih plovil ali objektov na razdalji 10 km in zajem podatkov o razčlenjenosti obale za določitev kraja izkrcanja.

8 SKLEP

Lasersko skeniranje je zelo uporabna tehnika daljinskega zaznavanja, ki ima zaradi uporabe aktivnega senzorja kar nekaj prednosti pred preostalimi tehnikami daljinskega zaznavanja. Njene aplikacije segajo od topografskih in batimetričnih merjenj razdalj do spektrometričnega določanja kemijske sestave delcev v atmosferi. V geodeziji večinoma govorimo o topografskih in batimetričnih aplikacijah, ki zajemajo rezultate zračnega laserskega skeniranja in terestričnega laserskega skeniranja (statično in mobilno). V članku smo predstavili fizikalne osnove laserskega skeniranja ter prednosti in različne možnosti kombiniranja laserskega skeniranja z rezultati drugih senzorjev. Vsi ti podatki opredeljujejo način merjenja in možnosti uporabe laserskega skeniranja.

Lasersko skeniranje lahko uporabljamo v gozdarstvu, hidrologiji, arheologiji in prostorskem načrtovanju, pa tudi pri zaščiti in reševanju ter v vojski. Pri zaščiti in reševanju ga uporabljamo predvsem v topografske namene, torej za izdelavo čim natančnejših prikazov prostora v obliki DMR, kart in načrtov. Tako lahko te podatke uporabimo bodisi za izdelavo podrobnega DMR-obsega poplav bodisi za izdelavo kart posledic naravnih in prometnih nesreč.

Vojaške aplikacije so že od nekdaj gibalno razvoja in zato še bolj raznolike. Tako uporabljamo lasersko skeniranje za prikaz topografije in batimetrije. Lidar pomaga tudi pri odkrivanju kemičnih in bioloških nevarnosti, kar je zelo pomembno za varnost in zaščito vojakov ter civilistov.

Vojska pa je bila tudi pobudnik razvoja avtonomnih vozil. Ta vozila se na tleh in v zraku s pomočjo tehnologije laserskega skeniranja izogibajo oviram in opravljajo vojaške in druge naloge, ki so za ljudi prenevarne. Avtonomna vozila so lahko tudi nosilci instrumentov za topografske laserske meritve.

V prihodnosti pričakujemo še večjo uporabo laserskega skeniranja ali kombinacij laserskega skeniranja z drugimi senzorji za doseganje večje varnosti pri vojaških in civilnih dejavnostih. Želimo si, da bi bila tudi Slovenija deležna rezultatov tega razvoja.

9 LITERATURA

- Abaie, M., 2003. Artemis - Advance Planning Briefing for Industry. http://proceedings.ndia.org/dod_cb/Wednesday_AM/Abaie.pdf, 31. 3. 2011.
- Ackermann, F., 1999. Airborne laser scanning – present status and future expectations. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 54, str. 64–67.
- ADS80, 2011. *Leica ADS80 Airborne Digital Sensor*. http://www.leica-geosystems.com/en/Airborne-Sensors-Leica-ADS80-Airborne-Digital-Sensor_57627.htm, 31. 3. 2011.
- AHAB, 2009. Hawk Eye II - Airborne bathymetric LIDAR system. http://geomaticsdatasolutions.com/GeomaticsDataSolutions/Files/Broshyr_AHAB_HawkEyeII_090326.pdf, 31. 3. 2011.
- Applanix, 2011. <http://www.applanix.com/products/>, 31. 3. 2011.
- ARTEMIS, 2002. Hide and seek. The Economist Newspaper Limited. <http://www.economist.com/node/1465633>, 31. 3. 2011.
- Baltsavias, E., 1999. Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, str. 164–198.
- Barborič, B., Triglav Čekada, M., Berk, S., in Kosmatin Fras, M., 2008. Metodologija za izboljšavo in harmonizacijo geodetskih podlag za potrebe čezmejnega prostorskega načrtovanja. GIS v Sloveniji 2007–2008, Ljubljana, Slovenija, str. 273–286.
- Bric, V., Oven, K., in Radovan, D., 2010. Fotogrametrično kartiranje prometnih nezgod. 10. slovenski kongres o cestah in prometu, Zbornik referatov 2, str. 727–731.
- Butkiewicz, T., Chang, R., Wartell, Z., in Ribarsky, W., 2008. Visual analysis for live LIDAR battlefieldd change detection. *SPIE*, 6983, 10.
- Goodwin, N. R., Coops, N. C., in Culvenor, D. S., 2006. Assessment of forest structure with airborne LiDAR and the effects of platform altitude. *Remote Sensing of Environment*, str. 103, 13.
- Gosar, L., Rak, G., Steinman, F., in Banovec, P., 2007. Z LIDAR tehnologijo zajeta topografija v hidravličnih analizah vodotokov. *Gradbeniški vestnik*, 56, str. 115–123.
- GURS, 2011. Lasersko skeniranje in aerofotografiranje 2011. [http://www.gu.gov.si/si/javna_narocila/?tx_t3javnirazpis_pi1\[show_single\]=875](http://www.gu.gov.si/si/javna_narocila/?tx_t3javnirazpis_pi1[show_single]=875), 31. 3. 2011.
- Ibeo Automotive Systems GmbH, I., 2011. *The LUX car*. http://www.ibeo-as.com/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=87&lang=en, 31. 3. 2011.
- Janža, M., Komac, M., Kobler, A., Stojanova, D., Oštir, K., Marsetič, A., Džeroski, S., in Gosar, A., 2009. Metodologija ocene višine in gostote vegetacijskega pokrova z daljinsko zaznanimi podatki in možnosti njene uporabe v geologiji. *Geološki zbornik*, 2009 Ljubljana, Slovenija, str. 58–61.
- JENOPTIK, 2011. *Optical Information Systems & Sensors*. http://www.jenoptik.com/en_10060_optical_information_systems_sensors, 31. 3. 2011.
- Katzenbeisser, R., 2003. About the calibration of lidar sensors. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing: 3-D Reconstruction from airborne laser-scanner and InSAR data*, 8.–10. 10. 2003 Dresden, Nemčija. *ISPRS*, str. 59–65.
- Knapič, V., 2007. Reguliranje novih škodljivih organizmov rastlin v evropski uniji. Zbornik predavanj in referatov 8. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, 6.–7. 3. 2007 Radenci, Slovenija, str. 355–360.

- Kobler, A., in Zafran, J., 2006. Podatki letalskega lidarskega snemanja in njihova uporaba pri gozdarjenju z gozdom. Hladnik, D. (ur.) *Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.
- Kokalj, Ž., Oštir, K., in Zakšek, K., 2008. Uporaba laserskega skeniranja za opazovanje preteklih pokrajin – primer okolice Kobarida. GIS v Sloveniji 2007-2008, Ljubljana, Slovenija, str. 321–329.
- Kolega, N., Žerjal, A., Krapež, B., in Slavec, P., 2008. Uporaba lidarskih podatkov za občinsko prostorsko načrtovanje in upravljanje. GIS v Sloveniji 2007–2008, Ljubljana, Slovenija, str. 267–271.
- Koski, O., 2010. In a First, Full-Sized Robo-Copter Flies With No Human Help. http://www.wired.com/dangerroom/2010/07/in-a-first-full-sized-robo-copter-flies-with-no-human-help/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed:+wired/index+%28Wired+Index+3+%28Top+Stories+2%29%29ixzz0tk2hAfAQ, 31. 3. 2011.
- Kremer, J., in Hunter, G., 2007. Performance of the StreetMapper Mobile LIDAR Mapping System in “Real World” Projects. Photogrammetric Week’07. Fritsch, Wichmann Verlag, Heidelberg, str. 215–225.
- Lemmens, M., 2009. Terrestrial Laser Scanners – product overview. *GIM International*, avgust, str. 41–45.
- Letalick, D., Renhorn, I., in Steinvall, O., 2011. Multi-optical mine detection system (MOMS). <http://www2.foi.se/rapp/foir2902.pdf>, 31. 3. 2011.
- Lobonc, T., 2011. Lidar future – Terrain for Mission Support. *Geospatial Intelligence Forum*, 9. <http://www.geospatial-intelligence-forum.com/mgt-home/296-gif-2011-volume-9-issue-1-february/3841-lidar-future.html>, 31. 3. 2011.
- MDRAS-E, 2010. MDRAS-E Platform Components and Characteristics. http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/images/mdars-e_pic5.jpg, 31. 3. 2011.
- MDRAS, 2010. VIDEO: Roboti stražijo nuklearno bazo v Nevadi. http://moskismet.com/bin/article_print.php?article_id=3442827§ion_id=30103&site=30001, 31. 3. 2011.
- Mlekuž, D., 2010. Lidar in geoarheologija aluvialnih pokrajin. GIS v Sloveniji 2009-2010, Ljubljana, Slovenija, str. 79–87.
- Optech, 2011. *Optech homepage*. <http://www.optech.ca/>, 31. 3. 2011.
- Oštir, K., 2006. *Daljinsko zaznavanje*, Ljubljana, Založba ZRC.
- Pagounis, V., Tsakiri, M., Palaskas, S., Biza, B., Zaloumi, E. 2006. 3D Laser Scanning for Road Safety and Accident Reconstruction. Shaping the Change XXIII FIG Congress, Munchen, Nemčija. www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts38/ts38_03_pagounis_etal_0475.pdf, 31. 3. 2011.
- Petrie, G., 2010. An Introduction to the Technology Mobile Mapping Systems. *GEOinformatics Magazine*, 13, str. 32–43.
- Riegl, 2011. *Riegl homepage*. <http://www.riegl.com>, 31. 3. 2011.
- Shan, J., in Toth, C. K., 2008. *Topographic laser ranging and scanning: principles and processing*, Taylor & Francis Group.
- Souci, J. S., Hanou, I., in Puchalski, D., 2009. High-Resolution Remote Sensing Image Analysis for Early Detection and Response Planning for Emerald Ash Borer. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, August 2009, str. 905–909.
- Staige, R., 2003. Terrestrial Laser Scanning – Technology, Systems and Applications. *Second FIG Regional Conference*. Marrakech, Maroko.

- Stanford Racing Team, S., 2011. *The car Junior*. <http://cs.stanford.edu/group/roadrunner/media.html>, 31. 3. 2011.
- Steinvall, O., 2011. Recent activities in laser sensing at FOI. <http://space.hsv.usra.edu/CLRC/presentations/Steinvall.pdf>, 31. 3. 2011.
- Štular, B., 2010. Jožefinski vojaški zemljevid kot vir za proučevanje preteklih pokrajin. *Geografski vestnik*, 81, 85–96.
- Thiel, K. H., in Wehr, A., 2004. Performance capabilities of laser scanners – an overview and measurement principle analysis. *Laser-scanners for forest and landscape assessment*, 3.–6. 10. 2004, Freiburg, Nemčija. ISPRS working group VIII/2.
- Thrun, S., Montemerlo, M., Dahlkamp, H., Stavens, D., Aron, A., Diebel, J., Fong, P., Gale, J., Halpenny, M., Hoffmann, G., an, K. L., Oakley, C., Palatucci, M., Pratt, V., Stang, P., Strohband, S., Dupont, C., Jendrossek, L.-E., Koelen, C., Markey, C., Rummel, C., Niekerk, J. v., Jensen, E., Alessandrini, P., Bradski, G., Davies, B., Ettinger, S., Kaehler, A., Nefian, A., in Mahoney, P., 2006. Stanley: The Robot that Won the DARPA Grand Challenge. *Journal of Field Robotics*.
- Triglav Čekada, M., 2009. *Optimizacija metodologije obdelave in analiza natančnosti letalskega laserskega skeniranja pri zajemu geodetskih podatkov za lokalno prostorsko planiranje*. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani.
- Triglav Čekada, M., 2010. Zračno lasersko skeniranje in nepremičninske evidence. *Geodetski vestnik*, 54, str. 181–194.
- VisLab, 2011. *BRAiVE*. <http://www.braive.vislab.it/index.php>, 31. 3. 2011.
- Wagner, W., 2005. Physical principles of airborne laser scanning. Kraus, K., ur. University course: Laser scanning – Data Acquisition and Modeling, 6.–7. 10. 2005, Dunaj, Avstrija. Institute of photogrammetry and remote sensing.
- Wehr, A., in Lohn, U., 1999. Airborne laser scanning – an introduction and overview. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 54, str. 68–82.
- Wotruba, L., Morsdorf, F., Meier, E., in Nüesch, D., 2005. Assessment of sensor characteristics of an airborne laser scanner using geometric reference targets. Workshop Laser scanning 2005, 12.–14. 9. 2005, Enschede, Nizozemska. ISPRS WG III/3, III/4.

O AVTORJIH

Mag. Vasja Bric se je leta 1987 zaposlil na Geodetskem zavodu Slovenije. Leta 1990 je opravil enoletni podiplomski študij produkcijske fotogrametrije na ITC na Nizozemskem, kamor se je vrnil čez dve leti in leta 1993 magistriral. Na Geodetskem zavodu Slovenije je sodeloval pri razvijanju fotogrametrije od posodobitve analognih fotogrametričnih instrumentov, prek uporabe analitičnih sistemov do uvajanja digitalne fotogrametrije ter pri pridobitvi in izvedbi večjih domačih in tujih projektov. Leta 1999 je sodeloval pri postavitvi sistema aerofotografiranja s profesionalnim analognim aerofotoaparatom in leta 2006 pri uvajanju prvega digitalnega fotogrametričnega snemalnega sistema. Leta 2008 se je zaposlil na Geodetskem inštitutu Slovenije in svoje delo nadaljuje na področju daljinskega zaznavanja in fotogrametrije.

Dr. Mihaela Triglav Čekada je od leta 2001 zaposlena na Geodetskem inštitutu Slovenije kot strokovna sodelavka. Sodeluje v domačih in mednarodnih projektih s strokovnih področij daljinsko zaznavanje, fotogrametrija, lasersko skeniranje, topografija, nepremičnine, osnovni geodetski sistem. Leta 2009 je na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani zagovarjala doktorsko disertacijo z naslovom Optimizacija metodologije obdelave in analiza natančnosti letalskega laserskega skeniranja pri zajemu podatkov za lokalno prostorsko planiranje.

Maja Bitenc je leta 2007 končala univerzitetni študij geodezije na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Na Geodetskem inštitutu se je prvič zaposlila leta 2007 in delala na mednarodnem projektu za izdelavo modela mesta Nove Gorice iz lidarskih podatkov. Leta 2010 je uspešno končala magisterij iz geomatike na Tehnični univerzi Delft, Nizozemska, in se ponovno zaposlila na Geodetskem inštitutu, kjer je sodelovala pri projektih s področji daljinsko zaznavanje (fotogrametrije, lidar), nepremičnine, kartografija, urejanje baz podatkov, določanje položaja z GNSS.

ABOUT THE AUTHORS

Vasja Bric, MSc, was employed by the Geodetic Institute of Slovenia in 1987. In 1990, he completed a one-year post-graduate study related to photogrammetry production at the Dutch Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), where he returned two years later to complete his master's degree. At the Geodetic Institute of Slovenia, he participated in developing photogrammetry, particularly in the updating of analogue photogrammetric instruments, employment of analytic systems, introduction of digital photogrammetry and the accomplishment and implementation of major Slovenian and foreign projects. He also participated in setting up an aerial photography system with a professional analogue aerial photography camera in 1999 and introduced the first digital photogrammetric recording system in 2006. Since 2008, he has been employed with the Geodetic Institute of Slovenia and continues his work in the area of remote sensing and photogrammetry.

Mihaela Triglav Čekada, PhD, has been employed as a specialised staff member at the Geodetic Institute of Slovenia since 2001. She participates in Slovenian and international projects in the expert fields of remote sensing, photogrammetry, laser scanning, topography, real estate and the basic geodetic system. In 2009, she defended her doctoral thesis, *Optimization of the Data Processing Methodology and Accuracy Analysis of Airborne Laser Scanning Data Applied For Local Spatial Planning* at the Faculty of Civil Engineering and Geodesy, University of Ljubljana.

Maja Bitenc graduated in Geodesy from the Faculty of Civil Engineering and Geodesy in 2007. She was first employed in 2007 by the Geodetic Institute and participated in the international project relating to the development of a city model for Nova Gorica based on Lidar data. In 2010, she was awarded a Master of Geomatics from the Delft University of Technology in the Netherlands. She was then re-employed by the Geodetic Institute, where she participated in projects in the area of remote sensing (photogrammetry, Lidar), real estate, cartography, data base management and GNSS positioning calculation.

Navigacija s satelitskim sprejemnikom GNSS in topografsko karto

Navigation with a GNSS Receiver and a Topographic Map

Dalibor Radovan
Matija Klanjšček

Povzetek Prispevek obravnava praktične vidike navigacije in orientacije s preprostim satelitskim sprejemnikom in digitalno topografsko karto. Povzema glavne značilnosti delovanja satelitskih navigacijskih sistemov, osnove delovanja sprejemnikov, značilnosti topografskih kart ter geodetskih podlag za določanje položaja. Predstavljeni so načini določanja položaja, ugotavljanja napak in sistemi za izboljšanje natančnosti. Podrobneje so predstavljeni praktični vidiki uporabe različnih vrst sprejemnikov, topografskih in navigacijskih kart ter primerjalno tudi klasične in satelitske navigacijske strategije. Praktična uporaba sprejemnikov je podana na podlagi izkušenj s terena, s poudarkom na pomembnejših nastavitvah sprejemnika pred navigacijo, ravnanju z njim na terenu ob hkratni uporabi kartografskih podlag ter končni obdelavi in uporabnosti na terenu dobljenih prostorskih podatkov. Izpostavljene so aplikativne prednosti in slabosti navigacije s satelitskimi sprejemniki.

Ključne besede Navigacija, orientacija, satelitski sprejemnik GNSS, topografska karta.

Abstract The article considers practical navigation and orientation with a simple satellite receiver and a digital topographic map. It summarizes the properties of the basic functioning of satellite navigation systems and receivers, the characteristics of topographic maps and the geodetic fundamentals of positioning. The methods of positioning, their errors, and position augmentation systems are described. The detailed treatment of the practical use of receivers, topographic and navigation maps is given along with a comparison between the classic and the satellite navigation strategy. From outdoor experience, the general overview of the receiver setup is shown, followed by the manipulations in the course of navigation with the use of a map and, finally, by the post-navigation analysis. The applicative advantages and weaknesses of satellite navigation are critically discussed.

Key words Navigation, orientation, GNSS receiver, topographic map.

1 UVOD O NAVIGACIJI IN ORIENTACIJI

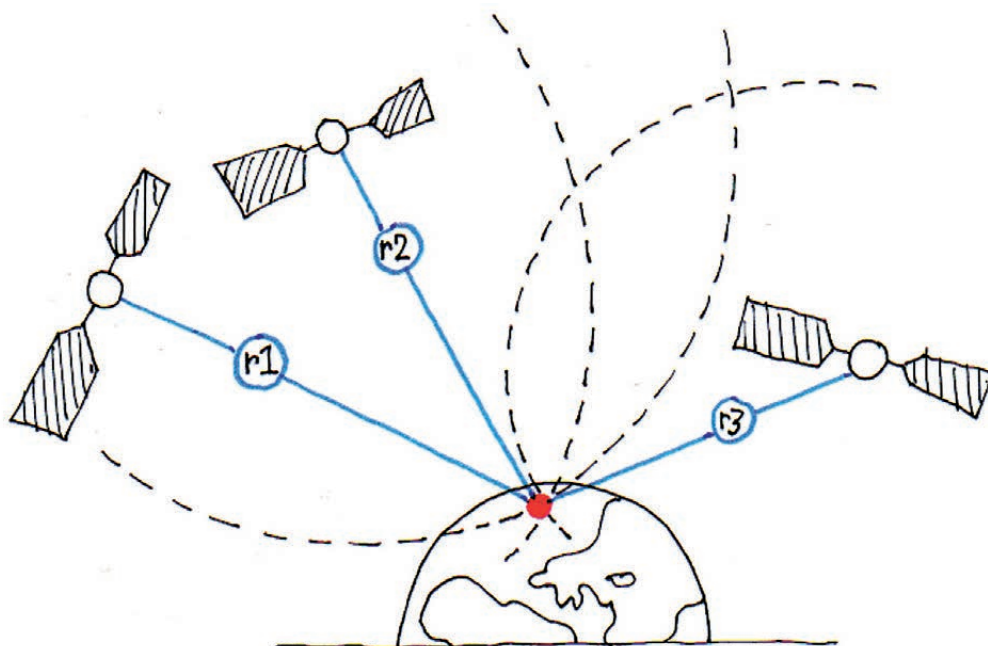
Navigacija je dejavnost, ki jo ljudje izvajamo vsak dan, vključuje pa gibanje od izbranega izhodišča do cilja. Pri tem mora oseba vedeti, kje je in v katero smer potuje glede na objekte, ki jo obdajajo (Montello, 2005). Temu pravimo orientacija v prostoru. Pri orientaciji in navigaciji uporabljamo različna navigacijska orodja in simbolične reprezentacije prostora, kot so npr. topografske karte (Pick in drugi, 1995). Orientacija premikajoče se osebe se mora med navigacijo ne glede na uporabljeno orodje večkrat primerjati in poravnati z orientacijo karte in objekti, ki so prikazani na njej.

Navigiramo lahko na tleh, v zraku ali na morju. Pri tem se spreminjajo navigacijska orodja in strategije ter posledično tudi uspešnost navigacije, kar se kaže v napakah pri potovanju med izhodiščem in ciljem (Hutchins, 1995). Pri navigaciji na kopnem so velike razlike tudi med načinom iskanja poti v mestnem ali naravnem okolju. Orodja, kot je npr. sprejemnik GPS (angl. Global Positioning System oziroma svetovni satelitski sistem za določanje položaja) ali GNSS (angl. Global Navigation Satellite System oziroma svetovni navigacijski satelitski sistem), v nekaterih okoliščinah delujejo odlično, v drugih pa lahko popolnoma odpovedo. Kljub tehnološki naprednosti satelitskih navigacijskih sistemov moramo poznati način uporabe sprejemnika in pravilno razlagati njegove rezultate v primerjavi s topografsko karto.

Prispevek obravnava predvsem praktične vidike navigacije in orientacije s preprostim satelitskim sprejemnikom ter topografsko karto. Cilj je praktični prikaz tehnoloških lastnosti sistemov in sprejemnikov za satelitsko navigacijo kot tudi postopkov navigacije pri gibanju na prostem. V prispevku bo zato predstavljena tudi kratka primerjava satelitske navigacije s tradicionalno navigacijo s pomočjo preprostega kompasa, ki deluje v praktično vseh okoliščinah povsod na Zemlji, brez električnega napajanja in predvsem brez posebnih navodil za uporabo naprave. Ne glede na tehnologijo določanja položaja in smeri gibanja je v obeh načinih navigacije tiskana ali digitalna topografska karta najteže pogrešljiv navigacijski pripomoček.

2 NAVIGACIJSKI SISTEMI

Materializirana podlaga za satelitsko določanje položaja je satelitski navigacijski sistem. Vedno ga predstavlja skupina satelitov, ki krožijo okrog Zemlje, pri tem pa so njihove tirnice znane tako natančno, da iz položaja satelitov lahko določimo svoj položaj na Zemlji. Pri tem se lasten položaj določa s satelitskim sprejemnikom, ki sprejema signale več satelitov hkrati, vsak signal pa sprejemniku sporoča trenutni položaj posameznega satelita v orbiti. Če sprejemnik zazna signale vsaj štirih satelitov naenkrat, lahko izračuna trirazsežni položaj v prostoru (slika 1). Sateliti navigacijskega sistema so torej reference oziroma orientirji za določanje položaja, le da primerjava položajev ne poteka optično, temveč s pomočjo elektromagnetnih valov (Radovan, 2007b).



Slika 1: Določitev položaja na Zemlji s pomočjo treh satelitov

Najpomembnejši svetovni satelitski navigacijski sistemi ali GNSS so oziroma bodo v prihodnje:

- ameriški GPS, ki je še vedno edini po številu satelitov, sicer jih je 30, popolni in povsod na svetu dosegljivi sistem;
- ruski GLONASS, ki je bil pred razpadom Sovjetske zveze enakovreden tekmeč GPS, potem pa se zaradi pomanjkanja denarja ni več razvijal, vendar pa napovedujejo, da bo leta 2011 v orbitah 30 satelitov, kar pomeni, da GLONASS ne bo več le regionalni vsruski sistem, temveč spet svetovni;
- bodoči evropski sistem Galileo, katerega operativnost napovedujejo za leto 2014, svetovno pokritje pa šele leta 2020;
- kitajski Beidou, ki se bo predvidoma do leta 2020 iz regionalnega sistema dopolnil v svetovnega in se takrat preimenoval v COMPASS.

Lastniki navedenih sistemov se dogovarjajo o dolgoročni zagotovitvi medopravilnosti delovanja sistemov, kar bo v prihodnje pomenilo, da bo lahko uporabnik hkrati uporabljal satelite različnih sistemov, ne da bi mu jih bilo treba posebej izbirati (Radovan, 2007a).

Pri tem je treba poudariti, da vsi satelitski navigacijski sistemi v svoji temeljni funkciji določajo le položaj satelitskega sprejemnika v prostoru in ne vodijo in niti ne orientirajo uporabnika. Oboje je izvedljivo šele s posebnimi navigacijskimi sprejemniki in dodatno programsko opremo, ki merjene položaje primerja z načrtovano potjo, to pa v sprejemnik vnese uporabnik. Nobena navigacija s sprejemnikom GNSS ni izvedljiva brez uporabe primernih podatkov o prostoru, ki so navadno predstavljeni v obliki topografske ali cestno-navigacijske karte. Karta je lahko v sprejemnik naložena digitalno ali pa uporabnik merjene položaje odčitava ali vnaša na tiskano karto.

3 GEODETSKA PODLAGA ZA DOLOČANJE POLOŽAJA

Satelitsko določen položaj sprejemnika se nanaša na Zemljo kot planet, ta pa je predstavljena z geometrično ploskvijo oziroma elipsoidom. Na površini elipsoida se koordinate merijo z geografsko širino in dolžino. Vsak elipsoid je le ena izmed možnih aproksimacij oblike Zemlje, v uporabi pa jih je več. Sistem GPS uporablja za obliko Zemlje elipsoid sistema WGS84 (angl. World Geodetic System 1984). Ta ima središče v središču Zemlje, trenutni slovenski državni koordinatni sistem pa temelji na negeocentričnem Besslovem elipsoidu, ki je močno zamaknjen glede na WGS84. Novi slovenski državni koordinatni sistem uporablja elipsoid GRS80 (angl. Geodetic Reference System 1980), ki je del sistema ETRS89 (angl. European Terrestrial Reference System 1989) (Stopar in drugi, 2005). Razlika med tem in WGS 84 je za praktične potrebe zelo majhna.

Pred uporabo sprejemnika GPS je treba nastaviti elipsoid in kartografsko projekcijo, v kateri so prikazani podatki na spremljajoči karti. Kartografska projekcija je matematična transformacija, ki geografske koordinate s površine elipsoida preračuna v ravnino kartografskega prikaza (Peterca, 2001). V Sloveniji je uradna Gauss-Kruegerjeva projekcija, ki elipsoid konformno oziroma brez kotnih deformacij preslika na plašč valja. Plašč pri tem oklepa Zemljo po izbranem meridianu, in sicer v Sloveniji po meridianu 15°, po preslikavi pa se razvije v ravnino karte. Za pomorske karte se po vsem svetu uporablja Mercatorjeva projekcija, pri kateri valj stoji pokončno, tako da seka elipsoid na dveh paralelah, pri čemer je ena na južni, druga pa na severni polobli (Radovan in drugi, 2000). Tudi ta projekcija je konformna. V nekaterih aplikacijah in sprejemnikih GPS se za Gauss-Kruegerjevo projekcijo zato uporablja izraz prečna Mercatorjeva projekcija ali Transverse Mercator, kar lahko zmede marsikatero kartografsko neukega uporabnika.

Geodetska referenčna podlaga za določanje nadmorskih višin ni geometrična, temveč fizikalna. Nadmorske višine se določajo glede na srednjo gladino morja, ki jo oblikuje težnost. Če ploskev potenciala, ki ustreza srednji gladini morja, navidezno podaljšamo pod kopno, dobimo ploskev geoida. Ta je lokalno valovita zaradi privlačne sile mas na kopnem, zato ni matematično preprosta kot elipsoid. V Sloveniji se razlikuje od ploskve elipsoida za 45 do 50 metrov, največ v Alpah, najmanj pa ob obali. Sprejemniki GPS merijo višino nad elipsoidom, zato je treba za pridobitev nadmorske višine to razliko, torej geoidno undulacijo, odšteti od merjene vrednosti. Žal je za zdaj velikost te razlike v Sloveniji znana le na nekaj decimetrov natančno.

4 VRSTE SATELITSKIH SPREJEMNIKOV

Položaj na Zemlji določamo s satelitskimi sprejemniki. Najnatančnejši so tisti, ki so namenjeni geodetski izmeri, najštevilčnejši pa tisti za preprosto navigacijo in orientacijo v prostoru. Med geodetskimi ločimo glede na uporabo statične (permanentne, referenčne) sprejemnike oziroma postaje in pomične sprejemnike (angl. rover). Statični so namenjeni izključno opazovanju najvišjih natančnosti in dolgoročnemu spremljanju sprememb položajev referenčnih točk, na primer kontrolni segment GPS, permanentna omrežja za geodetsko izmero in spremljanje geodinamike. V vsakdanji, praktični rabi delitev na kategoriji geodetskih in navigacijskih satelitskih sprejemnikov predstavlja razlike v namembnosti, s čimer so povezane druge lastnosti. Te so predvsem natančnost določitve položaja, način oziroma zapletenost ravnanja s sprejemnikom, njegova funkcionalnost, znanje za uporabo ter znanje in programska oprema za obdelavo meritev, ne nazadnje pa tudi povsem praktične kategorije, kot so velikost sprejemnika, teža, občutljivost in seveda cena.

Osnovno merilo razlikovanja sprejemnikov so torej različna področja uporabe in merske tehnike ter z njimi povezana različna oprema, ki omogoča doseganje različne natančnosti. Tako tudi znotraj teh osnovnih kategorij ločimo sprejemnike za natančne geodetske meritve, sprejemnike za GIS, sprejemnike za podporo določitvi in nadzoru položaja v kartografiji večjih meril ter sprejemnike za orientacijo in navigacijo v prostoru.

Na tržišču je več kot 1000 različnih satelitskih sprejemnikov za različne potrebe, vsem pa so skupni osnovni sestavni deli, ki so antena (različne izvedbe za različno kakovost sprejema signala satelitov), radio-frekvenčni del, mikroprocesor, kontrolna enota, zaslon s tipkovnico, spominska enota in vir energije. Osnovno načelo delovanja vseh navigacijskih sprejemnikov je enako. Razlike med proizvajalci in različnimi modeli so predvsem v programskih funkcionalnostih, patentiranih tehnoloških rešitvah, natančnosti določanja položaja, uporabniškem vmesniku in kakovosti kartografske podpore.

Funkcionalnost navigacijskih satelitskih sprejemnikov je zelo odvisna od njihove vrste oziroma namembnosti, glede na to pa jih lahko razdelimo v številne podkategorije:

- pohodniški, pogosto poimenovani kot ročni sprejemniki (slika 2);
- cestni, namenjeni navigaciji s pomočjo navigacijskih oziroma sledilnih vektorskih kart (slika 3);
- navtični, za katere se uporablja tudi izraz ploterji, namenjeni so navigaciji med plovbo; običajno so povezani z drugimi navtičnimi inštrumenti, kot so globinomer, radar in vetromer;
- osebni trenerji, namenjeni teku, pohodništvu ali kolesarjenju, z dodatnimi funkcionalnostmi za spremljanje vadbe, kot so senzor srčnega utripa, korakov, kadence, izvajanje intervalnega treninga in treninga z navideznim partnerjem;
- satelitske sledilne naprave s telekomunikacijskimi vmesniki, ki omogočajo določitev položaja in prenos podatkov o položaju do nadzorne oziroma kontrolne enote;
- iskalci rib (angl. fishfinder), namenjeni ribištvu; v bistvu navadni satelitski sprejemniki, ki podatke o položaju s pomočjo uporabniškega vmesnika povezujejo s podvodnim sonarjem;
- sprejemniki za povratno potovanje (angl. backtrack); preproste majhne naprave, katerih funkcionalnost je zmanjšana le na zapis nekaj položajev in sledenje shranjenih točk ob vrnitvi s cilja nazaj na izhodišče.



Slika 2: Pohodniški GPS



Slika 3: Cestni GPS

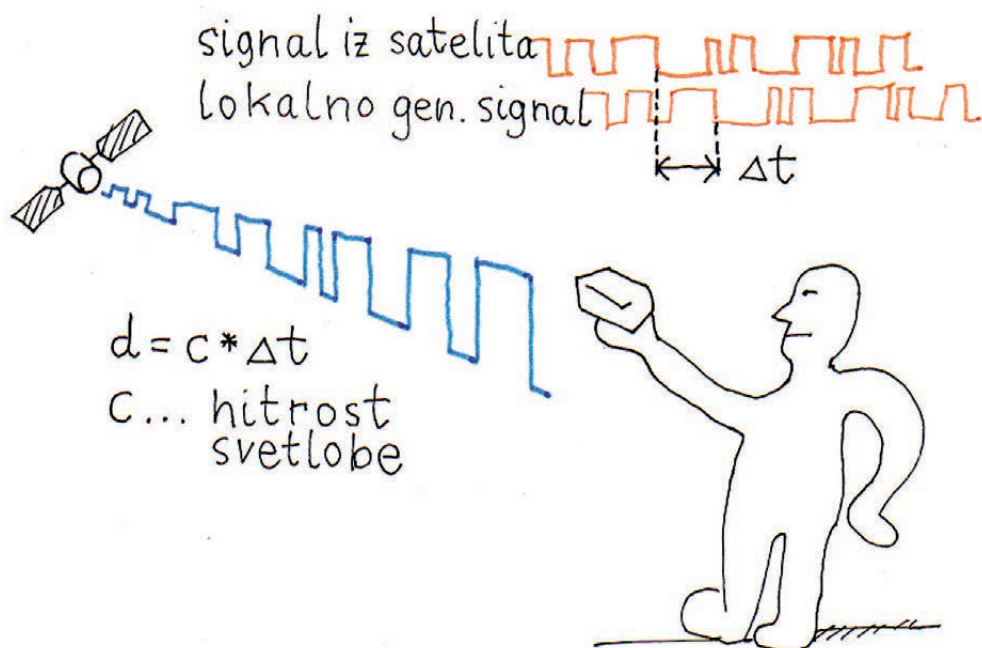
Poleg vsakdanje, praktične rabe so satelitski sprejemniki nepogrešljiv del kompleksnejših navigacijskih sistemov, ki se uporabljajo v vseh oblikah prometa (cestni, železniški, letalski in vodni) ter na številnih področjih, na katerih je informacija o položaju v prostoru bistvenega pomena, na primer obramba, zaščita in reševanje, transportna logistika in nadzor tovora ter sledenje živali.

5 DOLOČANJE POLOŽAJA Z GPS

Določanje položaja in navigacija s satelitskimi sprejemniki postopoma postajata del splošne izobrazbe ljudi, ki veliko hodijo ter potujejo. Na voljo je veliko literature, od fizikalno-matematične, geodetske, navigacijske, s področja GIS, kartografske do poljudnih objav (npr. Kennedy, 1996; Grejner-Brzezinska, 2004; Misra in Enge, 2006).

Osnova določitve položaja s satelitskim sprejemnikom so opazovane razdalje med danimi točkami, tj. med gibajočimi se sateliti z natančno določeno tirnico oziroma položajem in novo točko, torej sprejemnikom na Zemlji. Osnova za določitev razdalje je časovni interval, ki ga signal oziroma elektromagnetno valovanje potrebuje za pot od oddajnika oziroma satelita do sprejemnika. Ta časovni interval je določen na podlagi razlik trenutkov oddaje in sprejema signala. Na satelitu so ti trenutki določeni s pomočjo sistema atomskih ur, na strani sprejemnika pa s sprejemnikovo uro, pri čemer njena natančnost zelo vpliva na natančnost položaja. Signali satelitov prepotujejo dolgo pot skozi Zemljino atmosfero, zato je treba poznati in obravnavati tudi njene vplive. Signal vsebuje podatke za identifikacijo posameznega satelita, podatek o času oddaje signala, natančen trenutni položaj satelita v času oddaje signala in informacije o stanju Zemljine atmosfere. Prenos teh informacij poteka s kodami, ki so modulirane na različne frekvence oddanega elektromagnetnega valovanja.

Glede na fizikalno ozadje določitve položaja ločimo kodna in fazna opazovanja. Kodna opazovanja predstavljajo opazovanje časovnega intervala od trenutka oddaje signala na strani satelita do trenutka sprejema signala s satelitskim sprejemnikom na Zemlji. Gre za preprosto določitev razdalje kot produkta svetlobne hitrosti in časa potovanja signala: $d=c \cdot \Delta t$ (slika 4). Tako določena geometrijska razdalja med satelitom in sprejemnikom se imenuje psevdorazdalja, saj zaradi neuskkljenosti časa na sprejemniku z atomskimi urami na satelitih ne predstavlja točne razdalje. Za določitev trirazsežnega položaja sprejemnika na Zemlji poleg vsaj treh satelitov (določitev treh koordinatnih neznank) nujno potrebujemo tudi četrti satelit, ki omogoča določitev napake urinega stanja sprejemnika ob domnevi, da so atomske ure satelitov točne. V enačbah za določitev položaja je sicer še več vplivov, ki pa jih v obsegu želene natančnosti lahko zanemarimo ali ustrezno modeliramo, na primer vpliv ionosfere in troposfere, odboj signala in šum sprejemnika. Kodna opazovanja so primarnega pomena za navigacijo in uporabo satelitskih meritev za potrebe manjše natančnosti, na primer GIS ter kartografija.

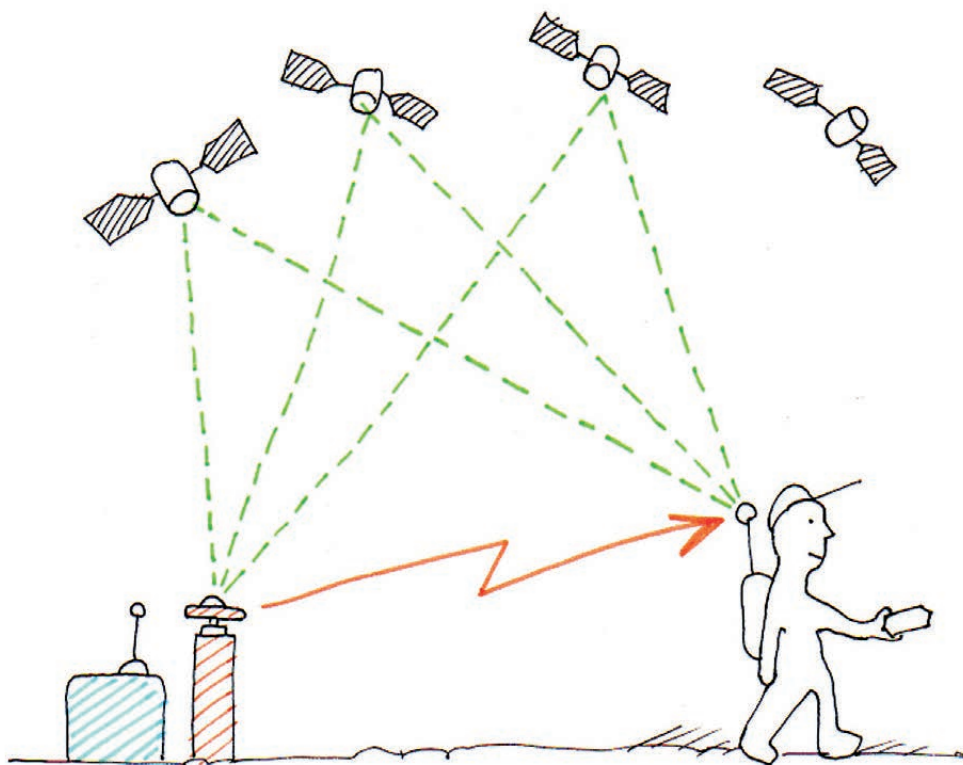


Slika 4: Kodno opazovanje

Fazna opazovanja so za obravnavanje precej kompleksnejša, čeprav v bistvu temeljijo na podobnih načelih oziroma izračunu razdalje med satelitom in sprejemnikom na podlagi časa potovanja signala. Temeljijo na nemoduliranih sinusnih nosilnih valovanjih, matematični postopki merjenja faze nosilnega valovanja pa upoštevajo dejstvo, da se faza valovanja spremeni za vrednost 2π , ko se razdalja med satelitom in sprejemnikom spremeni za geometrijsko razdaljo, enako eni valovni dolžini. Zato potrebujemo dve valovanji različnih frekvenc, in sicer L1 ter L2 (dvofrekvenčni sprejemniki). Fazna opazovanja so podlaga za natančne geodetske satelitske izmere.

Opazujemo lahko z absolutnimi ali relativnimi opazovanji. Absolutna določitev položaja v primeru kodnih opazovanj pomeni izračun psevdorazdalje le na podlagi neposrednega opazovanja satelitov. Je osnova delovanja navigacijskih sprejemnikov in omogoča le manjše natančnosti do največ deset metrov.

Pri relativnih opazovanjih določamo položaj prav tako z opazovanjem satelitov, vendar relativno glede na druge znane položaje točk, ki so opremljene s stalnimi sprejemniki (slika 5). Pri tem upoštevamo diferencialne popravke na podlagi teh referenčnih sprejemnikov ali permanentnih sprejemnih postaj. Ločimo satelitske (angl. Satellite Based Augmentation System – SBAS) in zemeljske sisteme (angl. Ground Based Augmentation System – GBAS) določanja in sporočanja popravkov. Take meritve so tudi pri kodnih opazovanjih precej natančnejše, od dva do pet metrov. Temeljijo na domnevi, da je napaka določitve položaja na referenčnem sprejemniku z znanim pravim položajem enaka napaki določitve položaja sprejemnika na novi točki, ki je od referenčnega sprejemnika oddaljena zanemarljivo malo v primerjavi z oddaljenostjo obeh sprejemnikov od satelitov. Tako lahko položaj, določen na novi točki, popravimo za omenjeno napako, izračunano v istem trenutku s pomočjo referenčnega sprejemnika z znanim položajem. Ti popravki so v omrežju GBAS posredovani od referenčnega sprejemnika k sprejemniku na novi točki na različne načine, na primer v realnem času (prek geostacionarnih satelitov, komunikacij GSM oziroma GPRS) ali pozneje s spletno storitvijo za pridobitev popravkov za poznejšo obdelavo opazovanj.



Slika 5: Relativna opazovanja – diferencialni GPS

6 NAPAKE DOLOČANJA POLOŽAJA Z GPS

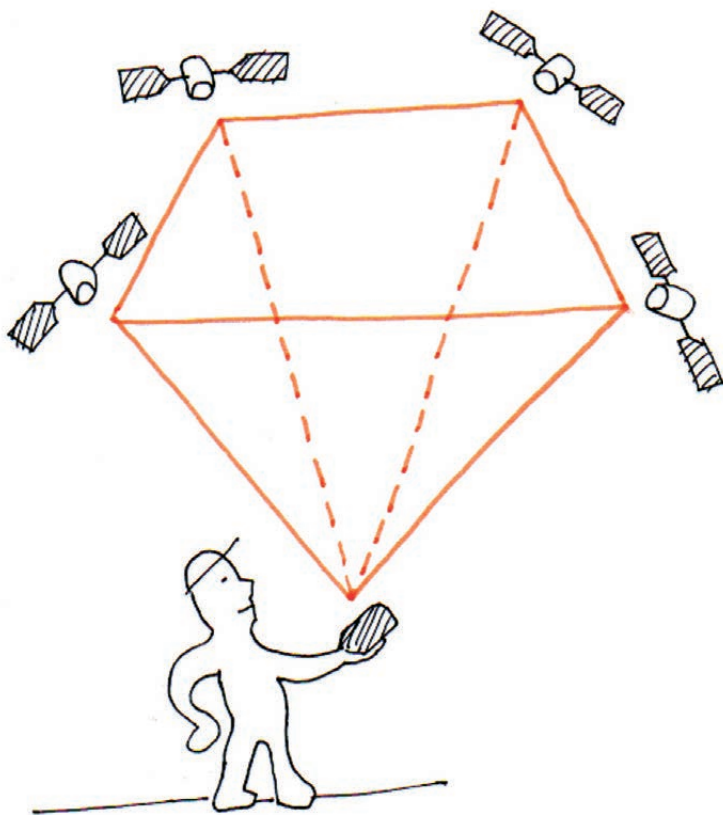
Natančnost določitve položaja na podlagi satelitskih opazovanj je odvisna predvsem od geometrijske razporeditve satelitov, katerih signal je vključen v opazovanja, in od kakovosti opravljenih opazovanj. Slednja je poleg vrste oziroma kakovosti satelitskega sprejemnika odvisna tudi od načina obravnave vplivov na opazovanja.

Na satelitska opazovanja vpliva veliko dejavnikov, ki imajo izvor v satelitih, sprejemniku in mediju prenosa signala oziroma elektromagnetnega valovanja (atmosfera) od satelita do sprejemnika. Osnovni vplivi na kakovost satelitskih opazovanj so:

- neusklajenost atomskih ur satelitov in elektronskih ur sprejemnikov,
- stanje ionosfere in troposfere ob prehodu signala,
- relief, gozd, grajeni objekti in druge vidne ovire za sprejem satelitskega signala,
- geometrijska razporeditev satelitov na nebu (angl. Position Dilution Of Precision – PDOP),
- drugi viri napak (odboji, prekinitve in interference),
- namerne motnje signala (angl. Selective Availability – SA, izbirna razpoložljivost, izključena maja 2000).

Na prvega izmed naštetih dejavnikov, napako urinega stanja sprejemnika, pri navigacijskih sprejemnikih nimamo vpliva oziroma predstavlja danost, ki pomeni neizogibno omejitev natančnosti določitve položaja. Atmosferski vplivi, in sicer najmočnejše vpliva ionosfera, torej plast 80–600 kilometrov nad zemeljskim površjem, povzročajo napake geometrijske razdalje, ki jih deloma ublažijo izbor frekvenc nosilnih valovanj, uporaba diferencialnih meritev (upoštevanje popravkov opazovanj) ter pri natančnejših geodetskih meritvah tudi modeliranje vplivov na podlagi matematičnih modelov. Vidnost satelitov in tudi minimalen vpliv PDOP ter drugih virov napak moramo zagotoviti sami s predhodnim načrtovanjem kraja in časa izvajanja meritev.

Kakovost geometrijske razporeditve satelitov na nebu podaja faktor PDOP oziroma geometrijska vrednost, ki je obratno sorazmerna volumnu štiristrane piramide, ki jo sestavljajo sprejemnik in štirje v času meritev najugodnejše razporejeni sateliti nad obzorjem (slika 6). Manjši kot je PDOP, točnejša bo meritev, in sicer je 4 ali manj odlično, 5 do 8 sprejemljivo, več ali enako 9 je slabo. Kakovostni geodetski sprejemniki omogočajo spremljanje in predhodno analizo vrednosti faktorja PDOP ter temu ustrezno načrtovanje terenske izmere. Cenejši sprejemniki, namenjeni navigaciji, običajno tega pomembnega kazalnika ne upoštevajo.



Slika 6: Geometrijska interpretacija faktorja PDOP

Kot omenjeno, absolutna določitev položaja na podlagi kodnih opazovanj, ki je značilna za večino navigacijskih satelitskih sprejemnikov, omogoča 2D-natančnost do največ deset metrov. Prispevki k napaki absolutne določitve položaja so različni. Največ je pred časom vplivala motnja signala SA, ki jo je namerno vključilo ameriško ministrstvo za obrambo, izključena pa je bila maja 2000. Ta motnja je lahko popačila določitev horizontalnega položaja za 30 do 100 metrov. Drugi pomembnejši dejavniki in njihov približen prispevek k zmanjšanju natančnosti so predstavljeni v preglednici 1.

Preglednica 1: Dejavniki zmanjšanja natančnosti položaja

DEJAVNIK	VPLIV
ionosfera	5,0 m
troposfera	0,5 m
napaka urinega stanja	1,5 m
napaka tirnic satelitov	2,5 m
odboj signala (angl. multipath)	0,6 m
šum sprejemnika	0,3 m
SKUPAJ	~10 m

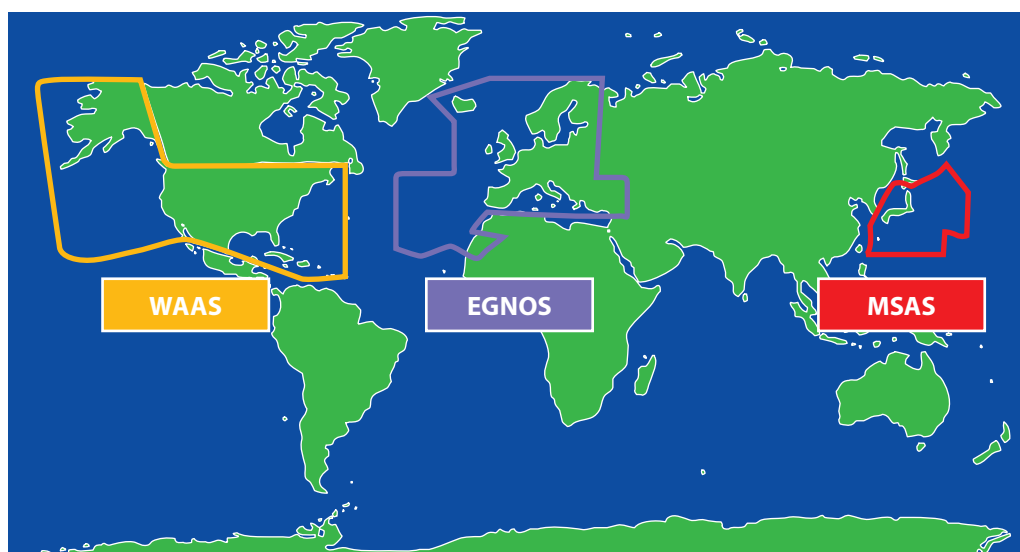
Natančnost določitve 2D-absolutnega položaja na podlagi kodnih opazovanj torej lahko znaša največ deset metrov brez popravkov, z že omenjenimi izboljšavami pa se natančnost izboljša na dva do pet metrov. Nekoliko drugače je z natančnostjo določitve absolutnega položaja v 3D. Ta je praviloma enkrat slabša, in sicer največ 20 metrov, potrebno pa je tudi poznavanje geoida oziroma geoidne undulacije, ki omogoča prehod z matematično določljive višine na referenčni ploskvi sistema satelitske navigacije oziroma elipsoidu na nadmorsko višino na fizičnem površju Zemlje. Navigacijski sprejemniki navadno uporabljajo algoritme globalnega modela geoida, ki je manj natančen, kar tudi vpliva na končno natančnost določitve nadmorskih višin.

Glavni vpliv na natančnost določitve položaja imata torej geometrijska razporeditev in neposredna vidnost satelitov. Ob fizičnih ovirah lahko z gotovostjo pričakujemo poslabšanje natančnosti. Kadar se krajša prekinitev vidnosti signala zgodi med navigacijo pri gibajočem se sprejemniku, programska oprema navadno shrani ter upošteva težnjo gibanja položajev in zato zagotovi hiter ponoven sprejem signala, katerega izguba minimalno vpliva na odklon poti. Ob daljših prekinitvah (ozke in globoke doline, na jug zaprto obzorje, ki je značilno za Slovenijo, gozdovi, visoki grajeni objekti) sta izrazito zmanjšanje natančnosti ali tudi izguba položaja nasploh skoraj neizogibna.

7 SISTEMI ZA IZBOLJŠANJE POLOŽAJA

Omenjene so že bile različne tehnike izboljšave položaja in diferencialne meritve. V bistvu poznamo dva načina oziroma sistema določanja in posredovanja popravkov položaja, in sicer SBAS ter GBAS. SBAS predstavljajo sistemi, ki združujejo geostacionarne satelite in kontrolne točke na Zemlji. Sistemi delujejo na podlagi upoštevanja popravkov opazovanj na zemeljskih točkah, ki so nato posredovani prek geostacionarnih satelitov do uporabnika. Primeri SBAS so (slika 7):

- WASS – Wide Area Augmentation System (ZDA),
- EGNOS – European Geostationary Navigation Overlay Service (Evropa),
- MSAS – Multi-functional Satellite Augmentation System (Japonska).



Slika 7: Območja delovanja sistemov SBAS

GBAS so sistemi določanja in sporočanja popravkov, ki za njihovo posredovanje niso vezani na satelite, temveč vključujejo sistem zemeljskih referenčnih postaj in posredovanje popravkov prek drugih medijev. Tako izboljšavo meritev navadno imenujemo kar diferencialni GPS oziroma DGPS (slika 5). Osnovno načelo je upoštevanje popravkov opazovanj na podlagi statičnega stalnega referenčnega sprejemnika ali omrežja stalno delujočih postaj in njihovo sprejemanje v realnem času. Za prenos popravkov se uporabljajo telekomunikacije tipa CSD (GSM) in GPRS ali pa opazovanja pozneje obdelamo. Pri uporabi DGPS uporabniki na terenu uporabljajo temu prirejene sprejemnike in standardizirane formate zapisov meritev.

Taka omrežja stalnih postaj so postavljena v večini evropskih držav. V Sloveniji smo državno omrežje petnajstih referenčnih postaj postavili postopno med letoma 2000 in 2006 (slika 8) in je v lasti Geodetske uprave RS ter del sistema za distribucijo geodetskih podatkov. Poimenovali smo ga s kratico SIGNAL (Slovenija-Geodezija-NAvigacija-Lokacija), pri čemer že ime označuje njegov večuporabniški namen (Radovan, 2007c, 2007d, 2008a). Omrežje SIGNAL je temeljna državna geoinformacijska infrastruktura za določanje natančnega položaja s sodobno satelitsko tehnologijo povsod v Sloveniji. Uporablja se predvsem za geodetske meritve za nepremičninske in topografske evidence ter uvedbo novega državnega koordinatnega sistema. Natančnost določanja položaja v realnem času je približno dva centimetra. Zakasnitev sporočila s popravki je navadno manjša od polovice sekunde, zato lahko uporabnik z veliko natančnostjo meri tudi med gibanjem.



Slika 8: Državno omrežje permanentnih postaj GNSS, imenovano SIGNAL

Omrežje sestavljajo stalne postaje GPS oziroma GNSS in nadzorno-distribucijski center Službe za GPS na Geodetskem inštitutu Slovenije, ki ga tudi tehnično upravlja. Vsaka permanentna postaja je sestavljena iz sprejemnika, antene in komunikacijskih naprav. Antene, ki sprejemajo signale s satelitov GPS, so postavljene na strehah stabilnih stavb, sprejemniki z drugo opremo pa v manjših ohišjih v zaprtem prostoru pod njimi. Postaja v Ljubljani je vključena v evropsko mrežo permanentnih postaj EPN (angl. European Permanent Network), ki se uporablja za stalno določanje evropskega koordinatnega sistema. Na postaji v Kopru je tudi hidrološka in meteorološka oprema z mareografo za stalno spremljanje gladine morja. Ta postaja je v lasti Agencije RS za okolje in je del evropskega omrežja mareografskih postaj ESEAS (angl. European Sea Level Service). Omrežje SIGNAL je povezano tudi z obmejnimi postajami v sosednjih državah, kar zagotavlja enako kakovost storitev na obmejnem območju in ob okvari katere izmed naših postaj.

8 TOPOGRAFSKA KARTA

Topografija je geografski pojem, ki se nanaša na zemeljsko površje s pripadajočimi objekti naravnega in antropogenega izvora, ki so na reliefni ploskvi. Topografske karte so zato najbolj vsestranski in objektivni vir informacij o Zemlji, kot jo ortogonalno vidimo iz zraka. Tudi pomorske, letalske in digitalne navigacijske karte so posebni tematski primeri topografskih kart, prirejenih različnim načinom navigacije. Do zdaj smo opisovali satelitske navigacijske sisteme, ki so le orodja za prikaz položaja topografskih točk. Navigacija s satelitskim sprejemnikom brez karte je praktično nesmiselna, navigacija s karto brez satelitskega sprejemnika pa je pri normalni diferenciaciji topografije popolnoma izvedljiva, kot na primer pri uporabi planske karte pri planinarjenju ali mestnega načrta pri vožnji po mestu.

Za zelo podrobno navigacijo in orientacijo na krajših razdaljah ter pri zelo razgibanem reliefu uporabljamo topografske karte v večjih merilih, npr. 1 : 5000 in 1 : 10.000. Za daljše pohode so uporabna predvsem merila 1 : 25.000, 1 : 50.000 in delno tudi 1 : 100.000. Za avtomobilsko navigacijo v mestih uporabljamo

merila oziroma ravni podrobnosti, ki ustrezajo merilom med 1 : 5000 in 1 : 20.000, za medmestne vožnje in daljše razdalje pa merila od 1 : 25.000 do 1 : 1.000.000 in še manj. Navedeno velja ne glede na medij, torej tiskano ali digitalno karto. Če je karta digitalna, je ta lahko zapisana vektorsko (koordinatno) ali rastrsko (celično). Za aktivno navigacijo, ki obsega na primer izračun optimalne poti med izhodiščem in ciljem, vodenje po cestni mreži, sprotno prilagajanje poti zaradi ovir ali napačnih odločitev in opozarjanje na pomembne objekte ob poti, je praktično uporabna le vektorska karta oziroma baza z dodatnimi podatki o dovoljenih smereh prometa, omejitvah za cestne odseke, o križiščih in pomembnih točkah (angl. points of interest – POI).

V Sloveniji je osnovni vir za topografsko orientacijo sistem državnih topografskih kart (DTK) in na njem temelječ sistem vojaških topografskih kart (VTK). Topografski podatki so na voljo tako v vektorski kot rastrski obliki.

9 NAVIGACIJSKA STRATEGIJA

Klasična navigacijska strategija v zahodni civilizaciji poteka z dvema orodjema, in sicer s kompasom ter tiskano topografsko karto, pri čemer je karta lahko neprestano obrnjena s severom navzgor (angl. north-up) ali pa jo zavrtimo v smeri gibanja oziroma potovanja (angl. heading-up, forward-up, track-up). Za pomnjenje in ustvarjanje kognitivne ali miselne karte je boljši prvi način, za natančno navigacijo v težjih razmerah (zapletena topografija in slaba vidljivost) pa je mnogo bolj zanesljiv drugi način, katerega pravila lahko zapišemo v nekaj preprostih korakih (Bratt, 2002):

1. Na karti poišči izhodišče in prvi vmesni cilj (tj. lomno točko poti, angl. waypoint) na poti do končnega cilja.
2. Obrni karto tako, da bo ravna črta od izhodišča do vmesnega cilja kazala naravnost naprej.
3. Položi kompas na karto in se obrni tako, da bo smer severa na karti sovpadala s smerjo severa, ki jo kaže kompas.
4. Začni z navigacijo, pri tem pa spremljaj objekte ob poti in jih primerjaj z njihovim prikazom na karti.
5. Glede na potek poti in topografijo terena ponavljaj opisani postopek, dokler ne dosežeš končnega cilja.

Posamezne iteracije tega postopka temeljijo na približnem ocenjevanju prehojene dolžine in smeri potovanja (angl. dead reckoning), zato je ključno, da si na poti do cilja izbiramo vmesne cilje (Radovan, 2008b, Golledge, 1995b). Če je razdalja med vmesnima ciljema oziroma lomnima točkama poti prevelika, lahko cilj zgrešimo zaradi napake v razdalji ali smeri. Prav tako se lahko izgubimo, če poteka poti in okoliških objektov ne spremljamo tudi na karti, za kar sta potrebni sposobnost branja in interpretacije vsebine karte ter zmožnost pripravljanja miselne ali kognitivne karte, kar pa je pri ljudeh različno razvito (Tversky, 1993).

Navigacija s satelitskim sprejemnikom GPS oziroma GNSS uporablja podobno strategijo, kot je klasična, vključno s predhodnim določanjem vmesnih lomnih točk poti, pri čemer pa je zaradi nenehnega določanja položaja bolj zanesljiva, saj uporabnika zelo osvobodi kognitivnih procesov pri navigaciji, ki jih je za spremljanje objektov ob poti, za ocenjevanje razdalj in orientacijo gibanja treba obvladati pri klasični strategiji. Satelitska navigacija nas torej reši tveganj navigacije po načelu »dead reckoning«. Klasična metoda orientacije je tako nadomeščena z nenehnim določanjem položaja, ki programski opremi v sprejemniku omogoči tudi sproten izračun drugih parametrov navigacije, na primer smeri in hitrosti gibanja, razdalje od izhodišča do cilja in lomnih točk poti. Prav tako je na zaslonu sprejemnika običajno prikazan bistveni del digitalne karte z grafično označenimi parametri navigacije.

Kljub navedenim prednostim naj bi klasična pravila navigacije poznal tudi vsak, ki v naravnem okolju navigira s satelitskim sprejemnikom, saj ta lahko odpove zaradi praznih baterij ali slabega sprejema satelitskih signalov. Prav tako se moramo zavedati, da nas satelitski sprejemnik med lomnimi točkami poti kljub morebitnim oviram vodi po ravnih črtah, ne pa na primer po zvezno zakrivljeni poti, plastnici, padnici, grebenu ali drugi liniji, ki bi jo kognitivno izbrali pri optimalnem potovanju. Pravilna interpretacija karte in poti v topografskem okolju je zato še vedno zelo uporabna spretnost kljub navidezni preprostosti satelitske navigacije. Več o praktičnih postopkih bo napisano v nadaljevanju.

10 NASTAVITVE SPREJEMNIKA GPS PRED NAVIGACIJO

Predhodna priprava in nastavitev sprejemnika GPS sta ključnega pomena za natančno navigacijo. Velikokrat nas lahko zavede navidezna preprostost ravnanja s temi instrumenti, ki jo oglašujejo izdelovalci, v resnici pa je kar nekaj, sicer res preprostih, vendar pomembnih nastavitvev, ki bistveno vplivajo na delovanje in uporabnost. Zato je razumevanje teh osnov nujno za ustrezno vrednotenje opravljenih meritev in pravilno identificiranje morebitnih napak, ki so v nekaterih razmerah lahko zelo velike. Pred navigacijo so nujni pravilna izbira koordinatnega sistema, poznavanje osnovnih pojmov, kot sta datum in projekcija, seznanitev z uporabo kartografskih podlag ter priprava fizičnih podatkov za navigacijo.

Inicializacija sprejemnika je začetni korak, ki ga je treba narediti pred prvo uporabo sprejemnika oziroma vsakič, ko z ugasnjenim sprejemnikom bistveno spremenimo lokacijo ter nato ponovno začnemo loviti signal satelitov. Načeloma to pomeni pomoč sprejemniku pri hitrejšem iskanju satelitov, kar dosežemo z uporabniškim vnosom približne lokacije (celina, regija in država) ter določitvijo lokalnega časa (leto, mesec, dan in ura). Tako lahko sprejemnik oceni, kateri sateliti bodo ob določenem času nad vneseno lokacijo vidni, in tako hitreje izračuna trenutno začetno lokacijo (angl. fix). Med druge osnovne nastavitve sodi še nastavitev merskih enot in referenčnega severa. Izbira geografskega ali magnetnega referenčnega severa pomeni smer, na podlagi katere bodo naš položaj in premiki relativno usmerjeni ter prikazani na uporabniškem vmesniku. Izbira enot pomeni vse navigacijske količine, ki določajo ustrezno metrično okolje, znotraj katerega želimo delovati. Na izbiro so standardne možnosti, predvsem glede na namen uporabe (kopenska ali pomorska navigacija) in nacionalni merski sistem (npr. Garmin, 2005, 2008; Magellan, 2001):

- enote za dolžino (km, Nm, Yd, Ft),
- enote za hitrost (km/h, M/h, vozli),
- enote za nadmorsko višino (m, Ft),
- kotne enote (stopinje).

Kot že navedeno, je referenčna ploskev za določitev položaja z GNSS svetovni elipsoid WGS 84. Navadno želimo ali potrebujemo prikaz podatkov lokacije ali koordinate položajev v lokalnem oziroma nacionalnem sistemu. Treba je poudariti, da navigacijski satelitski sprejemniki vedno delujejo in v ozadju shranjujejo podatke v globalnem koordinatnem sistemu, kar pomeni geografske koordinate na elipsoidu WGS 84. Kakršne koli nastavitve sprejemnika pomenijo le trenutni prikaz položajev v uporabniškem vmesniku, predvsem zaradi združljivosti z uporabo tiskanih kart. Na to je treba biti pozoren tudi pri predhodni pripravi navigacijskih podatkov v numerični obliki in pri vnosu koordinat položajev v sprejemnik pred navigacijo.

Določitev datuma pomeni izbiro referenčnega elipsoida (angl. Map Datum) glede na območje uporabe sprejemnika. Sprejemniki GPS ponujajo večino običajnih nacionalnih datumov s prednastavljenimi parametri. Za Slovenijo in prikaz v zdaj že »starem« koordinatnem sistemu, na podlagi katerega je pripravljena večina sedanjih kartografskih podlag, se uporablja Besslov elipsoid iz leta 1841. Če datum v instrumentu

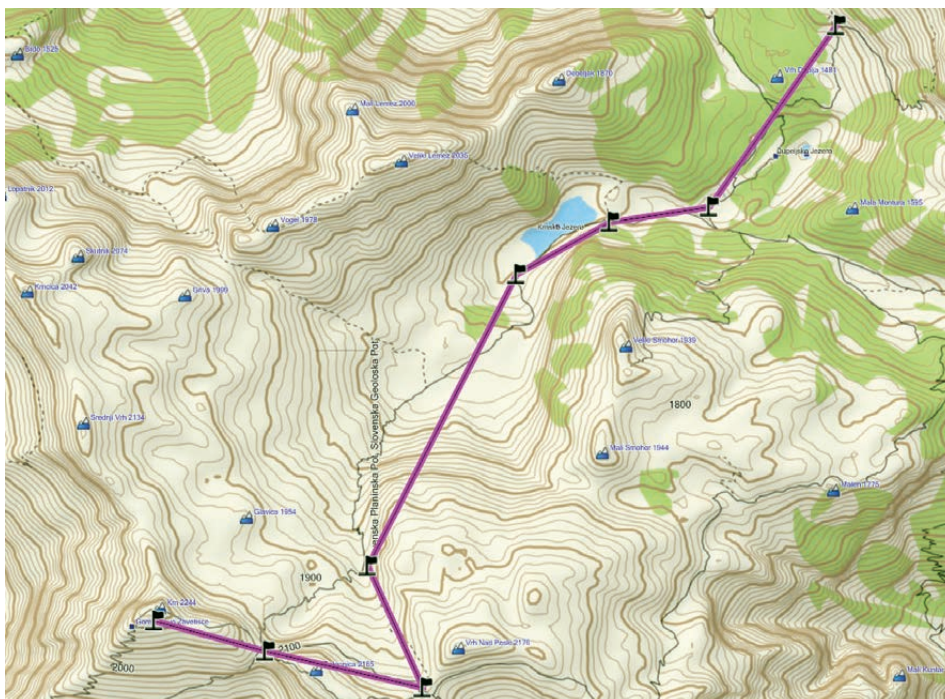
ni prednastavljen, ga definiramo z vnosom ustreznih parametrov transformacije, in sicer treh, petih ali sedmih. Večini preprostejših sprejemnikov za prikaz položaja v nacionalnem koordinatnem sistemu zadostuje definicija datuma z vnosom treh ali petih parametrov transformacije, naprednejši instrumenti pa omogočajo tudi uporabo natančnejše transformacije s sedmimi parametri, ki pa glede na razmeroma slabo natančnost absolutne določitve položaja ni bistvenega pomena.

Nastavitev koordinatnega sistema pomeni izbiro globalnih geografskih (elipsoidnih) koordinat ali ustrezne kartografske projekcije za prikaz položajev v ravninskih oziroma pravokotnih koordinatnih sistemih, ki se uporabljajo na tiskanih kartah. V Sloveniji se uporablja Gauss-Krugerjeva projekcija (angl. Transverse Mercator), ki jo definiramo z osnovnimi parametri:

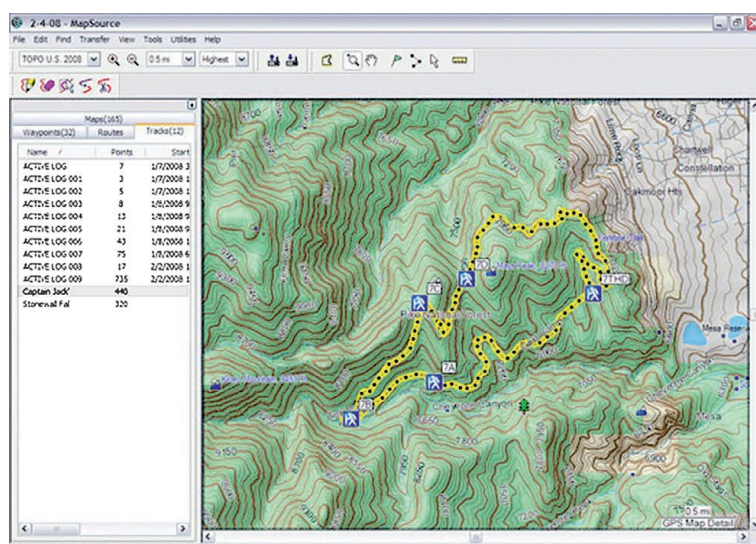
- geografsko širino izhodišča (angl. Latitude of origin): 0° N,
- srednjim meridianom (angl. Longitude of origin): 15° E,
- merilom na srednjem meridianu ali faktorjem modulacije (angl. Scale factor): 0,99999,
- nepravim pomikom proti severu (angl. False northing): $-5.000.000$ m,
- nepravim pomikom proti vzhodu (angl. False easting): 500.000 m.

Osnovne oblike shranjevanja in prikaza položajnih podatkov s pomočjo navigacijskih satelitskih sprejemnikov so vedno zapisane v točkovni obliki, standardno pa ločimo (sliki 9 in 10):

- karakteristične in lomne točke poti (angl. waypoints) oziroma koordinate posameznih položajev točk poti,
- poti (angl. routes) oziroma lomljene linije, ki povezujejo karakteristične točke poti,
- sledi (angl. tracks) oziroma niz točk, ki prikazuje točkovno zaporedje shranjenih položajev med premikanjem po terenu, pri čemer je gostota zapisa položajev odvisna od uporabniških nastavitev.



Slika 9: Načrtovanje poti: lomne točke poti (angl. waypoints) in pot (angl. route)



Slika 10: Prehojena sled (angl. track)

Priprava navigacijskih podatkov v bistvu pomeni ustvarjanje točk oziroma poti ali pripravo predhodno shranjenih podatkov in njihov vnos v sprejemnik. To lahko naredimo na več načinov, in sicer z neposrednim ročnim vnosom prek uporabniškega vmesnika sprejemnika ali s predhodno pripravo podatkov na osebem računalniku, kar je pregledneje in lažje. V pripravo navigacijskih podatkov pred uporabo sprejemnika na terenu spada tudi preverjanje višin, če je glede na namen uporabe to treba. To naredimo s pomočjo prostorskih podatkov, prednaloženih na sprejemnik ali osebni računalnik, ki vključujejo vektorsko kartografijo in digitalni model reliefa.

11 UPORABA SPREJEMNIKA NA TERENU

Uporaba in funkcionalnost sprejemnika sta odvisni od njegovega tipa ter namembnosti. Med osnovne elemente ravnanja s sprejemniki GPS na terenu spadajo uporaba kartografije, navigacija zavoj za zavojem s pomočjo navigacijskih kart, shranjevanje točk in sledi, iskanje želene točke oziroma položaja ter uporabniško ustvarjanje poti in vračanje po shranjeni poti. Glede na izdelovalca opreme je za učinkovitejšo uporabo na terenu vedno vključena tudi dodatna funkcionalnost oziroma drugi koristni dodatki, kot so elektronski kompas, barometrični višinomer, zunanja pomnilniška enota, zunanja antena, vodotesnost, zvočna opozorila, pregledovalnik slik ipd.

Večina instrumentov ponuja različne oblike vektorskih kart, ki jih izdelujejo posamezni izdelovalci. Vektorske karte poleg osnovne grafične upodobitve kartografskih elementov (linij, točk in ploskev) vključujejo tudi bazo atributnih podatkov, vezanih na posamezni objekt, in sicer imena in naslove lokacij, različne kategorije uporabniških točk, navigacijske podatke za cestno navigacijo (kategorije cest, dolžina in omejitve hitrosti) ipd. Naprednejši instrumenti omogočajo tudi uporabo in pripravo lastnih rastrskih podlag, kar pa je vezano na dražje tehnološke rešitve in zmogljivejši uporabniški vmesnik. Glede na namen ločimo vektorske karte:

- osnovno karto (angl. Base Map) brez podrobnosti, prednaloženo ob nakupu vsakega sprejemnika, ki omogoča uporabo kartografije,
- karte za cestno navigacijo (rutabilne karte),
- topografske karte,
- navtične karte.

Navigacija zavojev za zavojem (angl. turn by turn) je glavna lastnost cestnih navigatorjev (McGranaghan in drugi, 1987) in omogoča izračun optimalne poti glede na vnesene pogoje (najkrajši čas ali najkrajša pot) ter opisno in/ali glasovno vodenje na podlagi trenutne lokacije ter vnosa vmesnih in končne točke poti. Podlaga za to je vektorska navigacijska karta z bazo atributnih podatkov. Vodenje poteka v realnem času, izvajajo se sprotni popravki smeri glede na gibanje in spremembo položaja. Taki navigatorji velikokrat vključujejo tudi dodatne funkcionalnosti, kot je na primer navezava na druge informacijske sisteme o dogodkih na cesti in v realnem času.

Shranjevanje točk in sledi poteka na univerzalen način, značilen za večino navigacijskih sprejemnikov. Osnovni načeli shranjevanja točk sta shranitev trenutne lokacije in izbira lokacije s pomikom po zemljevidu ali ročni vnos koordinat. Vsako tako shranjeno lomno točko poti lahko uporabniško opremimo z dodatnimi informacijami, na primer opisom, grafično oznako in fotografijo. Poleg posamezne točke lahko shranjujemo tudi niz točk oziroma sled pomikanja po terenu (angl. track). Gostota zapisa točk v sledi je odvisna od nastavitve, kar lahko naredimo z izbiro zelenega dolžinskega ali časovnega intervala, na podlagi katerega se točke med premikanjem zaporedoma shranjujejo. Potrebno je opozorilo, da je število točk v sledi omejeno oziroma odvisno od vrste in spominskih zmogljivosti sprejemnika, navadno pa je zgornja vrednost točk, shranjenih v posamezni sledi, enaka 2000.

Navadno so shranjene točke razdeljene v dve osnovni kategoriji, in sicer točke v prednaloženi bazi pomembnih točk (angl. Points Of Interest) ter uporabniško shranjene oziroma vnesene točke. Tovarniško naložena baza zanimivih točk ponuja različne kategorije, ki so podobne pri večini izdelovalcev navigacijskih instrumentov, na primer bencinski servisi, trgovine, banke, bolnišnice, prehrana, nočitve in turistični objekti. Na spletu je veliko ponudnikov za dopolnitev in ustvarjanje lastne baze točk, namenjene večinoma komercialni rabi. Načini navigacije do posamezne točke (angl. Go-to) so različni in vključujejo več različnih grafičnih prikazov oziroma menijev za navigacijo, kar je odvisno od vrste sprejemnika in namena uporabe. Uporabljajo se številni standardni informativni parametri, ki opisujejo status navigiranja in so predstavljeni v nadaljevanju.

Pot (angl. route) v žargonu satelitske navigacije pomeni lomljeno linijo med izhodiščem, lomnimi točkami poti in ciljem. Obstajata dva osnovna načina določanja poti, in sicer ročna določitev na podlagi posameznih shranjenih točk (angl. create route) ali samodejno tvorjenje iz shranjene sledi (angl. backtrack). Ponovno je treba opozoriti, da sta število mogočih shranjenih poti in število točk v posamezni poti različno omejeni, predvsem sta odvisni od uporabljenega instrumenta.

Ena uporabnejših možnosti navigacijskih sprejemnikov je navigacija po shranjeni poti, ki je načeloma enaka navigaciji do posamezne točke, le da v tem primeru sledimo nizu točk od začetka do konca definirane poti. Kadar koli med navigacijo je mogoča aktivacija oziroma deaktivacija izbrane poti ali sprememba njene usmerjenosti.

Pri navigaciji po poti je smiselno opozoriti na nekaj ključnih informacij. Prva je ta, da imamo z definiranjem poti na podlagi lastnih, karakterističnih točk boljši nadzor nad dogajanjem na terenu oziroma se v vsakem trenutku zavedamo, katere pomembne orientacijske točke smo v posamezno pot vključili. Pomikanje med njimi tako zmanjšuje možnost nepričakovanih presečenj ob odklankanju od ravne daljice med točkama na terenu. Na odprtih, reliefno manj razgibanih terenih (ravninska območja, npr. puščave in ledeniki) je takih presečenj manj. Kadar ustvarimo pot samodejno na podlagi shranjene sledi, se je treba zavedati omejitev satelitskega

sprejemnika. Število točk v poti je omejeno in je navadno od 20 do 50, sprejemnik pa značilne oziroma lomne točke poti izbere samodejno, predvsem glede na večje spremembe smeri v shranjeni sledi. Pri tem se ne ozira na reliefne značilnosti in lahko se zgodi, da bo samodejno ustvarjena pot pri vračanju po sledi uporabnika usmerjala prek neprehodnih terenskih ovir (grebeni, stene in prepadi), shranjena sled pa se jim je ustrezno izognila. Prav zato je tudi pri uporabi navigacijskih sprejemnikov nujno poznavanje klasičnih navigacijskih strategij.

V spodnjem seznamu so naštet in opisani osnovni parametri navigacije, ki jih je mogoče uporabiti pri večini sprejemnikov in podajajo nekaj ključnih informacij med navigacijo na terenu. Uporabniški vmesnik navadno omogoča izbiro ustreznih navigacijskih menijev (pogled kompas, perspektivni pogled, pogled pot, prikaz le numeričnih vrednosti parametrov ipd.) ter tudi uporabniško nastavitvev in izbiro želenih parametrov na posameznem prikazu (npr. Garmin, 2005, 2008; Magellan, 2001):

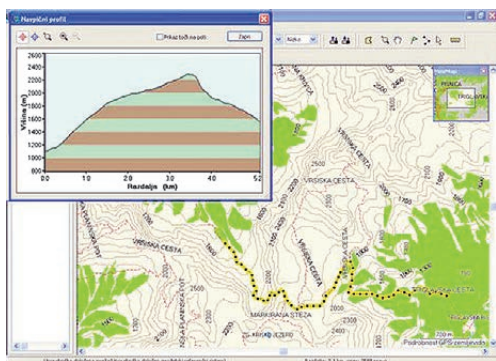
- HEADING: trenutna usmerjenost (azimut) gibanja,
- BEARING: smer (azimut) od trenutnega položaja do ciljne točke,
- ETE – angl. Estimated Time Enroute: predviden čas potovanja do ciljne točke glede na trenutni položaj in trenutno ali povprečno hitrost gibanja,
- ETA – angl. Estimated Time of Arrival: predviden čas prihoda na ciljno točko glede na trenutni položaj in trenutno ali povprečno hitrost gibanja,
- VMG – angl. Velocity Made Good: hitrost približevanja ciljni točki,
- XTE – angl. Cross Track Error: pravokotna razdalja od trenutnega položaja do zelene linije prave usmeritve (azimuta oziroma headinga),
- CTS – angl. Course To Steer: potreben kot zasuka do prave usmeritve (azimuta),
- COG – angl. Course Over Ground: trenutna smer gibanja,
- SOG – angl. Speed Over Ground (Speed): trenutna hitrost gibanja.

12 UPORABA SHRANJENIH PODATKOV PO KONCU NAVIGACIJE

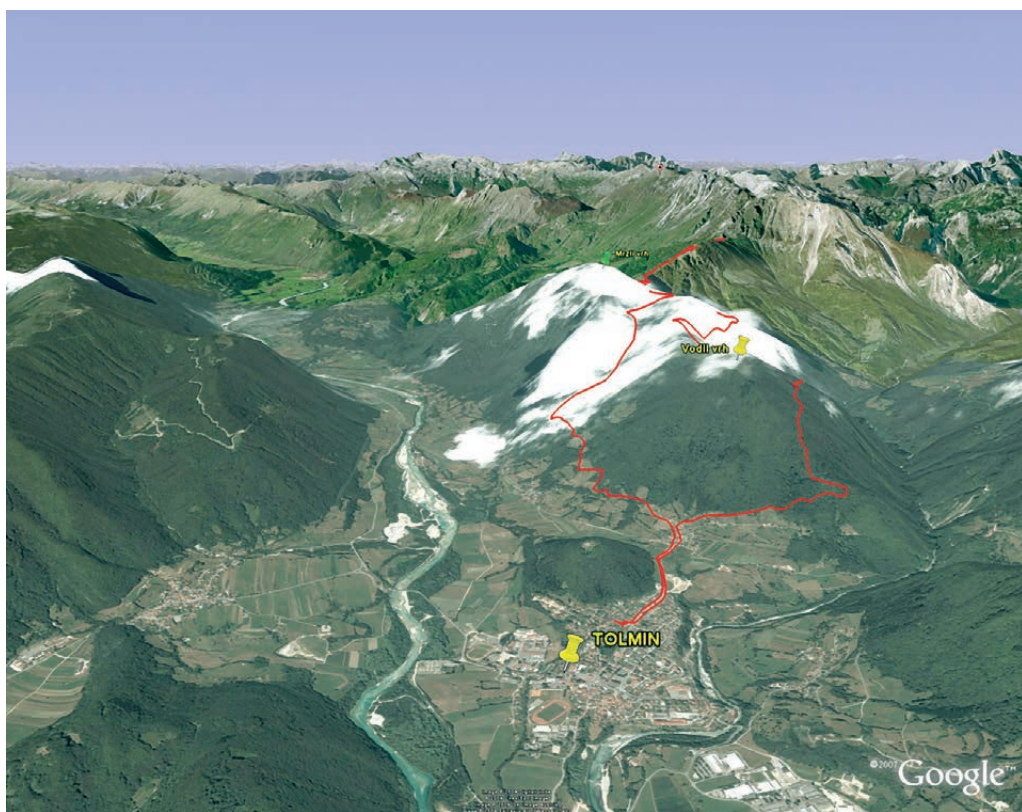
Glavni praktični prednosti navigacijskih sprejemnikov na terenu sta takojšnja informacija o lokaciji in možnost uporabe navigacijskih orodij, ki jih ponujajo satelitski sprejemniki. Veliko dodano vrednost predstavlja tudi pregled shranjenih podatkov terena, ki so lahko v pomoč pri analizi dejanj na terenu ter pri pripravi in načrtovanju terenskih akcij v prihodnje. Vsega tega na terenu ne moremo izvajati v polnem obsegu, ker smo omejeni s tehničnimi zmožnostmi sprejemnika, delovnimi razmerami uporabe, časom ipd.

Pretok podatkov med satelitskim sprejemnikom in računalnikom je dvosmeren ter poteka prek standardnih povezav in medijev. Delno omejitev pri uporabi sprejemnikov različnih vrst in izdelovalcev predstavljajo programska orodja, ki uporabljajo različne formate zapisov podatkov. Ti so med seboj največkrat nezdržljivi, zato je bila nujna uvedba standardnega izmenjevalnega formata. Danes je razširjena uporaba formata GPX (angl. GPS Exchange Format), ki pomeni standardiziran ASCII-zapis shranjenih lokacijskih podatkov in ga podpira večina instrumentov ter programske opreme. Naprednejši instrumenti in programska oprema podpirajo tudi druge standardne vektorske zapise, kot so DXF, SHP, KML ipd.

Z računalnikom in uporabo ustrezne vektorske ali rastrske kartografije oziroma geolocirane karte lahko pregledno prikažemo shranjene točke, sledi in poti. S pomočjo shranjenih podatkov višin ali programsko vgrajenega modela reliefa, kar je odvisno od izdelovalca in programske opreme, lahko naredimo tudi višinske prikaze oziroma višinske profile opravljenih poti (slika 11). Vedno pogostejša je tudi uporaba 3D-pogleda in perspektivnega prikaza izrisanih točk, poti in sledi, kar omogoča boljšo in realnejšo prostorsko predstavo (slika 12).



Slika 11: Prikaz prehojene poti in profila poti



Slika 12: 3D-prikaz poti (Vir: Google Zemlja)

Z ustrezno programsko opremo lahko opravimo osnovne analize shranjenih podatkov, in sicer časa in hitrosti gibanja, dolžine poti, opravljenih višinskih metrov vzponov in spustov ter drugih statističnih vrednosti osnovnih navigacijskih parametrov. Iščemo lahko posamezne točke ali naslove, izvajamo osnovno kartografsko merjenje (odčitavanje koordinat, razdalj in azimutov), pretvarjamo podatke med različnimi zapisi, dodajamo sporočila, slike, zvoke, video zapise ipd.

Kot omenjeno, je programska oprema za prikazovanje in analizo prostorskih podatkov, pridobljenih s pomočjo navigacijskih sprejemnikov, zelo odvisna od izdelovalca opreme. Med večje in na trgu pogoste spadata na primer Magellan s programsko opremo Vantage Point in MapSend ter Garmin s programsko opremo MapSource, ki omogočata največjo združljivost z lastnimi instrumenti in formati zapisov. Obstaja tudi precej neodvisnih programov, ki niso vezani na izdelovalca in prav tako zagotavljajo osnovne funkcionalnosti za prikaz, obdelavo in pripravo podatkov GPS. Med njimi so Fugawi Global Navigator, Ozi Explorer, CompeGPS, IAS (Interaktivni atlas Slovenije), QUO, Google Zemlja (preprost GIS, preprosti 3D-prikazi in animacije), Geopedia (prosto dostopna zbirka prostorskih podatkov za Slovenijo, ki sledi načelu kolaborativnega zbiranja in urejanja podatkov s sodelovanjem zainteresiranih, predvsem amaterskih uporabnikov), ipd.

13 SKLEP

Navigacija s satelitskim sprejemnikom postopoma postaja del vsakega potovanja ne glede na način in sredstvo gibanja, kot vsaka tehnološka novost pa poskuša posnemati klasične navigacijske postopke. Pri tem ima številne prednosti, ne smemo pa pozabiti tudi na slabosti, ki lahko v posebnih potovalnih razmerah ogrozijo varnost in celo življenje uporabnika.

Satelitska navigacija je uporabnika navidezno osvobodila kognitivnih procesov navigacije, saj je določanje položaja in parametrov navigacije, kot sta razdalja in smer, samodejno. Pomembne prednosti satelitske navigacije so nenehno delovanje, svetovna navzočnost in delovanje ponoči ter ob vsakem vremenu. Strategija navigacije je preprosta, natančna in zanesljiva, vendar pa zahteva vnaprejšnje načrtovanje poti ter poznavanje funkcij programske opreme. Po koncu poti je mogoča numerična analiza poti.

Za navedeno potrebujemo v primerjavi s preprostim kompasom in karto razmeroma drago opremo, na terenu pa poleg vgrajenega tudi rezervno električno napajanje oziroma baterije. Zaslona sprejemnika je premajhen za ogled celotne karte in poti, zaradi česar je oteženo ustvarjanje miselne karte in tudi kognitivno načrtovanje celotne poti. Za delovanje sprejemnika potrebujemo ustrezno vidnost satelitov, kar je lahko prav v krajih, kjer navigacijo najbolj potrebujemo, kritično. V gozdu in med visokimi mestnimi stavbami je zato natančnost določanja položaja navadno manjša ali pa sprejemnik sploh ne deluje. Postopno odstranitev teh slabosti na srečo obetajo robustni algoritmi napovedovanja poti, nove frekvence satelitskih sistemov s povečano penetracijo, še več satelitov na nebu, zložljivi tanki zasloni, posodobitev nekaterih topografskih podatkov v skoraj realnem času in druge tehnične izboljšave.

14 LITERATURA

- Bratt, I., 2002. *Orienteering*. New Holland Publishers Ltd., London.
- Garmin, 2005. *An introduction to using a Garmin GPS with paper maps for land navigation*, Garmin Ltd.
- Garmin, 2008. *GPS beginners guide*, Garmin Ltd.
- Kennedy, A., 1996. *The global positioning system and GIS*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan.
- Magellan, 2001. *User Manual*, Meridian Series of GPS Receivers, Thales Navigation.
- McGranaghan, M., Mark, D. M., Gould, M., 1987. *Automated provision of navigational assistance to drivers*. American Cartographer, Vol. 14, No. 2, pp. 121–138.
- Misra, P., Enge, P., 2006. *Global positioning system, Signals, measurements, and performance*. Ganga Jamuna Press, Lincoln, Massachusetts.
- Golledge, R. G., 1995b. *Path selection and route preference in human navigation: A progress report*. In Frank, A. U., Kuhn, W., eds., *Spatial Information Theory - A Theoretical Basis for GIS*, International Conference COSIT '95, Semmering, Austria, Lecture Notes in Computer Science 988, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, pp. 207–222.
- Grejner-Brzezinska, D., 2004. *Positioning and tracking approaches and technologies*. In Karimi, H. A., Hammad, A., eds., *Telegeoinformatics, Location-Based Computing and Services*, CRC Press, London, New York, pp. 69–110.
- Hutchins, E., 1995. *Cognition in the wild*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Montello, D. R., 2005. *Navigation*. In Shah, P., Miyake, A., eds., *Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 257–294.
- Peterca, M., 2001. *Matematična kartografija: kartografske projekcije*. Univerzitetni učbenik, Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2001. 211 str. ISBN 961-6167-42-1.
- Pick, H. L., Heinrichs, M. R., Montello, D. R., Smith, K., Sullivan, C. N., Thompson, W. B., 1995. *Topographic map reading*. In Hancock, P. A., Flach, J., Caird, J., Vicente, K., eds., *Local Applications of the Ecological Approach to Human-Machine Systems*, Vol. 2, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, pp. 255–284.
- Radovan, D., 2007a. *Razvoj omrežja Signal in tržna vrednost določanja položaja*. Geodetski vestnik, št. 4, str. 793–802.
- Radovan, D., 2007b. *Slovensko omrežje referenčnih postaj GPS*. Življenje in tehnika, št. 10, str. 22–27.
- Radovan, D., 2007c. *Slovensko omrežje referenčnih postaj GPS za natančno določanje položaja*. V: Kozmus, K., Kuhar, M. Raziskave s področja geodezije in geofizike, 2006: zbornik predavanj. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, str. 21–28.
- Radovan, D., 2007d. *Razvoj omrežja Signal in tržna vrednost določanja položaja*. Geodetski vestnik, št. 4, str. 793–802.
- Radovan, D., 2008a. *Omrežje SIGNAL na poti od GPS do Galilea*. V: Perko, D., in drugi (ur.). *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007–2008 (GIS v Sloveniji, 9)*. Ljubljana: Založba ZRC, str. 411–416.
- Radovan, D., 2008b. *From map and compass to ubiquitous navigation - How navigation tools, strategies and errors work in a natural environment: dissertation*. Technische Universitaet Wien, Wien, 168 str.
- Radovan, D., Karničnik, I., Petrovič, D., 2000. *Hidrografske podatki slovenskega morja in elektronska pomorska kartografija*. V: Hladnik, D., in drugi (ur.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999–2000: zbornik referatov simpozija*, Ljubljana, 26. september 2000. Ljubljana: Znanstvenoraziskovalni center SAZU: Zveza geografskih društev Slovenije: Zveza geodetov Slovenije, str. 13–19.

- Stopar, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Kuhar, M., Koler, B., Petrovič, D., Savšek, S., Pavlovčič Prešeren, P., Kozmus, K., Sterle, O., Mesner, N., Radovan, D., Berk, S., 2005. *Zasnova protokola prehoda nacionalne geoinformacijske infrastrukture v evropski koordinatni sistem in raziskava njegovih posledic za različne državne resorje in evidence: ciljni raziskovalni program »Konkurenčnost Slovenije 2001–2006«*, raziskovalni projekt št. V2-0979: končno poročilo. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: Geodetski inštitut Slovenije.
- Tversky, B., 1993. *Cognitive maps, cognitive collages and spatial mental models*. In Frank, A. U., Campari, I., Spatial Information Theory - A Theoretical Basis for GIS, European Conference, COSIT '93, Lecture Notes in Computer Science 716, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, pp. 14–24.

O AVTORJIH

Dr. Dalibor Radovan je diplomiral iz geodezije in magistriral s področja kartografije na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Doktoriral je na Tehnični univerzi na Dunaju, in sicer s področja kognitivnih navigacijskih strategij. Je vodja razvojnega sektorja na Geodetskem inštitutu Slovenije in predavatelj kartografije na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Dela na področjih kartografije, geoinformatike, digitalnih geoknjžnic, 3D-upodabljanja, GNSS in pomorske hidrografije. Usklajeval je projekt postavitve Izobraževalnega središča za geomatiko, izdelavo strategije razvoja topografsko-kartografskega in novega državnega koordinatnega sistema ter postavitve nacionalnega omrežja permanentnih postaj GNSS z imenom SIGNAL.

Matija Klanjšček je diplomiral iz geodezije na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze Ljubljani z diplomsko nalogo Zasnova digitalne baze planinskih poti. Naloga je vključevala izgradnjo podatkovnega modela baze ter nadgradnjo na podlagi množičnega terenskega zajema s satelitskimi sprejemniki. Zaposlen je na Geodetskem inštitutu Slovenije, kjer dela na področjih pomorske hidrografije, klasične in spletne kartografije, geoinformatike, 3D-upodabljanja in GNSS. Predava v okviru izobraževanja ISG in Geodetske uprave, na simpozijih (GIS v Sloveniji) in delavnicah (Eurogeographics plenary meeting). Pripravil in vodil je izobraževalni seminar z naslovom GPS v vsakdanjem življenju, na katerem je predstavil večletne izkušnje z uporabo satelitske navigacije pri alpinističnem in kolesarskem udejstvovanju, tudi v zelo zahtevnih razmerah in na velikih višinah.

ABOUT THE AUTHORS

Dalibor Radovan, PhD, graduated in geodesy and achieved his master's degree in cartography from the Faculty of Civil Engineering and Geodesy, University of Ljubljana. He holds a PhD from Vienna's University of Technology, having majored in cognitive navigation strategies. He is Head of the R&D Sector at the Geodetic Institute of Slovenia and a lecturer on cartography at the Faculty of Civil Engineering and Geodesy. He is engaged in the area of cartography, geoinformation, digital geolibraries, 3D-imageing, GNSS and maritime hydrography. In addition, he coordinated the project on the establishment of

the Geomatics Training Centre, the preparation of the topographic and cartographic development strategy and the new state coordinate system, and the establishment of the national network of permanent GNSS stations referred to as SIGNAL.

Matija Klanjšček graduated in geodesy from the Faculty of Civil Engineering and Geodesy with a diploma paper *Establishing the Digital Database of Alpine Tracks*. The paper focuses on the establishing of a database model and its upgrading based on a massive field capture by satellite receivers. He is currently employed with the Geodetic Institute of Slovenia, where he is working in the area of maritime hydrography, classic and web cartography, geoinformation, 3D-imageing and GNSS. He also gives lectures, at the Geomatics Training Centre and Geodetic Administration, symposiums (GIS in Slovenia), and workshops (Eurogeographics Plenary Meeting). He prepared and managed the seminar *GPS in Everyday Life*, during which he presented his experience in using satellite navigation in difficult conditions, at high altitudes and in Alpine and bicycling activities.

Možnosti uporabe satelitskih posnetkov za hitro in natančno kartiranje

Potential Use of Satellite Images for Rapid Mapping

Žiga Kokalj
Krištof Oštir

Povzetek Razvoj satelitskih sistemov za opazovanje Zemlje sledi hitremu napredku na drugih znanstvenih in tehnoloških področjih. Detektorji na današnjih optičnih satelitih imajo prostorsko ločljivost, ki jo je bilo še pred nekaj leti mogoče doseči le z letalskimi snemanji (boljšo od 0,5 m). Hkrati se večata radiometrična in spektralna ločljivost, izboljšala pa se je tudi zmožnost absolutnega prostorskega umeščanja posnetkov. Na drugi strani večjo veljavo pridobivajo radarski sateliti, ki že dosegajo ločljivost optičnih, predvsem na vojaškem področju.

Pomen opazovanja s satelitskimi sistemi za namene opazovanja naravnih nesreč ali drugih kriznih dogodkov se večja s satelitskimi konstelacijami. To so skupine enakih ali sorodnih satelitov, ki krožijo okoli Zemlje v razporeditvi, s katero lahko isto točko na površju opazujejo vsak dan ali celo večkrat na dan. Hitro kartiranje s satelitskimi posnetki, v časovnem razponu dan ali dva po dogodku, je torej postalo stvarnost, ki prehaja v operativno fazo.

Ključne besede Hitro kartiranje, optični satelit, radarski satelit, opazovanje kriznih dogodkov.

Abstract The development of satellite systems for Earth observation follows rapid progress in other scientific and technological fields. Today's optical detectors on satellites have a spatial resolution that could only be achieved by air observation only a few years ago (better than 0.5 m). There has been a great improvement of radiometric and spectral resolution, as well as the ability of the absolute positioning of spatial imagery. Radar satellites are gaining importance and are already matching the spatial resolution of optical satellites, especially in the military field.

The importance of satellite-based observation systems for purposes of monitoring natural disasters or other crisis events increases with satellite constellations. These are groups of the same or similar satellites, orbiting the Earth in such a way that each point on the surface can be imaged every day or even several times a day.

Rapid mapping with satellite imagery, in the time span of a day or two after the event, has therefore become a reality, proceeding to an operational phase.

Key words Rapid mapping, optical satellite, radar satellite, crisis observation.

1 UVOD

Daljinsko zaznavanje se v okoljskih študijah ter pri proučevanju vzrokov in posledic naravnih in človeško povzročenih nesreč ter njihovem spremljanju vedno bolj uveljavlja. Uspešno je bilo uporabljeno na primer pri zaznavanju gozdnih požarov, opazovanju poplav, študijah krčenja gozdov, spremljanju seizmičnih premikov, študijah ledenikov, meritvah temperature oceanov, zaznavanju cvetenja alg, sledenju onesnaženja v atmosferi in morjih, opazovanju uničenja po vremenskih ujmah, preprečevanju onesnaženja, opazovanju širjenja puščav in napredovanja erozije (Dixon, 1995; Sabins, 1997; Cracknell, 2001; Allenbach, 2005; Buehler, 2005).

Ob naravnih nesrečah in pred njimi lahko satelitske podobe priskrbijo svarilne znake za posamezna naravna tveganja (Gens and van Genderen, 1996; Guo in drugi, 2001), z njimi spremljamo prizadeto območje ali opravimo hitro vrednotenje škode za podporo odločanju v reševalnih operacijah (Voigt, 2005). Zaradi široke uporabnosti podatkov daljinskega zaznavanja pri reševanju različnih okoljskih nalog je tehnologija tudi učinkovita pomoč pri proučevanju naravnih tveganj in prostorskem načrtovanju. Na splošno ima daljinsko zaznavanje pri proučevanju naravnih tveganj vsaj dva velika potenciala:

- (skoraj sočasno) spremljanje dogodka,
- kartiranje sprememb ali dinamike procesa, skupaj z analizo sprememb v pokrajini, analizo škode in vpliva ter njegovo interpretacijo.

Sedanji satelitski sistemi za opazovanje Zemlje zbirajo visokoločljive podatke na svetovni ravni in ponujajo veččasovno pokritost. Časovna ločljivost je pri opazovanju tveganj in nesreč velikega pomena, saj se mora prilagajati širokemu časovnemu razponu za opazovanje počasnega razvoja (napovedovanje) in zaznavanje hitrih sprememb (reševanje, ocenjevanje škode). Stalno opazovanje omogoča izdelavo posodobljenih tematskih zemljevidov, ki lahko prikazujejo vpliv naravnih nesreč na okolje. Zaznavanje drobnih sprememb na zemeljskem površju razkrije informacije o navidezno nepomembnih geofizikalnih dogodkih, ki lahko vodijo v katastrofo. Stalno opazovanje je zato z vidika nesreč pomembno vsaj z dveh vidikov: prvič, način stalnega opazovanja jamči, da so dosegljive podobe iz časa pred nesrečo, in drugič, način hitrega odziva omogoča zajem podob v kratkem času po dogodku, ki nas zanima (Dixon, 1995).

Opazovanje različnih procesov je odvisno predvsem od sedanjih vesoljskih plovil (satelitov za opazovanje Zemlje) ter obsežnega izbora tehnologij in tehnik (optično in radarsko večspektralno skeniranje, radarska interferometrija, lasersko merjenje razdalj itn.). Kljub temu jih v številnih primerih lahko in morajo dopolnjevati letalska snemanja (Oštir, 2003; Voigt, 2007).

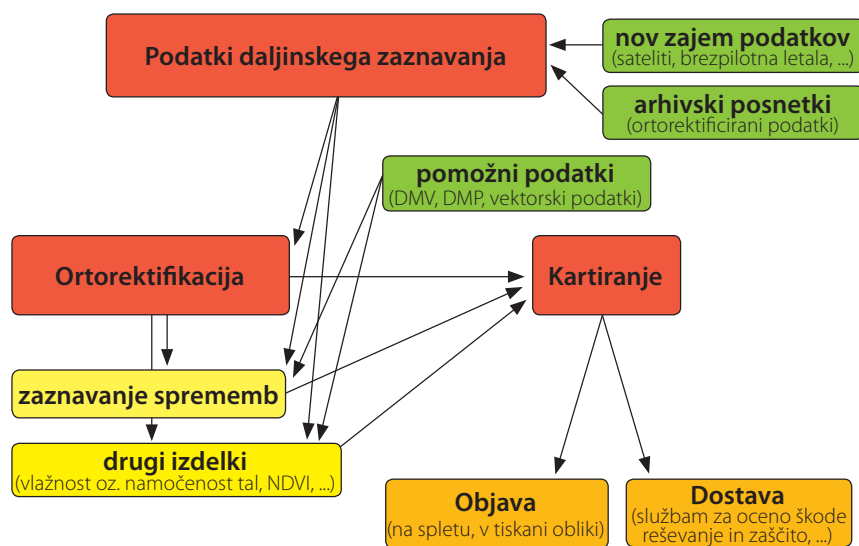
Z napredkom tehnologije in tehnike obdelave so bili razviti zasebni, nacionalni in nadnacionalni programi ter servisi za hitro kartiranje in podporo odločanju ob naravnih nesrečah z uporabo daljinskega zaznavanja (na primer disasterscharter.org, emergencyresponse.eu, zki.dlr.de/rapid_mapping). V nadaljevanju je podan primer tipične organizacije centra za hitro kartiranje, nato so opisani nekateri visokoločljivi optični in radarski satelitski sistemi, ki so uporabni pri hitrem kartiranju, podane pa so tudi smernice za finančno

primerjavo njihovih posnetkov. Obravnavana je programska oprema za obdelavo satelitskih podob, analizirane so prednosti in pomanjkljivosti notranjega in zunanjega izvajanja.

2 PRIMER ORGANIZACIJE CENTRA ZA HITRO KARTIRANJE

Poudarek pri hitrem kartiranju je na kratkem odzivnem času in hitri dostavi podatkov. Center za hitro kartiranje zato običajno združuje več nalog, ki se lahko izvajajo v centru ali pa jih zanj opravljajo pooblaščen zunanje organizacije. Odgovoren je za uvedbo procesnih verig in mehanizmov dostave končnih izdelkov (zemljevidov, poročil) satelitskega informacijskega servisa za odziv v nevarnosti.

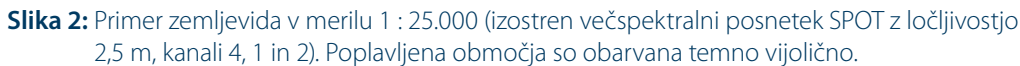
Organizacijsko je osrednji del centra kontaktna točka, ki deluje neprestano (24 ur) ter usklajuje in vodi vsakokratne naloge. Kontaktna točka spremlja dogodke, načrtuje snemanja, zagotavlja podporo uporabniku (sprožilcu aktivacije) ter ga povezuje s ponudniki snemanj in dobavitelji izdelkov. Opravlja operativni nadzor kakovosti pripravljenih izdelkov pred dostavo ter skrbi za objavo izdelkov na portalu in podporo uporabnikom na terenu.



Slika 1: Procesna shema za hitro objavo podatkov daljinskega zaznavanja (napake v sliki)

Ponudniki snemanj so različne vesoljske agencije ali zasebna podjetja, ki upravljajo satelitske sisteme, letala, helikopterje ali brezpilotna zračna plovila z ustrežno opremo in detektorji ter navadno omogočajo dostop do arhivskih posnetkov ter izbor in programiranje ustreznih sistemov.

Dobavitelji izdelkov se lahko ločijo na dobavitelje referenčnih in tematskih zemljevidov ter zemljevidov z oceno škode. Prvi skrbijo za izdelavo zemljevidov iz časa pred nastankom kriznega dogodka (taki zemljevidi so lahko pripravljeni vnaprej in na voljo v nekaj urah po aktivaciji) in neurgentne zemljevide z oceno škode. Dobavitelji tematskih zemljevidov imajo lahko zelo raznolike kompetence, so operativno raznoliki (sočasno izdajanje opozoril, kartiranje po dogodku itn.) ter ponujajo izdelke in storitve z različnih področij (meteorologija, geofizika itn.). Taki zemljevidi so lahko na primer zemljevidi premoženja in prebivalstva, ogroženosti območij ali preteklih škod za različne vrste dogodkov.



3 VISOKOLOČLJIVI SATELITSKI SISTEMI

Razvoj satelitskih sistemov za opazovanje Zemlje sledi hitremu napredku na drugih znanstvenih in tehnoloških področjih. Detektorji na današnjih satelitih dosegajo prostorsko ločljivost, kakršno je bilo še pred nekaj leti mogoče doseči le z letalskimi snemanji (boljšo od 0,5 m), hkrati se je z novo generacijo sprejemnikov GPS, sledilci zvezd (t. i. *star tracker*), natančnejšimi potisnimi sistemi ter stabilnejšo arhitekturo močno izboljšala zmožnost absolutnega prostorskega umeščanja posnetkov. Brez uporabe talnih kontrolnih točk je mogoče posnetke nekaterih sistemov umeščati v prostor z natančnostjo, boljšo od 6 m, že z eno samo kontrolno točko pa lahko dosežemo podpikselsko natančnost. Za nekatere sisteme tako že veljajo administrativne omejitve glede ločljivosti podob, ki jih upravljavci lahko posredujejo uporabnikom (na primer za GeoEye-1 in WorldView-2 lahko dobimo posnetke v ločljivosti 0,5 m, kljub temu da je zajem opravljen z boljšo ločljivostjo).

Standardna radiometrična ločljivost – število sivin v posameznem kanalu – je z osem bitov pri starejših sistemih narasla na 11 bitov, kar pomeni 2048 nivojev svetlosti. Obstajajo celo sistemi, ki imajo 12-bitno ločljivost (na primer REIS na satelitih RapidEye, CHIRS na satelitu PROBA, OLI in TIRS na bodočem satelitu LDCM).

Izboljšuje se tudi spektralna ločljivost detektorjev, omeniti velja vsaj Hyperion in CHRIS, ki sta sicer demonstracijska detektorja, a po desetletju uspešnega delovanja še vedno posredujeta pomembne podatke znanstvenikom po vsem svetu. Hyperion, ki je nameščen na satelitu Earth Observation 1 (EO-1), ima 220 kanalov, z radiometrično ločljivostjo 12 bitov in prostorsko ločljivostjo 30 m, CHRIS pa ima 61 (18) kanalov in prostorsko ločljivost 34 (17) m.

Na drugi strani se uveljavljajo tudi radarski satelitski sistemi. Zaradi lastnosti snemanja so uporabni predvsem v vojaške namene, pri spremljanju in ocenjevanju škode ob naravnih nesrečah, proučevanju premikov površja in izdelavi natančnih modelov višin velikih območij.

V zadnjih letih pridobivajo pomen majhni sateliti, to so platforme velikostnih kategorij piko (do 1 kg), nano (do 10 kg) in mikro (do 100 kg). Gre za komercialne izdelke »s police« ali za tehnološke demonstracije in pridobivanje izkušenj z novimi tehnologijami, ki obljublja-jo uporabnost tudi na področju daljinskega zaznavanja. Njihova pglavilna prednost (in hkrati pomanjkljivost) je majhna masa ter z njo povezani nizki stroški izstrelitve. Taka tehnologija je že na dosegu univerz, celo premožnejših fakultet in raziskovalnih inštitutov. Misije majhnih satelitov so lahko pogostejše in bolj raznolike, hitrejši je lahko dostop do podatkov, omogočajo širjenje tehničnega in procesnega znanja ter vključenost manjših industrijskih podjetij (Sandau, 2010).

Znižanje cen in vse večje potrebe po prostorskih podatkih, pridobljenih s satelitskimi sistemi, so omogočili prve konstelacije optičnih in radarskih satelitov. Konstelacija je skupina satelitov podobne zasnove, ki opravljajo podobne funkcije in letijo v podobnih orbitah, v primernem razmiku. Z njimi lahko dosežemo bodisi hitrejšo svetovno pokritost z ustreznimi podatki bodisi hitrejšo opazovanje istega območja. Razvoj gre v smeri izstrelitev identičnih satelitov, saj se s tem močno znižajo stroški proizvodnje (na primer RapidEye, COSMO-SkyMed).

V nadaljevanju so predstavljeni najbolj razširjeni optični in radarski satelitski sistemi (preglednica 1).

Preglednica 1: Osnovne lastnosti detektorjev na izbranih satelitskih sistemih

Satelitski sistem	Detektor(ji)	Št. kanalov	Prostorska ločljivost v nadirju [m]	Širina pasu snemanja [km]
Ikonos	OSA MS	4	0,8	11
	OSA PAN	1	3,2	
QuickBird	BGIS 2000	4	2,4	16,5
		1	0,6	
SPOT-5	HRG	5	2,5 (10, 20)	60
	HRS	1	10	120
WorldView-1	WorldView-1	1	0,5	17,6
WorldView-2	WV110	8	1,8	16,4
	WV 60	1	0,5	
GeoEye-1	GIS-MS	4	1,6	15,2
	GIS-PAN	1	0,4	
RapidEye	REIS	5	6,5	77
Radarsat-2	Radarsat-2	radar	1 (100)	20 (500)
ENVISAT	ASAR	radar	30 (150)	5 (400)
COSMO-SkyMed	SAR 2000	radar	1 (100)	10 (200)
TerraSAR-X	TSX-SAR	radar	1 (16)	5 (100)

3.1 Optični satelitski sistemi

3.1.1 Ikonos

Satelit Ikonos (prvotno Ikonos 2), ki je v lasti podjetja GeoEye, je najstarejši visokoločljivi civilni satelit za opazovanje zemeljskega površja. Izstreljen je bil leta 1999 in leti na višini 681 km v skoraj polarni, sončno sinhroni tirnici z nagibom 98,1°. Zaradi spremenljivega nagiba detektorjev (do 40° od nadirja) znaša čas ponovnega snemanja na geografski širini 40° skoraj tri dni pri ločljivosti 1 m oziroma dan in pol pri ločljivosti 1,5 m. Satelit ustvarja podobe širine 11 km in dolžine v pasu do 1000 km. Zagotovljena položajna natančnost ponudnika je 12 m brez uporabe kontrolnih točk ter 2 m s kontrolnimi točkami in uporabo modela višin, pri 90-odstotni zanesljivosti.

Poleg pankromatskega kanala prostorske ločljivosti 1 m ima Ikonos tudi štiri večspektralne kanale s prostorsko ločljivostjo 4 m. Oba podatka veljata pri odklonu 26° od nadirja, saj ima v nadirju pankromatski kanal ločljivost 0,8 m. Radiometrična ločljivost detektorja je 11 bitov. Z gibljivostjo snemalnega sistema je omogočeno ustvarjanje stereoskopskih parov posnetkov, ki jih lahko opazujemo in analiziramo v treh razsežnostih, kar je še posebej pripravnost pri študijah površja, kartiranju in simulacijah terena. Večja je tudi verjetnost pridobitve podob brez oblakov, kar je pomembno predvsem pri opazovanju tropskih območij (Oštir, 2004).

3.1.2 QuickBird

QuickBird (prvotno QuickBird 2) je podjetje DigitalGlobe izstrelilo oktobra 2001. Je v sončno sinhroni, skoraj polarni tirnici z nagibom 98°, na višini 450 km. Čas ponovnega snemanja je od

enega do dobrih treh dni. Detektorji zajemajo podatke hkrati pankromatsko in v štirih več-spektralnih kanalih. Njegovi kanali so popolnoma enaki kot pri satelitu Ikonos, poleg tega pa večspektralni ustrezajo prvim štirim kanalom sistemov Landsat TM in ETM+, kar omogoča primerjavo z ogromnim arhivom posnetkov Landsat.

Ločljivost v pankromatskem kanalu znaša 0,61 m v nadirju in 0,72 m pri nagibu 25°. Štirje več-spektralni kanali podatke zajemajo v prostorski ločljivosti med 2,44 m in 2,88 m. Ko detektor usmerjamo proč od nadirja, pas snemanja postaja vedno širši. Medtem ko je pri snemanju neposredno pod satelitom širok 16,5 km, je v skrajnih legah širok kar 20 km. Detektor ima radio-metrično ločljivost 11 bitov.

Vsak posnetek je opremljen s polinomskimi koeficienti (*rational polynomial coefficients* – RPC), ki omogočajo umeščanje v prostor tudi brez uporabe kontrolnih točk. Tudi pri posnetkih QuickBird je mogoče s kontrolnimi točkami doseči položajno natančnost nekaj pikslov (Oštir, 2004).

3.1.3 SPOT

SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) je skupina petih satelitov za opazovanje Zemlje, ki jo je pripravil in izstrelil francoski CNES (*Centre National d'Études Spatiales*). Prvi satelit iz skupine (SPOT-1) so izstrelili leta 1986, temu pa so na tri do štiri leta sledili nasledniki. Vsi sateliti krožijo (oziroma so krožili) okoli Zemlje na višini približno 820 km, v sončno sinhroni, skoraj polarni tirnici z nagibom 98,7°, pri čemer je čas ponovnega obiska 26 dni. SPOT je eden prvih sistemov, ki je uporabil tehniko snemanja v vzdolžni smeri (pometanje), poleg tega pa je bil med prvimi komercialnimi satelitskimi sistemi. Delujeta še satelita 4 in 5.

Satelit SPOT-5 ima dva visokoločljiva detektorja HRG (High Resolution Geometry), ki v pankromatskem kanalu snemata s prostorsko ločljivostjo 5 m in v štirih večspektralnih kanalih z ločljivostjo 10 m. V tako imenovanem načinu *supermode* oba detektorja snemata isti del površja v ločljivosti 5 m in z zamikom 2,5 m. Z interpolacijo, dekonvolucijo in odstranitvijo šuma je nato mogoče dobiti podobe ločljivosti 2,5 m. Kot gledanja detektorjev lahko spreminjamo, tako da so njegovi pogledi usmerjeni na eno ali drugo stran od nadirja. S tako imenovanim stranskim gledanjem lahko precej zmanjšamo čas ponovnega snemanja. Detektorje lahko zasukamo do 27° od nadirja, tako da lahko satelit opazuje območje širine 950 km in večkrat tedensko snema isti del površja. Če oba detektorja usmerimo tako, da opazujeta sosednja pasova v nadirju, lahko naenkrat snemamo pas širine 117 km (Oštir, 2006; SPOT-5, 2005).

Instrument HRS (High Resolution Stereoscopic) snema v pankromatskem načinu z ločljivostjo 10 m. En detektor snema v smeri leta naprej, drugi pa je obrnjen nazaj, oba z nagibom 20°. Pri tem zajameta skoraj sočasne stereopare, ki so zelo primerni za izdelavo modelov višin.

Izdelki SPOT-5 HRG ločijo tri ravni predhodne obdelave, poleg celotnega posnetka je mogoče kupiti tudi le polovico, četrtno ali osmino. Brez oslonilnih točk lahko z ortorektifikacijo dosežemo planimetrično natančnost, boljšo od 15 m. Enako natančnost imajo izdelki SPOT 3D (modeli višin), z višinsko natančnostjo 10 m pri pobočjih z nagibom, manjšim od 20° in 30 m v goratih predelih. Vsi podatki veljajo pri 90-odstotni zanesljivosti (Triglav, 2002; SPOT image, 2005a).

3.1.4 WorldView

Podjetje DigitalGlobe ima v lasti dva satelita serije WorldView. Prvi je bil v 496 km visoko, sončno sinhrono tirnico izstreljen septembra 2007. Nosi pankromatski detektor s prostorsko ločljivostjo

0,5 m in radiometrično ločljivostjo 11 bit. Širina pasu snemanja je 17,6 km. Pri zasuku detektorjev za 45° lahko satelit opazuje isto območje prej kot v dveh dneh, pri zasuku za 25° pa približno na pet dni. Zaradi velike stabilnosti platforme ter natančnosti višinomerov in GPS se odlikuje po izjemni lokacijski točnosti. Brez učinkov reliefa in stranskega pogleda je lokacijska točnost podatkov boljša od 6 m z 90-odstotno zanesljivostjo. Satelit je deloma financirala ameriška NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*), zato je del podatkov javnosti nedostopen.

Zaradi naraščajočih potreb po večspektralnih podatkih je podjetje DigitalGlobe z izstrelitvijo satelita WorldView-1 razbremenilo večspektralni snemalni sistem satelita Quickbird, hkrati pa je s satelitom WorldView-2 na tem področju odprlo novo poglavje v opazovanju Zemlje iz vesolja. WorldView-2 je prvi visokoločljivi satelit z več kot štirimi »standardnimi« večspektralnimi kanali. Trem kanalom v vidni svetlobi in enemu v bližnji infrardeči so bili dodani še štirje: drugi kanal v bližnji infrardeči svetlobi, kanal na robu med rdečo in bližnjo infrardečo, rumeni kanal in kanal z valovno dolžino svetlobe, nekoliko krajšo od modre (tako imenovani obalni kanal). Večspektralni kanali zajemajo podatke s prostorsko ločljivostjo 1,84 m, pankromatski pa s 0,46 m v pasu, širokem 16,4 km. Zaradi ameriških zakonskih omejitev so uporabnikom posredovani podatki prevzorčeni na 2 m oziroma 0,5 m. Njihova radiometrična ločljivost je 11 bit. Satelit leti 770 km visoko, izstrelili so ga oktobra 2009. Visok je 4,3 m, širok 2,5 m brez sončnih panelov in 7,1 m z njimi ter tehta 2800 kg. Pri nagibu za 45° lahko isto območje posname skoraj vsak dan, pri nagibu 20° pa na štiri dni.



Slika 3: Del naselja Plešivica na Ljubljanskem barju, kot ga je 1. avgusta 2010 posnel satelit WorldView-2

3.1.5 GeoEye

Satelit GeoEye-1 (s starim imenom Orbview-5) pripada konstelaciji satelitov ameriškega podjetja GeoEye, katere del je tudi prvi komercialni visokoločljivi satelit Ikonos. GeoEye-1 je bil izstreljen septembra 2008 in leti 681 km visoko, v sončno sinhroni, skoraj polarni tirnici. Podatke zajema z radiometrično ločljivostjo 11 bit, v pasu širine 15,2 km. Trenutno je to satelit z najvišjo prostorsko ločljivostjo, saj v nadirju podatke zajema z ločljivostjo 0,41 m pankromatsko in 1,65 m večspektralno. Tudi ta satelit se ponaša z izjemno lokacijsko točnostjo, saj je mogoče posnetke brez učinkov reliefa in stranskega pogleda umestiti v prostor s 5 m položajno točnostjo, pri 90-odstotni zanesljivosti, brez uporabe kontrolnih točk in na približno petino piksla že z uporabo ene same kontrolne točke (Fraser in Ravanbakhsh, 2009). Detektorje lahko zasluče kar za 60°, s čimer izredno poveča sposobnosti ponovnega snemanja in velikost območja, ki ga lahko zajame v enem dnevu, vendar so pri tolikšnem nagibu zajete podobe uporabne le v redkih aplikacijah.

3.1.6 RapidEye

Pet enakih satelitov RapidEye (Tachys, Mati, Trochia, Choros, Choma), ki so v lasti nemškega podjetja z enakim imenom, je razmeščenih na enaki medsebojni razdalji v isti tirnici, 630 km visoko. Izstreljeni so bili avgusta 2008. Sateliti imajo maso 175 kg, nanje pa so nameščeni enaki in enako kalibrirani večspektralni detektorji s prostorsko ločljivostjo 6,5 m in radiometrično ločljivostjo 12 bitov. S primerjavo podob, zajetih nad kalibracijskimi območji, zagotavljajo, da je vsak kanal znotraj intervala odstopanja 2,5 odstotka od srednje vrednosti za celotno konstelacijo. Konstelacija omogoča snemanje vsakega dela Zemlje vsak dan. Skupaj lahko sateliti posnamejo kar štiri milijone km² dnevno. Oboje omogoča uporabo teh posnetkov na številnih področjih, kjer je nujno hitro in redno spremljanje, recimo v kmetijstvu. Lokacijska natančnost osnovnih izdelkov je 23,6 m, z 90-odstotno zanesljivostjo. Sateliti RapidEye običajno ne snemajo območij, kjer je kot Sonca manjši od 30° (deli poloble pozimi).

V goriščni ravnini instrumenta je pet ločenih detektorjev, en za vsak kanal. To pomeni, da je razlika v času zajema med kanali lahko tudi do tri sekunde za isto točko na tleh, pri čemer sta najbolj razmaknjena modri in rdeči kanal. Med obdelavo so kanali med seboj poravnani, grobo z uporabo modela reliefa na referenčni kanal (rob rdeče) in fino s samodejno korelacijo med kanali. Na terenu z nagibom, manjšim od 10°, je poravnava običajno boljša od 0,2 piksla. Na strmejšem terenu ali na območjih z malo raznolikosti (vodna telesa, večje snežene površine itn.) pa lahko ta prag tudi ni dosežen. Na podobah se to opazi kot rdeče-modre odseve okoli oblakov in obarvanih črt letalskih izpuhov, letal in premikajočih se vozil na tleh.

3.2 Radarski satelitski sistemi

3.2.1 Radarsat

Satelit Radarsat-1 je novembra 1995 izstrelila Kanadska vesoljska agencija. Leti v sončno sinhroni tirnici 798 km visoko. Opremljen je z umetno odprtinskim radarjem, ki deluje v pasu C pri eni sami frekvenci (5,3 GHz, valovna dolžina 5,6 cm). Kot gledanja zemeljskega površja lahko spreminja, in sicer od malo manj kot 20° do več kot 50°. Z različnimi žarki lahko naenkrat posname pas, širine 35–500 km, pri čemer je ločljivost 10–100 m. Skrbi za svetovno pokritost, ki jo na Arktiki doseže vsak dan, na ekvatorju pa z uporabo 500-kilometerskega pasu v šestih dneh. Njegova tirnica gre vsakih 24 dni natanko prek iste točke.

Radarsat-1 je močno prekoračil predvideno življenjsko dobo pet let, a še vedno normalno deluje. Posnetke, ki jih ustvarja, uporabljamo za opazovanje ledenikov, za spremljanje nesreč, v kmetijstvu in gozdarstvu, pri kartiranju arktičnih predelov in podobno (Oštir, 2006, 107–108).

Uspešno zajemanje podatkov nadaljuje satelit Radarsat-2, ki so ga izstrelili decembra 2007. Deluje pri različnih polarizacijah in lahko doseže ločljivost 3 m. Snemalno anteno lahko obrača tako na levo kot na desno stran glede na smer leta. Leti v isti tirnici kot Radarsat-1. Da bi se izognili motnjam zaradi povečane uporabe brezžičnih omrežij (WLAN), deluje pri nekoliko višji frekvenci (5,4 GHz, valovna dolžina 5,5 cm). Način snemanja lahko spremeni v manj kot sekundi, kar je bistveno bolje kot Radarsat-1, ki za to nalogo potrebuje kar 14 sekund.

3.2.2 Envisat

Envisat (Environmental Satellite) je naslednik satelitov ERS-1 in 2, marca 2002 ga je izstrelila Evropska vesoljska agencija. Satelit kroži v sončno sinhroni, skoraj polarni tirnici na višini 790 km s časom ponovnega obiska 35 dni. Je največji in s skupno težo več kot osem ton tudi eden najtežjih satelitov za opazovanje Zemlje, kar so jih kdajkoli zgradili. Satelit ima devet instrumentov, ki zbirajo podatke o kopnem, vodi, ledu in atmosferi.

Umetno odprtinski radar ASAR deluje v pasu C (frekvenca 5,3 GHz) in zagotavlja nadaljevanje snemanja sistemov ERS-1 in 2. Ima izboljšano velikost snemalnega območja, razpon kotov snemanja, polarizacijo in načine snemanja. Detektor ima v najnatančnejšem načinu delovanja prostorsko ločljivost 30 m, deluje pa lahko v petih različnih polarizacijskih načinih (Oštir, 2006, 106–107).

3.2.3 COSMO-SkyMed

COSMO-SkyMed (CONstellation of small Satellites for the Mediterranean basin Observation) je sistem štirih umetno odprtinskih radarskih satelitov za opazovanje Zemlje (COSMO 1-4), ki ga upravlja Italijanska vesoljska agencija ter je namenjen vojaški in civilni rabi. Prvi satelit je bil v 620 km visoko tirnico izstreljen junija 2007, četrti pa novembra 2010. Sateliti okoli Zemlje krožijo v enaki medsebojni razdalji (90°). Posamezen satelit isto točko na površju prečka na 16 dni in jo opazuje na tri dni, skupaj pa jo lahko opazujejo vsak dan ali celo večkrat na dan. Radarski sistem deluje v pasu X, s frekvenco 9,6 GHz in doseže najboljšo prostorsko ločljivost 1 m. Običajen kot gledanja je usmerjen v desno glede na smer leta, vendar lahko sateliti zasujejo anteno tudi v levo, če je to nujno pri kritičnih situacijah.

Sistem je radarska komponenta dvojnega sistema za opazovanje Zemlje ORFEO (*Optical and Radar Federated Earth Observation*) in zasnovan tako, da je združljiv z načrtovano francosko konstelacijo visokoločljivih optičnih satelitov Pleiades.

3.2.4 TerraSAR-X

TerraSAR-X in TanDEM-X sta nemška radarska satelita, izstreljena junija 2007 in junija 2010. Nameščen imata zmogljiv radarski sistem, ki snema v pasu X, pri frekvenci 9,7 GHz. Deluje v več načinih, z različnimi polarizacijami in z največjo ločljivostjo 1 m. Radarski snop je mogoče usmerjati izjemno hitro, prav tako je omogočen hiter preklop med načini snemanja. Polarizacijo in druge parametre radarja lahko menja med posameznimi pulzi.

TanDEM-X je bil zasnovan za izdelavo homogenega svetovnega modela višin s prostorsko ločljivostjo 12 m in višinsko natančnostjo, boljšo od 2 m. Nameščena ima dodaten pogonski sistem na potisni plin za natančno uravnavanje relativne lokacije pri tandemskem snemanju ter dodaten

sprejemnik za zbiranje informacij o lokaciji in hitrosti TerraSAR-X. V tandemskega načinu snemanja eden izmed satelitov odda radarski pulz, zaznata pa ga sprejemnika na obeh satelitih. V tako pridobljenih podatkih ni časovno pogojenih razlik lastnosti tal, zato je pridobljeni model višin lahko tako natančen.

Satelita letita v sončno sinhronih tirnicah na višini 514 km, s časom ponovnega obiska 11 dni. Tirnici sta nekoliko zamaknjeni in imata različno ekscentričnost in perigej. Ker se tirnici nikoli ne križata, lahko satelita po njima prosto premikajo brez potrebe po avtonomnem nadzoru. Razdalja med njima je lahko med 200 m in 10 km prečno na smer premikanja ter med 0 in več 100 km v smeri leta. Zaradi izjemne bližine leta na nekaterih mestih eden izmed satelitov ne sme oddajati radarskih žarkov, ker bi ti s tako majhne razdalje lahko poškodovali elektroniko na drugem satelitu.

4 FINANČNA PRIMERJAVA

Visokoločljivi sateliti so poskrbeli za spremembo paradigme pri naročanju satelitskih posnetkov. Omogočajo namreč izbiro posnetkov po površini (cena na kvadratni kilometer), pri čemer lahko uporabnik določi poligon, ki ga zanima. Srednjeločljivi satelitski sistemi praviloma omogočajo samo izbiro celotnega posnetka ali večjih zaključenih delov (polovica, četrtnina, osmina). Omenili smo že, da sistemi visoke ločljivosti površja ne opazujejo načrtno. Navadno snemajo samo po naročilu, v arhivu pa je mogoče dobiti tudi več »zanimivih« območij. Gre predvsem za vsa večja mesta oziroma gosteje poseljene dele, pa tudi območja naravnih nesreč in seveda vojna območja.

Cena posnetkov se zvišuje s krajšanjem časa, v katerem želimo posnetke pridobiti – bistveno dražje je že hitro posredovanje arhivskih posnetkov, še večji pribitek pa je pri naročanju novih snemanj. Za satelit Quickbird, na primer, je cena arhivskega posnetka pri običajnem posredovanju 12,5 EUR/km², pri hitrem 20 EUR/km², cena novega snemanja je 17 EUR/km², cena zagotovljene novega snemanja pa kar 61,5 EUR/km², pri čemer je pridobljeni posnetek lahko popolnoma oblačen (E-geos, 2010). Razpon cen visokoločljivih optičnih satelitskih sistemov za vse kanale arhivskega posnetka je med 7,5 in 23,5 EUR/km², razen za posnetke RapidEye in SPOT 5, ki so bistveno cenejši (1 oziroma 1,5 EUR/km²), vendar ponujajo tudi mnogo manj informacij.

Ponudniki programiranje satelita za hiter odziv zaračunavajo različno, nekateri zvišajo ceno na km² (na primer DigitalGlobe), drugi zaračunajo fiksni pribitek za vsako območje snemanja (2222 EUR pri podjetju GeoEye, 3900 EUR pri SPOT). Razpon cen za hitro kartiranje pri nakupu enega posnetka je med 24,5 in 61,5 EUR/km² ter 1,5 EUR/km² za RapidEye in 2,6 EUR/km² za SPOT. Navedene cene ne vključujejo dodatnih stroškov, kot so izvedba naročila, medij prenosa podatkov, poštnina in podobni ter ne upoštevajo omejitve najmanjšega mogočega naročila.

Cena posnetka je močno odvisna od spektralne in prostorske ločljivosti ter stopnje obdelave, ki jo opravi ponudnik. Naročiti je mogoče posebej pankromatski kanal in posebej večspektralne kanale ali vse kanale skupaj. Z nakupom celotnega posnetka, to je večspektralnih kanalov in pankromatskega kanala, ima uporabnik največjo možnost za analize in dodatne obdelave. Opravi lahko tudi tako imenovano združevanje ali izostritev večspektralnih pasov oziroma barvanje pankromatskih podatkov (*resolution merge* ali *pan sharpening*). Gre za metode, ki združijo pankromatsko podobo visoke prostorske in nizke spektralne ločljivosti z večspektralno podobo visoke spektralne in nizke prostorske ločljivosti (Švab, 2006). Omenjeni postopek lahko opravi tudi ponudnik podatkov, vendar pa v tem primeru uporabnik nanj nima vpliva. Najprimernejša izbira za nakup so pripravljene ortoposnetki, to je taki, ki vsebujejo vse parametre za ortorektifikacijo, niso pa še bili geometrično geometrijsko spremenjeni. Če je ponudnik posnetkov že opravil nekatere postopke izravnave, ortorektifikacija ni več mogoča. Razlika v ceni med običajnim posnetkom in natančno ortorektificiranim posnetkom, pri katerem uporabnik priskrbi kontrolne točke, je običajno 100-odstotna.

Pri naročanju novih snemanj imajo velik vpliv na ceno dodatne zahteve, na primer omejitve kota snemanja in najvišje dovoljene stopnje oblačnosti, ki ceno posnetka zvišajo do 50 odstotkov, vendar so v veliko primerih nujne. Licenca za kupljene posnetke običajno velja za do pet skupin uporabnikov.

Tudi pri radarskih posnetkih je cena zelo odvisna od podobnih dejavnikov, predvsem pa od ločljivosti sistema, načina snemanja in števila različnih polarizacij, če jih sistem seveda omogoča. Razpon cen je med 600 EUR na posnetek s srednjo ločljivostjo (Envisat ASAR) in 9450 EUR na posnetek z ločljivostjo 1 m (COSMO-SkyMed).

Programiranje satelita Radarsat-2 za kritične situacije (snemanje ob naslednjem preletu satelita) stane 2540 EUR na posnetek, pri COSMO-SkyMed je pribitek 50 odstotkov, pri TerraSAR-X pa 100 odstotkov. Bistveno cenejši je ENVISAT, pri katerem celoten posnetek ob naročenem snemanju stane 1600 EUR, seveda pa je ločljivost rezultata mnogo nižja.

5 OPREMA ZA OBDELAVO POSNETKOV

Zaradi hitrega razvoja računalniške strojne opreme je za običajno obdelavo satelitskih posnetkov dovolj dober že skorajda vsak novejši računalnik. Hranjenje, obdelava in prikazovanje visokoločljivih daljinsko zaznanih podob pa vseeno zahtevajo nekoliko zmogljivejšo opremo, saj se količina podatkov meri v gigabajtih za en sam posnetek. Obdelava podob lahko vsebuje nekatere zahtevnejše postopke in računske operacije, zato je priporočljiva večja količina pomnilnika in večja zmogljivost trdega diska, potrebna je tudi enota za varnostne kopije. Zahteve programske opreme se večinoma gibljejo pri najmanjši količini pomnilnika približno 1 GB, priporočljiva količina pa je vsaj 2 GB ali še bolje več. Zaradi lažjega dela je priporočljiv velik zaslon, z diagonalo vsaj 20 palcev, večina programske opreme podpira dva ali več zaslonov ter posebne naprave za stereo gledanje.

Za uporabo podob, zajetih s sateliti, uporabnik potrebuje le osnovno orodje GIS. Zadošča kateri koli izdelek priljubljene in razširjene ESRI-skupine ArcGIS. Za pregledovanje je dovolj ArcReader, za osnovne analize in boljši nadzor pa ArcView, omeniti pa velja prenosnim napravam prilagojeni ArcPad. Poleg tega so primerna tudi druga orodja, recimo Autodesk MapGuide, GRASS, Idrisi, Global Mapper, SAGA, gvSIG ali MapInfo Professional. Nekoliko večje pa so zahteve pri pripravi in obdelavi podatkov. Splošni programi GIS sicer vsebujejo osnovne operacije za obdelavo posnetkov, vendar so te navadno premalo zmogljive, veliko orodij pa je posebej namenjenih vektorski obdelavi. Potrebna je torej oprema za obdelavo geografskih podob ali tako imenovani sistem GIP (geographical image processing). Med bolj razširjenimi programskimi paketi, ki omogočajo pripravo posnetkov, so Erdas Imagine, PCI Geomatica in ENVI.

Družina programov *Erdas Imagine* (Leica Geosystems) ponuja cel spekter orodij za učinkovito obdelavo in prikazovanje daljinsko zaznanih podob. Uporabniku jih proizvajalec ponuja v modulih, od osnovnega z najmanj možnostmi do naprednejših ozko specializiranih modulov, ki zadovoljijo tudi najzahtevnejše uporabnike na akademski ravni. Uporabniški vmesnik je preprost in ponuja tako ročno nastavljanje parametrov kot tudi uporabo čarovnikov. Posebnost je uporabniški grafični vmesnik za prostorsko modeliranje, v katerem lahko uporabnik izdela kompleksen potek dela. Njegova struktura služi kot dokumentacijski sistem dela, ki prikazuje, kateri procesi so bili uporabljeni, in kot orodje za večkratno izvajanje kompleksnih procesov. Dobra stran takšnega vmesnika je, da si lahko v njem ogledamo vse procese, ki jih program izvaja. Imagine prav tako ponuja orodje za serijsko izvajanje operacij (batch command), s katerim lahko operacije nanizamo za poznejše izvajanje. Pozitivna stran programa je njegova povezanost s standardnim formatom TIFF in podatkovno strukturo ESRI/ARC/INFO, saj omogoča izvajanje večine operacij neposredno iz omenjenih formatov oziroma v njiju.

Leica Photogrammetry Suite, fotogrametrična nadgradnja Imagine, združuje aplikacije, ki so bile prej tržene pod različnimi imeni. Praktičen in učinkovit uporabniški vmesnik je pripraven tako za izkušene fotogrametre kot tudi za začetnike z malo fotogrametričnega znanja. Najboljše strani orodja so podpora različnim detektorjem, intuitivno urejanje modela reliefa v realnem času, samodejno iskanje veznih točk ter izdelava modela reliefa in ortorektificiranih posnetkov. Omogoča dobro organizirano sočasno obdelavo velikega števila posnetkov. Začetniki lahko izberejo le nekaj predpostavljenih opcij, medtem ko je naprednejšim uporabnikom na voljo obilica nastavitev, ki omogočajo izbiro optimalnih parametrov za doseganje kakovostnih rezultatov.

Tudi *Geomatica* (PCI Geomatics) je sestavljena modularno z možnostjo dokupovanja posameznih specializiranih vsebin. Združuje več nekdanj ločenih programov, kar se deloma pozna še v najnovejši verziji in lahko pri določenih opravilih uporabnika nekoliko zmede. Močnejša stran programa je podpora delu s številnimi podatkovnimi formati. Modul OrthoEngine je fotogrametrično orodje, ki omogoča geometrične popravke, mozaičenje, obdelavo stereoposnetkov, samodejno izdelavo modelov reliefa, pregledovanje v trirazsežnem načinu in podobno.

ENVI (ITT Visual Information Solutions) je strnjen paket z na splošno zelo dobrimi sposobnostmi obdelave podob. Prevladuje na področju obdelave hiperspektralnih posnetkov. Program je nadgradnja programskega jezika IDL, kar omogoča izredno preprosto programiranje in izdelavo novih orodij. ENVI predstavlja sklenjeno celoto, ki v osnovni izvedbi nudi precej več orodij kot začetne različice Imagina ali Geomatice v njenih osnovnih izvedbah. Program se odlikuje tudi po intuitivnem uporabniškem vmesniku in sorazmerni preprostosti učenja.

Dokumentacija je kritični vidik uporabnosti katerega koli programskega izdelka. Dobra navodila za uporabo in sprotna pomoč izboljšajo produktivnost z zmanjšanjem časa, porabljenega za napačne procese, ter z omogočanjem hitrega dostopa do informacij, ki jih potrebujemo, da končamo delo. Uporabniki se pogosto pritožujejo, da izdelek »nečesa ne zmore«, v resnici pa proces ni dobro dokumentiran. Ponudniki opisanih programskih paketov se tega zavedajo, saj je vsem priložena obsežna in uporabna dokumentacija v elektronski obliki, ki obsega nekaj tisoč strani navodil.

Izdelava ortopodob postaja bolj in bolj običajno opravilo v postopkih obdelave podob. Orodja za ortorektifikacijo so vključena v tri opisane pakete. ENVI ponuja osnovne funkcije izdelave ortopodob v standardnem paketu, medtem ko jih PCI Geomatica in Erdas Imagine ponujata z dodatnimi moduli ter s tem povezanim zvišanjem cene. Seveda pa dobimo naprednejše možnosti z bolj prilagodljivimi, hitrejšimi in učinkovitejšimi postopki dela, ki dajo natančnejše rezultate.

5.1 Notranje in zunanje izvajanje

Uporaba satelitskih posnetkov za natančno kartiranje, kot že omenjeno, zahteva namensko programsko opremo ter osnovno poznavanje geografskih informacijskih sistemov in daljinskega zaznavanja. Cena satelitskih posnetkov je v primerjavi z drugimi tehnikami pridobivanja podatkov (geodetski terenski zajem, nekoliko tudi letalska fotografija) nizka, pogosto celo zanemarljiva. Pomemben strošek uporabe tehnologije daljinskega zaznavanja pa sta obdelava in priprava podatkov.

Glede na končnega uporabnika (organizacijo, ustanovo) lahko obdelava satelitskih posnetkov poteka v obliki:

- notranje obdelave (*insourcing*, operacije izvede organizacija sama) ali
- zunanje obdelave (*outsourcing*, gre za izvajanje zunaj organizacije).

Oba načina imata prednosti in pomanjkljivosti, izbira enega ali drugega pa je odvisna od predvidene intenzivnosti dela. Pri notranjem izvajanju je potreben na začetku sorazmerno visok vložek v nakup ustrezne opreme (predvsem programske), poleg tega je treba usposobiti enega ali več operaterjev, ki lahko posnetke izberejo, naročijo, obdelajo in analizirajo. Pri zunanjem izvajanju začetne investicije odpadejo, se pa nekoliko povečajo stroški zaradi obdelave.

Pri tem velja poudariti, da ortorektifikacije ne kaže zaupati (tujim) ponudnikom posnetkov, saj je to (pretirano) drago, zahteva veliko truda pri pripravi ustreznih podatkov (predvsem kontrolnih točk in reliefa), hkrati pa ne daje najboljših rezultatov. Tako izbiro in naročilo kot tudi ortorektifikacijo je najbolje reševati z zunanjim izvajalcem, ki tesno sodeluje s končnim uporabnikom. Ta tako lahko vpliva na postopek, ga spremlja in s tem dobi najboljše rezultate. Notranje izvajanje je najbolj smiselno na stopnji interpretacije in uporabe. Pri nekaterih obdelavah lahko z ekspertnimi znanji sodelujejo tudi zunanje organizacije.

Za obdelavo satelitskih posnetkov je torej najboljša kombinacija zunanjega in notranjega izvajanja. Dokler je tehnologija daljinskega zaznavanja na stopnji uvajanja, je zunanje izvajanje veliko več (oziroma je povsem prevladujoče), sčasoma pa se razmerje prevesi proti notranjemu. Pri intenzivni uporabi satelitskih posnetkov se investicija v opremo in izobraževanje hitro povrne. Ponudniki opreme se takšnega načina uvajanja tehnologije zavedajo, saj programe prodajajo modularno, kar omogoča začetke z osnovnimi orodji (pri izdelkih Leica gre za ERDAS Imagine Essentials) in nadaljevanje prek zahtevnejših (Imagine Advantage in Professional) do najzahtevnejših orodij za ortorektifikacijo in izdelavo modelov reliefa (Leica Photogrammetry Suite).

6 SKLEP

Tehnologija daljinskega zaznavanja postaja nepogrešljiv vir podatkov za hitro in natančno kartiranje. V zadnjem času se je ločljivost posnetkov, zajetih s sateliti, povečala in dosega ločljivost letalskih posnetkov, poleg tega pa ima številne prednosti, predvsem veliko število sistemov v zemeljskih tirnicah in različne spektralne karakteristike. Z različnimi sistemi lahko zajemamo pan-kromatske, večspektralne, hiperspektralne in radarske posnetke. Številni sateliti zajemajo podatke bolj ali manj načrtno; na voljo je tudi obsežen arhiv podatkov. Kljub temu pa optimalne rezultate dobimo s kombinacijo tako satelitskih kot letalskih podatkov in povezavo daljinskega zaznavanja v geografski informacijski sistem.

Pri hitrem kartiranju s satelitskimi posnetki je izredno pomembna zasnova samodejne verige obdelave od surovega posnetka do ustrezne karte (v nekaj urah). Bistvena je tudi natančna geometrična korekcija, to je ortorektifikacija, ki je pogoj za vključitev podatkov in rezultatov obdelave v GIS. Natančna poravnava omogoča tudi časovne primerjave in s tem zaznavanje sprememb oziroma opazovanje dinamike dogodkov. Postopek hitrega kartiranja je ob manjšem številu posnetkov sicer mogoče opraviti ročno, kar je razmeroma počasno, ob veliki količini podatkov pa nemogoče. Vendar pa popolnoma samodejni postopek v tem trenutku še ni izvedljiv.

Bistvenega pomena za uspešno izvedbo hitrega kartiranja je organizacija dela, saj je v postopek vključenih več akterjev. Gre za organizacije, ki napovedujejo nesreče (ARSO), tiste, ki se ukvarjajo z reševanjem in odpravljanjem posledic (URSZR, Slovenska vojska), ter tiste, ki lahko zagotavljajo snemanje in obdelavo podatkov. Z njihovim sodelovanjem in ob predpostavki ustreznih protokolov za delovanje ter opredeljenih izdelkih za posamezne uporabnike lahko hitro kartiranje postane še učinkovitejše.

7 LITERATURA

- Allenbach, B., Andreoli, R., Battiston, S., Bestault, C., Clandillon, S., Fellah, K., Henry, J. B., Meyer, C., Scius, H., Tholey, N., Yésou, H., de Fraipont, P., 2005. Rapid EO disaster mapping service: added value, feedback and perspectives after 4 years of charter actions. V *IGARSS'05 Proceedings*, str. 4373–4378.
- Buehler, Y., Kellenberger, T., Small, D., Itten, K., 2005. Rapid mapping with remote sensing data during flooding 2005 in Switzerland by object based methods – a case study. V J. Martin-Duque et al. ur. *Geo-Environment and Landscape Evolution II*. Southampton: WIT Press, str. 391–400.
- Cracknell, A. P., Newcombe, S. K., Black, A. F., Kirby, N. E., 2001. The ABDMAP (Algal Bloom Detection, Monitoring and Prediction) Concerted Action. *International Journal of Remote Sensing*, 22, str. 205–247.
- Dixon, T. H., 1995. *SAR Interferometry and Surface Change Detection*. RSMAS Technical Report TR 95-003. Miami: University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science.
- e-GEOS, 2010. Pricelist. Rim: e-GEOS S.p.A. <http://www.e-geos.it/products/pdf/prices.pdf>, 10. 2. 2011.
- Fraser, C. S., Ravanbakhsh M., 2009. Georeferencing accuracy of GeoEye-1 Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 75–6, str. 634–638.
- Gens, R., Van Genderen, J. L., 1996. SAR interferometry – issues, techniques, applications. *International Journal of Remote Sensing*, 17, str. 1803–1835.
- Guo, Z., Hu, G., Qian, S., 2001. Spatial detection technology applied on earthquake's independent forecast. 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5–10 November (Singapore: Asian Association on Remote Sensing), str. 295–299.
- Oštir, K., Veljanovski T., Podobnikar T., Stančič, Z., 2003. Application of satellite remote sensing in natural hazard management: the Mount Mangart landslide case study. *International Journal of Remote Sensing*. 24–20, str. 3983–4002.
- Oštir, K., 2004. Lastnosti in uporaba visoko ločljivih satelitskih posnetkov QuickBird. V T. Podobnikar et al. ur. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004*. Ljubljana, Založba ZRC, str. 349–356.
- Oštir, K., 2006. *Daljinsko zaznavanje*. Ljubljana: Založba ZRC.
- Sabins, F. F., 1997. *Remote Sensing: Principles and interpretation*. New York: Freeman.
- Sandau, R., Briess, K., D'Errico, M., 2010. Small satellites for global coverage: Potential and limits. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65, str. 492–504.
- SPOT 5, 2005. <http://spot5.cnes.fr/gb/index3.htm>, 21. 2. 2011.
- SPOT image, 2005a. <http://www.spotimage.fr/>, 10. 2. 2011.
- SPOT image, 2005b. SPOT DEM product description. http://www.spotimage.fr/automne_modules_files/standard/public/p807_fileLINKEDFILE_SPOT_DEM_Product_Description_v1-2.pdf, 11. 2. 2011.
- Švab, A., Oštir, K., 2006. High-resolution image fusion: methods to preserve spectral and spatial resolution. *Photogrammetrical engineering and remote sensing* 72–5, str. 565–572.
- Triglav, M., 2002. Novi komercialni visokoresolucijski satelitski sistemi. *Geodetski vestnik* 46–3, str. 228–234.
- Voigt, S., Kemper, T., Riedlinger, T., Kiefl, R., Scholte, K., Mehl, H., 2007. Satellite image analysis for disaster and crisis-management support. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 45–6, str. 1520–1528.
- Voigt, S., Riedlinger, T., Reinartz, P., Künzer, C., Kiefl, R., Kemper, T., Mehl, H., 2005. Experience and perspective of providing satellite based crisis information, emergency mapping and disaster monitoring information to decision makers and relief workers. V P. van Oosterom et al. ur. *Geoinformation for disaster management*. Berlin: Springer, str. 519–531.

O AVTORJIH

Dr. Žiga Kokalj je diplomirani geograf in doktor znanosti iz daljinskega zaznavanja. Področje njegovega strokovnega delovanja obsega optično daljinsko zaznavanje, obdelavo in prikazovanje podatkov zračnega laserskega skeniranja, tematsko in zgodovinsko kartografijo, hitro kartiranje, prostorske analize in modeliranje naravnih procesov, predvsem z vidika vpliva človekovega delovanja na okolje. Posebno ga zanima varovanje zaščitениh območij.

Dr. Krištof Oštir je diplomiral iz fizike in doktoriral iz daljinskega zaznavanja. Glavno področje njegovega dela je optično in radarsko daljinsko zaznavanje. Opravljal je študije površja z radarsko interferometrijo, se ukvarjal z izdelavo digitalnih modelov višin, rabo in pokrovnostjo tal, poobdelavo in mehko klasifikacijo. Tehnike daljinskega zaznavanja je uporabil pri opazovanju naravnih nesreč, zaznavanju sprememb, analizi arheoloških najdišč ter zaznavanju in modeliranju paleo okolja in reliefa.

Oba sta zaposlena v Znanstvenoraziskovalnem centru SAZU in v Centru odličnosti Vesolje-SI. Krištof Oštir je tudi izredni profesor na Univerzi v Ljubljani.

ABOUT THE AUTHORS

Žiga Kokalj, PhD, graduated in geography and obtained his PhD degree in remote sensing. His research interests lie in optical remote sensing, the processing and display of air laser scanning data, thematic and historic cartography, rapid mapping, spatial analyses and natural processes modelling, especially from the viewpoint of how different human activities impact the environment. He is particularly interested in the management of protected areas.

Krištof Oštir, PhD, graduated in physics and received his PhD degree in remote sensing. His main research fields are optical and radar remote sensing. In particular, he has performed research in radar interferometry, digital elevation production, land use and land cover classification, postprocessing and fuzzy classification. The applications of remote sensing range from hazard monitoring change detection, archaeological site analysis to paleo-environment and paleo-relief modelling.

Both authors are employed at the Scientific and Research Centre at the Slovenian Academy of Sciences and Arts and the Centre of Excellence SPACE-SI. Krištof Oštir is also an associate professor at the University of Ljubljana.

Normativni dokumenti NATA z geoprostorskega področja, vzpostavitev in zagotavljanje povezljivosti NATO Normative Geospatial Documents – Ensurance and Provision of Interoperability

Boris Kovič

Povzetek Geodetska dejavnost in izdelovanje kart sta na civilnem področju v evro-atlantskih državah urejena različno, uporabljajo se različni koordinatni sistemi in elipsoidi, pri kartiranju se uporabljajo različne projekcije. Zveza Nato, skupnost 28 držav, mora v geoprostorski podpori delovati na enotnih podlagah. Zagotavljanje povezljivosti med članicami je proces, ki nenehno poteka in je bistven za učinkovito delovanje Natovih sil, kar hkrati pomeni tudi zagotovitev večje varnosti. Povezljivost se zagotavlja z upoštevanjem standardov STANAG. Poleg standardov je na geoprostorskem področju sprejetih tudi nekaj normativnih dokumentov, med katerimi je najpomembnejša Natova geoprostorska politika z oznako MC 296. Razvoj standardov in normativnih dokumentov je na geoprostorskem področju predmet nenehnih sprememb, med drugim tudi zaradi napredka razvoja informacijske tehnologije. Slovenija spremlja in se vključuje v pripravo Natovih dokumentov z geoprostorskega področja, sprejete dokumente in standarde pa uresničuje skladno z zmožnostmi. Zagotavlja udeležbo na najpomembnejših Natovih dogodkih, vključuje se v delovne skupine in druge dejavnosti z geoprostorskega področja ter nadaljuje pripravo in sklepanje sporazumov na vojaškem geoprostorskem področju z državami zavezništva.

Ključne besede Nato, normativni dokumenti, standardi, geoprostorska politika Nata, mednarodno sodelovanje.

Abstract The civil sphere of geodesy and map making in the Euro-Atlantic community are using various coordinate systems, ellipsoids and cartographic projections. NATO, an alliance of 28 nations, must act on uniform bases in providing military geospatial support. The ensurance of interoperability among NATO nations is

a never-ending process, and is a key enabler for efficient operation of NATO forces, which at the same time means ensuring higher level of security. Interoperability is provided by employing STANAG standards. In addition to the STANAGs, there are a number of normative geospatial documents issued by NATO, including the NATO Geospatial Policy MC 296, which is the most important one. NATO geospatial standards and normative documents are subject to incessant changes, among others, due to the progress of information technology. Slovenia follows and is actively included in the processes of preparing geospatial documents, which are implemented in accordance with its abilities. Slovenia participates in major NATO geospatial events, working groups and other activities in the geospatial area and continues to prepare and conclude bilateral agreements related to the geospatial field with alliance members.

Key words NATO, normative documents, standards, NATO Geospatial Policy, international cooperation.

1 UVOD

Vključitev Slovenije v program Partnerstva za mir (PzM) leta 1994 in odločitev o približevanju Nato sta med drugim zahtevali postopno prilagoditev tedanjega vojaškega kartografsko-topografskega sistema standardom, ki veljajo v Nato. To je bila zahtevna naloga, saj so bile državne kartografske podlage, tako projekcija kot tudi koordinatni sistem, z Natom nepovezljive. Ministrstvo za obrambo (MO) se je takoj vključilo v pridobitev normativov in standardov s tega področja. Temeljni Natov dokument z geoprostorskega področja je bila v tistem času Natova Geografska politika s spremembami, ki jo je izdalo Vrhovno poveljstvo zavezniških sil v Evropi – SHAPE¹. Dokument je bil precej obsežen, njegova zasnova pa ni bila le strateška, temveč je politika podrobno opredeljevala tudi odgovornosti in naloge na operativni ravni za poveljstva Nata ter posamezne države članice. Določala je postopke poročanja, vsebovala je slovar izrazov, kratic in okrajšav z vojaškega geografskega področja. Poleg navedene politike so bili zelo pomembni za vzpostavitev poveztivosti na tem področju standardizacijski dokumenti Nata – STANAG-i². Redna udeležba na Natovih geoprostorskih konferencah in vključitev v Natovo skupino za standardizacijo geoprostorskih podatkov Nata – IGEOWG³ sta bila pomembna za pridobitev potrebnega normativnega gradiva ter standardov in izkušenj držav zaveznic, na podlagi katerih je leta 1998 izdelana prva, z Natom v vseh vidikih poveztljiva vojaška topografska karta Republike Slovenije v merilu 1 : 50.000. Ključna poveztljivost je bila kljub zahtevnosti naloge na kartografskem področju dosežena že več kot šest let pred vstopom v zvezo Nato.

¹ Supreme Headquarters Allied Powers Europe.

² STANAG je kratica za Standardization Agreement. STANAG-i so normativni dokumenti Nata, ki določajo enotne procese, izraze, postopke in načine delovanja, ki jih uporablja skupina ali vse Natove članice. Ko neka država sprejme zavezniško publikacijo Nata, ki jo je izdala agencija za standardizacijo, to velja kot sporazum o standardizaciji.

³ Interservice Geospatial Working Group.

2 DOKUMENTI NATA NA GEOPROSTORSKEM PODROČJU

V nadaljevanju so opisani najpomembnejši normativni dokumenti in predlogi dokumentov z geoprostorskega področja v Natu. Razdelimo jih lahko na:

- strateške dokumente:
 - Geografska politika Nata (NATO Geographic Policy),
 - Geoprostorska politika MC 296 (NATO Geospatial Policy MC 296),
 - Natova politika slikovnih podatkov (predlog) (NATO Imagery Policy, Draft),
 - Natova geoprostorska vizija (predlog) (NATO Geospatial Vision, Draft);
- operativne dokumente:
 - Direktiva o geoprostorskih informacijah in podpori Natu (Bi-Sc Directive 65-8 Geospatial Information and Support to NATO),
 - Direktiva o navajanju lokacij v Natu (Bi-Sc Directive 80-4 Position Referencing in NATO),
 - Koncept države nosilke geoprostorske podpore Natovim odzivnim silam (Geospatial Supporting Nation Concept for NATO Response Force Deployments – MC 0545);
- standardizacijske dogovore (STANAG).

2.1 Natova geografska politika

Natova geografska politika (Nato Geographic Policy) je bila formulirana v obdobju od leta 1992 do 1995. Leta 1996 jo je sprejel SHAPE in potrdile so jo vse tedanje Natove članice. Geografska politika je bila dolgo časa Natov temeljni strateški in tudi operativni dokument na področju vojaške kartografije, geografije in geodezije. Politika je bila skozi čas nenehno v reviziji in je v svojem razvoju doživela devet sprememb (zadnja, 9. izdaja je bila ratificirana 1. oktobra 2003). Dokument je v posameznih delih kljub revizijam sčasoma postajal vedno bolj zastarel, saj ni naravnani k dejanskim potrebam po podatkih in informacijah. Politiko so od leta 2003 do danes počasi nadomestili drugi, v nadaljevanju opisani geoprostorski dokumenti, čeprav njena veljavnost do danes ni bila uradno preklicana. Nekateri elementi te politike, na primer odgovornost za izdelavo kartografskih gradiv, do danes niso bili nadomeščeni z drugimi dokumenti in jih države še vedno upoštevajo.

2.2 Natova geoprostorska politika

Natova geoprostorska politika (Nato Geospatial Policy MC 296) je temeljni in trenutno najpomembnejši veljavni krovni akt z geoprostorskega področja v Natu. Natova geoprostorska politika ne nadomešča Natove geografske politike, spremembe št. 9, kot celote, temveč vključuje le njen strateški del in ga aktualizira. Pripravo in sprejetje geoprostorske politike je zahtevala sprememba delovanja Nata v obdobju spremenjenih mednarodnih varnostnih okoliščin. Območje delovanja je postalo globalno. Geoprostorske zahteve so postale vodilo za generiranje geoprostorskih podatkov in izdelavo kartografskega gradiva. Slednje se ne izdeluje več »na zalogo« in sistematično za obsežna območja, temveč selektivno za posamezna Natova interesna območja ali območja mednarodnih operacij in misij.

Prvo različico politike (MC 296-1) je sprejel vojaški komite Nata 3. februarja 2006, zaradi njene precej splošne oblike pa so jo hitro potrdile vse članice Nata. Dokument je po strukturi in vsebinsko podoben Natovi geografski politiki, vendar ne vključuje njenega operativnega dela. Opredeljuje naloge geoprostorskih služb, torej zagotovitev učinkovite geoprostorske podpore kopenskimi, letalskimi in pomorskimi enotam zveze Nato, ter definira procese za zagotovitev take podpore. Politika v nadaljevanju določa naloge in odgovornosti Natovih poveljstev ter članic na geoprostorskem področju. Natova regionalna poveljstva so pristojna predvsem za usklajevanje geoprostorskih zadev in podporo mednarodnim operacijam in misijam.

Geoprostorska politika določa temeljna merila za kartiranje in vzdrževanje geoprostorskih podatkov, ki so razdeljena na tri ravni, kot je razvidno iz preglednice 1.

Preglednica 1: Ravni vzdrževanja geoprostorskih podatkov

RAVEN	Digitalne geoprostorske informacije	Kopenske karte	Letalske karte	Pomorske karte
Strateška	Raven 0 1 : 1.000.000	1 : 1.000.000 1 : 500.000	1 : 5.000.000 1 : 2.000.000 1 : 1.000.000	1 : 1.000.000
Operativna	Raven 1 1 : 250.000	1 : 250.000	1 : 500.000 1 : 250.000	1 : 1.000.000 do 1 : 150.000
Taktična	Raven 2 1 : 50.000	1 : 50.000 in načrti mest	1 : 50.000	večja kot 1 : 150.000

Dopuščena je možnost uporabe tudi drugih meril, če je to v interesu obrambnih sil posameznih držav članic.

Natove članice so po tem dokumentu odgovorne za pripravo in vzdrževanje geoprostorskih informacij⁴ za svoje ozemlje, vključno z območjem svojih obalnih voda ter za ozemlja zunaj območja članic zaveznitva, za katera so prevzela odgovornost za kartiranje. Slovenija skladno s tem kartira in vzdržuje geoprostorske podatke za svoje ozemlje, in sicer za obvezni osnovni merili, ki sta 1 : 50.000 in 1 : 250.000. Posamezne države imajo hkrati pravico do omejitve dostopa do geoprostorskih informacij in izdelkov z dodelitvijo stopnje tajnosti. Kljub navedenemu je priporočilo politike, da se zaradi uporabe v Natu stopnja omejitve dostopa (tajnosti) takim dokumentom zadrži na minimalni še sprejemljivi ravni. Članice naj ne bi določale omejitev za merila 1 : 250.000 in manjša. Države članice morajo o stanju in razpoložljivosti podatkov letno poročati Natu.

Politika pripisuje ključni pomen usklajenemu delovanju in medsebojni povezljivosti vseh članic pri izdelavi kartografskega gradiva ter podpora Natovim zahtevam z geoprostorskimi informacijami. Kot pomembno navaja zaščito geoprostorskih informacij in njihovega avtorstva ter omejitev, ki izhajajo iz tega. Politika opredeljuje tudi obvezno uporabo najnovejših, najboljših razpoložljivih geoprostorskih podatkov. Politika državam priporoča sklepanje dvostranskih sporazumov na geoprostorskem področju, predvsem z državami, ki so navadno nosilke geoprostorske podpore⁵ (na primer ZDA,

⁴ Geoprostorska informacija se nanaša na opis dejstev o površini Zemlje, ima dodeljeno geografsko lokacijo in je urejena v koherentni strukturi. Je v obliki topografskih, letalskih, hidrogrfskih, slikovnih, planimetričnih, tematskih, geodetskih in geofizikalnih izdelkov, podatkov, informacij, publikacij in gradiv (povzeto po MC 296).

⁵ Pri izvedbi vojaške operacije lahko Nato določi državo ali več držav, ki usklajujejo geoprostorsko podporo. Druge države, ki sodelujejo pri izvedbi operacije, imenujejo se sodelujoče države, morajo državi nosilki geoprostorske podpore čim bolj pomagati in jo podpirati. Država nosilka geoprostorske podpore je navadno določena tudi ob vsaki rotaciji Natovih odzivnih sil. Navadno so to večje članice Nata.

Velika Britanija, Nemčija, Španija, Francija in Italija), ter upoštevanje načela uravnotežene izmenjave gradiva.

Politika določa naloge in pristojnosti Zavezniškega poveljstva za preoblikovanje – ACT⁶, Združenega poveljstva za operacije – ACO⁷, Združenega poveljstva sil – JFC⁸ in SHAPE na geoprostorskem področju. ACT je odgovoren za razvoj dolgoročnih konceptov, strategij, politik, razvoja in raziskav na geoprostorskem področju. ACO je odgovoren za geoprostorsko podporo operativnemu načrtovanju in izvedbo operacij ter vaj. SHAPE vzdržuje matriko potreb Nata po geoprostorskih informacijah ter pregled metapodatkov za razpoložljivo geoprostorsko gradivo držav članic. Je kontaktna točka za potrebe članic po geoprostorskem gradivu v podporo Natovim operacijam in misijam ter usklajuje pripravo geoprostorskega gradiva za te potrebe. JFC na taktični in operativni ravni določi zahteve po geoprostorskih informacijah.

Države morajo zagotavljati udeležbo svojih predstavnikov na Natovih konferencah, v delovnih skupinah in drugih delovnih telesih Nata z geoprostorskega področja. Dokument definira Natovo geoprostorsko konferenco – NGC⁹ kot najvišje delovno telo v Natu na geoprostorskem področju, ki samostojno sprejema odločitve s svojega področja. Opredeljuje tudi delovna telesa, ki skrbijo za razvoj standardov na geoprostorskem področju, tako civilna kot Natova.

Politika spodbuja Natove članice k tesnemu sodelovanju z državami PzM. Ima anekse A, B in C, v katerih so prikazani struktura delovnih teles, odnosov med njimi, pravila za delovanje¹⁰ za NGC, nacionalni zadržki ter kontaktne točke v posameznih državah.

Med letoma 2006 in 2010 so članice predlagale številne dopolnitve in pripombe na politiko ter njeno prestrukturiranje. MC 296-1 ima kar nekaj pomanjkljivosti: premalo jase je status tako hidrografskih in letalskih podatkov kot tudi slikovnih (satelitskih) podatkov, proces zahtev po podatkih je nedefiniran, vloge delovnih skupin so slabo opredeljene in ne v celoti zajete (Fitzgerald, 2008). Obstaja verjetnost, da bodo v politiko vključene tudi vsebine koncepta države nosilke geoprostorske podpore Natovim odzivnim silam (Davies, 2009). V pripravi je nov predlog politike z oznako MC 296-2, ki je vsebinsko drugače zasnovana in aktualizirana. V predlogu so upoštevani tudi pripombe in predlogi, ki jih je posredovala Slovenija. Nanašajo se na sodelovanje s civilnimi institucijami in povezavami, kot je EU, upoštevanje direktive INSPIRE¹¹ ter potrebo po oblikovanju pregledne sheme geoprostorskih organov. Na predlog Slovenije so bila vanjo ponovno vključena obvezujoča merila za kartografske izdelke.

V predlogu so poudarjena temeljna načela politike, ki so:

- povegljivost (interoperabilnost),
- porazdelitev bremena pri zagotavljanju geoprostorskega gradiva,
- upravljanje podatkov.

Nekatere vsebine, ki so predlagane v predlogu nove različice politike in so opisane v nadaljevanju, se že izvajajo.

⁶ Allied Command Transformation.

⁷ Allied Command Operations.

⁸ Joint Force Command.

⁹ NATO Geospatial Conference.

¹⁰ V pravilih (poslovnih) za delovanje (Terms of Reference – TOR) imajo Natove delovne skupine zapisana področja delovanja, sestavo delovne skupine, naloge, postopke, terminologijo, odgovornosti itn.

¹¹ INSPIRE je direktiva evropskega parlamenta in sveta o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti, sprejeta 14. marca 2007.

Načelo povezljivosti ne pomeni le uporabe standardiziranih geoprostorskih podatkov, temveč tudi designiranih (predpisanih, vnaprej določenih) za neko območje delovanja skladno z namenom uporabe v določenem merilu. Načelo uporabe enotnih kart in podatkov na bojišču (tako imenovani *fighting of the same map*) v praksi pomeni, da pristojno Natovo poveljstvo za neko območje določi in predpiše kartografsko gradivo (tako topografske karte kot tudi pomorske in letalske), ki je obvezno za uporabo na tem območju, cilj pa je zmanjšanje možnosti napak in nesporazumov. Predlog politike opredeljuje distribucijske kanale, ki morajo biti učinkoviti in minimalizirani, ter pri tem spodbuja uporabo informacijskih omrežnih povezav.

Načelo povezljivosti naj bo zagotovljeno tudi z uporabo brezšivnih (angl. *seamless*) geoprostorskih podatkov, tako vektorskih kot rastrskih. Države članice so odgovorne za medsebojno usklajevanje glede izdelave kartografskih gradiv in podatkov, izdelavo kartografskega gradiva za mednarodne operacije in misije pa usklajujeta SHAPE in JFC.

Priprava geoprostorskega gradiva in pridobivanje podatkov o prostoru sta v predlogu politike usmerjena v dejanske potrebe, ki jih ugotavljajo delovne skupine v Natu, in ne v izdelavo kart »na zalogo« za globalna območja. Velik poudarek je tudi na hitrem odzivanju pri zagotavljanju geoprostorskega gradiva. Predlog politike podpira delovanje geoprostorskih enot na terenu pri izvajanju mednarodnih operacij in misij, da z zbiranjem podatkov, ažuriranjem in popravki pripomorejo k boljšim končnim izdelkom. Ena izmed najpomembnejših novosti je predlog porazdelitve bremena izdelave kart (predvsem za mednarodne operacije in misije), enakomerno in skladno z zmoglostmi, po posameznih državah članicah zavezništva (tako imenovani »burden sharing«).

Pridobivanje kakovostnih geoprostorskih podatkov kot tudi izdelava in vzdrževanje geoprostorskega gradiva so s stroškovnega vidika zahtevne naloge. Izogibanje podvajanju izdelave kartografskega gradiva v primeru ozemlja posameznih članic ter skupni dogovori o izdelavi in izmenjavi takega gradiva so zelo pomembni za zmanjšanje izdatkov. Financiranje pridobivanja podatkov in izdelave gradiva je v domeni posameznih držav, države pa morajo na zaprosilo to gradivo zagotoviti drugim članicam, skladno z dvostranskimi dogovori. Navedena je tudi možnost skupnega financiranja posameznih projektov v Natu.

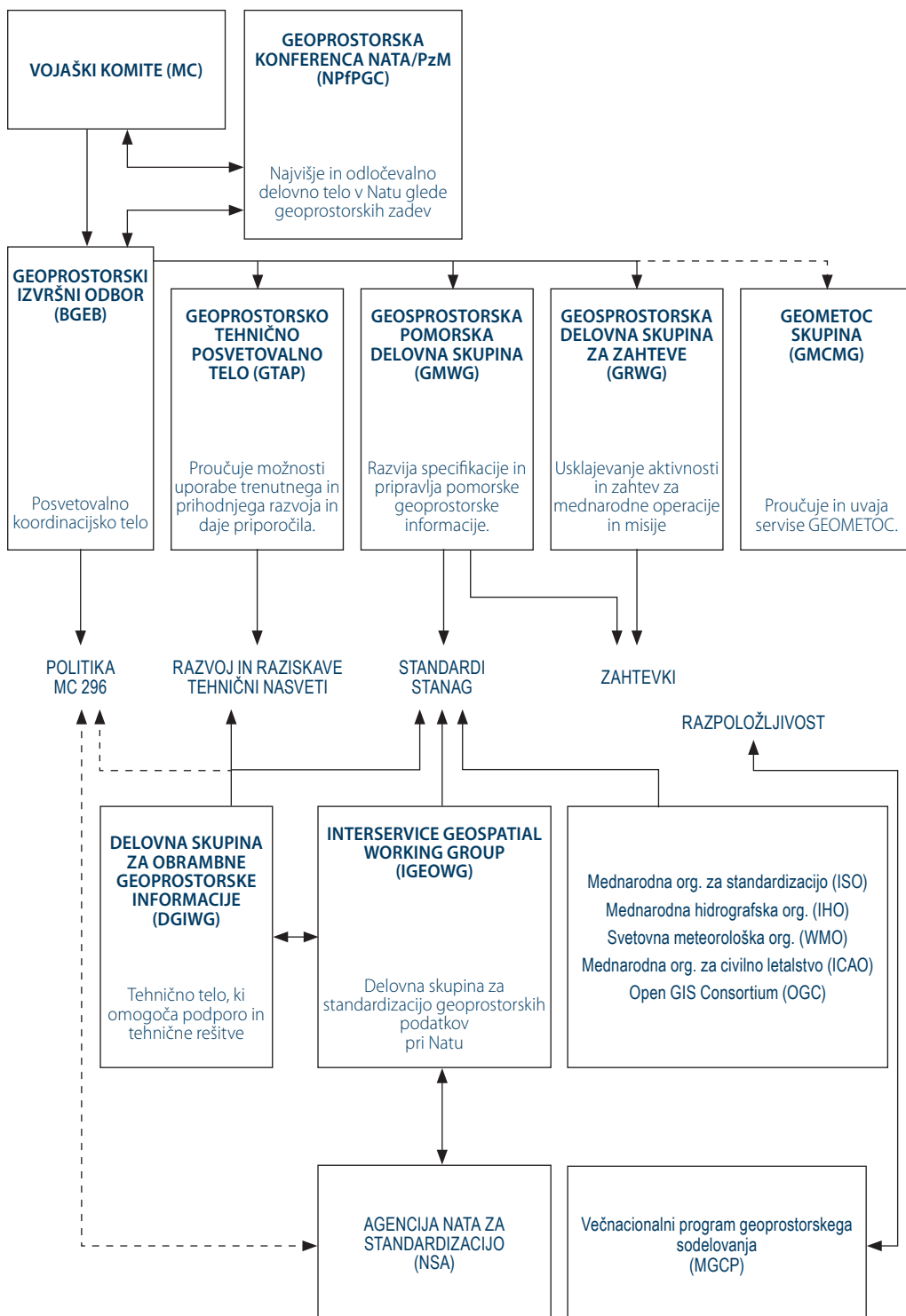
Pomemben dejavnik pri zagotavljanju geoprostorske podpore je področje informatike, saj velik del prometa s kartami in podatki poteka v omrežjih in servisih, pri čemer predlog politike izpostavlja razvoj sistema *Nato Core GIS*¹². Razvoj geoprostorskih zmogljivosti mora slediti načelom in doktrini razvoja Natovih zmogljivosti za omrežno delovanje – *NNEC*¹³. Predlog politike MC 296-2 predvideva uvedbo novega telesa »*Nato Geospatial Board*«, ki bo predvidoma posvetovalno telo vojaškega komiteja – *MC*¹⁴ glede geoprostorskih zadev.

¹² *Core GIS* je geoinformacijski sistem, ki poveljstvu Nata ter poveljstvom v mednarodnih operacijah in na misijah zagotavlja dostop do aktualnih in najboljših razpoložljivih geoprostorskih podatkov prek internih omrežij.

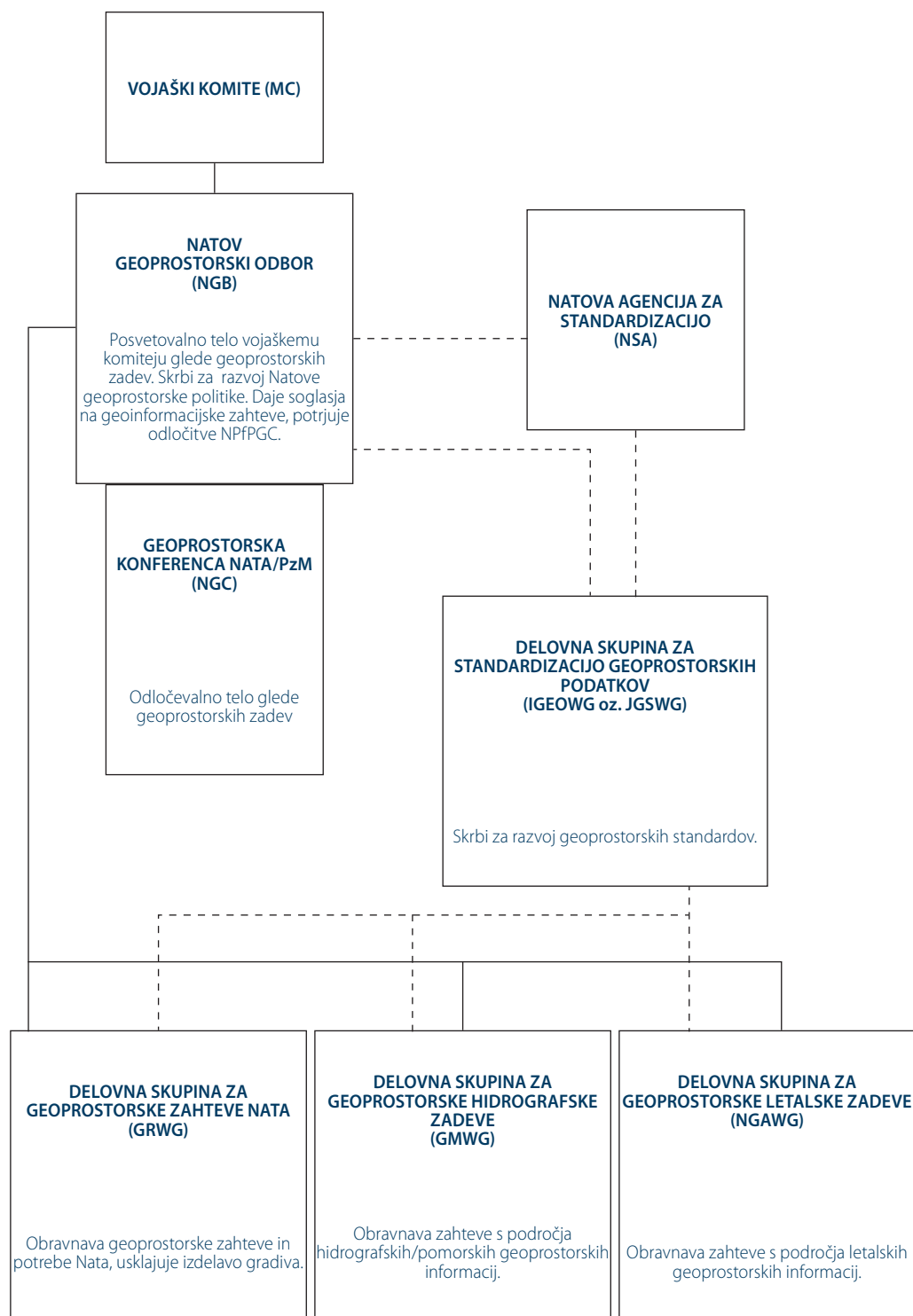
¹³ *Nato Network Enabled Capabilities*.

¹⁴ *Military Comitee*.

Shema 1: Trenutna organizacijska struktura geoprostorskih teles v Natu (vir: Geoprostorska politika Nata, 2006)



Shema 2: Jedro predlagane nove organizacije geoprostorskih organov v Natu za leto 2012
(vir: poročilo 2. in 3. združenega sestanka NGC in IGEOGW, 2011)



2.3 Natova politika slikovnih podatkov

Natova politika slikovnih podatkov¹⁵ (Nato Imagery Policy) je dokument v nastajanju, zadnja različica je številka 7 iz leta 2010. Predlog politike določa procese, odgovornosti in mehanizme za zagotovitev podpore Natovim silam s slikovnimi podatki. Slikovni podatki so eni izmed najpomembnejših informacij oziroma virov, saj jih lahko pridobimo zelo hitro in kažejo najnovejšo stanje v prostoru. Slikovni podatki so navadno satelitski posnetki v izvorni ali ortorektificirani¹⁶ obliki, lahko pa so posneti tudi iz letal, helikopterjev, brezпилotnih letal ali z zemlje. Posnetki so osnovna podlaga in vir za izvedbo opazovanja sprememb v prostoru skozi čas, omogočajo pa tudi različne analize z vojaškega in obveščevalnega področja. Področje slikovnih podatkov kljub njihovi zelo široki uporabi, predvsem v mednarodnih operacijah in na misijah, do zdaj v Natu ni bilo posebej normativno urejeno. Umestitev področja slikovnih podatkov je v članicah Nata še vedno predmet razprav, saj je ponekod uvrščeno v obveščevalno področje, drugje pa v geoprostorsko področje. Dejstvo je, da je obveščevalna dejavnost večinoma le uporabnik slikovnih podatkov, ne pa tudi nosilec njihove priprave, kar po strokovnosti bolj spada v področje geoprostorskih zadev. V zvezi z geoprostorskimi slikovnimi podatki ter njihovo umestitvijo je v pripravi tudi predlog dokumenta o tesnejšem sodelovanju in povezovanju področja geoprostorske podpore in področja geoprostorskih slikovnih podatkov v Natu (Nato Imagery/Geospatial convergence and Imagery Intelligence Cooperation).

2.4 Natova geoprostorska vizija

Natova geoprostorska vizija (Nato Geospatial Vision) je nastajajoči strateški dokument Nata na geoprostorskem področju, ki ga pripravlja ACT. Prva vsebinska zasnova dokumenta je bila članicam posredovana v pregled leta 2009. Cilj vizije je dati smernice razvoja ter zasnovo geoprostorske podpore Natovim operacijam in misijam po letu 2020 v luči transformacije geoprostorskih zmogljivosti Nata. Ključni element vizije je v uporabi konsistentnih, brezšivnih in aktualnih geoprostorskih podatkov, ki temeljijo na konceptu NNEC, ter izpolnitev zadanega cilja sil za geoprostorske servise in servise METOC¹⁷ ter novih standardov za geoprostorske informacije.

Vizija predvideva implementacijo ciljev v treh fazah. V prvi fazi sta predvidena uspešno testiranje in implementacija sistema Core GIS, ki bo v strukturah poveljstva Nata omogočil dostop do designiranih geoprostorskih gradiv in dodatnih podatkov. Druga faza predvideva razširitev delovanja sistema Core GIS z okoljskimi servisi (implementacija REP¹⁸), ki se nanašajo predvsem na meteorološke podatke, ter posredovanje teh podatkov poveljstvom in misijam. Tretja faza predvideva, da Natova poveljstva ne bodo več upravljala geoprostorskih informacij, ki jih zagotavljajo članice, temveč bodo članice neposredno dostopale do teh podatkov in jih upravljale z uporabo NNEC. Osnovni cilj je prehod iz centralno vzdrževane baze geoprostorskih podatkov do decentralizirane baze neposredno prek mrežnega dostopa do vedno osveženih in aktualnih geoprostorskih podatkov.

¹⁵ Slikovni podatki so definirani kot predstavitev objektov, shranjenih na elektronski ali optični način na film ali druge elektronske shranjevalne medije (vir: zavezniška publikacija AAP 6).

¹⁶ Ortorektifikacija je pretvorba satelitskega ali drugega slikovnega posnetka v njeno ortogonalno projekcijo, kar dosežemo s procesom zmanjšanja različnih geometričnih napak, ki jih vsebuje izvorni posnetek.

¹⁷ Meteorological and Oceanographic.

¹⁸ Recognized Environmental Picture. REP obsega celovit in zvezen (brezšiven) opis geoprostorskih, oceanografskih in meteoroloških informacij, namenjenih za načrtovanje in izvajanje operacij na določenem področju v določenem času (povzeto po zavezniški publikaciji AAP 6).

2.5 Direktiva 65-8 Geoprostorske informacije in podpora Natu

Direktiva o geoprostorskih informacijah in podpori Natu (BI-SC Directive 65-8 Geospatial Information and Support to Nato) je dokument, ki vsebinsko deloma nadomešča Natovo geografsko politiko, spremembe št. 9. Direktivo sta sprejela SHAPE in ACT 17. februarja 2009. Opisuje način podpore Natu z geoprostorskimi informacijami in operacionalizira usmeritve, zapisane v geoprostorski politiki MC 296. Dokument v prvem delu iz politike MC 296 povzema opis delovnih teles Nata, pristojnih za geoprostorske zadeve, njihove naloge ter našteva pravila za njihovo delovanje. Določa kontaktne točke Natovih delovnih teles z geoprostorskega področja in načine za poročanje o geografskih informacijah. V nadaljevanju našteva standarde STANAG z geoprostorskega področja, v slovarju pa opredeljuje pojme s tega področja. Direktiva je zasnovana kot dokument, ki se bo nenehno dopolnjeval in spreminjal.

2.6 Direktiva o navajanju lokacij v Natu

Direktiva o navajanju lokacij v Natu (BI-SC Directive 80-4 Position Referencing in Nato) je bila sprejeta leta 2000. Dokument predstavlja podrobna navodila za rabo koordinatnih sistemov in datumov ter način navajanja lokacij vojaškega mrežnega referenčnega sistema na kopenskih, pomorskih in letalskih vojaških kartah.

2.7 Koncept države nosilke geoprostorske podpore Natovim odzivnim silam (NRF)¹⁹

Leta 2007 je Nato sprejel dokument Koncept države nosilke geoprostorske podpore Natovim odzivnim silam (Geospatial Information Supporting Nation Concept for NATO Response Force Deployments – MC 0545). Namen dokumenta je opredelitev postopkov in načinov za zagotovitev geoprostorskih informacij Natovim odzivnim silam, pri čemer je za vsak šestmesečni cikel NRF vnaprej določena država nosilka geoprostorske podpore, ki je za to odgovorna. Država nosilka mora biti za izvajanje aktivnosti geoprostorske podpore zaradi hitrega odziva vnaprej dobro pripravljena, pri tem ji morajo skladno z zmožnostmi omogočiti podporo in pomoč druge države Nata. Zaradi zahtevnosti so kot države nosilke navadno imenovane le večje države Nata:

- ZDA, VB, Španija, Nemčija, Italija, Turčija in Francija. Leta 2009 je bil predstavljen nov, dopolnjen osnutek koncepta MC 0545-1, po katerem sta kopenska in pomorska geoprostorska podpora organizirani ločeno, zato sta v vsakem ciklu imenovani dve državi nosilki.

3 STANDARDIZACIJA GEOPROSTORSKIH PODATKOV V NATU

Zagotovitev medsebojne povezljivosti med članicami Nata je eden izmed ključnih dejavnikov za učinkovito načrtovanje in izvajanje aktivnosti in operacij. To velja tudi za področje geoprostorskih podatkov in kartografije za obrambne potrebe, torej pri izdelavi kopenskih, letalskih in pomorskih vojaških kart, mestnih kart in aerofoto posnetkov, digitalnih geodetskih podatkov, katalogov in publikacij. Napačna informacija o lokaciji, pridobljena s karte, ki ni izdelana v enotnem Natovem koordinatnem sistemu, ima lahko usodne posledice. Prav tako lahko uporaba različnega

¹⁹ Nato Response Forces.

kartografskega gradiva za isto območje vodi k zmedi in negotovosti na terenu, zato je pomembno, da je geoprostorsko gradivo po obliki in vsebini enotno, tako da ga takoj prepoznajo, razumejo in uporabljajo brez predhodnih navodil v vseh članicah zavezništva.

Povezljivost se v Natu zagotavlja z upoštevanjem dogovorjenih standardov, imenovanih STANAG. Nato ima za področje standardizacije ustanovljeno posebno agencijo NSA²⁰, ki je odgovorna za razvoj in sprejemanje standardizacijskih dogovorov. V Natu obstaja nekaj sto takšnih dogovorjenih standardov za različna področja. Geoprostorsko področje v okviru navedene agencije pokriva delovna skupina za standardizacijo geoprostorskih podatkov v Natu – IGEOGW (JGSWG²¹), ki skrbi za približno 60 standardov. Natovi geoprostorski standardi v čim večjem obsegu upoštevajo in prevzemajo vsebine že obstoječih standardov ISO²². Le če ti ne obstajajo, razvija svoje. Tak pristop pomeni racionalizacijo in harmonizacijo. Razvoj novih geoprostorskih standardov, ki ustrezajo trenutnim geoprostorskim zahtevam, je podprt s strokovno pomočjo mednarodnega združenja za razvoj standardov za izmenjavo digitalnih geografskih informacij – DGIWG²³. Leta 2009 je bil podpisan tehnični sporazum med IGEOGW in DGIWG, ki omogoča tesno sodelovanje med delovnimi skupinami in skupno vodenje projektov.

Natove standardizacijske dogovore članice prevzemajo med svoje vojaške standarde in jih v praksi tudi izvajajo. V Sloveniji se ti standardi imenujejo Slovenski vojaški standardi (SVS). Podlaga za njihovo implementacijo je sklep ministra za obrambo, njihova uporaba pa je po sprejetju obvezna. Ključne in najpomembnejše standarde je Slovenija že prevzela med Slovenske vojaške standarde in jih tudi že implementira. Najpomembnejši med njimi so:

- STANAG 2211 (Geodetske osnove, datumi, projekcije, koordinatne mreže),
- STANAG 3676 (Izvenokvirna vsebina na topografskih kartah, letalskih kartah in ortofotokartah),
- STANAG 2205 (Uporaba enotnega kartografskega gradiva),
- STANAG 3409 (Projekcije letalskih kart),
- STANAG 3666 (Največje dimenzije topografskih kart, letalskih kart in ostalih geografskih izdelkov, z izjemo pomorskih kart),
- STANAG 3689 (Zapis krajevnih imen na vojaških topografskih kartah),
- STANAG 3833 (Kartografski znaki na kartah vadišč kopenskih sil),
- STANAG 7136 (Označba vojaških kart, letalskih vojaških kart in digitalnih geografskih podatkov (razen hidrografskega gradiva)).

Natovi standardi so predmet nenehnih sprememb, zato je zelo pomembno spremljanje njihovega razvoja in tudi vključevanje v razvoj s predlogi, ki se posredujejo Natu. Države članice lahko na posamezen standard objavijo pridržke. Članice lahko standard potrdijo (ratificirajo), potrdijo z zadržki, potrdijo, a ne implementirajo, ali ne sodelujejo. Posamezen standard je v Natu potrjen in veljaven, ko ga potrdi večina, to je trenutno 15 od skupno 28 držav članic.

²⁰ Nato Standardization Agency.

²¹ Joint Geospatial Standardization Working Group. V novembru 2011 je predlagano prestrukturiranje delovne skupine in njeno preimenovanje v JGSWG.

²² ISO (International Organization for Standardization) je mednarodna (svetovna) organizacija za standardizacijo.

²³ Defence Geospatial Information Working Group.

4 VKLJUČEVANJE MINISTRSTVA ZA OBRAMBO V MEDNARODNE AKTIVNOSTI IN NATOVE DELOVNE SKUPINE TER NA GEOPROSTORSKEM PODROČJU

Ministrstvo za obrambo je kmalu po vključitvi v program PzM ter v prizadevanjih za polnopravno članstvo v Natu začelo proces prilagoditve Natovim zahtevam na geoprostorskem področju. Za doseg tega cilja je bila pomembna čimprejšnja vključitev v Natove dogodke, delavnice, konference in delovne skupine z geoprostorskega področja, pri čemer so pridobili potrebno vedenje o zahtevah specifikacije in standardih. Do polnopravnega članstva v Natu je Slovenija na teh dogodkih sodelovala kot članica PzM, kot opazovalka in brez pravice odločanja. Najpomembnejši dogodek na tem področju je geoprostorska konferenca Nato/PzM, ki poteka enkrat na leto, navadno junija, na sedežu Nata. Namenjena je pregledu aktivnosti in odločanju o geoprostorskih zadevah v Natu, zato se na njej navadno sestaja vodstveni kader tako iz Natovih geoprostorskih organov kot iz tudi nacionalnih geoprostorskih služb. Usmeritve, predstavljene na geoprostorski konferenci, so vodilo za delo drugih delovnih teles z geoprostorskega področja v Natu. Za zagotovitev povezljivosti slovenskega vojaškega kartografskega sistema z Natom je, kot smo že omenili, pomembno spremljanje delovne skupine za standardizacijo geoprostorskih podatkov Nata IGEOWG, pri čemer so obravnavani standardi in normativi za izdelavo vojaških kart in geoprostorskih podatkov. V preteklosti so bile organizirane geoprostorske konference regionalnih poveljstev JFC, na katerih so bile obravnavane predvsem zahteve po geoprostorskih gradivih za izvajanje mednarodnih misij in operacij. Leta 2006 je takšno konferenco organizirala tudi Slovenija. Leta 2009 je bila v Natu vzpostavljena nova delovna skupina za obravnavo geoprostorskih zahtev – GRWG²⁴, predvsem za potrebe mednarodnih operacij in misij. Nadomestila je delo konferenc regionalnih poveljstev Nata JFC. Sestankov se udeležujemo tudi slovenski predstavniki, predvsem zaradi zagotovitev kartografskih gradiv in drugega geoprostorskega gradiva za misiji Isafa²⁵ in Kforja²⁶. Za uspešen razvoj in izvedbo operativnih nalog je pomembno tudi vključevanje predstavnikov upravnega dela ministrstva in Slovenske vojske v Natove izobraževalne procese na geoprostorskem področju. Mednje spadajo vojaške kartografske strokovne delavnice Nato/PzM ter organizirani tečaji v nemškem Oberammergauu.

Ministrstvo za obrambo je bilo na geoprostorskem področju v zadnjem desetletju aktivno tudi na področju dvostranskega sodelovanja. Kartiranje ozemlja se ne konča na državni meji, temveč je na vsakem mejnem listu prikazan tudi del ozemlja sosednje države. Zato je pomembno imeti sklenjene sporazume o izmenjavi kartografskega gradiva, ki so vir za kartiranje s sosednjimi državami. Izmenjava omogoča tudi vpogled v razvoj, način izdelave kart, vrste prikazanih podatkov itn. Sporazumi o sodelovanju na področju vojaške kartografije in izmenjave gradiva so bili sklenjeni z Združenim kraljestvom Velike Britanije in Severne Irske, Avstrijo, Nemčijo, Češko republiko, Italijo in Madžarsko. Najpomembnejša je sklenitev sporazuma z Nacionalno geoprostorsko obveščevalno agencijo Ministrstva za obrambo Združenih držav Amerike²⁷ leta 2009. Navedena agencija ima največjo bazo vojaških geoprostorskih podatkov in kartografskega gradiva za ves svet. Na podlagi tega sporazuma se zagotavljajo ključna gradiva, ki jih pripadniki Slovenske vojske potrebujejo za načrtovanje in priprave pred napotitvijo v mednarodne operacije in na misije.

²⁴ Geospatial Requirements Working Group.

²⁵ International Security Assistance Force.

²⁶ Kosovo Force.

²⁷ National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) of the Department of Defense, U.S.A.

Izdelava in vzdrževanje hidrografskih podatkov (pomorske in druge karte in podatki) sta v nekaterih članicah v pristojnosti vojaških hidrografskih institucij, v drugih pa prenesena na nacionalne hidrografske urade ali ministrstva za pomorstvo. Izdelava hidrografskih kart skladno z usmeritvami geografske politike poteka skladno z usmeritvami in standardi mednarodne hidrografske organizacije – IHO²⁸. V nasprotju s tem pa je področje izdelave letalskih kart v domeni kartografskih institucij ministrstev za obrambo in poteka skladno z Natovimi standardi in standardi Mednarodne organizacije za civilno letalstvo – ICAO²⁹.

5 SKLEP

Normativni dokumenti Nata z geoprostorskega področja se zaradi organizacijskih sprememb v Natu ter napredka v informacijski tehnologiji vsebinsko nenehno spreminjajo. Vsaka država članica, med njimi tudi Slovenija, ima kadar koli možnost, da predlaga spremembe. Spremljanje sprememb, proučitev novih dokumentov in njihova implementacija v geoprostorski oziroma vojaški kartografski sistem so zelo pomembne za uspešen razvoj in povezljivost. Pri obravnavi naštetih Natovih dokumentov z geoprostorskega področja opazimo podvajanja, ki se nanašajo na opredelitev vloge standardizacije, pojmovne slovarje za izraze z geoprostorskega področja (pri čemer je v različnih veljavnih dokumentih opaziti različne razlage) ter pravila za delovanje delovnih skupin (TOR). Koncept geoprostorske podpore se v dokumentih postopoma spreminja in je vedno bolj usmerjen v pridobivanje podatkov ter izdelavo geoprostorskega gradiva skladno z dejanskimi geoprostorskimi zahtevami in potrebami. Priprave gradiv »na zalogo« skoraj ni več, k čemur je gotovo pripomoglo tudi zaostreno finančno stanje v državah članicah, ki se kaže tudi na obrambnem področju.

Poleg spremljanja nastajanja in sprememb Natove politike, direktiv in drugih odločitev je pomembno tudi neprestano spremljanje standardov STANAG ter njihovih sprememb, kar je še posebno pomembno za zagotavljanje povezljivosti v izdelkih, kot so vojaške karte. Težava standardizacije geoprostorskega področja, predvsem upravljanja digitalnih podatkov in njihove strukture, je, da zaostaja za nekaj let, po nekaterih merilih celo desetletje, za razvojem in zmoglostmi informacijske tehnologije. Po letu 2008 se je začelo preoblikovanje tega področja s popolno prevetritvijo standardov in njihove dejanske uporabe. Standardi se bodo racionalizirali in združevali, njihovo število pa se bo zmanjšalo za polovico. Standardi, ki se v resnici ne uporabljajo in so zastareli, se bodo ukinili, pripravili se bodo novi, ki ustrezajo trenutnim geoprostorskim zahtevam in potrebam. Pri tem je zelo pomembna opora na civilne standarde in njihov prevzem, če obstajajo. Proces prevzemanja Natovih standardov med Slovenske vojaške standarde se bo nadaljeval tudi v prihodnje. V Sloveniji smo se prevzema STANAG-ov med SVS lotili zelo previdno, saj jih prevzemamo postopno, največ do pet na leto. Nekatere novejšje članice Nata so jih prevzele kar v paketu, vse naenkrat, a je njihovo izvajanje vprašljivo. Ključni standardi za dosego povezljivosti so bili sprejeti kot prvi in se dosledno implementirajo. Previdnost in zelo postopen pristop k prevzemanju standardov med Slovenske vojaške standarde sta nujna zaradi številnih sprememb in predlaganih ukinitvev po letu 2008.

²⁸ International Hydrographic Organization.

²⁹ International Civil Aviation Organization.

6 LITERATURA

- Davies, B., 2009. Ongoing and planned work to review Nato Geo documentation, referat predstavljen na geoprostorski konferenci Nata, 2009.
- Fitzgerald, J., 2008. Nato Imagery Policy, referat predstavljen na geoprostorski konferenci Nata, 2009.
- Fryer, P., 2009. Nato geospatial Draft Vision, referat predstavljen na geoprostorski konferenci Nata, 2009.
- <http://adsabs.harvard.edu/abd/2006SPIE.6201E..42T>, 15. 3. 2010.
- NATO, 2003. Nato Geographic Policy, Change 9.
- NATO, 2006. MC 0296 Nato Geospatial Policy.
- NATO, 2010. MC 0296-2 Nato Geospatial Policy, osnutek, 2010.
- NATO, 2009. Nato BI-SC Directive 65-8 Geospatial Information and Support to Nato.
- NATO, 2000. BI-SC Directive 80-4 Position Referencing in Nato.
- NATO, 2007. MC 0545 Geospatial Information Supporting Nation Concept for Nato Response Force Deployments.
- NATO, 2009 (osnutek). MC 0545-1 Geospatial Information Supporting Nation Concept for Nato Response Force Deployments.
- NATO Standardization Agency, 2008. AAP 6 (2008) Nato Glossary of Terms and Definitions.
- NATO, 2010 (osnutek). Nato Imagery Policy.
- NATO, 2010 (osnutek). Nato Geospatial Vision, Annex A to 2000 SC-6.

O AVTORJU

Boris Kovič je univerzitetni diplomirani inženir geodezije, od leta 2000 zaposlen na Ministrstvu za obrambo, v Sektorju za načrtovanje. Ukvarja se z razvojem kartografskega sistema za obrambo in z mednarodnim sodelovanjem ter standardizacijo na geoprostorskem področju. Na strokovnem področju se je izobraževal doma in v tujini. Je član Natovih delovnih skupin o geoprostorskem področju. Od leta 2010 vodi delovno skupino za usklajevanje nalog z geoprostorskega področja na Ministrstvu za obrambo.

ABOUT THE AUTHOR

Boris Kovič is a graduate in geodesy and has been employed by the MoD Planning Division of the Defence Affairs Directorate since 2000. He engages in the development of the defence cartographic system and international cooperation and standardisation in the geospatial area. He received professional training in Slovenia and abroad. In addition, he is a member of NATO geospatial working groups. Since 2010, he has been in charge of the MoD group for coordinating the implementation of geospatial tasks.

Stari in novi državni koordinatni sistem v Republiki Sloveniji ter koordinatni sistem zveze Nato

The Old and New Coordinate Systems in the Republic of Slovenia and the NATO Coordinate System

Primož Kete
Sandi Berk

Povzetek Kot posledica procesa globalizacije poteka v Sloveniji postopna zamenjava sedanjega državnega koordinatnega sistema s skupnim evropskim prostorskim referenčnim sistemom – ESRS. Zveza Nato z vojaškimi standardi predpisuje uporabo WGS84 in kartografsko projekcijo UTM. Ministrstvo za obrambo mora zaradi zagotavljanja medopravilnosti skrbeti za ustrezne pre tvorbe podatkov med različnimi koordinatnimi sistemi.

V prispevku so obravnavane povezave med starim in novim državnim koordinatnim referenčnim sistemom ter koordinatnim referenčnim sistemom zveze Nato. Predstavljene so osnovne informacije o teh sistemih in njihovem poreklu. Predstavljeni so tudi optimalni modeli transformacij za različne ravni natančnosti prostorskih podatkov.

Ključne besede Datum ska transformacija, kartografska projekcija, koordinatni referenčni sistem, višinski referenčni sistem.

Abstract As a consequence of the globalization process, the replacement of the current coordinate system with the common European Spatial Reference System (ESRS) is in progress in Slovenia. According to NATO military standards, the use of WGS84 and UTM map projection is obligatory. The Slovene Ministry of Defence should pay attention to the adequate conversions of data among these coordinate reference systems to assure interoperability.

Connections between the 'old' and 'new' national coordinate reference systems and the NATO coordinate reference system are discussed in the paper. Basic information on the coordinate reference systems and their origins are given. Various transformation models are presented, taking into account the level of accuracy of spatial data.

Key words Datum transformation, map projection, coordinate reference system, height reference system.

1 UVOD

V Sloveniji sta od 1. januarja 2008 (začetek izvajanja Zakona o evidentiranju nepremičnin – ZEN, Uradni list RS, št. 47/2006, spr. 65/2007 – odl. US) v civilni rabi dva državna koordinatna referenčna sistema, poseben koordinatni sistem pa je skladno s standardi zveze Nato v rabi v Slovenski vojski.

Vzpostavljanje novega, kakovostnejšega koordinatnega referenčnega sistema se je začelo že v prvi polovici 90. let prejšnjega stoletja. Posledica vse večjih zahtev glede kakovosti georeferenciranja prostorskih podatkov in nove možnosti, ki so jih prinesle nove tehnologije izmere (GNSS), pa tudi zahteve po povezljivosti prostorskih podatkov na mednarodni ravni in njihove interoperabilnosti so vodile v postopen prehod na skupen evropski prostorski referenčni sistem (ESRS).

Horizontalna sestavina tega sistema je evropski terestrični referenčni sistem iz leta 1989 (ETRS89). Slovenska realizacija tega sistema temelji na kombiniranem izračunu treh EUREF GPS-kampanj, ki so bile v Sloveniji izvedene v letih od 1994 do 1996 (Berk in sod., 2003 in 2004). Vertikalna sestavina tega sistema je evropski vertikalni referenčni sistem iz leta 2007 (EVR507). Vzpostavitev skupnega višinskega sistema se torej uresničuje s precejšnjim časovnim zamikom, vendar je prehod na nov višinski sistem predviden tudi v Sloveniji (Koler in sod., 2007; Stopar, 2007).

Slovenija je 29. marca 2004 postala članica zveze Nato, potem ko je v Washingtonu deponirala listino o pristopu k Severnoatlantski pogodbi. Dobili smo še tretji koordinatni referenčni sistem (za vojaške potrebe) – Natov koordinatni referenčni sistem.

V nadaljevanju predstavljamo pregled prostorskih referenčnih sistemov, ki se uporabljajo v Sloveniji, njihove opise in primerjave. Obravnavana je tudi problematika prehodov med temi koordinatnimi referenčnimi sistemi, s poudarkom na dosegljivi natančnosti različnih modelov transformacij.

2 PROSTORSKI REFERENČNI SISTEMI

Prostorski referenčni sistem je sistem, ki omogoča opis položaja objektov in pojavov v prostoru. Položaj v trirazsežnem prostoru je podan s tremi sestavinami. V geodeziji se je izkazalo kot zelo primerno te sestavine ločiti na horizontalne in vertikalne.

Horizontalni koordinatni referenčni sistem je definiran geometrijsko – referenčna ploskev zanj je rotacijski elipsoid, višinski referenčni sistem pa je definiran fizikalno – referenčna ploskev zanj je geoid.

Osnovne sestavine horizontalnega koordinatnega referenčnega sistema so:

- horizontalni geodetski datum,
- kartografska projekcija,
- ravninski koordinatni sistem.

Osnovne sestavine višinskega referenčnega sistema so:

- višinski geodetski datum,
- tip višin.

Izraz geodetski datum se tu ne nanaša na merjenje časa, temveč izhaja iz angleškega termina (geodetic datum); »datum« je tu arhaična edninska oblika od »data« – podatki.

2.1 Horizontalni geodetski datum

Horizontalni geodetski datum določa niz parametrov, s katerimi so določeni položaj izhodišča, merilo in orientacija matematično opredeljenega koordinatnega sistema glede na fizično telo Zemlje. Navadno mednje uvrščamo tudi parametre referenčne ploskve kot matematične aproksimacije oblike Zemlje. Referenčna ploskev je v geodeziji večinoma površje rotacijskega elipsoida, ki nastane z vrtenjem elipse okoli svoje male osi.

Koordinatni referenčni sistem je koordinatni sistem, ki ima določen geodetski datum. To pomeni, da je matematično definiran koordinatni sistem tudi praktično realiziran – da je v izbranih geodetskih točkah »pričvrščen« na Zemljo kot planet s pomočjo geodetskih in astronomskih meritev. Tako realiziran koordinatni sistem imenujemo tudi koordinatni sestav.

2.2 Kartografska projekcija

Kartografska projekcija je preslikava površine referenčnega elipsoida v projekcijsko ravnino. Vse kartografske projekcije, ki jih bomo obravnavali v nadaljevanju, spadajo v skupino prečnih valjnih konformnih projekcij in jih poleg matematičnih enačb opredeljujejo še naslednji parametri:

- elipsoidna dolžina srednjega meridiana (angl. longitude of central meridian),
- elipsoidna širina izhodišča projekcije (angl. latitude of projection origin),
- modul merila na srednjem meridianu (angl. scale factor at central meridian) oziroma modul projekcije,
- navidezni pomik proti severu (angl. false northing),
- navidezni pomik proti vzhodu (angl. false easting).

Razlog za uvajanje navideznega pomika proti severu je poenostavitev zapisa koordinate, ki predstavlja oddaljenost od ekvatorja (v Sloveniji kvečjemu šestmestne koordinate, podane v metrih). Razlog za uvajanje navideznega pomika proti vzhodu je izogibanje negativnim vrednostim koordinat točk zaradi zmanjšanja možnosti napak.

2.3 Pravokotni koordinatni sistem

Definicija pravokotnega koordinatnega sistema obsega:

- številko koordinatnega sistema oziroma številko koordinatne cone (za Slovenijo je to 33T),
- opredelitev koordinat s položajem in orientacijo koordinatnih osi,
- opredelitev načina in enot za merjenje kotov in razdalj.

2.4 Višinski geodetski datum

Klasična definicija višinskega geodetskega datuma se opira na izmerjen srednji nivo morja (morske gladine), ta je določen na podlagi rezultatov dolgoletnih opazovanj njegovega spreminjanja z mareografi. Da dobimo zanesljive podatke o srednjem nivoju morja, moramo meritve neprekinjeno izvajati vsaj 18,6 leta, kar je perioda Zemljine nutacije.

2.5 Tipi višin

Ločimo vsaj štiri osnovne tipe višin:

- elipsoidne višine (angl. ellipsoid heights),
- normalne višine (angl. normal heights),
- ortometrične višine (angl. orthometric heights),
- normalne ortometrične višine (normal orthometric heights).

Elipsoidna višina je med naštetimi nekakšen tujek, saj gre za povsem geometrijsko določeno količino. Takšne višine izmerimo z GNSS¹. Elipsoidna višina predstavlja najkrajšo razdaljo med točko na površju Zemlje in referenčnim elipsoidom. Definirane so popolnoma geometrično in so za vsakdanjo uporabo neprimerne, saj bi ob tako določenih višinah voda lahko tekla tudi navkreber.

Druge višine točk (normalne višine, ortometrične višine in normalne ortometrične višine) so določene v povezavi s težnostnim poljem Zemlje. V Sloveniji se uporabljajo normalne ortometrične višine, ki pa naj bi jih v prihodnosti nadomestile normalne višine (Koler in sod., 2007).

3 PRIMERJAVA PROSTORSKIH REFERENČNIH SISTEMOV

3.1 Geodetski datumi

Geodetski datum 1948 – D48

Stari državni geodetski datum Slovenije temelji na Besslovem elipsoidu iz leta 1841 in določitvi koordinat slovenske astrogeodetske mreže iz leta 1948. Besslov elipsoid je lokalni elipsoid, ki se optimalno prilega Zemlji na območju srednje Evrope. Izhodiščna točka je astronomska točka Hermannskogel pri Dunaju, Avstrija.

Geodetski datum 1996 – D96

Novi državni geodetski datum Slovenije se po srednjem trenutku EUREF GPS-kampanj, s pomočjo katerih je bil določen (epoha 1995,55), imenuje D96. Gre za slovensko realizacijo ETRS89. Uporabljen je elipsoid GRS80. To je globalni elipsoid, katerega razsežnosti so določene tako, da kar najboljše aproksimira Zemljo v celoti. Njegova rotacijska os ni le vzporedna, temveč sovпада z rotacijsko osjo Zemlje. Posledica tega je, da ploskev elipsoida na območju Slovenije za več kot 40 metrov odstopa od ploskve geoida.

¹ GNSS je skupna oznaka za globalne navigacijske satelitske sisteme, kot so npr. ameriški GPS, ruski GLONASS, (bodoči) evropski Galileo in drugi.

WGS84 (World Geodetic System 1984)

Geodetski datum zveze Nato temelji na elipsoidu WGS84. Elipsoida GRS80 in WGS84 sta po razsežnostih praktično enaka. Razlika je v njuni orientaciji: WGS84 je globalni sistem, ETRS89 pa je fiksiran na evrazijsko tektonsko ploščo. Razlika med koordinatami točk v WGS84 in ETRS89 se sicer s časom nekoliko spreminja, znaša pa nekaj decimetrov. Če se zadovoljimo z metrsko natančnostjo, lahko zapišemo:

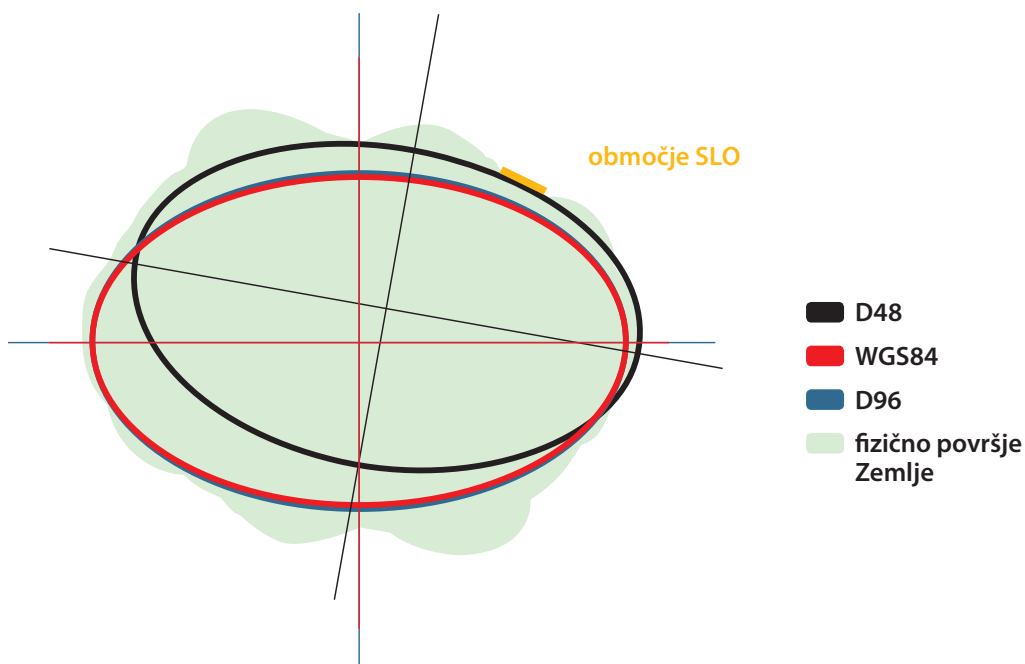
$$\text{WGS84} \approx \text{ETRS89}$$

Tako izenačimo novi slovenski geodetski datum (D96) in geodetski datum zveze Nato, kar ima zelo ugodne praktične učinke (poenostavitve pri transformacijah – v nadaljevanju).

Parametri vseh treh v Sloveniji uporabljenih referenčnih elipsoidov so podani v preglednici 1.

Preglednica 1: Parametri referenčnih elipsoidov (Borčić, 1976; Hofmann Wellenhof in sod., 1994)

ELIPSOID		Bessel 1841	GRS80	WGS84
leto določitve referenčne ploskve		1841	1979	1984
velika polos rotacijskega elipsoida	a	6377397,15500 m	6378137,00000 m	6378137,00000 m
geocentrična gravitacijska konstanta	GM	ni bila določena	$3986005 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$	$3986005 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$
dinamični faktor oblike	J₂	ni bila določena	$108263 \cdot 10^{-8}$	$-48416685 \cdot 10^{-6}$
srednja kotna hitrost	w	ni bila določena	$7292115 \cdot 10^{-11} \text{ rad/s}$	$7292115 \cdot 10^{-11} \text{ rad/s}$
mala polos rotacijskega elipsoida	b	6356078,96325 m	6356752,31414 m	6356752,31425 m



Slika 1: Obravnavani referenčni elipsoidi – zaradi večje nazornosti je prikaz močno karikiran.

3.2 Koordinatni sistemi in kartografske projekcije

Stari državni koordinatni sistem

Stari državni koordinatni sistem Slovenije je ravninski pravokotni koordinatni sistem Gauß-Krügerjeve projekcije meridianskih con na Besslovem elipsoidu.

Novi državni koordinatni sistem

Novi državni koordinatni sistem Slovenije je ravninski pravokotni koordinatni sistem prečne Mercatorjeve projekcije meridianskih con na elipsoidu GRS80.

Koordinatni sistem zveze Nato

Koordinatni sistem zveze Nato je ravninski pravokotni koordinatni sistem univerzalne prečne/transverzalne Mercatorjeve (UTM) projekcije meridianskih con na elipsoidu WGS84.

Kartografske projekcije

Enačbe so za vse tri kartografske projekcije enake. Ker je tudi srednji meridian cone v vseh primerih isti (15°), je torej vzrok za različne koordinate v različnih parametrih projekcij ter različnih parametrih referenčnih elipsoidov in njihovih položajih ter orientacijah (torej v različnih geodetskih datumih).

Širina cone za določitev optimalnega modula stare in nove državne kartografske projekcije – ta je 0,9999 – je 3° . Tako določeni modul zagotavlja, da dolžinske deformacije ne presegajo ± 10 cm/km. Ker je zunaj tako določene cone zelo majhen del državnega ozemlja na skrajnem vzhodu in zahodu države ter deformacije dolžin tudi na teh območjih ne presežejo dopustne vrednosti (Peterca, 1993), je bila cona naknadno razširjena na $3^\circ 15'$; znotraj tako razširjene cone leži celotno ozemlje Slovenije. Ob tej razširitvi je bil opuščen tako imenovani Baumgartnerjev zapis koordinat – pred koordinatami se je pisala še številka cone, zato so bile vse koordinate točk sedemmestne. Ta način zapisa pa se še vedno uporablja v podatkovnih zbirkah Ministrstva za obrambo.

Modul merila je namenjen zmanjšanju dolžinskih deformacij na robovih meridianske cone in njihovi enakomernejši porazdelitvi. Ker je cona UTM široka 6° , je temu ustrezno prilagojen modul merila – ta je 0,9996.

Parametri vseh treh v Sloveniji uporabljanih kartografskih projekcij so podani v preglednici 2.

Preglednica 2: Parametri kartografskih projekcij (Hofmann Wellenhof in sod., 1994; GURS, 2008a)

PROJEKCIJA		Gauß-Krügerjeva	Prečna Mercatorjeva	Prečna Mercatorjeva
oznaka kartografske projekcije		GK	TM	UTM
vrsta kartografske projekcije		konformna prečna valjna	konformna prečna valjna	konformna prečna valjna
številka cone (angl. zone number)		5	5	33T
širina cone (angl. zone width)	w	3° 15'	3° 15'	6°
elipsoidna dolžina srednjega meridiana cone (angl. longitude of central meridian)	l_o	15°	15°	15°
elipsoidna širina izhodiščne paralele (angl. latitude of projection origin)	j_o	0°	0°	0°
linijsko merilo na srednjem meridianu (angl. scale factor at central meridian)	m_o	0,9999	0,9999	0,9996
navidezni pomik proti severu (angl. false northing)	f_x	−5000000 m	−5000000 m	0 m
navidezni pomik proti vzhodu (angl. false easting)	f_y	500000 m	500000 m	500000 m

Pravokotni koordinatni sistemi

Za oznake koordinatnih osi se v Sloveniji navadno uporabljajo male črke (y in x ter e in n). Za oznake koordinatnih osi sistema UTM sta uveljavljeni veliki tiskani črki (E in N), kar je upoštevano tudi v tem prispevku.

Ravninski pravokotni koordinatni sistem zveze Nato se imenuje UTM (Universal Transverse Mercator). Sistem UTM je leta 1947 za kartiranje sveta uvedla ameriška vojska (US Army Map Service) in je postal standard za vojaške karte Nata.

Sistem vključuje prečno Mercatorjevo (Transverse Mercator) projekcijo šeststopinjskih meridianskih con za območja med 84°S in 80°N in polarno stereografsko (Polar Stereographic) projekcijo za polarne predele. Zemlja je razdeljena na 60 meridianskih con širine 6°. Srednji meridian prve cone je 177° zahodno od Greenwicha, cone se v smeri proti vzhodu označujejo s številkami od 1 do 60. Poleg delitve po meridianih je površje Zemlje razdeljeno tudi v smeri paralel na pasove širine 8°, označene s črkami. Tako je površje Zemlje razdeljeno na cone velikosti 6° krat 8° (Grid Zone Designation). Slovenija leži v coni 33T, katere srednji meridian je 15° vzhodno od Greenwicha, in je omejena z meridianoma 12° in 18° ter paralelama 40° in 48°.

Lastnosti vseh treh v Sloveniji uporabljenih pravokotnih koordinatnih sistemov so podane v preglednici 3.

Preglednica 3: Lastnosti pravokotnih koordinatnih sistemov

PRAVOKOTNI K. S.	D48/GK	D96/TM	WGS84/UTM
izhodišče koordinatnega sistema	presečišče projekcije srednjega meridiana cone in ekvatorja	presečišče projekcije srednjega meridiana cone in ekvatorja	presečišče projekcije srednjega meridiana cone in ekvatorja
vodoravna os	projekcija ekvatorja, usmerjena proti vzhodu	projekcija ekvatorja, usmerjena proti vzhodu	projekcija ekvatorja, usmerjena proti vzhodu
navpična os	projekcija srednjega meridiana cone, usmerjena proti severu	projekcija srednjega meridiana cone, usmerjena proti severu	projekcija srednjega meridiana cone, usmerjena proti severu
oznaka vodoravne osi	y	e	E
oznaka navpične osi	x	n	N
izhodiščna smer	smer navpične osi	smer navpične osi	smer navpične osi
izhodiščni meridian za merjenje smernih kotov	srednji meridian cone	srednji meridian cone	srednji meridian cone
enota za merjenje kotov	[°]	[°]	[°]
enota za merjenje ravninskih razdalj	[m]	[m]	[m]

3.3 Višinski referenčni sistemi

Stari državni višinski referenčni sistem

Višinski referenčni sistem v Sloveniji temelji na normalnih ortometričnih višinah. Realiziran je z nivelmansko mrežo visoke natančnosti. V sedanjem višinskem sistemu je kot višinski geodetski datum v rabi datum Trst. Realiziran je bil s sovpadanjem višinske referenčne ploskve in srednjega nivoja morja, kot je bil določen leta 1875 na podlagi enoletnih mareografskih opazovanj na pomolu Sartorio v Trstu.

Novi državni višinski referenčni sistem

Novi slovenski višinski referenčni sistem še ni vzpostavljen. Najverjetneje bo novi državni višinski sistem Slovenije višinski sistem v težnostnem polju Zemlje, ki bo del skupnega evropskega višinskega sistema EVRS, katerega težnostni potencial na višinski referenčni ploskvi je enak težnostnemu potencialu referenčnega elipsoida GRS80.

Višinski referenčni sistem zveze Nato

Višinski referenčni sistem je v sistemu zveze Nato ločen od horizontalnega koordinatnega sistema, vendar lahko temelji tudi na elipsoidnih višinah. Ničelna nivojska ploskev je lahko:

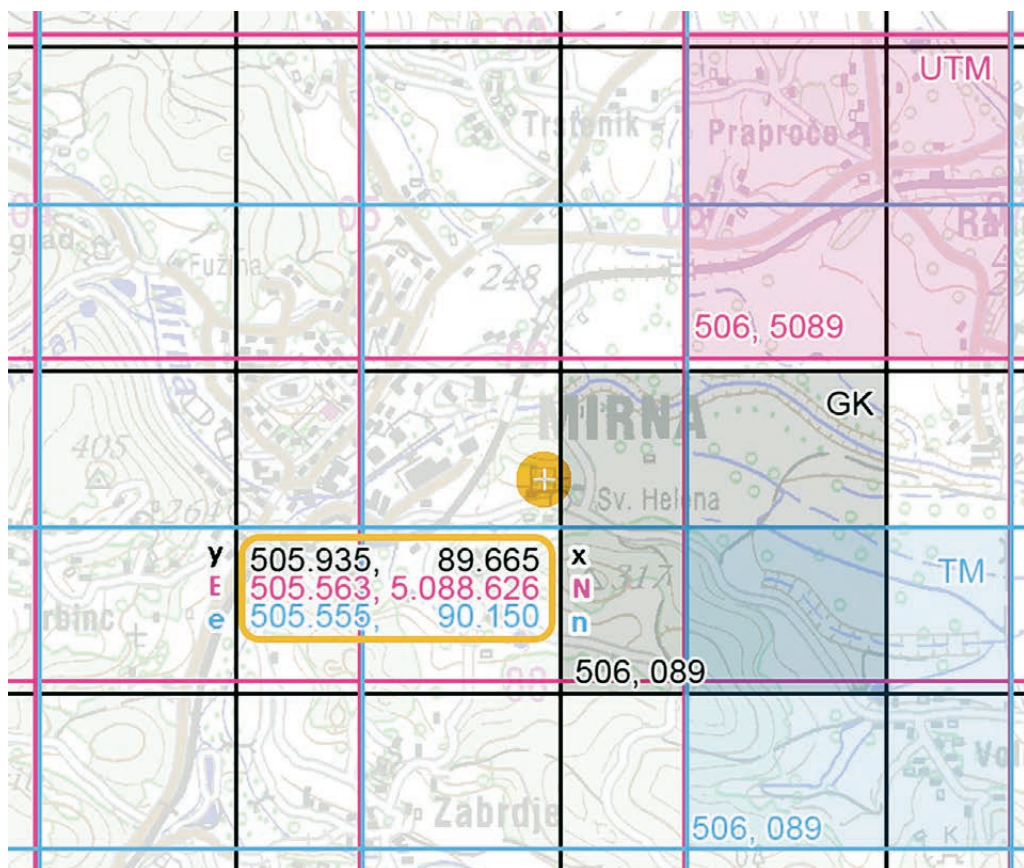
- elipsoid WGS84,
- geoid EGM96, ki sovпада s srednjim nivojem svetovnih morij v mejah ± 1 m.

Poleg globalnih višinskih datumov dovoljuje Nato tudi uporabo lokalnih višinskih datumov, katerih osnova je ničelna nivojska ploskev, ki jo definira lokalno določen srednji nivo morja.

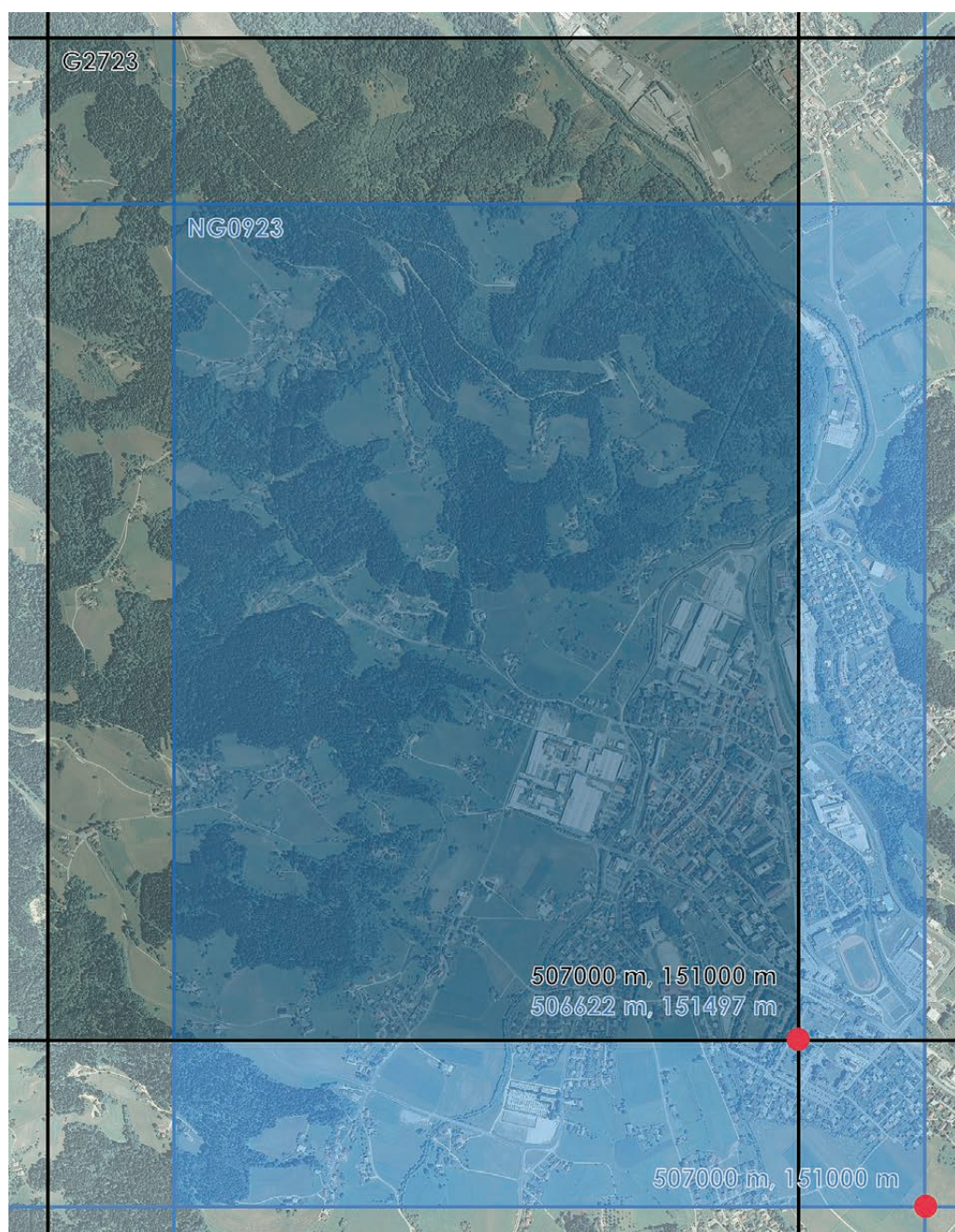
4 POSLEDICE ZAMENJAVE DRŽAVNEGA PROSTORSKEGA REFERENČNEGA SISTEMA

Prehod na novi državni prostorski referenčni sistem bodo uporabniki prostorskih podatkov občutili predvsem zaradi naslednjih sprememb:

- karte večjih meril, ki pokrivajo celotno ozemlje države, so razdeljene na liste. Razdelitev na liste je navadno vezana na okrogle vrednosti elipsoidnih ali pravokotnih koordinat koordinatnega sistema karte. Za ohranitev okrogle vrednosti koordinat okvirov listov (za DTK 5 in zbirko DOF, ki ima isto razdelitev) je bilo treba uvesti **ново razdelitev na liste**;
- s spremembo razdelitev na liste kart večjih meril so bile popravljene in prilagojene tudi oznake listov v teh razdelitvah;
- spremenil se je **položaj pravokotnih in krivočrtnih mrež** na kartah (glede na vsebino);
- zaradi novega višinskega sistema se bodo **spremenile višine vseh točk** v prostoru, zaradi česar bo treba ponovno izrisati plastnice;
- v vmesnem obdobju prihaja do težav pri združevanju podatkov v različnih koordinatnih referenčnih sistemih, kar otežuje njihovo hkratno uporabo (nujna je transformacija).



Slika 2: Koordinate iste točke v treh različnih koordinatnih sistemih



Slika 3: List ortofota po stari in novi razdelitvi na liste (črna = GK, modra = TM) pokriva različni območji v prostoru.

5 TRANSFORMACIJE MED REFERENČNIMI SISTEMI

Tako kot smo ločili koordinatne in višinske referenčne sisteme, bomo tudi transformacije med njimi obravnavali ločeno.

5.1 Transformacije koordinat

Pri transformacijah med koordinatnimi referenčnimi sistemi (D48/GK, D96/TM in WGS84/UTM) imamo navadno opravka z datumskimi transformacijami. Ključni korak matematično stroge datumske transformacije med dvema koordinatnima referenčnima sistemoma je 7-parametrična prostorska podobnostna transformacija. Prehod med D48/GK in D96/TM oziroma D96/UTM prikazuje shema 1:

Shema 1: Strogi prehod med D48/GK in D96/TM oziroma D96/UTM

D48/GK (y, x, h)	
demodulacija in demodifikacija ↓	↑ modulacija in modifikacija
nemoduliran in nemodificiran D48/GK ($\bar{y}, \bar{x}, h$)	
pretvorba 2R- v elipsoidne koordinate ↓	↑ pretvorba elipsoidnih v 2R-koordinate
D48/elipsoidni (φ, λ, h) – Besslov elipsoid	
pretvorba elipsoidnih v 3R- koordinate ↓	↑ pretvorba 3R- v elipsoidne koordinate
D48/3R-pravokotni (X, Y, Z)	
prostorska podobnostna ↓ transformacija	↑ prostorska podobnostna transformacija
D96/3R-pravokotni (X, Y, Z)	
pretvorba 3R- v elipsoidne koordinate ↓	↑ pretvorba elipsoidnih v 3R- koordinate
D96/elipsoidni (φ, λ, h) – elipsoid GRS80	
pretvorba elipsoidnih v 2R-koordinate ↓	↑ pretvorba 2R- v elipsoidne koordinate
nemoduliran in nemodificiran D96/TM ($\bar{e}, \bar{n}, h$)	
modulacija in modifikacija ↓	↑ demodulacija in demodifikacija
D96/TM (e, n, h) ali D96/UTM (E, N, h)	

Matematični postopki za (de)modulacije, (de)modifikacije ter pretvorbe med elipsoidnimi in ravninskimi (2R) ter elipsoidnimi in prostorskimi (3R) koordinatami so opisani v navedeni literaturi (Borčič, 1976; Peterca, 2001; GURS, 2008a), prav tako za prostorsko podobnostno transformacijo (Hofmann Wellenhof, 1994, str. 47–52; GURS, 2006; Kozmus Trajkovski in Stopar, 2007). Opozoriti je treba, da se žal uporabljajo različni modeli prostorske podobnostne transformacije – razlike so predvsem v interpretaciji elementov rotacijske matrike. Geodetska uprava uporablja konvencijo CFR (Coordinate Frame Rotation; glej tudi GURS, 2006, str. 25).

Če upoštevamo WGS84/UTM $\approx$ D96/UTM, je torej zgornja shema uporabna tudi za transformacijo med starim državnim koordinatnim referenčnim sistemom in koordinatnim referenčnim sistemom zveze Nato; razlikuje se le zadnji korak – drugačna sta parametra modulacije (0,9999 oz. 0,9996) ter navidezni pomik proti severu (–5.000.000 oziroma 0 metrov).

Prehod med novim državnim koordinatnim referenčnim sistemom in koordinatnim referenčnim sistemom zveze Nato je potem še bistveno preprostejši – predpostavimo namreč, da gre za isti geodetski datum.

Prehod med D96/TM in D96/UTM prikazuje shema 2.

Shema 2: Strogi prehod med D96/TM in D96/UTM

D96/TM (e, n, h)
demodulacija in demodifikacija ↓ ↑ modulacija in modifikacija
nemoduliran in nemodificiran D 96/TM ($\bar{e}$, $\bar{n}$, h)
modulacija in modifikacija ↓ ↑ demodulacija in demodifikacija
D96/UTM (E, N, h)

Demodulacijo in demodifikacijo ter nato ponovno modulacijo in modifikacijo koordinat (z drugimi parametri) pa lahko združimo tudi v en sam korak. V tem primeru dobimo neposredni prehod za D96/TM → D96/UTM:

$$E = (e - 500.000) \cdot 0,9996 / 0,9999 + 500.000$$

$$N = (n + 5.000.000) \cdot 0,9996 / 0,9999$$

in neposredni prehod za D96/UTM → D96/TM:

$$e = (E - 500.000) \cdot 0,9999 / 0,9996 + 500.000$$

$$n = N \cdot 0,9999 / 0,9996 - 5.000.000$$

Koordinatni sistem zveze Nato je torej (ob že omenjenem dejstvu: WGS84/UTM $\approx$ D96/UTM) zelo preprosto povezljiv z novim državnim koordinatnim sistemom (D96/TM). V resnici imamo opraviti le z datumsko transformacijo med starim in novim državnim koordinatnim referenčnim sistemom, prehod med slednjim in koordinatnim referenčnim sistemom zveze Nato je tako rekoč trivialen in brez izgube natančnosti.

Žal ima razmeroma preprost model datumske transformacije (shema 1) tudi svoje pomanjkljivosti. Vzrok je nehomogena natančnost starega državnega koordinatnega sistema, ki je posledica objektivnih okoliščin pri njegovi vzpostavitvi; klasične astronomske in geodetske meritve v času izmere so omogočale bistveno slabšo natančnost kot sodobne merske tehnike, na primer GNSS. Posledica je omejena natančnost takega modela. Opisani model zagotavlja za Slovenijo približno metrsko natančnost transformacije (Stopar in Kuhar, 2003).

Skoraj enako raven natančnosti kot z matematično strogim modelom lahko dosežemo tudi z zelo poenostavljenim modelom neposrednega prehoda med D48/GK in D96/TM po shemi:

Shema 3: Poenostavljeni prehod med D48/GK in D96/TM oziroma D96/UTM

D48/GK (y, x, h)
ravninska podobnostna transformacija ↓ ↑ ravninska podobnostna transformacija
D96/TM (e, n, h) ali D96/UTM (E, N, h)

Kadar potrebujemo le transformacijo horizontalnih koordinat, je tak poenostavljen model povsem sprejemljiva rešitev.

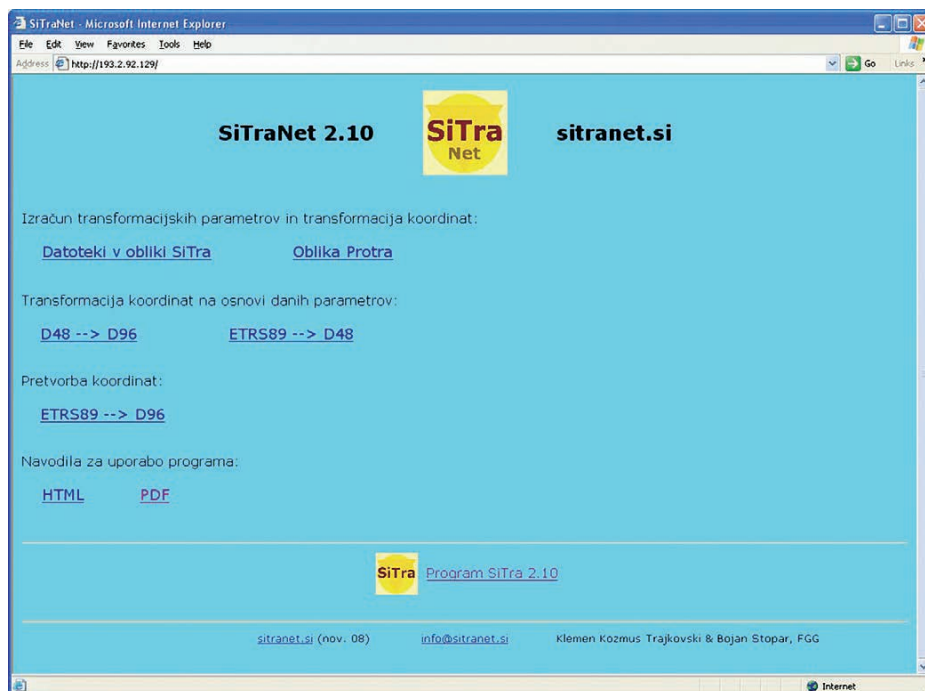
Iz analiz različnih modelov datumskih transformacij za Slovenijo izhajata dve osnovni ravni natančnosti transformacije (Berk in Duhovnik, 2007):

- raven decimetske natančnosti,
- raven metrske natančnosti.

Gre za delitev med zahtevnejšimi uporabniki (geodetska natančnost) in manj zahtevnimi uporabniki (na primer GIS). Največjo natančnost dosežemo s transformacijo, določeno ob uporabi veznih točk v neposredni okolici delovišča. Tak pristop je na primer predpisan za postopke v zemljiškem katastru.

Raven decimetske natančnosti transformacije

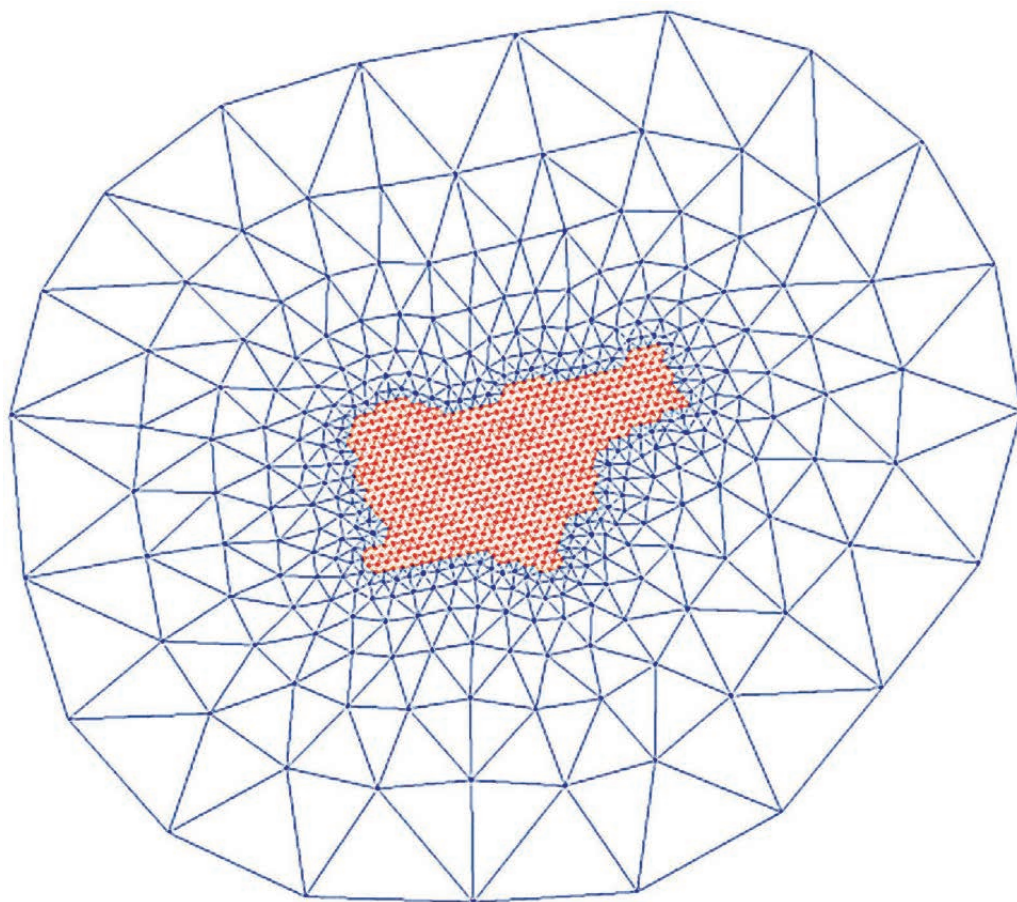
Raven decimetske natančnosti je bila zasnovana kot najnatančnejša raven transformacije, ki bo uporabljena za transformacijo vseh položajno najnatančnejših podatkovnih zbirk Geodetske uprave Republike Slovenije, na primer za podatke zemljiškega katastra in katastra stavb (Berk in Duhovnik, 2007). Raven decimetske natančnosti je z opisanim postopkom (shema 1) dosegljiva na zemljepisno zelo omejenem območju, torej na delovišču premera do nekaj sto metrov. Takšna transformacija se uporablja predvsem pri vzdrževanju zemljiškega katastra (na primer parcelacije) in katastra stavb (vris novogradenj) ter pri izdelavi geodetskih načrtov. Za take transformacije je bil predvsem za geodetska podjetja razvit računalniški program SiTra, za vse druge uporabnike pa je na voljo še SiTraNet – brezplačna spletna različica programa za transformacije (Kozmus Trajkovski in Stopar, 2007; slika 4).



Slika 4: Spletna aplikacija SiTraNet (<http://193.2.92.129/>)

Zaradi že omenjene nehomogene natančnosti starega državnega koordinatnega sistema preprosta podobnostna transformacija (v 2R ali 3R) ni uporabna za prostorske podatkovne zbirke, ki pokrivajo celotno državno ozemlje. V svetu se uporabljajo različni pristopi k datumskim transformacijam, ko so v igri koordinatni sistemi nehomogene natančnosti. Omeniti velja modele, ki temeljijo na ploskvah minimalne ukrivljenosti, kolokaciji po metodi najmanjših kvadratov, polinomskih transformacijah in umetnih nevronske mrežah. V Sloveniji je bil za raven decimetrске natančnosti izbran model, ki temelji na razpačenju (angl. rubber sheeting). Gre za trikotniško zasnovano odsekoma afino ravninsko transformacijo (v nadaljevanju trikotniška transformacija). Podoben model transformacije uporabljajo na Finskem in Švedskem ter v Švici in Veliki Britaniji.

Izbrani model je precej preprost. Vsebina se transformira po trikotnih odsekih, dobljenih z Delaunayjevo triangulacijo (slika 5). Za vsak odsek je uporabljena 6-parametrična ravninska afina transformacija. Takšna transformacija je zvezna in povratna. V zadnji različici (3.0) so uporabljene virtualne vezne točke, za katere so kakovostno določene koordinate v obeh koordinatnih sistemih. Način njihove razporeditve in določitve koordinat zagotavlja visoko natančnost transformacije in hkrati minimizira deformacije (Berk in Komadina, 2010).



Slika 5: Trikotniška transformacija: 899 virtualnih veznih točk in 1776 trikotnih transformacijskih odsekov

Ocenjena natančnost transformacije je 4,2 cm – gre za položajni standardni odklon. Največje zabeleženo položajno odstopanje znaša 18,6 cm. Za oceno so bile uporabljene vse razpoložljive dane točke, neposredno določene tako v D48/GK kot tudi v D96/TM, skupaj okoli 2000 točk.

Raven metrske natančnosti transformacije

Raven metrske natančnosti je za celotno državno ozemlje hkrati dosegljiva z uporabo že omenjenih računalniških programov SiTra in SiTraNet (Kozmus Trajkovski in Stopar, 2007), in sicer z uporabo vnaprej pripravljenih transformacijskih parametrov. Objavljeni so na spletnih straneh Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS, 2008b). Na voljo sta dva para nizov optimalnih državnih transformacijskih parametrov (za prostorsko podobnostno transformacijo):

- z upoštevanjem višin točk,
- brez upoštevanja višin točk (za $h = 0$).

Za omenjene nize transformacijskih parametrov je bilo uporabljenih 420 veznih točk. Niza parametrov brez upoštevanja višin točk dosegata večjo natančnost; standardni odklon koordinat je 14,7 cm, največja koordinatna odstopanja pa dosežejo do 123,8 cm. Niza parametrov z upoštevanjem višin točk dosegata manjšo natančnost transformacije; standardni odklon koordinat je 28,2 cm, največja koordinatna odstopanja pa dosežejo do 125,1 cm (GURS, 2008b). Toda upoštevanje višin veznih točk za določitev transformacijskih parametrov poleg transformacije horizontalnih koordinat ($y, x \leftrightarrow e, n$) omogoča tudi prehod med nadmorskimi in elipsoidnimi višinami ($H \leftrightarrow h_{GRS80}$). Vsekakor pa je za natančnejšo pretvorbo višin priporočljiva uporaba absolutnega modela geoida Slovenije (glej 5.2).

Sledita še oba optimalna niza parametrov za celotno državno ozemlje po poenostavljenem modelu (za ravninsko podobnostno transformacijo):

Transformacija D48/GK → D96/TM

$$e = A_1 + C_1 \cdot y - D_1 \cdot x$$

$$n = B_1 + D_1 \cdot y + C_1 \cdot x$$

Parametri transformacije:

$$A_1 = -378,058$$

$$B_1 = 496,714$$

$$C_1 = 1,000009968$$

$$D_1 = -0,000024729$$

Geometrijski postopek transformacije:

1. povečava s faktorjem = 1,000009968
2. protiurni zasuk = 359,9985832°
3. pomik v smeri y-osi = -378,058 m
pomik v smeri x-osi = 496,714 m
(vse glede na izhodišče koordinatnega sistema)

Transformacija D96/TM → D48/GK

$$y = A_2 + C_2 \cdot e - D_2 \cdot n$$

$$x = B_2 + D_2 \cdot e + C_2 \cdot n$$

Parametri transformacije:

$$A_2 = 378,066$$

$$B_2 = -496,699$$

$$C_2 = 0,999990032$$

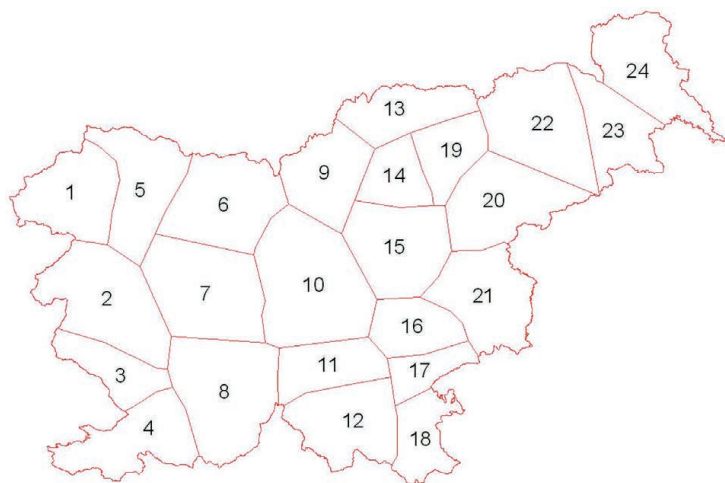
$$D_2 = 0,000024728$$

Geometrijski postopek transformacije:

1. pomanjšava s faktorjem = 0,999990032
2. protiurni zasuk = 0,0014168°
3. pomik v smeri y-osi = 378,066 m
pomik v smeri x-osi = -496,699 m
(vse glede na izhodišče koordinatnega sistema)

Za oba niza transformacijskih parametrov je bilo uporabljenih 479 virtualnih veznih točk trikotniške transformacije, ki tvorijo pravilno trikotniško mrežo (slika 5, rdeče). Standardni odklon koordinat je 29,2 cm, največja koordinatna odstopanja pa dosežejo do 113,1 cm. Mogoč je tudi geometrijski postopek transformacije, ki je zelo preprosto izvedljiv v CAD-sistemih (na primer v AutoCADu z ukazi *scale*, *rotate* in *move*).

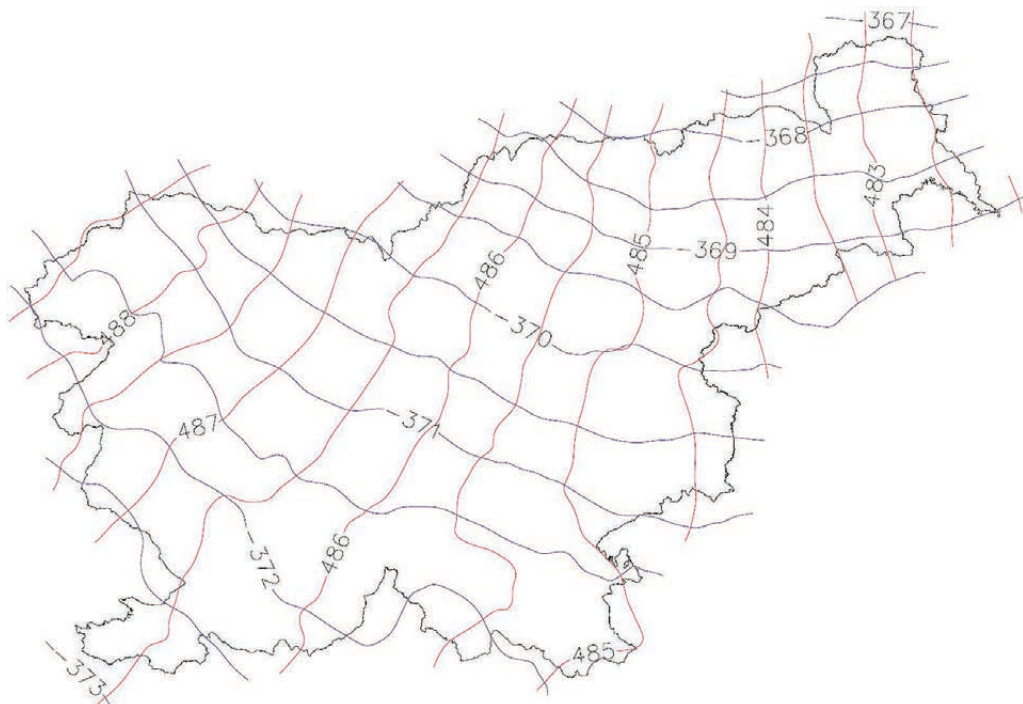
Poleg državnih transformacijskih parametrov so prek omenjenega spletnega naslova (GURS, 2008b) dostopni tudi tako imenovani regionalni transformacijski parametri. Za prostorsko podobnostno transformacijo so določeni optimalni parametri ob razdelitvi države na tri regije in na sedem regij, za ravninsko podobnostno transformacijo pa optimalni parametri ob razdelitvi države na 24 regij (slika 6). Glavna prednost določitve transformacijskih parametrov za manjše zemljepisno območje je večja natančnost, dosežena na tem območju. Po drugi strani pa so odstopanja zunaj tega območja lahko bistveno večja (kot na primer pri državnih parametrih), zato je potrebna pri uporabi regionalnih parametrov še posebna pazljivost – uporabno na primer na območju posamezne občine.



Slika 6: Delitev države na 24 regij za določitev transformacijskih parametrov

Uporaba karte istopomičnic

Zelo preprost praktični postopek transformacije med D48/GK in D96/TM je tudi uporaba karte enakih koordinatnih pomikov med obema sistemoma. Karta je narejena s pomočjo trikotniške transformacije, ki upošteva nehomogeno natančnost starega sistema. S karte lahko za neko lokacijo v Sloveniji oba pomika preprosto odčitamo. V neposredni bližini ta dva pomika potem uporabljamo kar kot konstantni vrednosti (slika 7).



Slika 7: Ploskvi pomikov iz D48/GK v D96/TM; prikazane so črte enakih pomikov, in sicer proti severu (rdeče) in proti vzhodu (modre).

Če uporabimo kar srednji vrednosti obeh koordinatnih pomikov za Slovenijo ($e - y = -370,0$ in $n - x = 385,5$), lahko s takšno (dvoparametrično) transformacijo zagotovimo odstopanja, manjša od 3,5 m.

5.2 Transformacije višin

Pod pojmom transformacije višin bomo tu obravnavali prehod med nadmorskimi in elipsoidnimi višinami, torej med višinami v državnem višinskem sistemu in višinami, ki jih dobimo z GPS-meritvami. Po prehodu na nov državni višinski sistem (glej Koler in sod., 2007) bosta seveda nujni tudi datumsko transformacija višin in pretvorba tipa višin (iz normalnih ortometričnih v normalne višine).

Prostorska podobnostna transformacija

Prva možnost transformacije je že bila opisana v okviru modela prostorske podobnostne transformacije z upoštevanjem višin (glej 5.1.2). Tak postopek je primeren za manjša območja in če na takem območju ugotovimo slabo kakovost geoida.

Uporaba absolutnega modela geoida

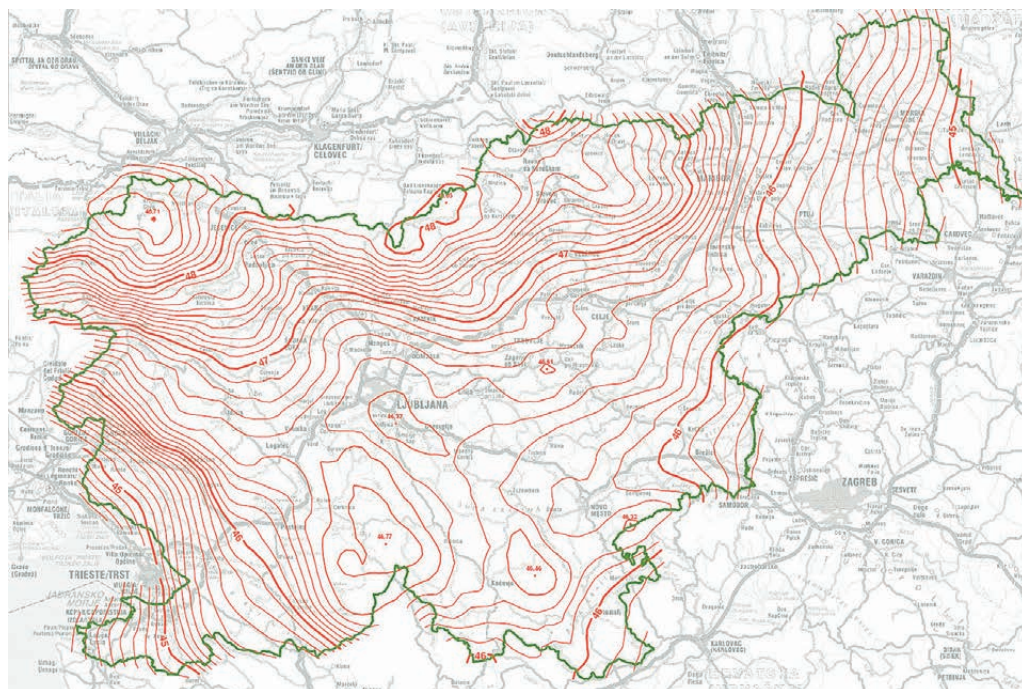
V splošnem nadmorsko višino (H) izračunamo kot razliko elipsoidne višine (h) in geoidne višine (N) v izbrani točki (GURS, 2010):

$$H = h - N.$$

V tej zelo preprosti enačbi moramo seveda poznati N. Poznati N za vsako točko pa pomeni imeti model ploskve geoida. Če se h nanaša na elipsoid GRS80, je to absolutni model geoida. Ta je na voljo na Geodetski upravi Republike Slovenije (slika 8). Natančnost absolutnega modela geoida Slovenije je zelo različna – od nekaj cm do nekaj dm, zato se že pripravlja nov, kakovostnejši model.

Uporaba karte geoidnih višin

Analogija uporabe karte istopomičnic med koordinatnima referenčnima sistemoma je uporaba karte geoidnih višin. S karte lahko za neko lokacijo v Sloveniji preprosto odčitamo razliko med nadmorsko in elipsoidno višino. V neposredni bližini to razliko potem uporabljamo kar kot konstantno vrednost (slika 8).



Slika 8: Ploskev absolutnega modela geoida; prikazane so črte enakih geoidnih višin.

Razpon geoidnih višin je med 44 in 49 metri. Če uporabimo kar srednjo vrednost geoidne višine za Slovenijo ($N = 46,5$), lahko s tako pretvorbo zagotovimo odstopanja, manjša od 2,5 m.

6 SKLEP

V Sloveniji je bil v zadnjih letih vzpostavljen sodoben koordinatni referenčni sistem, v prihodnjih letih pa nas čaka še vzpostavitev novega višinskega referenčnega sistema.

Večina uporabnikov prostorskih podatkov se je s pojmom koordinatnega sistema srečala šele ob začetku uvajanja novega. Dokler je bil koordinatni sistem en sam, ni bilo potrebe, da bi se zanimali zanj. Z začetkom uporabe novega državnega koordinatnega referenčnega sistema ter Natovega koordinatnega referenčnega sistema pa je njihovo poznavanje postalo pomembno. Za prostorske podatkovne zbirke je postal ključni podatek o tem, kako so georeferencirane (ključni metapodatek).

Za združevanje podatkov, georeferenciranih v različnih koordinatnih sistemih, je pomembno, da jih spravimo na isti imenovalec. Prehode med različnimi koordinatnimi referenčnimi sistemi omogočajo različni modeli datumskih transformacij. Izbira optimalnega modela transformacije je odvisna predvsem od zahtevane natančnosti in velikosti območja, za katero želimo transformacijo opraviti. V primerjavi z geodetsko natančnostjo je metrsko natančnost transformacij med starim in novim državnim koordinatnim referenčnim sistemom ter Natovim koordinatnim referenčnim sistemom mogoče zagotoviti zelo preprosto.

7 LITERATURA

- Berk, S., in Duhovnik, M., 2007. Transformacija podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije v novi državni koordinatni sistem. *Geodetski vestnik*. 51-4, str. 803–826.
- Berk, S., in Komadina, Ž., 2010. Trikotniško zasnovana transformacija med starim in novim državnim koordinatnim sistemom Slovenije. V D. Perko in M. Zorn (ur.): *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010*. Ljubljana, 28. september 2010. GIS v Sloveniji, št. 10, str. 291–299. Ljubljana: Založba ZRC.
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanović, M., Radovan, D. in Stopar, B., 2003. Kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. *Geodetski vestnik*. 47-4, str. 414–422.
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanović, M., Radovan, D., in Stopar, B., 2004. The Recomputation of the EUREF GPS Campaigns in Slovenia. V J. A. Torres in H. Hornik (ur.): *Symposium of the IAG Subcommission for Europe – EUREF*. Toledo, Španija, 4.–7. junij 2003. Reports of the EUREF Technical Working Group – TWG, št. 13; *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, zv. 33, str. 132–149. Frankfurt na Majni: Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie.
- Borčić, B., 1976. *Gauss-Krügerova projekcija meridijanskih zona*. Zagreb: Geodetski fakultet.
- Hofmann Wellenhof, B., Kienast, G., in Lichtenegger, H., 1994. *GPS in der Praxis*. Dunaj: Springer-Verlag.
- Koler, B., Medved, K., in Kuhar, M., 2007. Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. *Geodetski vestnik*. 51-4, str. 777–792.
- Kozmus Trajkovski, K., in Stopar, B., 2007. Spletna aplikacija SiTraNet. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <http://193.2.92.129/>, 15. 03. 2011.
- Peterca, M., 1993. Državni sistem ravninskih pravokotnih koordinat. *Geodetski vestnik*, 37-2, str. 89–94.

- Peterca, M., 2001. *Matematična kartografija – kartografske projekcije*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Stopar, B., 2007. Vzpostavitev ESRS v Sloveniji. *Geodetski vestnik*. 51-4, str. 763–776.
- Stopar, B., in Kuhar, M., 2003. A study of distortions of the primary triangulation network of Slovenia. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*. 38-1, str. 43–52.
- GURS, 2006. Navodilo za izvajanje izmere z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov v državnem koordinatnem sistemu. Različica 2.0. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.
http://e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Horiz_koord_sistem_D96/Navodila/Navodilo_za_GNSS-izmero-v2.pdf, 15. 3. 2011.
- GURS, 2008a. Stari in novi državni horizontalni koordinatni sistem ter stara in nova državna kartografska projekcija. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.
http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/Nova_drz_karto_projekcija.doc, 15. 3. 2011.
- GURS, 2008b. Transformacijski parametri. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.
<http://e-prostor.gov.si/index.php?id=395>, 15. 3. 2011.
- GURS, 2010. Navodilo za določanje višin z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov. Različica 2.0. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.
http://e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2010p/Navodilo_za_GNSS-visinomerstvo_r2.pdf, 15. 3. 2011.

O AVTORJIH

Primož Kete, univ. dipl. inž. geod., je zaposlen na Geodetskem inštitutu Slovenije, kjer vodi področje kartografije in topografije. Opravi je tudi specializacijo s področja hidrografije. Že od začetka sodeluje pri postavitvi in vzdrževanju državnega topografsko-kartografskega sistema ter pri njegovem prilagajanju in nadgrajevanju za Ministrstvo za obrambo. Na Geodetskem inštitutu Slovenije vodi tudi razvoj in izdelavo vseh posebnih kartografskih izdelkov za Ministrstvo za obrambo in Slovensko vojsko.

Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod., je zaposlen na Geodetskem inštitutu Slovenije, kjer vodi področje geodezije. Je soavtor kombiniranega izračuna kampanj EUREF GPS, katerega rezultat je slovenska realizacija ETRS89. Sodeloval je pri načrtovanju in postavitvi državnega omrežja stalnih GNSS-postaj – SIGNAL, ki v realnem času omogoča navezavo na novi državni koordinatni referenčni sistem. Je tudi član Komisije za državni geodetski sistem pri Ministrstvu za infrastrukturo in prostor.

ABOUT THE AUTHORS

Primož Kete a graduate of geodesy, is employed at the Geodetic Institute of Slovenia, where he is responsible for the field of cartography and topography. He also has a specialization in hydrography. He participated in the establishing

and maintaining of the state topographic and cartographic system, as well as in its adaptation and upgrading for the requirements of the MoD. At the Geodetic Institute, he is also responsible for the development and production of all special cartographic products for the Ministry of Defence and the Slovenian Armed Forces.

Sandi Berk a graduate of geodesy, is employed at the Geodetic Institute of Slovenia, where he is responsible for the field of geodesy. He is the co-author of the combined solution of the EUREF GPS campaigns, which resulted in the realization of the ETRS89 in Slovenia. He participated in the planning and establishment of the national permanent GNSS network and positioning service (SIGNAL), which enables the real-time access to the new national coordinate reference system. He is member of the National Geodetic Commission at the Ministry of Infrastructure and Spatial Planning.

Mednarodna pogodba o odprtih zračnih prostorih Treaty on Open Skies - OS

Janez Čerin

Povzetek Pomemben prispevek h krepitvi večjega zaupanja med državami, ki so bile nasprotnice v obdobju hladne vojne, je bil dosežen leta 1992 z mednarodno pogodbo o odprtih zračnih prostorih (Open Skies Treaty – Mednarodna pogodba o odprtih zračnih prostorih – MPOZP) v Helsinkih. Ta, do takrat enkratni prikaz odprtosti je omogočil nekdanjim vojaškim nasprotnikom legalno vzajemno izvedbo opazovanj ozemlja vseh držav podpisnic pogodbe iz zraka. Slovenija je MPOZP ratificirala z zakonom o ratifikaciji leta 2004 in je od takrat polnopravna članica.

Osnovni cilj MPOZP je medsebojno odpiranje celotnega zračnega prostora držav podpisnic, od Vladivostoka do Vancouvra, kar praktično pomeni skoraj celotno severno poloblo, z namenom opazovanja in snemanja ozemlja ob uporabi opazovalnega letala, na katerem sta med snemanjem tako skupina države opazovalke kot spremljevalna skupina države opazovanke. Cilj opazovalnih poletov je omogočanje pridobitev objektivnih informacij o vojaških aktivnostih in razmestitvah sil določene države članice, posneto gradivo pa je skladno z določili pogodbe dostopno vsem preostalim zainteresiranim državam članicam.

Dejstvo, da je mogoče preleteti celotno ozemlje države članice z minimalnimi omejitvami in pri tem posneti objekte na površini brez prepovedanih območij in smeri leta, dovolj ponazarja duha pogodbe. V primerjavi s snemanjem s sateliti ali izvidniškimi letali, ki vedno snemajo ozemlja držav brez njihove odobritve, imajo opazovalni leti skladno z MPOZP popolnoma drugačen smisel, ozadje in način izvedbe.

Pridobljene posnetke pa je mogoče uporabljati tudi v druge namene.

Ključne besede Pravni dokument, preglednost, predvidljivost, razumljivost, misija, Verifikacijski center Slovenske vojske, Mednarodna pogodba o odprtih zračnih prostorih.

Abstract A significant contribution to the strengthening of confidence between the former adversaries of the Cold War was made by the *Open Skies Treaty*, signed in Helsinki, in 1992. This unique display of openness allowed former military

adversaries to legally carry out mutual aerial observations of the territory of all signatory states to the contract. Slovenia ratified this treaty in 2004 and has been a full member ever since.

The primary objective of the Open Skies Treaty is to open the entire air space of the signatory states, that is from Vladivostok to Vancouver, which practically means almost the entire northern hemisphere, with the purpose of observing and recording the territory by using observation aircraft. These flights are carried out by teams from both the observation state and the observed state. Such observation flights enable the archiving of the military activities and force deployments of member states. Furthermore, the recorded material is accessible, in accordance with the Treaty's provisions, to any member state.

The fact that it is possible to overfly the territory of a member state with minimal restrictions and to record facilities on the surface sufficiently illustrates the spirit of the treaty. In comparison with satellite recording or reconnaissance planes, which are covert, observation flights in accordance with the *Open Skies Treaty* have a completely different meaning, background and method of execution.

Acquired images can be used also for other purposes.

Key words Legal document, transparency, predictability, clarity, mission, SAF Verification Centre, Open Skies Treaty.

1 ZGODOVINSKI ORIS NASTANKA SPORAZUMA ODPRTO NEBO

Z opredelitvijo temeljnih načel Konference o varnosti in sodelovanju Evrope, Helsinki 1975 (KVSE), so se države članice zavezale, da se bodo vzdrževale uporabe sile in grožnje ter represivnih dejanj proti ozemeljski nedotakljivosti in politični neodvisnosti drugih držav.

Na pariškem vrhu 21. novembra 1990 je bil postavljen temelj nove evropske varnostne ureditve. Odpravljena je bila nekdanja deljenost Evrope, na kateri je grajen prvi helsinški proces. Podpisani dokumenti so odprli nove poti evropskega sodelovanja, demokratizacije, nevarnost meddržavne vojne pa odrinili na obrobje. V Parizu je bil postavljen nov model evropske varnosti, grajen na ravnovesju interesov, skupni kolektivni odgovornosti ter krepitvi zaupanja in sodelovanja.

Mednarodna pogodba o odprtih zračnih prostorih (v nadaljevanju MPOZP) je bila podpisana v Helsinkih 24. marca 1992, po koncu dolgotrajnih pogajanj. Pogodbo je podpisalo 24 držav. Leta 2001 sta jo kot zadnji ratificirali Belorusija in Rusija. Prvoten namen oblikovanja Mednarodne pogodbe o odprtih zračnih prostorih je bilo povečati zaupanje med obema vojaškima zvezama. Zamisel je bila prvič predstavljena leta 1989, prvi dve fazi pogajanj pa sta bili izvedeni v Ottavi in Budimpešti. K pogodbi so pristopile vse članice Nata, vse nekdanje evropske članice varšavske zveze, od držav nekdanje ZSSR pa, čeprav se ji lahko pridružijo vse novonastale države

skupnosti neodvisnih držav, le Ruska federacija, Belorusija in Ukrajina. To pravico sta pozneje izrabili Gruzija in Kirgizija, tako da je zdaj 27 držav članic. Proces ratifikacije MPOZP pri vseh državah članicah je potekal devet let in pol. Zadrževali sta ga Ruska federacija in Belorusija, ker sta ga povezovali z reševanjem nekaterih globalnih varnostnih vprašanj. Kljub temu so države na podlagi začnih kvot MPOZP kot začasno veljavno izvajale.

Glavni cilj MPOZP je medsebojno odpiranje celotnega zračnega prostora držav podpisnic od Vladivostoka do Vancouvra, kar praktično pomeni skoraj celotno severno poloblo, z namenom opazovanja in snemanja ozemlja ob uporabi opazovalnega letala, na katerem sta med snemanjem tako opazovalna kot spremljevalna ekipa države opazovanke. Opazovalni leti so praktična nadgradnja ukrepov vzpostavljanja zaupanja, stabilnosti in miru med državami podpisnicami. S pogodbo je mogoče preventivno delovati pri preprečevanju konfliktov in umirjanju kriznih situacij. MPOZP ni nekakšen nov sporazum o nadzoru oboroževanja, saj ne določa meja in zato nima posebnih verifikacijskih mehanizmov. Tako je namen opazovalnih letov omogočanje objektivnih informacij o vojaških aktivnostih in razmestitvah sil neke države članice vsem drugim državam članicam. Tako se s preverjenimi informacijami odpravlja možnost napačnega razumevanja oziroma sprejemanja zaključkov o naravi vojaških aktivnosti in razporedu enot, kar na koncu omogoča sprejemanje ustreznih ukrepov za preprečevanje presenečenj ob pripravah na agresijo.

Dejstvo, da je mogoče preleteti celotno ozemlje države članice z minimalnimi omejitvami in pri tem posneti objekte na površini brez prepovedanih območij in smeri leta, v zadostni meri ponazarja duh sporazuma. V primerjavi s snemanjem s sateliti ali izvidniškimi letali, ki vedno snemajo ozemlja držav brez njihove odobritve, imajo opazovalni leti skladno z MPOZP popolnoma drug pomen, ozadje in način realizacije.

Razširitev sedanjega režima omogoča uporabo MPOZP tudi v primerih opazovanja elementarnih nesreč (poplave, posledice potresov itn.), pa tudi v ekoloških incidentih oziroma katastrofah, kar je že predvideno v preambuli MPOZP. Takšni opazovalni preleti so bili prvič uporabljeni v Zvezni republiki Nemčiji leta 1997 ob poplavi Odre in leta 1998 v ZDA pri ocenjevanju razsežnosti škode, ki jo je povzročil hurikan Mitch v Srednji Ameriki.

MPOZP začne veljati 60 dni po shranitvi 20 ratifikacijskih listin, vključno z listinami obeh depozitarjev (Kanada in Madžarska) ter listin držav podpisnic, ki jim je bilo dodeljenih več kot 8 kvot (ZDA, RF, Belorusija, Kanada, Francija, Velika Britanija, Italija, Turčija in Ukrajina). Pristopne in ratifikacijske listine je treba shraniti pri vladi Kanade ali pri vladi Madžarske. Sporazum Odprto nebo je postal mednarodnopravno veljaven 1. januarja 2002.

2 VSEBINA MPOZP

Besedilo pogodbe sestavlja 19 členov in 12 prilog (aneksov), ki podrobno opredeljujejo izvedbo opazovalnih letov. Prva dva člena sta uvodna in posredujeta definicije uporabljenih terminov. Preostali členi razlagajo večino tehničnih in organizacijskih vidikov pogodbe. Ker tudi celotno besedilo pogodbe ne daje odgovorov na vsa vprašanja niti ne definira vseh tehničnih podrobnosti uresničevanja elementov pogodbe, sprejema odločitve, povezane s tem, posvetovalni organ držav članic (Open Skies Consultative Commission – OSCC). Sedež OSCC je na Dunaju. V delovne naloge OSCC spadajo med drugim reševanje težav oziroma nesporazumov med državami članicami, onemogočanje različnega razumevanja in interpretiranja MPOZP, notranja vprašanja sporazuma, na primer razdelitev stroškov, izmenjava poročil itn. Posvetovalni organ

sestavljajo člani vseh držav članic, ki se sestajajo vsake tri mesece. Svoje odločitve sprejema z dogovorom. Posvetovalni organ sestavljajo štiri delovne skupine, ki obravnavajo različno problematiko praktične uvedbe MPOZP, in sicer za:

- senzorje,
- pravila in procedure opazovalnih letov,
- pravna vprašanja,
- komunikacijske povezave in standardizacijo obrazcev MPOZP.

Navodilo za uporabo senzorjev (The Sensor Guidance) je dodatni dokument, ki podrobno opredeljuje problematiko senzorjev, certifikacijske postopke za letalo za izvajanje MPOZP, senzorje in kalibracijske tarče ter pogoje, ki jih je treba izpolniti v procesu razvijanja in obdelave različnih končnih produktov opazovalnega leta.

Države članice lahko z medsebojnimi sporazumi oblikujejo skupino držav, ki v izvajanju MPOZP nastopajo kot ena. Tako se omogoča transfer aktivnih kvot med državami v skupini, skupna izvajanja opazovalnih letov in delitev stroškov.

Tri glavne skupine držav so:

1. Beneluks (Belgija, Nizozemska in Luksemburg),
2. Rusija, Belorusija,
3. Zahodnoevropska unija (Belgija, Francija, ZRN, Grčija, Italija, Luksemburg, Nizozemska, Portugalska, Španija in Velika Britanija). Republika Slovenija je pri izvedbi aktivnih kvot do zdaj sodelovala z Veliko Britanijo.

Oblika formiranja teh skupin je različna in temelji na posameznih določilih MPOZP. Države Beneluksa so skupaj pristopile k pogajanju in podpisu MPOZP, zato je njihova skupina v okviru izvajanja MPOZP določena v členu XIV. Druge skupine so oblikovane na podlagi člena III, ki omogoča združevanje držav podpisnic na podlagi političnih odločil njihovih vodstev in medsebojnega sporazuma. Razdelitev aktivnih kvot se lahko prenaša med državami v skupini. Podobno je tudi pri pasivnih kvotah. Zahodnoevropska skupina je nastala zgolj zaradi izvedbe pasivnih opazovalnih letov, ki se izvajajo kot ena naloga hkrati iznad ozemlja večjih držav članic skupine.

2.1 Možnost pristopa

Vsaka država članica Organizacije za varnost in sodelovanje Evrope (OVSE) lahko prijavi svoj pristop MPOZP v 6 mesecih po MPOZP. Država prosilka pošlje noto enemu izmed depozitarjev MPOZP. Država lahko takoj zahteva tudi dodelitev pasivnih in aktivnih kvot. Depozitar mora prejeti noto poslati vsem državam članicam MPOZP. Nota se mora obravnavati na prvem naslednjem rednem sestanku posvetovalne komisije (OSCC). Po šestmesečnem roku pogojev sprejema k MPOZP ne navaja več prosilka, marveč jih določa posvetovalna komisija.

Po šestih mesecih od uveljavitve MPOZP lahko posvetovalna komisija (OVSE) obravnava tudi pristop katere koli države k pogodbi, ki je po sodbi komisije sposobna in željna prispevati k tej pogodbi.

MPOZP vsaka država podpisnica ratificira skladno s svojimi ustavnimi postopki. Za državo, ki je pristopila k MPOZP, začne pogodba pravno veljati 60 dni po shranitvi ratifikacijske listine pri depozitarju. Država, ki je pristopila k pogodbi, ima pravico zahtevati opazovalne prelete nad ozemljem drugih držav članic v okviru pasivne kvote, dodeljene tej državi. Priložiti mora tudi seznam osebja, določenega za izvajanje opazovalnih preletov.

MPOZP ima neomejeno trajanje, čeprav je podana možnost izstopa. Za te primere je postopek definiran v MPOZP.

2.2 Trenutni status izvajanja pogodbe

MPOZP so do leta 2002 izvajale vse države podpisnice v obliki prostovoljnih skupnih poskusnih letov (Joint Trial Flights – JTF) in na podlagi dvostranskih dogovorov. Te skupne poskusne opazovalne misije so omogočale skupno usposabljanje specialistov, izmenjavo izkušenj in spoznavanje z nacionalnimi pristopi pri izvajanju MPOZP, ki so specifični za vsako državo podpisnico. Ob začetku veljavnosti pogodbe se je intenzivirala aktivnost po MPOZP zaradi usposabljanja držav kandidatke, ki so se ali pa se še pripravljajo za pristop (Švedska, Finska, Slovenija, Hrvaška itn.).

Da je pogodba začela veljati, jo je moralo ratificirati najmanj 20 držav in obvezno države, ki imajo določeno pasivno kvoto 8 ali več. Ko sta MPOZP ratificirali še Rusija in Belorusija, sta bila izpolnjena oba pogoja.

Občasno se organizira zbor več držav z njihovimi letali na aktivnostih, znanih kot »In-Flight Data Gathering«¹ ali »Joint Trial Certification«², pri tem pa so k tem aktivnostim povabljene tudi države nepodpisnice (kandidatke), ki se pripravljajo na pristop. Omenjeni aktivnosti imata za cilj pripravo in definiranje certifikacijskih postopkov letal ter senzorjev za čas, ko bo pogodba začela veljati.

2.3 Kvote

Vsak posamezen opazovalni let v skladu s pogodbo se imenuje kvota, ki se dodeljuje vsaki državi podpisnici ali skupini držav. Tako določijo število opazovalnih letov, ki jih mora država podpisnica sprejeti vsako leto. To število se imenuje »pasivna kvota«³, določa pa se glede na velikost posamezne države.

Hkrati ima vsaka država podpisnica pravico, ne pa tudi obvezo, izvesti enako število opazovalnih letov nad ozemljem katere koli druge države podpisnice, kot jo ima država, ki želi izvesti opazovalni let, nad njo. Število opazovalnih letov iznad drugih držav podpisnic se imenuje skupna »aktivna kvota«⁴ oziroma za posamezno državo podpisnico posamezna aktivna kvota. Prva razdelitev kvot za začetno obdobje izvedbe MPOZP je določena, vse naslednje pa se vsako leto določajo v OSCC.

Velikost kvote je različna in se giblje od števila 2 (Portugalska) do 42 za največje države (ZDA, Rusija, Belorusija). Predvideno je, da se v prvih dveh letih po tem, ko sporazum začne veljati, izvede le 75 odstotkov vnaprej predpisanih kvot za posamezne države članice (preglednica 1).

¹ In-Flight Data Gathering – način in postopki zbiranja podatkov v fazi leta.

² Joint Trial Certification – skupno vadbno potrjevanje primernosti standardov opreme in postopkov.

³ Passive Quota – število OS misij, ki jih mora država članica sprejeti v enem letu.

⁴ Active Quota – število OS misij, ki jih lahko država članica izvede nad drugo državo članico.

Preglednica 1: Število pasivnih kvot za države ali skupine držav po MPOZP

DRŽAVA/SKUPINA DRŽAV ČLANIC	PASIVNA KVOTA
Beneluks	6
Bolgarija	4
Češka	4
Danska	6
Francija	12
Grčija	4
Islandija	4
Italija	12
Kanada	12
Madžarska	4
Norveška	7
Zvezna republika Nemčija	12
Poljska	6
Portugalska	2
Romunija	6
Rusija/Belorusija	42
Slovaška	4
Slovenija	4
Španija	4
Turčija	12
Ukrajina	12
Velika Britanija	12
ZDA	42

2.4 Dolžina leta

Za vsako državo podpisnico je določena največja dolžina leta (Maximal Flight Distance), na kateri se lahko izvede opazovalni let. Značilnosti posameznega tipa letala za snemanje iz zraka (predvsem hitrost leta v času snemanja) določajo tudi čas trajanja leta. Dolžina leta se določi za vsako letališče⁵ »Open Skies« posebej. Tako je tudi določena izhodiščna in zaključna točka snemalnega leta, čeprav ni obvezno, da je vzletno letališče tudi pristajalno. Vsaka država podpisnica mora določiti in prijaviti ustrezno število takih letališč, ki omogočajo dostopnost vseh točk v državi. Prav tako je treba prijaviti vhodno-izhodne točke, ki niso nujno tudi letališča »Open Skies« (opomba št. 6). V neposredni bližini vzletno-pristajalne steze morajo biti tako imenovane »kalibracijske tarče« za različne vrste senzorjev. Geografske koordinate kalibracijskih tarč je treba prav tako prijaviti skupaj z vsemi drugimi podatki o letališču »Open Skies«.

⁵ Open Skies Airfield – letališče, ki ga je izbrala država opazovanka kot točko, na kateri se opazovalni let po sporazumu Odprto nebo lahko začne ali konča.

2.5 Vrste in tipi letal za izvajanje sporazuma

Za izvedbo opazovalnih letov se lahko uporabljajo prilagojena neoborožena transportna letala, ki ob tem, da imajo prostor za namestitev snemalne opreme, omogočajo neposredno prisotnost skupinam strokovnjakov obeh strani ter možnih gostov opazovalcev iz drugih držav podpisnic. Skupina strokovnjakov, ki izvaja aktivnost, se imenuje »država opazovalka« (Observing State Party), skupina strokovnjakov države, nad katero se izvaja opazovalni let, pa »država opazovanka« (Observed State Party).

Letalo in v njega vgrajeni senzorji morajo izpolnjevati določene pogoje skladno z MPOZP oziroma morajo biti registrirani pri pooblaščenih uradih države podpisnice MPOZP. S tem namenom se mora opraviti določen postopek certifikacije, na katerem so prisotni predstavniki vseh držav podpisnic. Tehnični podatki o letalu, vgrajeni opremi ter senzorjih se morajo dati na vpogled vsem državam članicam oziroma podpisnicam MPOZP v obliki določenih notifikacij. Certifikacija mora potrditi najavljene parametre letala in senzorjev ter ugotovitev, da odgovarjajo standardom, določenim v sporazumu. Proces ratifikacije običajno traja do dva tedna. V tem času se izvedejo pregledi sredstev na zemlji in se opravijo testiranja senzorjev med letom s ciljem, da se podrobno pregledajo vse komponente senzorjev, ali ustrezajo zahtevam, določenim v sporazumu.

Trenutno se v te namene uporablja več kot osem namenskih letal. Letalo tipa Antonov (An-30, slika 3), ki se običajno uporablja za aerofotografske naloge, je najbolj razširjeno in ga uporablja največ držav podpisnic (Bolgarija, Češka, Slovaška, Romunija, Rusija, Ukrajina). ZDA trenutno uporabljajo letala Boeing OC-135B (slika 1), Velika Britanija pa Andover C Mk 1.



Slika 1: MPZOP letalo ZDA OC 135

Posebno skupino sestavlja deset držav Nata, ki so članice skupine POD (POD Group). Uporabljajo poseben nastavek (cilinder) SAMSON z opremo za snemanje, ki se namesti pod krilo transportnega letala Lockheed C-130 Hercules (slika 2).



Slika 2: G-130 Hercules skupine POD

Poseben nastavek je skupno lastništvo vseh držav, ki so si razdelile stroške nabave, oskrbe in vzdrževanja. Madžarska za te naloge uporablja letalo Antonov An-26, ki poleg tega opravlja transportne storitve. Rusija uporablja za izvajanje nalog po sporazumu letalo Tupoljev Tu-154, enakega, kot je do leta 1997 uporabljala ZRN.



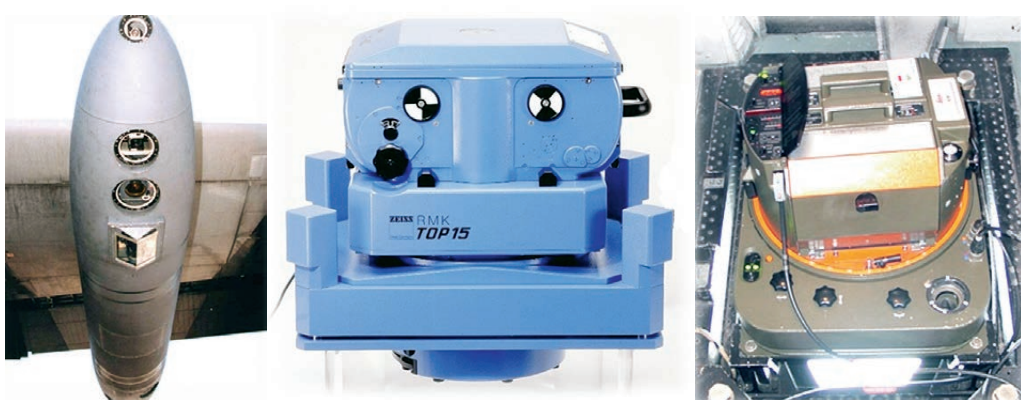
Slika 3: Letalo za MPOZPAN-30B Ruske federacije

Sporazum predvideva možnost uporabe lastnega opazovalnega letala ali letala druge države podpisnice. Na vztrajanje Rusije je omogočena še tako imenovana taksi različica (Taxi Option) v primerih, ko opazovana država da državi opazovalki na razpolago svoje letalo za izvedbo opazovalnega leta. V tem primeru mora imeti letalo vgrajene vse oblike senzorjev, ki so dovoljeni s sporazumom.

2.6 Senzorji in njihova uporaba

MPOZP omejuje vrste in sposobnosti senzorjev, ki se uporabljajo v opazovalnih letih. MPOZP dovoljuje uporabo naslednjih senzorjev:

- OPTIČNE – panoramske in aerofoto kamere z resolucijo 30 cm,
- VIDEO KAMERE – z resolucijo 30 cm,
- INFRARDEČI LINIJSKI SKENERJI (IRLS) – z resolucijo 50 cm,
- RADARJI za bočno opazovanje (Synthetic Aperture Radar-SAR), z največjo resolucijo 300 cm (slika 4).



Slika 4: Senzorji, ki se uporabljajo pri izvajanju misij MPOZP

Število optičnih kamer je omejeno na skupno število 4, od tega eno panoramsko, dve stranski in eno navpično postavljeno kamero. V fazi opazovalnega leta in uporabe optičnih kamer se lahko preklaplja z ene na drugo zaradi omogočanja tako imenovanih stereoskopskih posnetkov. Prepovedana pa je uporaba senzorjev in opreme za pošiljanje posnetih podatkov državi opazovalki, se pravi tisti, ki vrši opazovalni let v skladu z MPOZP v fazi leta, kakor tudi katera koli druga oblika elektronskega delovanja.

Največja resolucija vseh senzorjev je omejena na predpisane vrednosti. Izdelan je celoten mehanizem nadzora, da te vrednosti ne bi prešle definiranih omejitev. Kontrola omenjenih omejitev je prav predmet certifikacijskih postopkov vsakega letala »Open Skies«. Z resolucijo se onemogoča tehnična analiza pridobljenih posnetkov. V prvih treh letih od začetka veljavnosti sporazuma državam opazovankam ni treba sprejeti uporabe IRLS nad svojim ozemljem oziroma se ta sistem za opazovanje lahko uporabi na podlagi predhodnega obojestranskega dogovora. Različne vrste senzorjev omogočajo uporabo v različnih, predvsem meteoroloških razmerah, ko je površina terena prekrita z nizko oblačnostjo, itn.

Z optičnimi senzorji je mogoče:

- prepoznati in razlikovati letala manjših dimenzij, ne pa tudi njihovih modifikacij,
- prebrati črke in številke na krilih letal, ki so večja od 90 cm,
- opaziti oborožitev pod krili letala, ne pa tudi vrste oborožitve.

Z uporabo SAR se na posnetkih lahko:

- identificira letališče,
- potrdi navzočnost ali odsotnost letal,
- potrdi stopnja popolnjenosti voznega parka motornih vozil,
- odkrijejo manjše ladje.

Z uporabo IRLS se na posnetkih lahko:

- vidi toplota vozil v pogonu,
- ugotovijo »hladna« mesta na površinah zgradb in objektov,
- razlikujejo letala, plovila in vozila.

Eden izmed najpomembnejših elementov za vpliv na resolucijo je minimalna višina, ki je odvisna od vrste filma, na katerega se snema, saj je od tega odvisna ločljivost posnetka leta ($H_{\min}$). Natančno določanje minimalne višine je del certifikacijskega postopka za vsak senzor posebej. Metodologija izračunavanja $H_{\min}$ predstavlja še vedno ne dovolj dorečen del sporazuma, saj dve metodologiji določanja $H_{\min}$ predvidene s sporazumom (Sensor Guidance), dajeta različne rezultate.

2.7 Dostop do podatkov

Vse države podpisnice MPOZP imajo dostop do posnetega gradiva, ne glede na to, katera stran je izvedla opazovalni let, in pri tem same plačajo stroške izdelave kopij.

Podatki oziroma filmi opravljenih misij, ki jih je v sodelovanju s partnerskimi državami izvedla Republika Slovenija, se hranijo v verifikacijskem centru Slovenske vojske.

Opazovalni leti, izvedeni v okviru sporazuma, pomenijo nadgradnjo drugih sporazumov na področju nadzora oborožitve. Namen opazovalnih letov je poleg izvajanja nadzorne funkcije tudi spodbujanje odprtosti, medsebojnega zaupanja in sodelovanja držav podpisnic MPOZP.

3 MPOZP IN REPUBLIKA SLOVENIJA

3.1 Dosedanje aktivnosti

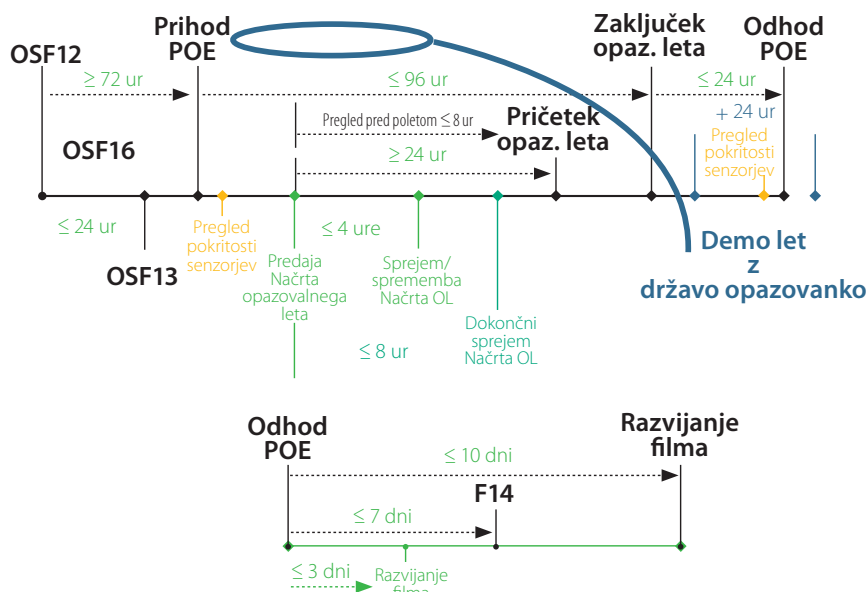
Republika Slovenija je ratificirala MPOZP leta 2004 (Ukaz o razglasitvi zakona o ratifikaciji pogodbe o odprtih zračnih prostorih – Uradni list RS št. 65/2004 z dne 15. 6. 2004). Z ustanovitvijo Verifikacijskega centra Slovenske vojske (VERC SV) leta 1999 so se začele prve aktivnosti po določilih sporazuma s tem, da smo na podlagi dvostranskega sporazuma s Češko poslali enega častnika SV, ki je kot opazovalec v češki ekipi OS sodeloval na opazovalni misiji OS, ki so jo izvajale ZDA nad Češko. To je bil prvi korak pri spoznavanju sporazuma in njegovega izvajanja v praksi. Že istega leta smo v VERC SV na podlagi prostovoljnega pristanka pritegnili k sodelovanju še druge častnike SV, predvsem iz takratnega 1. OPP

VLZO, 15. BRVL in 16. BNZP⁶. Tako smo sestavili manjšo skupino častnikov SV, ki se je začela takoj pripravljati za izvedbo skupnega usposabljanja z Veliko Britanijo oziroma njihovim verifikacijskim centrom (JACIG). Od 25. do 29. 10. 1999 je bila na podlagi medsebojnega sporazuma izvedena vadbena misija Slovenije nad Veliko Britanijo in od 22. do 26. 11. 1999 vadbena misija Velike Britanije nad Slovenijo. To so bili za Slovenijo prvi koraki njegove praktične izvedbe.

V sodelovanju z drugimi verifikacijskimi centri smo nadaljevali praktična usposabljanja naših častnikov. Na podlagi uradnih vabil različnih verifikacijskih centrov smo pošiljali na vadbene misije naše častnike kot opazovalce. Tako smo se udeležili misij v Italiji, Nemčiji in Franciji.

Leta 2000 smo v sodelovanju z DTRA in na podlagi skupnega dvostranskega sporazuma izvedli dve misiji po MPOZP, ki sta imeli za cilj praktično usposobiti skupino za samostojno izvajanje aktivnosti po določilih sporazuma, ne glede na to, ali v aktivni ali pasivni vlogi, ter se seznaniti s potekom procesiranja posnetega gradiva (filmov). Tako smo od 17. do 27. 3. 2000 izvedli vadbena misijo nad ZDA in od 7. do 12. 8. 2000 sprejeli misijo ZDA v Sloveniji. Usposabljanje, tako z Veliko Britanijo kot z ZDA, je bilo zelo koristno, pri tem pa smo spoznali organizacijske in tehnične značilnosti misij po MPOZP (slika 5).

Leta 2000 smo prav tako nadaljevali aktivno vključevanje naših častnikov kot opazovalcev na misije po MPOZP drugih držav (Madžarska, Češka itn.) ter tako najceneje pridobivali teoretične in praktične izkušnje. Na podlagi potrjenega dvostranskega sodelovanja s Češko smo za leto 2001 načrtovali izvedbo dveh misij po MPOZP. Misija MPOZP Češka nad Slovenijo je bila uspešno izvedena maja. Druga vadbena misija je bila zaradi pomanjkanja finančnih sredstev prestavljena v leto 2002 in v terminu od 12. do 18. maja 2002 tudi uspešno izvedena. Na njej so sodelovali tudi povabljeni gostje iz Republike Hrvaške in Federacije BiH. Od leta 2002 do leta 2010 je Ruska federacija izvedla aktivne misije nad Slovenijo. Slovenija pa je skupaj z Veliko Britanijo izvedla vadbene in aktivne misije nad Rusko federacijo.



Slika 5: Časovnica poteka celotne misije po MPOZP

⁶ 1. operativno poveljstvo vojaškega letalstva in zračne obrambe, 15. brigada vojaškega letalstva, 16. bataljon za nadzor zračnega prostora.

3.2 Procesiranje posnetega gradiva

Na misijo OS Češke nad Slovenijo smo povabili k sodelovanju tudi strokovnjake iz Sektorja za načrtovanje in Geodetskega zavoda Slovenije, ki se med drugim ukvarjajo tudi z aero snemanji iz zraka in so v Sloveniji edini, ki lahko ustrezno strokovno podpirajo takšne misije, pri katerih so končni izdelki posneti filmi, ki jih je treba strokovno obdelati in kopirati. Namen skupnega sodelovanja vojaške in civilne komponente je, da se poiščeta oziroma zaokrožita organizacijski in izvedbeni del v celoti in se ugotovi, ali v Sloveniji premoremo ustrezne tehnične zmogljivosti za izvedbo vseh postopkov po določilih MPOZP. Na MO oziroma v Slovenski vojski za zdaj ne premoremo tehničnih zmogljivosti (foto laboratorijev), s katerimi bi lahko izvedli celotno procesiranje posnetega gradiva. Na podlagi skupnih aktivnosti Sektorja za načrtovanje v sodelovanju z ustreznimi zunanjimi ustanovami izdela MO strokovno mnenje in oceno o možnostih izvedbe procesiranja po določilih sporazuma v Sloveniji. Prav tako bi finančno ovrednotili angažiranje zunanjih sodelavcev (GZS) za izvedbo misij po MPOZP v Sloveniji, nabavo in skladiščenje ustreznega filmskega gradiva, zagotovitev oziroma, če je treba, nabavo dodatne tehnične opreme za procesiranje posnetega gradiva, predvsem za izdelavo ustreznih kopij itn.

V Slovenski vojski moramo usposobiti strokovnjake za izvajanje strokovnih pregledov in ovrednotenje posnetega gradiva. Prav tako je treba v Slovenski vojski nabaviti ustrezne pripomočke za nadaljnjo uporabo tega gradiva.

Končni produkt misije je posnet film, na katerem so posneti določeni podatki glede na kraj in čas. Pregled posnetega gradiva lahko dobro opravi le strokovnjak, ki ima ustrezno vojaško znanje za ločevanje določenih objektov na površini. Prav tako mora imeti na voljo ustrezne tehnične aparature za nadaljnjo obdelavo posnetega gradiva, izdelavo povečanih fotografij, temnico, prostor za ustrezno hranjenje filmov itn., razen v primeru, da se tudi za te primere najamejo civilne organizacije oziroma se z njimi sklene ustrezen sporazum. Posnetki se lahko uporabljajo tako za vojaške kot civilne namene. Skrbnik posnetih filmov v SV je Verifikacijski center.

3.3 Finančno ovrednotenje

Izvedba misije Odprto nebo pa zahteva tudi finančna sredstva v skladu z določili MPOZP, še posebno, kadar gre za pasivne kvote. Republika Slovenija lahko prejme štiri pasivne kvote na leto. Stroški vključujejo te postavke:

1. namestitev in prehrano celotne opazovalne skupine in posadke letala,
2. oskrbo letala (po potrebi): gorivo (količina je odvisna od velikosti letala), olje, hidravlično tekočino, kisik, tekočino proti zamrzovanju, vodo,
3. tehnično in komercialno oskrbo letala na zemlji,
4. porabljene kemikalije, filmi, procesiranje posnetega gradiva, izdelovanje kopije filmov(-ma),
5. takse: za navigacijsko pomoč, ATC⁷, pristanek, vzlet, oskrba na zemlji, parkiranje in varnost,
6. kalibracijski objekt (tarča),
7. nujno medicinsko pomoč in oskrbo,
8. druge storitve v zvezi z oskrbo letala.

⁷ ATC – Air Traffic Control (Nadzor zračnega prostora).

Stroške pod števkami 1, 2, 3, 4 in 8, ki so nastali v času izvajanja misije OS, mora država opazovanka poslati državi opazovalki najpozneje v roku 30 dni od zaključka opazovalnega leta. Stroški namestitve in prehrane, navedeni pod številko 1, se povrnejo do višine 75 EUR na osebo. Država opazovanka povrne državi opazovalki stroške najpozneje do 1. marca naslednjega leta.

3.4 Posvetovalna komisija – OSCC

Za večjo fleksibilnost dela je ustanovljena posvetovalna komisija odprtega neba s sedežem na Dunaju. Vsaka država podpisnica MPOZP ima v njej svoje predstavnike. Po uveljavitvi sporazuma lahko katera koli država postavi na dnevni red kakršno koli vprašanje. Posvetovalna komisija vsako leto pregleda razdelitev kvot za naslednje leto. Pristojna je za tolmačenje vseh nejasnosti v zvezi z MPOZP, odloča tudi o vseh tehničnih in administrativnih ukrepih ter sprejema razdalje opazovalnih preletov nad ozemlji držav članic. Komisija je pristojna za vse dopolnitve in spremembe sporazuma ter obravnava in odloča o prijavi za pristop k sporazumu. Deluje na načelu soglasja – konsenza. Predsedovanje komisiji rotira trikrat na leto.

4 SKLEP

MPOZP je izredno pomembna v vrsti sporazumov, ki omogočajo izvajanje nadzora nad oborožitvijo in jo lahko primerjamo z drugimi globalnimi sporazumi. Prav tako pomembno dopolnjuje druge dokumente OVSE, ki se nanašajo na nadzor nad oborožitvijo.

Opazovalni leti v okviru MPOZP so samo ena izmed več vrst opazovanja iz zraka. Njihova vsebina in namena presegata snemanje vojaških objektov, vojaških aktivnosti, zbiranje informacij vojaško gospodarskega pomena ter potrjevanje upoštevanja določil posameznih mednarodnih sporazumov. Končni cilj je doseganje zaupanja med državami, ki so še pred ne tako davnim predstavljale sovražno razpoloženega soseda ali nasprotnika v nekem spopadu ali vojni, in sicer tako, da ne pomenijo niti kratkoročne niti dolgoročne nevarnosti. Takšno zaupanje podpira sprememba in pospešuje proces vzpostavljanja in izboljševanja meddržavnih odnosov v celoti.

Dosedanje aktivnosti po sporazumu Odprto nebo, ki smo jih izvedli z nekaterimi vplivnimi državami (ZDA, Velika Britanija), so potrdile našo sposobnost praktičnega izvajanja sporazuma. Prav tako smo v dosedanjih aktivnostih dokazali, da v Slovenski vojski premoremo strokovno usposobljene kadre za njegovo tehnično izvedbo. Ob aktivnem sodelovanju vseh potrebnih resorjev (MO, MNZ, MZZ, Carina) in strokovnih civilnih organizacij oziroma njihovih strokovnjakov lahko realno ocenjujemo, da je Slovenija sposobna izvajati določila MPOZP v celoti, kakor tudi aktivno sodelovati v OSCC z drugimi državami članicami.

5 LITERATURA

- Jozef Goldblat, 1994. Arms Control – A Guide to Negotiations and Agreements, Prio/SIPRI, Oslo.
- Pristop RS k sporazumu OS, 2001. Analiza MZZ.
- Zakon o ratifikaciji pogodbe o odprtih zračnih prostorih (MPOZP), 2004. Uradni list RS, št. 65/2004, Ljubljana.
- Zbirka OSCC odločitev 01–22, 2001, OVSE, Dunaj.

O AVTORJU

Major **Janez Čerin**, rojen leta 1961 v Ljubljani, je začel vojaško službo leta 1987 kot operativni častnik v takratnem Občinskem štabu TO na Vrhniki. Leta 1990 se je vključil v projekt MSNZ in opravljal naloge namestnika načelnika MSNZ v občini Vrhnika. Leta 1991 je bil prerazporejen na 5. PŠTO Ljubljana, marca 1992 pa v 530. učni center na Vrhniki, kjer je opravljal različne dolžnosti vse do leta 1998, ko je bil prerazporejen na GŠSV. Opravljal je dolžnosti pri mednarodnem vojaškem sodelovanju. Od leta 2006 je razporejen v Verifikacijski center SV, ki je pristojen za uveljavitev MPOZP ter drugih mednarodnih pogodb o nadzoru oborožitve.

Po izobrazbi je diplomirani varstvoslovec. Končal je tudi več oblik vojaškega strokovnega usposabljanja doma in v tujini.

ABOUT THE AUTHOR

Major **Janez Čerin**, born in 1961 in Ljubljana, began his military career in 1987 as operations officer at the Municipal Territorial Command in Vrhnika. In 1990, he began to participate in the project of the National Security Forces (MSNZ) and was appointed deputy head of this project in the Vrhnika municipality. In 1991, he was assigned to the 5th Territorial Command Ljubljana and in March 1992 to the 530th Training Centre in Vrhnika. There, he carried out various duties until 1998, when he was assigned to the SAF General Staff. He conducted duties related to international military cooperation. Since 2006, he has been assigned to the Verification Centre and is responsible for the implementation of the Open Skies Treaty and other international treaties on arms control.

He graduated in security studies and also completed various forms of military expert training in Slovenia and abroad.

GEOPORTAL

Nova spletna stran, prek katere dostopate do informacij o geoprostorskem gradivu Ministrstva za obrambo in Slovenske vojske

13. februarja 2012 je na internih spletnih straneh Ministrstva za obrambo začela delovati nova spletna stran Geoportal. V okviru geoprostorske podpore je namenjena zaposlenim na ministrstvu in v Slovenski vojski, ki pri svojem delu potrebujejo informacije o razpoložljivih geoprostorskih podatkih ali gradivu v tiskani in digitalni obliki.

Na portalu vas bomo seznanjali tudi z novostmi in projekti na geoprostorskem področju, z mednarodnim sodelovanjem, standardizacijo, usposabljanjem in izobraževanjem ter z drugimi zanimivimi informacijami s tega področja.

Idejna zasnova Geoportala je nastala v Sektorju za načrtovanje Direktorata za obrambne zadeve, v sodelovanju s člani delovne skupine za usklajevanje geoprostorske dejavnosti na Ministrstvu za obrambo in ob pomoči pripadnikov 11. bataljona CS KIS. Vsebinski skrbniki spletne strani so vsi člani te delovne skupine, in sicer vsak za delovno področje organizacijske enote, iz katere prihaja. Hkrati so vsak za svoje delovno področje tudi osebe za dodatne informacije in pomoč uporabnikom.

Geoportal je s svojimi vsebinami, razen nekaterih delov, dosegljiv vsem zaposlenim na Ministrstvu za obrambo in v Slovenski vojski, ki imajo dostop do internih spletnih strani. Je nadgradnja spletne strani Geopodpora, ki je bila dosegljiva le ožjemu krogu uporabnikov. Spletno stran bomo vsebinsko dopolnjevali in skladno s potrebami ali zahtevami uporabnikov tudi spreminjali. Vsekakor se bomo trudili, da bodo na portalu naložene aktualne in posodobljene informacije z geoprostorskega področja, ki bodo v pomoč vsem uporabnikom. Do Geoportala lahko dostopate prek povezave: Geoprostorska podpora, Geoportal (<http://moss/gp/default.aspx>), ki je na levi strani vhodne interne spletne strani Ministrstva za obrambo.

Vabljeni torej na našo novo spletno stran.





Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije,
Direktorat za obrambne zadeve, Sektor za načrtovanje



Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU



GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE