

Geodetsko snimanje i izrada karte prepreka budućeg aerodroma Golubić – Bihać

JOVANA N. POPOVIĆ, Geoprojekt d.o.o, Banja Luka,
Bosna i Hercegovina

SANJA S. TUCIKEŠIĆ, Univerzitet u Banjoj Luci,
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet,
Banja Luka, Bosna i Hercegovina
ORCID:0000-0002-6049-6242

TANJA B. ĐUKANOVIĆ, Univerzitet u Banjoj Luci,
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet,
Banja Luka, Bosna i Hercegovina
ORCID:0009-0006-6641-1373

Stručni rad

UDC: 528.48:625.717

DOI: 10.5937/tehnika2506587P

Na području planiranog aerodroma Golubić – Bihać izvršeno je geodetsko snimanje i izrada karte prepreka s ciljem detaljne detekcije potencijalnih opasnosti u vazdušnom prostoru. Za prikupljanje podataka korišćena je tehnologija vazdušnog laserskog skeniranja (LiDAR). Korišćen je hibridni senzor RIEGL VUX-240, inercijalna merna jedinica (IMU) Applanix AP-20 i GNSS prijemnik, integrisani na avion Piper Seneca III PA34-220T. Područje snimanja iznosilo je oko 360 km² i obuhvatalo je zone oko aerodroma. Podaci su obrađeni pomoću specijalizovanih softverskih paketa TerraSolid, ArcGIS, MicroSurvey CAD Studio 2014 i Microstation. Na osnovu prikupljenih podataka kreirani su digitalni model terena (DTM) i digitalni model površi (DSM). Utvrđeno je da postoje vještačke prepreke u vidu individualnih i kolektivnih objekata stanovanja, poslovnih objekata, dalekovoda, vjerskih objekata te prirodne prepreke u vidu grupisane šume i pojedinačnog drveća. Sve prepreke su evidentirane u tabeli i .kmz formatu, uz grafičke priloge za zonu 2b.

Ključne reči: Lidar, lasersko skeniranje iz vazduha, DTM, oblak tačaka

1. UVOD

Geodetsko snimanje prepreka je proces prikupljanja preciznih prostornih podataka o svim prirodnim i vještačkim objektima koji mogu da ugroze sigurnost vazdušnog saobraćaja. Cilj je da se utvrdi tačna lokacija, nadmorska visina i karakteristike svih prepreka unutar definisanog vazdušnog prostora oko aerodroma, kao što su prilazne, odlazne i prelazne površi. Podaci snimanja koristiće se za izradu elaborata i karta prepreka [1], [2].

Ovi procesi su ključni za određivanje bezbednih visina i prepreka koje utiču na minimalne visine letenja. Podaci se prikupljaju primjenom savremenih

metoda, uključujući GPS (Globalni pozicioni sistem), totalne stanice, lasersko skeniranje i fotogrametriju. Krajnji rezultat omogućava vazduhoplovnim vlastima BHANSA-e i BHDCA-e da izrade precizne vazduhoplovne procedure i osiguraju operativnu sigurnost aerodroma, smanjujući rizik od potencijalnih incidenata [1]. Izrada karata prepreka je proces vizuelnog i digitalnog predstavljanja podataka dobijenih geodetskim snimanjem.

Ove karte su neizostavan dio vazduhoplovne dokumentacije i koriste se za planiranje letova, izradu procedura za polijetanje i slijetanje, kao i za određivanje sigurnosnih zona [3], [4].

Karte prepreka obično sadrže: prikaz poletno-sletne staze i svih objekata na aerodromu, vizualizaciju svih prepreka (npr. zgrade, drveće, antenski stubovi) sa njihovim visinama, prikaz sigurnosnih površi i zona (npr. Površine za prilaz, odlazak i prelazne površine) [5]. Projektnim zadatkom definisane su zone oko aero-

Adresa autora: Jovana Popović, Geoprojekt doo,
Banja Luka, Dragiše Vasića 27, Bosna i Hercegovina

e-mail: popovicjov.90@gmail.com

Rad primljen: 02.09.2025.

Rad prihvaćen: 03.09.2025.

droma za koje se ispituje prisustvo prepreka. Te su zone podijeljene u zonu u BIH i zonu u RH. Analiza dokumentacije za geodetsko snimanje i izradu elaborata prepreka otkrila je neusklađenost numeričkih kriterijuma između tenderske dokumentacije i međunarodnih ICAO i EASA propisa [1], [2].

Neusklađenost numeričkih kriterijuma u ovom kontekstu odnosi se na razliku u propisanim vrijednostima i zahtjevima za prikupljanje podataka o preprekama, što je otkriveno poređenjem tenderske dokumentacije sa međunarodnim standardima.

Iako je BHANSA raspolagala digitalnim modelom terena za veći dio teritorije Bosne i Hercegovine, postalo je evidentno da postoje kritične praznine u podacima za pogranično područje.

Konkretno, digitalni model terena za sjeverni dio prilazne ravni, koji se prostire na teritoriji Republike Hrvatske, nije bio dostupan. Iako su podaci o preprekama bili prioritet, ova praznina je naglasila potrebu za proširenjem obuhvata snimanja kako bi se osigurala kompletna i pouzdana baza podataka za izradu vazduhoplovnih procedura. Ovi izazovi, zajedno s ciljem dobijanja kvalitetnog proizvoda, koji će biti ovjeren od strane BHANSA-e i BHDCA-e, naglasili su kompleksnost projekta. Da bi se osigurala uspješna realizacija zadatka, odlučeno je da se podaci o preprekama prikupe u skladu sa svim međunarodnim propisima, dok će se digitalni model terena dodatno izraditi za zone 2a, 2b, 2c i 3.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Opis obuhvata za prikupljanje podataka o preprekama

U nastavku su opisane zone koje su služile kao osnova za definisanje područja snimanja i detekcije prepreka oko aerodroma.

2.1.1. Oblast 2a

Prema ICAO ANEX 15 oblast 2a obuhvata pravougaono područje koje uključuje pistu, pojas piste i eventualni produžetak poletnosletne staze bez prepreka (clearway). Površina za prikupljanje podataka o preprekama oblasti 2a nalazi se 3 m iznad najbliže nadmorske visine poletnosletne staze izmjerene uzduž njene centralne linije i za dijelove koji su povezani sa pretpoljem, ako postoji, na nadmorskoj visini najbližeg kraja poletno-sletne staze [1].

2.1.2. Oblast 2b

Oblast 2b proteže se od krajeva zone 2a u pravcu polijetanja, dužine do 10 km, sa širinom koja se postepeno širi pod uglom od 15% sa obe strane [1]. Podatke o preprekama na visini manjoj od 3 m iznad zemlje nije potrebno prikupljati [6].

2.1.3. Oblast 2c

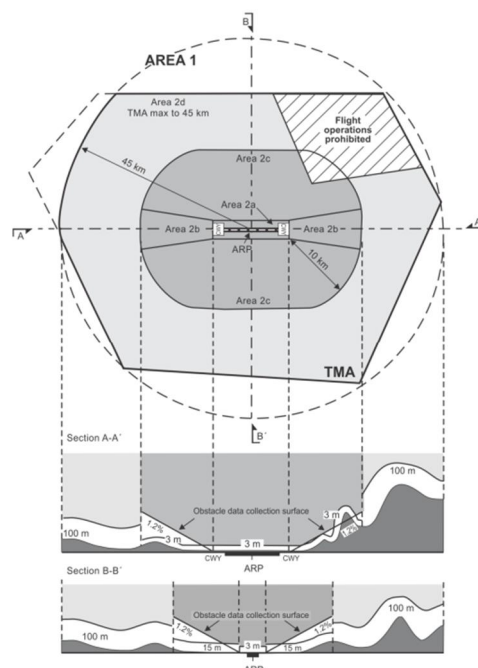
Površina za prikupljanje podataka o preprekama u oblasti 2c ima nagib od 1,2% i proteže se izvan oblasti 2a i 2b na udaljenosti od najviše 10 km od granice oblasti 2a. Početna nadmorska visina oblasti 2c je nadmorska visina tačke u oblasti 2a na kojoj počinje [1], a podatke o preprekama na visini manjoj od 15 m iznad zemlje nije bilo potrebno prikupljati [6].

2.1.4. Oblast 2d

Zona 2d obuhvata područje izvan prethodnih zona, do udaljenosti od 45 km od referentne tačke aerodroma ili do granica terminalnog kontrolnog područja (eng. TMA – Terminal Manoeuvring Area), zavisno od toga šta je bliže [1]. Površina za prikupljanje podataka o preprekama u oblasti 2d nalazi se 100 m iznad zemlje [6].

2.1.5. Zona 3

Zona 3 se proteže od središnje linije piste do 90 metara sa svake strane, kao i do 50 metara od drugih dijelova manevarskih površina. Površina za prikupljanje podataka o preprekama u oblasti 3 proteže se 0.5 m iznad vodoravne ravni koja prolazi kroz najbližu tačku na aerodromskoj operativnoj površini [1].

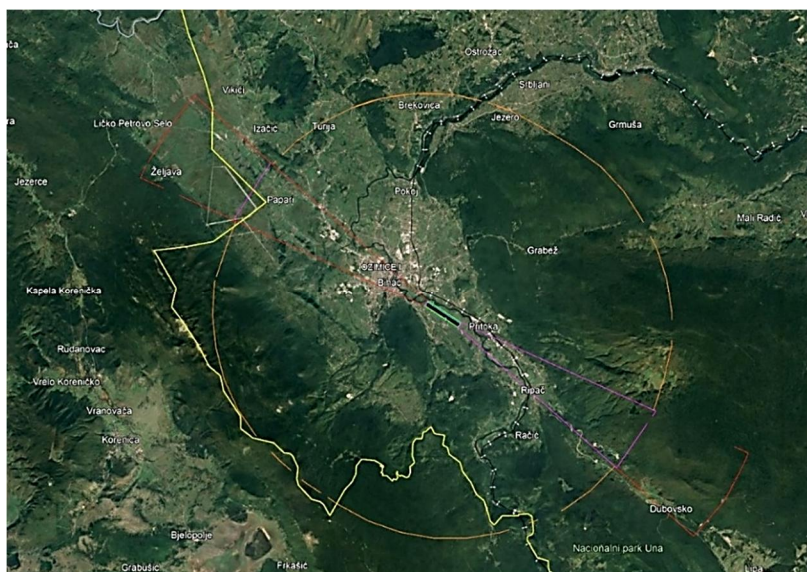


Slika 1 - Definicija oblasti 2a, 2b, 2c i 2d, ICAO Doc 10066 - Aeronautical Information Management [7]

Na slici 2 je prikazana pregledna karta na kojoj je zelenom bojom naznačena zona 2a, crvenom i ljubičastom bojom zona 2b, te narandžastom bojom zona 2c. Zona 2b je produžena na 15 km da bi se mogao izraditi digitalni model terena za cijelu prilaznu

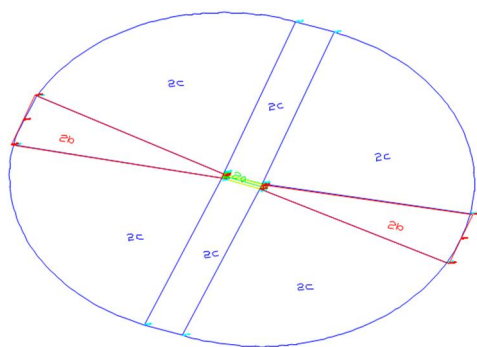
površinu. Cijelo prikazano područje je bilo predmet snimanja Lidar tehnologijom u skladu sa definisanim

tačnostima snimanja po važećim propisima (oblasti 2a, 2b, 2c i 3).



Slika 2 - Pregledna karta sa nanesenom granicom snimanja.

Na slici 3 iscertane su površine za prikupljanje podataka o preprekama u AutoCAD-u.



Slika 3 - Izgled zona 2a, 2b i 2c

Što se tiče zone 2d zaključeno je da ovu zonu nije neophodno snimati već pokušati iz drugih izvora dobiti informaciju da li postoje prepreke u zoni radijusa 45 km oko referentne tačke aerodroma. Upućen je zahtjev za dostavljanje informacije da li na teritoriji Bosne i Hercegovine i Hrvatske postoje izgrađeni vještački objekti čija visina nadmašuje 100 m. Zahtjev je poslan na adrese 10 opština Bosne i Hercegovine i 15 opština u Republici Hrvatskoj.

Od Grada Slunj dobijene su upute za kontaktiranje Hrvatske regulatorne agencije za mrežne djelatnosti (HAKOM) i Hrvatske elektroprivrede (HEP). Od HAKOM-a su dobijene informacije da u njihovim evidencijama nema evidentiranih antenskih stubova niti druge elektroničke komunikacijske infrastrukture visine veće od 100 m te prijedlog da se obrati i Državnoj geodetskoj upravi Republike Hrvatske. Državna geodetska uprava nije raspolagala sa traženim podacima. Od opština Perušić, Grada Otočca te HEP-a nisu

dobijeni odgovori iako im je zahtjev za dostavljanje informacija uredno uručen.

S obzirom da je od nekoliko opština stigao neprecizan odgovor, te da od 3 opštine nije stigao odgovor, izvršen je uvid u AIP (eng. Aeronautical Information Publication) za Republiku Hrvatsku i utvrđeno da u zoni 2d aerodroma Bihać ipak postoji jedna prepreka koja je viša od graničnih 100 m.

2.2. Zakonski okvir i korišćene procedure

Metodologija projekta zasniva se na usklađenosti sa domaćim i međunarodnim regulatornim okvirom, koji obuhvata:

- Pravilnik o utvrđivanju opštih i posebnih zahtjeva za pružaoce usluga upravljanja vazdušnim saobraćajem, usluga u vazdušnoj plovidbi i drugih mrežnih funkcija za upravljanje saobraćajem *Službeni glasnik BiH*, br. 10/23 i 78/23) [8], [9],
- Pravilnik o utvrđivanju zahtjeva i upravnih postupaka u vezi sa aerodromima, *Službeni glasnik BiH* br. 17/21 i 75/22) [10], [11],
- Zakon o zrakoplovstvu BiH, *Službeni glasnik BiH* broj: 39/09 i 25/18) [12], [13],
- Pravilnik o aerodromima, *Službeni glasnik BiH* broj: 09/11, 101/15, 47/21 i 20/23),
- Pravilnik o utvrđivanju zahtjeva i upravnih postupaka u vezi sa aerodromima, *Službeni glasnik BiH* broj: 17/21 i 42/24),
- Easy Access Rules for Aerodromes [14],
- EUROCONTROL Guidelines Supporting the Implementation of Aeronautical Information Requirements [6],

- ICAO Anex 15 – Aeronautical Information services [1],
- ICAO Doc 10066 - Aeronautical Information Management [15],
- EUROCONTROL Terrain and Obstacle Data Manual [4].

2.3. Pripremni geodetski radovi

Nakon detaljne analize zona snimanja i zahtjevanih tačnosti, izvršeni su pripremni geodetski radovi za realizaciju snimanja koji podrazumijevaju obilazak lokacije predviđene za snimanje, rekognosciranje terena, kao i stabilizaciju i mjerenje na kontrolnim tačkama (u cilju verifikacije tačnosti realizovanih mjerenja LiDAR i aero-fotogrametrijskom tehnologijom). LiDAR (eng. Light Detection and Ranging) tehnologija koristi se za stvaranje izuzetno preciznih 3D modela terena i objekata. S druge strane, aero-fotogrametrijom iz serije preklapajućih fotografija snimljenih iz vazduha dobijeni su detaljni 3D modeli i ortofoto karte. Izvršeno je opažanje GNSS prijemnikom Leica 1230 GG na 18 kontrolnih tačaka. Korišćena je statička metoda sa dva prijemnika, a opažanja su trajala 3x30 sekundi i zatim su osrednjena. Ova merenja su izvršena u svrhu kontrole Lidar snimanja i za potrebe georeferenciranja.

3. REZULTATI

LiDAR tehnologijom prikupljen je značajan broj podataka u formi oblaka tačaka. Formirano je 2132 oblaka tačaka u vidu .las i .pci fajlova dimenzija 500x500 m. Obrada oblaka tačaka izvršena je u programskim paketima TerraSolid, ArcGIS, MicroSurvey CAD Studio 2014 i Microstation (eng. CAD – Computer-Aided Design), kao i u specijalizovanim softverskim paketima u okviru RIEGL sistema.

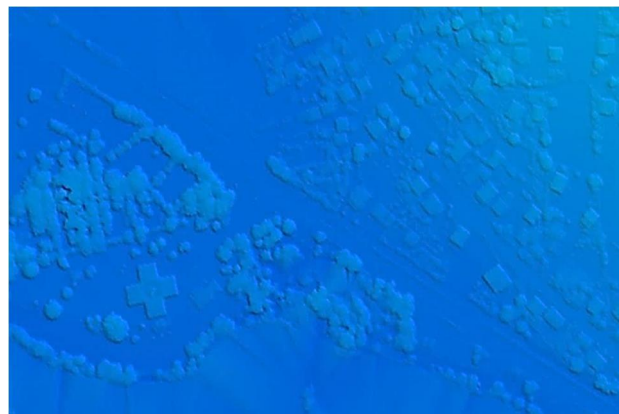
Karakteristike korištene opreme:

- Senzor: RIEGL VUX-240 inercijalne mjerne jedinice (IMU) Applanix AP-20 i GNSS prijemnika.
- Avion: Piper Seneca III PA34-220T
- Preciznost: Horizontalna od 3 cm, vertikalna od 5 cm
- Gustina tačaka: preko 20 tačaka/m²

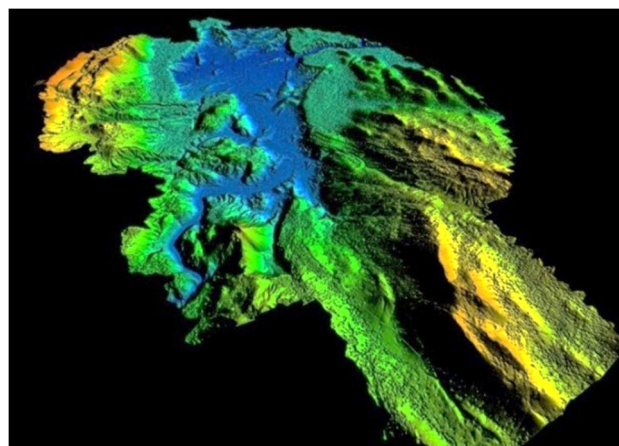
Snimanje je izvršeno u skladu s meteorološkim uslovima koji omogućavaju optimalnu vidljivost i minimalne atmosferske smetnje. Prikupljeni podaci su transformisani u državni koordinatni sistem (Gaus-Krigerova projekcija na Besselovom elipsoidu, parametri za 5. zonu) te su usklađeni s ICAO standardima. Snimljeno je područje oko aerodroma Golubić - Bihać, ukupne površine oko 360 km².

Oblaci tačaka su georeferencirani u Državnom koordinatnom sistemu. Na osnovu podataka laserskog skeniranja kreiran je digitalni model terena (eng. DTM

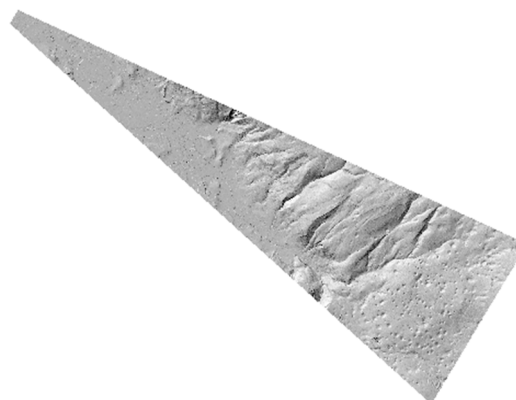
- Digital Terrain Model) rezolucije 1m, u Državnom koordinatnom sistemu u rasterskom obliku i u formi 3D face-a kao i digitalni model površi (eng. DSM - Digital Surface Model) koji je služio kao osnova za detekciju prepreka. Dijelovi pomenutih prikaza za dijelove projektnog područja dati su na slikama u nastavku.



Slika 4 - Prikaz DSM-a za dio projektnog područja – rasterski oblik



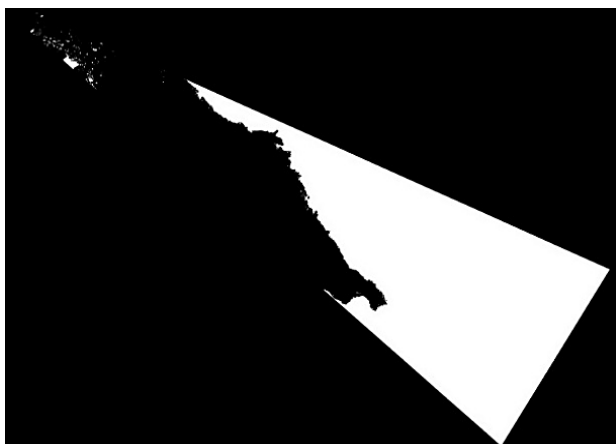
Slika 5 - Prikaz DTM-a za dio projektnog područja – rasterski oblik



Slika 6 - Prikaz DTM-a u formi 3D Face-a za dio projektnog područja (dio zone 2b)

3.1. Detekcija prepreka

Prvo je izvršena automatska detekcija svih površi koje se nalaze iznad zadatih zona 2a, 2b, 2c i 3. Potom je radi postizanja projektovane tačnosti precizna detekcija



Slika 7 - Primjer detektovanih područja iznad dijela zone 2b na strani praga 30, bijelo-područja iz-nad ravni 2b

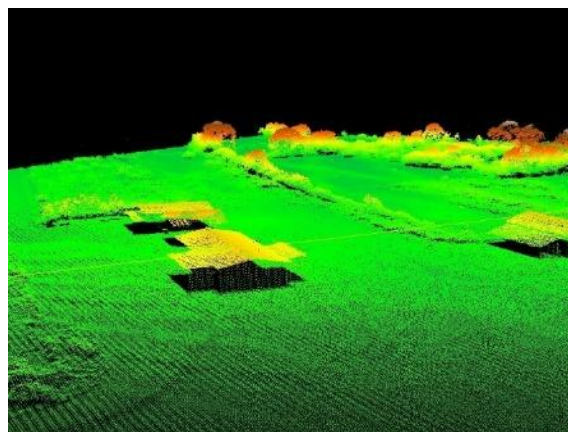
kcija vršena u samom oblaku tačaka. Kako se radi o velikim količinama podataka, za obradu su korišteni specijalizovani softveri QGIS, Global Mapper i MicroSurvey CAD.



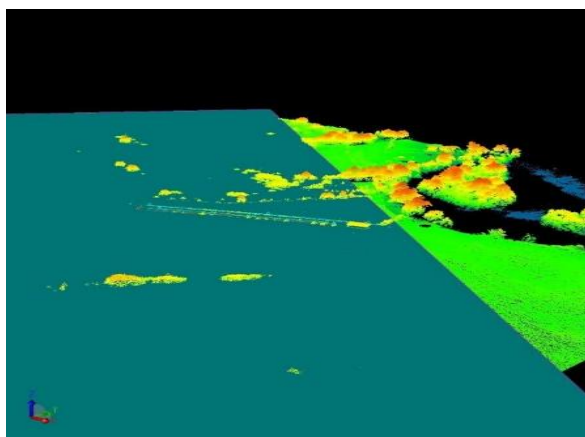
Slika 8 - Prikaz DSM-a koji predstavlja prepreke u 2c zoni, fotografija je ilustrativnog kara-ktara



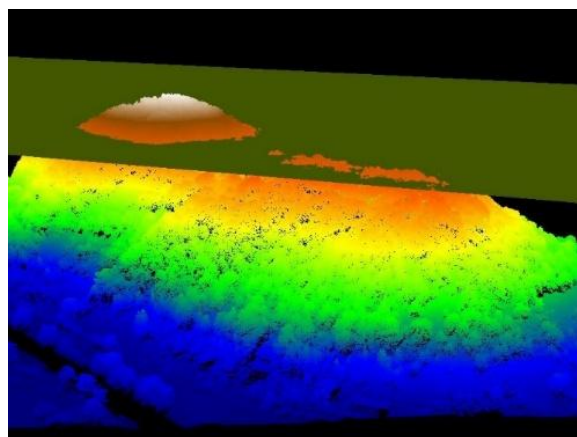
Slika 9 - Presjek definisanih zona sa terenom na Google Earth



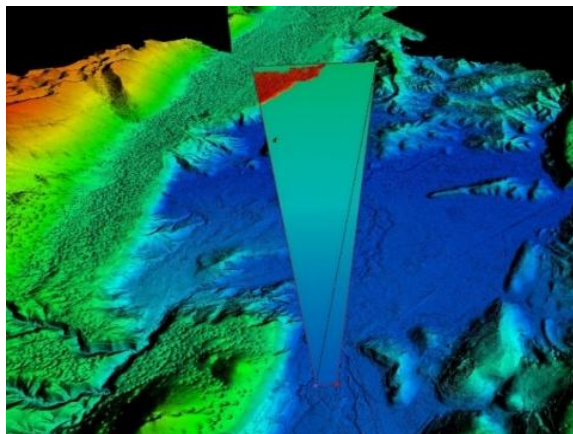
Slika 10 - Izgled oblaka tačaka u neposrednoj blizini piste



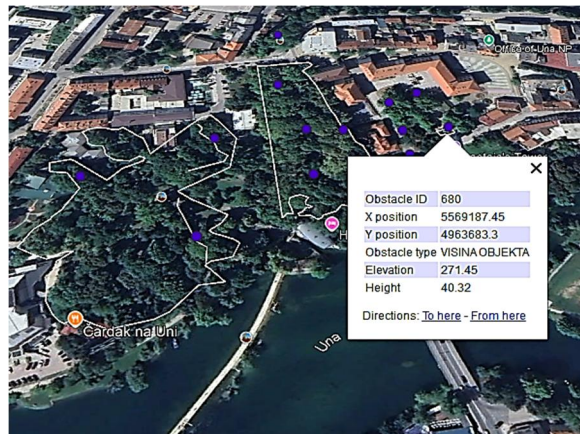
Slika 11 - Presjek dijela zone 2a sa isječkom oblaka tačaka



Slika 12 - Prikaz prodora ravni 2b kroz teren u Micro Survey CAD-u



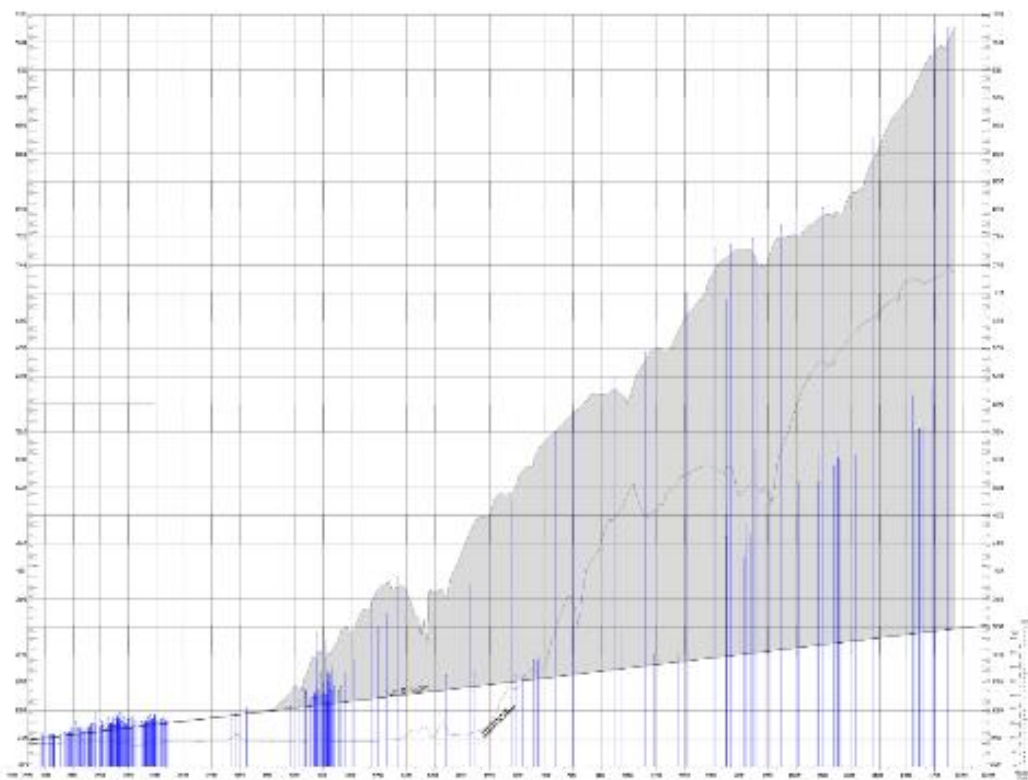
Slika 13 - 3D prikaz prodora ravni 2b kroz teren u Global Mapperu



Slika 14 - Prikaz osnovnih informacija o preprekama na Google Earth

U zoni 2a detektovano je 6 vještačkih prepreka (individualnih i kolektivnih objekata stanovanja, poslovnih objekata, dalekovoda, vjerskih objekata) te 93 prirodne prepreke u vidu drvoreda te pojedinačnog drveća. Takođe, u zoni 2b detektovana je 201 vještačka prepreka (individualnih i kolektivnih objekata sta-

novanja, poslovnih objekata, dalekovoda, vjerskih objekata) te 717 prirodnih prepreka u vidu grupisane šume te pojedinačnog drveća. U zoni 2c detektovano je 179 prepreka od kojih je 19 vještačkih prepreka (objekata, antena, dalekovoda), a ostalo predstavlja pojedinačno i grupisano drveće.



Slika 15 - Karta prepreka kod praga 12, ilustracija

Sve prepreke su evidentirane u tabeli „Metadata Atributi Prepreke” koja je dobijena od strane BHANSA koja je u skladu sa AIS.TR.355.

Za prepreke u Zonama 2a, 2c, 2d kreirani su .kmz fajlovi u kojima je moguće dobiti osnovne informacije o vrsti prepreke, njenim koordinatama te visini, dok su

za zonu 2b pored .kmz fajla kreirana i dva grafička priloga u vidu karte prepreka (Obstacle chart) za svaki prag piste (slika 15).

U kmz fajlovima se klikom na tačku koja je pozicionirana na prepreci dobijaju dodatne informacije (koordinate, visina prepreke, tip prepreke) (slika 14).

4. ZAKLJUČAK

Primjenom savremenih tehnologija prikupljanja podataka, prije svega LiDAR i GNSS, kao i obradom podataka u specializovanim softverskim paketima, omogućeno je kreiranje detaljnih digitalnih modela koji predstavljaju osnovu za detekciju i analizu svih potencijalnih prepreka u zračnom prometu.

Dobijeni rezultati imaju višestruku korist: omogućavaju sigurnije planiranje i upravljanje vazdušnim saobraćajem, olakšavaju procese projektovanja i eventualne rekonstrukcije aerodromske infrastrukture, te čine vrijedan digitalni arhiv za dalja istraživanja i analize. Evidentirane prepreke, klasifikovane prema vrsti i visini, uz prateće prostorne prikaze i .kmz fajlove, pružaju praktičan alat nadležnim institucijama za kontinuirano praćenje i ažuriranje podataka.

Iako su tokom rada uočena određena ograničenja u pribavljanju podataka kombinovanjem dostupnih izvora i validacijom kroz međunarodne aeronautičke baze podataka postignut je zahtevani nivo tačnosti i pouzdanosti.

Pored konkretne primjene u detekciji prepreka u zračnom saobraćaju, LiDAR tehnologija pokazala se kao izuzetno pouzdano i svestrano sredstvo prikupljanja podataka visoke tačnosti.

Buduća istraživanja i razvoj u ovoj oblasti mogu biti usmjereni ka unapređenju automatizovanih tehnika detekcije prepreka, integraciji LiDAR podataka sa drugim prostornim bazama, te uspostavljanju centralizovanih sistema za praćenje promjena u realnom vremenu. Na taj način može se dodatno unaprijediti bezbjednost vazdušnog saobraćaja, smanjiti troškovi naknadnih provjera i povećati efikasnost upravljanja aerodromskim prostorom.

LITERATURA

- [1] International Civil Aviation Organization. Aeronautical Information Services. Annex 15 to the Convention on International Civil Aviation (Fourteenth). Sixteenth Edition, 2015.
- [2] Commission Regulation (EU) No 139/2014 | EASA. <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/regulations/commission-regulation-eu-no-1392014> (accessed Aug. 11, 2025).
- [3] International Civil Aviation. Aeronautical Information Services Manual. Sixth Edition, 2003.
- [4] EUROCONTROL Terrain and Obstacle Data (TOD) Manual|EUROCONTROL. <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-terrain-and-obstacle-data-manual> (accessed Aug. 11, 2025).
- [5] M. Simić, J. M. Jovanović, M. Stojanović, M. Bobar, and V. Vučenov, Klasifikacija VFR vazduhoplovniha karta i njihova izrada u geoinformacionom okruženju, *Zbornik radova 50. Simpozijuma o operacionim istraživanjima-SYM-OP-IS 2023, Tara*, pp. 201–206, 2023.
- [6] EUROCONTROL Guidelines Supporting the Implementation of Aeronautical Information Requirements | EUROCONTROL. <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-guidelinessupporting-implementation-aeronautical-information-requirements> (accessed Aug. 11, 2025).
- [7] R. Langridge, EUROCONTROL Guidelines Supporting the Implementation of Aeronautical Information Requirements, Accessed: Aug. 11, 2025. [Online]. Available: www.eurocontrol.int
- [8] *Službeni glasnik BIH* br. 10/23. <http://www.sluzbenilist.ba/page/akt/OPyPoL4uUGE=> (accessed Aug. 21, 2025).
- [9] *Službeni glasnik BIH* br. 70/23. <http://zakoni.ba/page/akt/sP1ohz4nh78h77yd6od3A=>(accessed Aug. 21, 2025).
- [10] *Službeni glasnik BIH* br. 17/21. <http://sluzbeninovine.ba/page/akt/ohz4nh78h77Bj364MCSyE=> (accessed Aug. 21, 2025).
- [11] *Službeni glasnik BIH* br. 75/22. <http://sluzbenilist.ba/page/akt/URHAnofgt8=> (accessed Aug. 21, 2025).
- [12] Zakon o zrakoplovstvu BiH, *Službeni glasnik BiH* br: 25/18. <http://sluzbenilist.ba/page/akt/ohz4nh78h77-QjY0HflGpc=> (accessed Aug. 21, 2025).
- [13] Zakon o zrakoplovstvu BiH, *Službeni glasnik BiH* br: 39/09, Accessed: Aug. 21, 2025. [Online]. Available: <https://advokat-prnjavorac.com>
- [14] Easy Access Rules for Aerodromes (Regulation (EU) No 139/2014) - Revision from December 2024 - Available in pdf & XML format | EASA.” <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-aerodromes-regulation-eu-no-1392014> (accessed Aug. 21, 2025).
- [15] Aeronautical Information Management First Edition, Procedures for Air Navigation Services, doc 10066, 2018.

SUMMARY

GEODETIC SURVEYING AND CREATION OF A MAP OF THE OBSTACLES OF THE FUTURE AIRPORT GOLUBIĆ - BIHAĆ

In the area of the planned airport Golubić - Bihać, a geodetic survey and creation of a map of obstacles was carried out with the aim of detailed detection of potential dangers in the airspace. Airborne laser scanning technology (LiDAR) was used for data collection. A RIEGL VUX-240 hybrid sensor, an Applanix AP-20 inertial measurement unit (IMU) and a GNSS receiver integrated on the Piper Seneca III PA34-220T aircraft were used. The recording area was about 360 km² and included the zones around the airport. Data were processed using specialised software packages, including TerraSolid, ArcGIS, MicroSurvey CAD Studio 2014, and MicroStation. Based on the collected data, a digital terrain model (DTM) and a digital surface model (DSM) were created. It was established that there are artificial obstacles, including individual and collective residential buildings, business buildings, transmission lines, and religious buildings, as well as natural obstacles such as grouped forests and individual trees. All obstacles are recorded in a table and in .kmz format, with graphic attachments for zone 2 B.

Key Words: Lidar, aerial laser scanning, DTM, point cloud