



Kad rekognosciranje postane kabinetski rad

Područje Kača na Šverdi s označenim potencijalnim objektima. Izrađeno uz pomoć preglednika FugroViewer.

Dino Grozić, Lovel Kukuljan

Speleološka udruga Estavela

Sjedeći pred računalom i neumorno klikajući sjetio sam se prizora iz djetinjstva kada sam iz tatine ladice izvukao nekakav veliki zemljasto obojeni papir s crnim natpisima i vijugavim crtama na čijem je okviru zloglasno pisalo "vojna tajna". Mogu samo zamisliti kako su uzbudljivi bili ti trenutci kada su se potajno u speleološkim krugovima nabavljale papirnat topografske „25 hiljadarke“ bivše SFRJ. Neupitno je da su te karte koje datiraju iz 70-ih i 80-ih godina značajno utjecale na razvoj speleologije na našem području i još dan danas predstavljaju neprocjenjiv resurs u speleološkim istraživanjima. Mnogi od nas i danas provode sate mozgajući o tome gdje bi se mogla skrivati kakva zanimljiva rupa ili jednostavno gledamo u istočkanu kartu i prisjećamo se lijepih avantura i ljudi s kojima smo ih doživjeli. Bez sumnje, sustavna speleološka istraživanja teško je zamisliti bez dobre karte. Došla su i novija vremena te su danas sve te papirnat karte javno dostupne u ažuriranom i digitalnom (ali upitno da li kvalitetnijem) obliku na WMS serveru Državne geodetske uprave. Upotreba GIS-a pokazala se kao sljedeći veliki korak u sistematizaciji podataka o speleološkim istraživanjima pa tako i danas preklapajući razne topografske, hidrološke i geološke podloge pokušavamo i dalje pronaći smisao života, svemira i svega ostalog...ili barem

odgovor na pitanje gdje ćemo izgubiti vikend koji dolazi.

Speleologija, divna kakva je, i uz bogatu svoju tradiciju na čijim temeljima stoji, uz inovativne i ingeniozne ljude koje se u njezinim krugovima mogu pronaći, iznenađujuće je troma u prihvaćanju novih tehnoloških rješenja za svoje djelovanje. Međutim, sljedeći veliki korak mogao bi biti pred našim vratima.

LiDAR (eng. Light Detection and Ranging) tehnologija je poznata još iz ranih 60-ih godina. Uz svoje raznolike primjene nama je najzanimljiviji ALS (eng. airborne laser scanning) pri čemu se prilikom nadlijetanja aviona provodi potpuno automatiziran, aktivan, optičko-mehanički postupak prikupljanja prostornih podataka. Rezultat snimanja je oblak točaka koje su određene svojim položajem u prostoru te intenzitetom odbijenih laserskih zraka (Čekada 2011). Ono što podatke prikupljene LiDAR-om čini zanimljivim je preciznost položaja te gustoća tih točaka. Preciznost je najčešće decimetarskih i subdecimetarskih dimenzija, a gustoća točaka za ALS snimanje iznosi 2-100 točaka/m² (Čekada 2011). To znači da dobijemo prostor tlocrtne površine 1 km² opisan milijunima točaka čiji je položaj u prostoru određen s 30

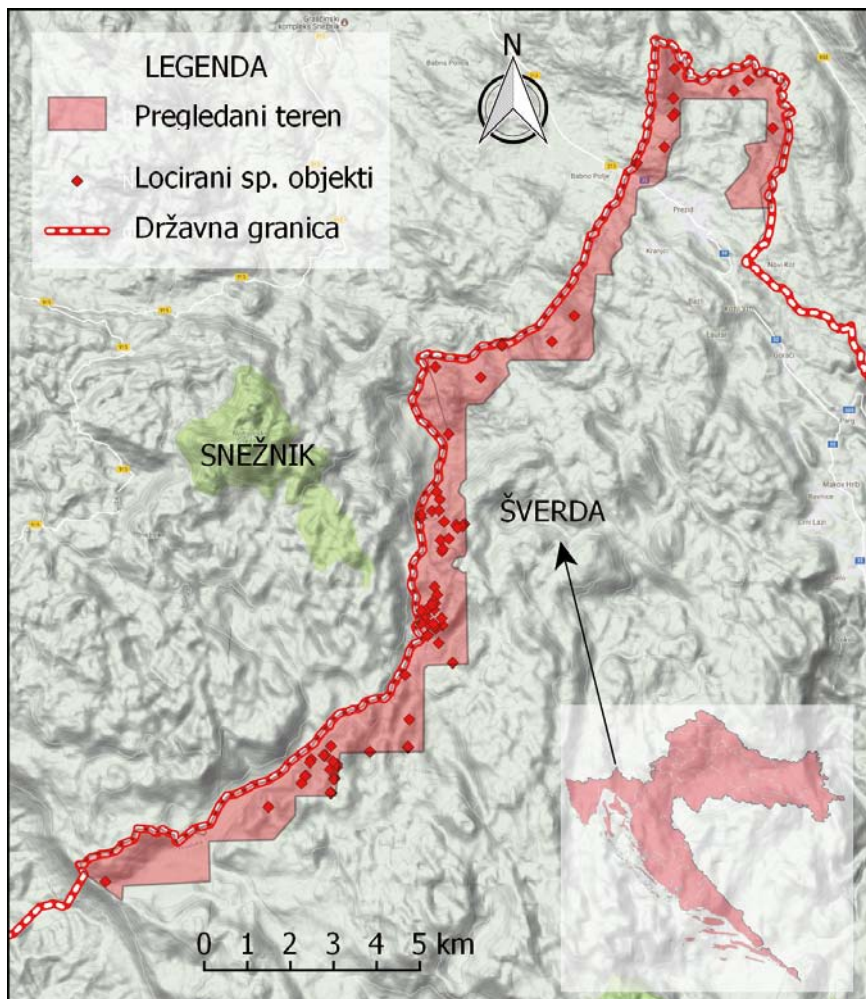
cm odstupanja, ili manje. Na temelju intenziteta povrata i visinske kategorizacije odbitka laserskih zraka, LiDAR-ski podaci se uz pomoć algoritama klasificiraju u više slojeva kao što su sloj tla, po jedan sloj za nisku, srednju i visoku vegetaciju, sloj zgrada, vodene površine, itd. (Čekada 2011). Jedna od najvećih prednosti LiDAR-a je mogućnost snimanja površine tla kroz vegetaciju te se isto područje može snimati u više navrata čime se može postići kvalitetno snimanje površine tla u vrijeme izvan vegetacijske sezone za listopadne šume te u periodu kada površina tla nije prekrivena snijegom.

Agencija Republike Slovenije za okoliš (ARSO) je 2015. godine javno objavila i omogućila dostupnima podatke nastale kao rezultat projekta laserskog skeniranja Slovenije (LSS) provedenog 2011. odnosno većim dijelom 2014. i 2015. godine (eVode: LiDAR 2017). LiDAR-ski podaci ARSO-a dostupni su na web pregledniku eVode gdje se mogu slobodno preuzimati u jednoslojnoj (samo sloj tla) i višeslojnoj varijanti. Za pregledavanje LiDAR-skih podataka dostupan je veći broj preglednika pri čemu bi istaknuli FugroViewer (FugroViewer Ver.2.2. 2017) koji idealno pokriva naše potrebe te je besplatan i slobodno dostupan za preuzimanje. Samo pregledavanje

podataka prilično je intuitivan proces o kojem se može pronaći veća količina kvalitetnih publikacija s korisnim uputama (Čekada 2016a, 2016b, Čekada i Gostinčar 2016, Čekada 2017a, 2017b). Posebnu pažnju treba posvetiti upravo neklasificiranim točkama i točkama okarakteriziranim kao šum jer nakupina takvih točaka ispod sloja tla daje nam opravdanu sumnju da su upravo tu laserske zrake pogodile u kakvu poštnu vertikalu (Čekada i Gostinčar 2016).

Ono zbog čega nam je navedeno snimanje Slovenije posebno zanimljivo je činjenica da su Slovenci, na našu radost, ponegdje snimali i do 1,5 km preko granice u Hrvatskom području. Jedno od tih pograničnih područja je i Šverda koja je poslužila kao testni primjer za ovu, nama novu, metodu.

Područje Šverde, koje se nalazi u sjeverozapadnom Gorskotarskom kotaru, ponegdje je i ponekad nazivano „Mali Crnopac“. Radi se o jednom od područja s najviše padalina u RH (2500-3500 mm/godišnje) (Zaninović 2008), najnižom prosječnom temp. zraka (3-4 °C) (Zaninović 2008), izrazite vertikalne raščlanjenosti reljefa te obiljem speleoloških objekata. Šverda je većim dijelom godine nedostupna zbog obilnih količina snijega (koji se katkada zadržava i do kraja proljetnih mjeseci), te je izuzetno zahtjevna za rekognosciranje zbog teške prohodnosti i zaklonjenosti vegetacijom. Unatoč tome od 2005. sustavnim speleološkim istraživanjima od strane SUE skupljeno je obilje kvalitetnih podataka što s gore navedenim preprekama čini Šverdu idealnim terenom za testiranje mogućnosti LiDAR-skih podataka. Iako Čekada M. T. (2011) navodi da je za proučavanje ulaza u speleološke objekte poželjna veća gustoća točaka (5-12 točaka/m²) te da je šire područje Šverde odnosno slovenskog Snežnika snimljeno s niskom gustoćom točaka (5 točaka/m²) (Mivšek i sur. 2015), pri preliminarnom pregledavanju LiDAR-skih snimaka na području od 27 km² ovom metodom pronađena su 82 potencijalna ulaza (sl. 1) od kojih se za njih 21 naknadnom usporedbom s bazom podataka SUE uspostavilo da su ulazi u poznate speleološke objekte. Od preostalih 61 potencijalnih ulaza za sada je na terenu obišeno njih 33 od čega su njih 16 ulazi u prave speleološke objekte. Najmanji zabilježeni ulaz



Pregledano područje s pronađenim potencijalnim ulazima u speleološke objekte, izrađeno uz pomoć QGIS 2.18.3.

imao je dimenzije 1 x 1 m i djelomično je bio natkriven stijenama (sl. 2). Ovi rezultati ukazuju da je i ova slabija rezolucija itekako upotrebljiva. Zanimljiva je i činjenica da se od tih 61 preostalih potencijalnih ulaza njih 26 nalazi unutar zone koja je smatrana sustavno pretraženom. Metoda se za sada na Šverdi s dostupnom gustoćom točaka pokazala najuspješnijom u traženju objekata s velikim i srednje velikim vertikalnim ulazima (sl. 3), no uspješnost uvelike ovisi o lokalnoj gustoći točaka i sposobnosti korisnika da prepozna mogući ulaz speleološkog objekta u odnosu na morfologiju terena koji se pretražuje. Bez obzira na očigledan veliki potencijal metode, ipak postoje slučajevi u kojima su poznate jame s relativno velikim ulazima bile vrlo slabo vidljive pomoću LiDAR-skih podataka.

Iako se korištenje LiDAR-skih podataka u svrhu pronalaska novih ulaza u speleološke objekte nameće kao najzanimljivija opcija, tu svakako ne staje moguća primjena LiDAR-a u speleološkim

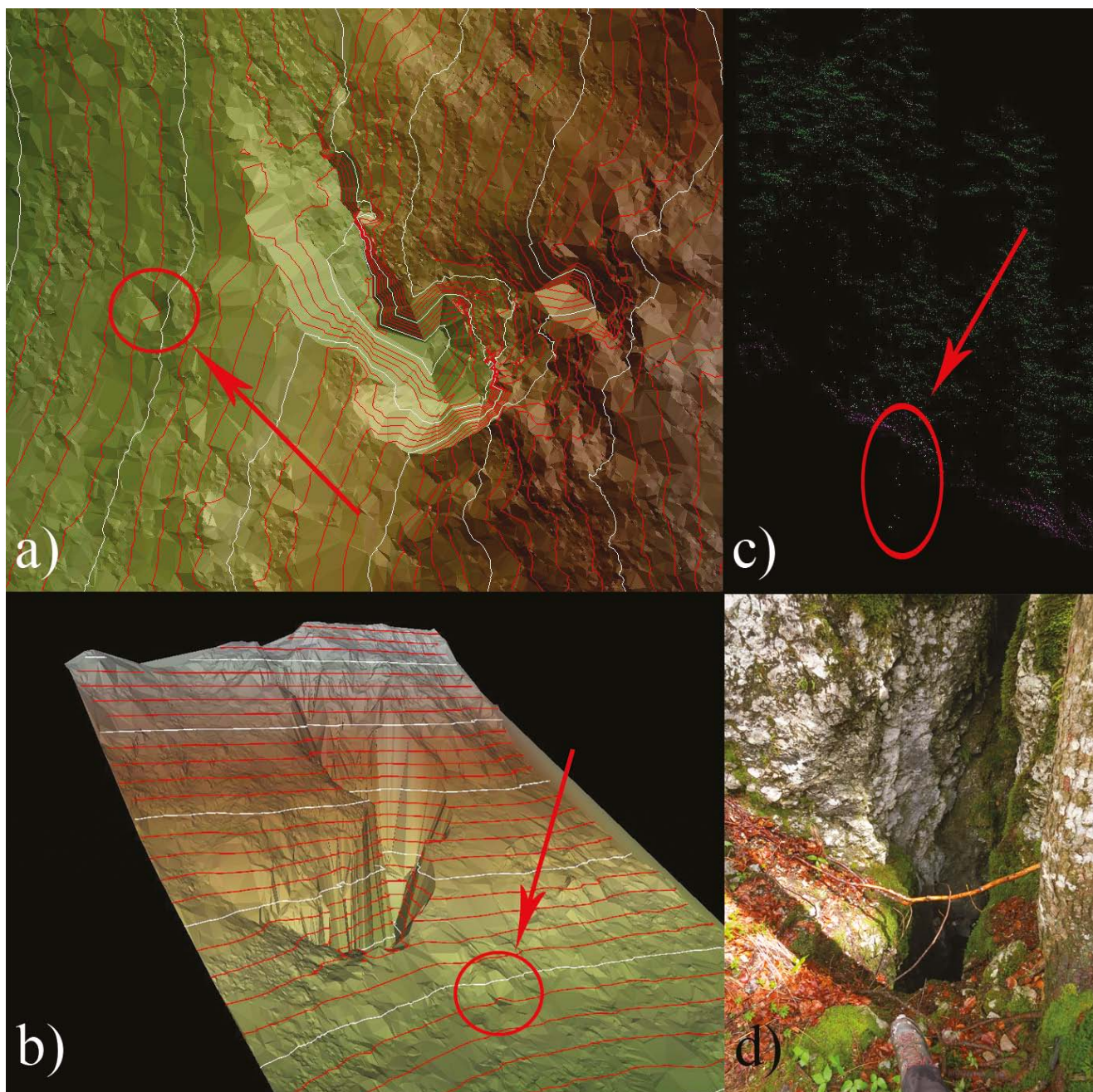
istraživanjima. Zbog visoke točnosti položaja točaka u prostoru, LiDAR-ski podaci iznimno su korisni za precizno određivanje koordinata ulaza, posebice u područjima s gustom vegetacijom i slabim GPS signalom (Čekada i Gostinčar 2016). To je posebno korisno za određivanje koordinata objekata koji su istraživani prije početka uporabe GPS-a. Ova metoda omogućuje da se bez izlaska na teren, uz usporedbu nacrti i fotografije ulaza te digitalnog modela reljefa stvorenog iz LiDAR-skih podataka, koordinate ulaza odrede decimetarskom preciznošću uz minimalno utrošeno vrijeme za računalom. Svakako treba spomenuti i mogućnost preciznog pozicioniranja poligonskih vlakova u prostor što može biti posebno važno kod istraživanja potencijalnih jamskih sustava (Čekada i Gostinčar 2016). Posebno se ističe svojstvo LiDAR-a da vrlo precizno bilježi nadmorsku visinu u odnosu na GPS gdje su odstupanja visine prosječno 1,5 puta veće od greške određivanja XY koordinata (Gpsinformation 2017).

Nesumnjivo, vizualno pretraživanje LiDAR-skih podataka ima svojih nedostataka, a njegova upotrebljivost značajno ovisi o rezoluciji snimanja i iskustvu onoga tko viđeno interpretira. Ono što nam ova metoda pruža je mogućnost da iz udobnosti kabineta identificiramo potencijalne ulaze u speleološke objekte ili barem prepoznamo određene anomalije u prostoru te, ako već nismo sigurni da smo pronašli ulaz u speleološki objekt, ukaže na područja koja bi nam mogla biti posebno zanimljiva za rekognosciranje. Metoda kao takva i dalje ne može zamijeniti sustavno rekognosciranje na terenu, ali ga može

itekako nadopuniti ili barem usmjeriti.

Bez obzira na to što terenska provjera preostalih potencijalnih speleoloških objekata pronađenih upotrebom ove metodologije na Šverdi tek slijedi, činjenica da je Jamarsko društvo „Rakek“ u speleološki katastar Slovenije predalo više od 60 objekata pronađenih uz pomoću LiDAR-a govori nam da se radi o praktično upotrebljivom i moćnom alatu. Nadalje, poznato je i da određena speleološka društva već eksperimentiraju s automatizacijom postupka pretraživanja čime bi se olakšalo i ubrzalo lociranje

srednjih i velikih ulaza. S obzirom na to da je RH kao članica EU dužna pridržavati se smjernica INSPIRE (eng. INfrastructure for SPatial Information 2007/2/EZ) direktive čime se obvezuje stvoriti javno dostupni repozitorij prostornih podataka, gdje su u Annexu II uključeni i digitalni modeli reljefa (INSPIRE: Annex II 2017), trebalo bi biti samo pitanje vremena kada će se ova metoda moći široko primjenjivati na ostatak područja RH. Što bi to moglo značiti za istraživanje područja poput Velebita ili Biokova prepuštamo sirovoj mašti čitatelja na volju.



Primjer malenog ulaza (1 x 1 m) zapaženog isključivo na temelju neklasificiranih točaka, izrađeno uz pomoć preglednika FugroViewer: a) 2D prikaz terena pomoću nepravilne mreže trokuta, b) 3D prikaz terena pomoću nepravilne mreže trokuta, c) presjek klasificiranog oblaka točaka, d) fotografija ulaza, foto: L.Kukuljan, izvor podataka eVode: LIDAR 2017.



Primjer srednje velikog do velikog vertikalnog ulaza u speleološki objekt (Jamica u Praprotnoj dragi, ulaz 13 x 15 m), izrađeno uz pomoć preglednika FugroViewer: a) 2D prikaz terena pomoću nepravilne mreže trokuta, b) 3D prikaz terena pomoću nepravilne mreže trokuta, c) presjek klasificiranog oblaka točaka, d) fotografija ulaza, foto: L.Kukuljan, izvor podataka eVode: LIDAR 2017.

Literatura

- Čekada M., 2016a.: Lidar. *Jamar*, 8 (1), 54
- Čekada M., 2016b.: Orodja za pogled in obdelavo lidarskih podatkov. *Jamar*, 8 (1), 55-56
- Čekada M., 2017a.: Kako natančno določiti koordinate vhoda? *Jamar*, 9 (1), 51-52
- Čekada M., 2017b.: Odkrivanje novih jam iz fotelja. *Jamar*, 9 (1), 50-51
- Čekada M., Gostinčar P., 2016.: Uporaba lidarja v jamarstvu. *Digitalni podatki*, 35-43
- eVode: LIDAR, <http://evode.arso.gov.si> (14.04.2017.)
- FugroViewer Ver.2.2., <https://www.fugro.com> (4.4.2017)
- Gpsinformation, <http://gpsinformation.net/main/altitude.htm> (24.4.2017.)
- INSPIRE: Annex II, <http://inspire.ec.europa.eu/Themes/118/2892> (24.4.2017)
- Mivšek E., Pegan Žvokelj B., Bric V., Triglav Čekada M., Obreza A., Tršan S., Dejak B., Karničnik I., 2015.: Izvedba laserskega skeniranja Slovenije: Blok 12 – tehnično poročilo o izdelavi izdelkov. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, pp.22
- Ogis 2.18.6, <http://www.qgis.org/> (22.4.2017)
- Triglav Čekada M., 2011.: Možnosti uporabe zračnega laserskega skeniranja (LIDAR) za geomorfološke študije. *Geografski vestnik*, 83-2, 81-93
- Zaninović K., Gajić-Čapka M., Perčec Tadić M., i sur., 2008.: Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961–1990., 1971–2000. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, pp. 157

SUMMARY

Using LiDAR (Light detection and ranging) ALS (Airborne laser scanning) data in speleological exploration offers great potential. Recently, LiDAR data covering the area near the Croatian-Slovenian border has become publicly available. The aim of this paper is to introduce the various possibilities of using ALS LiDAR data in Croatian speleology. A brief explanation of methodology is given with results and examples from the recent field study presently being undertaken at NW Gorski Kotar.

Preliminary results show this method to be most useful in locating medium and large size vertical entrances but effectiveness is greatly governed by local point density of LiDAR data and the interpreter's skills in correctly identifying a cave entrance from the background terrain data.