

UDK 528.236:528.517.8:681.783.25:004.352:629.783

Stručni članak

Izrada geodetske podloge za projektiranje kombinacijom GPS-a i terestričkoga trodimenzionalnoga laserskog skeniranja

Domagoj KUJUNDŽIĆ¹ – Biograd na moru

SAŽETAK. Terestričko trodimenzionalno lasersko skeniranje relativno je nova tehnologija bezdodirnog snimanja. Osim osnovnih prednosti takvih sustava, u ovom su radu navedene i mogućnosti kombinacije satelitskog određivanja položaja s laserskim skeniranjem u izradi geodetskih podloga za projektiranje. Tehnologija je ispitana na projektu snimanja deponija otpada grada Biograda na moru s neposrednim okolišem površine 75 ha. Prednost je odabrane metode GPS-a i 3D laserskog skeniranja u iznimno velikoj brzini i ekonomičnosti snimanja, posebice samog deponija otpada koji klasičnim geodetskim metodama nije ni moguće snimiti. Očekuje se da će se ta metodologija u budućnosti češće primjenjivati na sličnim projektima, kao i u ostalim mnogobrojnim primjenama u inženjerskoj praksi.

Ključne riječi: bezdodirno snimanje, trodimenzionalno lasersko skeniranje, GPS RTK, geodetske podloge.

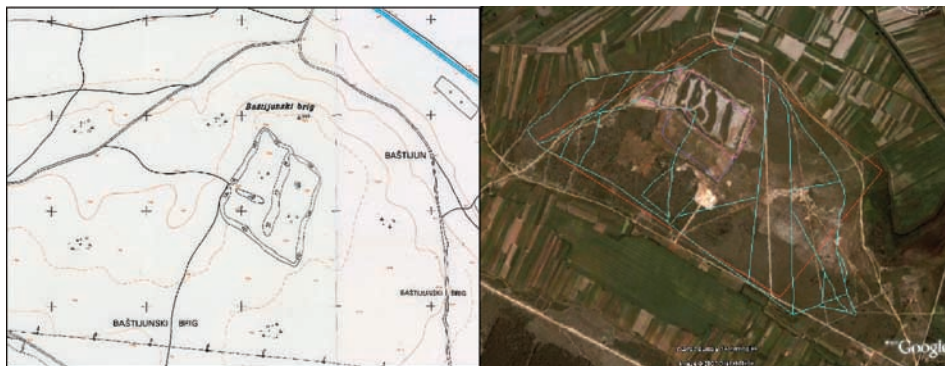
1. Uvod

Trodimenzionalno lasersko skeniranje može se podijeliti na zračno i terestričko. Zračni laserski skeneri često se koriste za snimanje koridora prometnica i sličnih longitudinalnih objekata (Kujundžić 2007a). Otkako su se početkom 1990-ih godina na tržištu pojavili prvi terestrički laserski 3D sustavi (Kujundžić 2007b), došlo je do značajnoga tehničkog napretka na tom području. Mjerna se 3D tehnologija danas koristi na područjima gdje je do sada primjenu uglavnom nalazila klasična terestrička fotogrametrija i tahimetrija (Schulz i Ingensand 2004). Danas su, potaknuti hardverskim i softverskim napretkom, laserski 3D sustavi u mogućnosti zabilježiti oblike i objekte koristeći gustu 3D mrežu točaka. Primjene laserskog skeniranja vrlo su raznolike, od arheologije, arhitekture, građevinarstva, strojar-

¹ Domagoj Kujundžić, ing. geod., Geobiro Biograd na moru d.o.o., Nova tržnica bb, 23210 Biograd n/m, e-mail: geobiro@geobiro.com.

stva do snimanja klizišta za potrebe geodinamičkih ispitivanja (Medak i dr. 2007a).

Tijekom 2007. godine izveden je projekt Izrada geodetske podloge za projektiranje odlagališta otpada grada Biograda n/m, primjenom kombinacije GPS-a i terestričkoga trodimenzionalnoga laserskog skeniranja. Odlagalište Baštijunski brig smješteno je oko 4 km od obale mora i 1,5 km sjeverozapadno od Vranskog jezera (slika 1). Ukupna je površina odlagališta 23 ha. Odlagalište radi od 1962. godine i nije primjereno sanirano. Zbog toga se pristupilo izradi projektne dokumentacije te je izrađen projekt rekonstrukcije i sanacije.



Slika 1. Isječak s Hrvatske osnovne karte 1:5000 (lijevo) i satelitska snimka s granicama deponija Baštijunski brig (desno).

Rezultat predmetnog projekta je 3D geodetska podloga za projektiranje budućeg izgleda saniranog odlagališta otpada Baštijunski brig. Geodetsku snimku stvarnog stanja izradio je Geobiro d.o.o., dok je Geodetski fakultet izveo trodimenzionalno lasersko skeniranje samog deponija. Ukupna površina od 75 ha podijeljena je na 23 ha na kojima se rasprostire deponij otpada i taj je dio snimljen terestričkim laserskim skeniranjem. Preostali okolni pojas na površini od 52 ha, relativno čist teren i slabo obrastao vegetacijom, snimljen je GPS-metodom. Obje primijenjene metode bit će detaljnije opisane u nastavku.

2. Terestričko lasersko skeniranje

Princip rada 3D laserskog skenera temelji se na usmjerenom odašiljanju laserskog signala iz mjernog instrumenta koji dolazi do željenog objekta skeniranja i reflektira se natrag prema mjernom instrumentu (Luhmann 2006).

Trodimenzionalno lasersko skeniranje posebno je prikladna metoda snimanja u situacijama kada je objekt snimanja teško pristupačan za postavljanje geodetskih mjernih oznaka. Upravo je zbog toga u predmetnom zadatku snimanja neuređenog deponija izabrana metoda terestričkoga laserskog skeniranja, jer ni jednom drugom geodetskom metodom nije moguće izvršiti izmjeru, što se može dobro vidjeti na slici 2.



Slika 2. Prikaz stvarnog stanja na odlagalištu otpada Baštijunski brig.

Mjerenje 3D skenerom proširuje mogućnosti mjerenja i daje mu novu dimenziju. Relativno nova metoda mjerenja 3D skenerom perspektivna je tehnologija koja se u svom trenutačnom razvoju odlikuje visokom kvalitetom mjernih rezultata i mogućnošću snimanja velikih mjernih objekata neovisno o uvjetima koji vladaju na mjestu snimanja i o optičkim karakteristikama površine mjernog objekta. Osim što se ističe brzinom i točnošću mjerenja, u mogućnosti je mjeriti oblik, položaj, odstupanja ili deformacije.

Skeniranje je nova tehnologija prikupljanja goleme količine podataka u kratkom vremenu. Geodetski fakultet ima na raspolaganju skener Trimble GX200, koji je korišten na ovome projektu.

Tablica 1. *Specifikacije laserskog skenera Trimble GX200.*

Parametar	Vrijednost
domet	350 m
točnost mjerenja udaljenosti	7 mm @ 100 m
točnost određivanja položaja	12 mm @ 100 m
rezolucija	3 mm @ 100 m
veličina točke	3 mm @ 50 m
brzina skeniranja	5000 točaka/sec

Uz pomoć laserskog skenera dobivaju se RGB oblaci točaka, tijekom skeniranja na raspolaganju je videoslika u realnom vremenu s peterostrukim uvećanjem. Skener je pogodan za industrijsku izmjeru, monitoring objekata i postrojenja, rudarstvo, kamenolome, ali i snimanje arhitektonske baštine, kulturnih spomenika i dr.



Slika 3. Laserski skener Trimble GX200 na Baštijunskom brigu.

Na slici 3 prikazan je laserski skener na lokaciji odlagališta otpada Baštijunski brig. Zbog specifičnosti snimanja odlagališta korišten je specijalni stativ koji podiže skener na maksimalnu visinu od 4,2 m. Na pojedinim stajalištima korišten je i kran s platformom maksimalne visine do 10 m. Na taj je način znatno smanjen broj potrebnih stajališta i znatno ubrzan proces skeniranja. Položaj stajališta laserskog skenera određuje se metodom GPS RTK, koja će biti detaljnije opisana u nastavku.

3. Izvedena GPS-mjerenja

Kao što je u uvodu spomenuto, na okolnom pojasu deponija otpada izvedena su GPS-mjerenja, i to primjenom metode pozicioniranja RTK (Real Time Kinematics). Riječ je o jednoj od najčešće korištenih metoda izmjere. Izmjera u realnom vremenu metodom RTK zahtijeva kratku udaljenost GPS-rovera od bazne točke, što je u našem slučaju bilo zadovoljeno, tako da je dobivena točnost od 1 do 2 cm.

Naime, korištena su 4 rovera i jedan bazni prijamnik marke Trimble, model R8 GNSS, a njihove udaljenosti nisu prelazile 1 km. Time se u prvom redu nastojala postići brzina, odnosno ekonomska isplativost izmjere na konkretnom zadatku.

Kompletni radovi detaljne izmjere predmetnog pojasa površine 52 ha izvedeni su u 2 radna dana. Osim opisane metode RTK, kod koje smo sami uspostavili baznu stanicu, ubrzo će u Republici Hrvatskoj biti uspostavljena mreža permanentnih stanica CROPOS. Riječ je naime o virtualnim referentnim stanicama (VRS), koje znatno proširuju mogućnost primjene metode RTK. Koncept VRS-a bazira se na mreži referentnih GPS-stanica, povezanih s kontrolnim centrom koji kreira bazu podataka regionalnih korekcija. Ti se podaci koriste za kreiranje VRS-a, imaginarnih baze udaljene samo nekoliko metara od GPS-rovera, te na taj način znatno smanjuju pogreške koje utječu na RTK izmjeru. Konkretna primjena te metodologije na teritoriju Republike Hrvatske (doduše korištenjem mreže VRS-a Republike Slovenije) prikazana je u (Medak i dr. 2007b).



Slika 4. GPS RTK izmjera na Baštijunskom brigu.

GPS-rover (slika 4) i kontrolni centar komuniciraju preko GSM mreže (mobitela). Koristeći takvu tehniku moguće je postići mnogo bolje rezultate RTK određivanja položaja unutar cijele referentne mreže. Na terenu u praksi to će značiti da je moguće izvoditi izmjeru točnosti 1 do 2 cm samo s jednim uređajem koji je povezan s mrežom VRS-a.

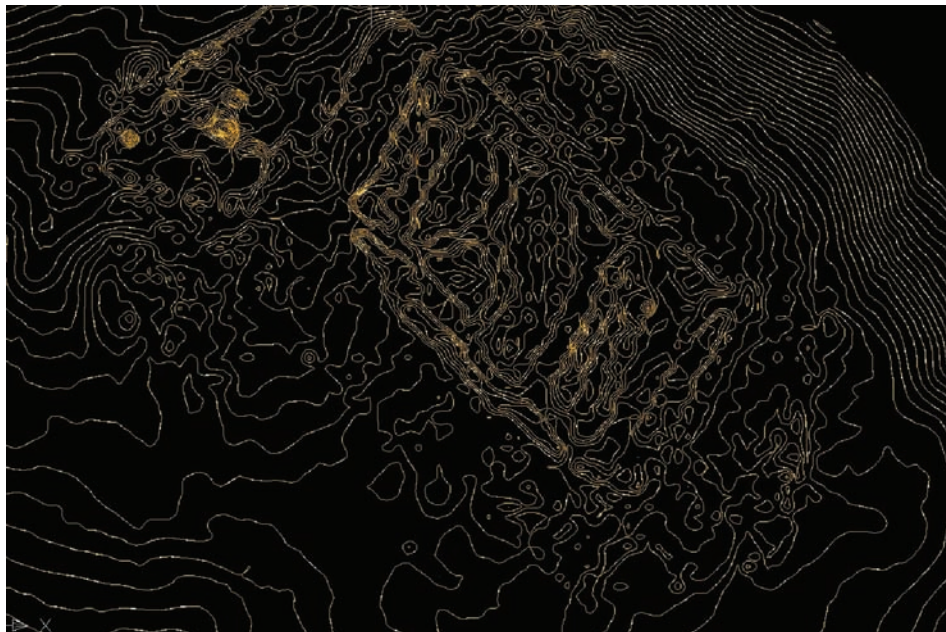
4. Obrada podataka

Opisane prednosti kombinacije laserskog skenera i GPS RTK izmjere na terenu ne bi došle do izražaja ako bi obrada u uredu zahtijevala više vremena. Jedna od glavnih prednosti primijenjenog načina snimanja je u tome što se od izmjerenih podataka i u uredu mogu obavljati radnje koje bi se inače radile na terenu. Taj način izmjere može se nazvati “virtualna izmjera”, jer se uz pomoć specijaliziranih softvera “hoda” kroz oblake točaka i crtaju detalji koji su korisni geodetima i projektantima. Rezultate takve virtualne izmjere moguće je prebaciti u neku poznatu radnu okolinu kao što je npr. AutoCAD, Microstation, 3DStudio Max, a zatim nastaviti obradu. Na ovaj način miš i tipkovnica računala postaju prizma i mjerna stanica ili GPS-uređaj.



Slika 5. Oblak točaka snimljenog područja.

U našem slučaju obrada je izvedena korištenjem programskog paketa RealWorks. Pokazalo se da je iz snimljenog oblaka točaka prikazanog na slici 5 vrlo jednostavno izvesti slojnice i trodimenzionalni model terena (slika 6). Dodatne operacije koje omogućavaju primjenu rezultata trodimenzionalnog skeniranja u trodimenzionalnom projektiranju omogućio je računalni program Autodesk Civil 3D. Stečena iskustva pokazuju da je trodimenzionalnim laserskim skeniranjem moguće u kratkom roku pridobivati podatke za izradu trodimenzionalnih projektnih podloga za izradu plana sanacije odlagališta otpada.



Slika 6. Slojnice izvedene iz oblaka točaka.

5. Zaključak

Kombinacija terestričkoga trodimenzionalnoga laserskog skeniranja i metode GPS RTK zasigurno je najperspektivnija mjerna tehnologija snimanja podloga, kojom se u najkraćem mogućem roku mogu prikupiti velike količine vrlo precizno izmjerenih koordinata točaka. Lasersko skeniranje omogućuje izmjeru visoke točnosti i na onim dijelovima snimanog područja ili objekta koji su neprikladni za izmjeru GPS-metodologijom. Tehnologija je primjenjiva u najrazličitije svrhe, a uz brzinu, točnost i količinu izmjerenih podataka svakako treba naglasiti i sigurnost za ljude i materijalna dobra. Kompletan zadatak obavljen je za 2 dana, što dokazuje iznimnu brzinu i ekonomičnost primijenjene metodologije. Veći dio posla u uredu (virtualna izmjera i trodimenzionalno projektiranje) postaje sve više interdisciplinarni zadatak geodeta/geoinformatičara te arhitekata, urbanista, građevinara, ali i arheologa, geologa, šumara i mnogih drugih stručnjaka.

Literatura

- Jacobs, G. (2005): High Definition Scanning, Professional Surveyor, August 2005, Volume 25, Number 8, <http://www.profsurv.com/archive.php?issue=103&article=1453>.
- Kujundžić, D. (2007a): Zračni laserski skeneri LEICA ALS50-II i Corridor Mapper, Eksentar, 10, 31–34.
- Kujundžić, D. (2007b): Pojava laserskih 3D skanera u Republici Hrvatskoj, Gradijelstvo GO21, 1, 32–34.

- Luhmann, T. (2006): Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik – Beiträge der 5, Oldenburger 3D-Tage 2006, Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Medak, D., Pribičević, B., Medved, I., Miler, M., Odobašić, D. (2007a): Terestričko lasersko skaniranje i trodimenzionalno projektiranje, SIG 2007, Simpozij o inženjerskoj geodeziji s međunarodnim sudjelovanjem, Gorana Novaković (ur.), Zagreb, 261–268.
- Medak, D., Pribičević, B., Rumiha, D., Kordić, B. (2007b): Uloga mreže permanentnih GPS-postaja Republike Slovenije pri iskolčenju magistralnog plinovoda Pula-Karlovac, SIG 2007, Simpozij o inženjerskoj geodeziji s međunarodnim sudjelovanjem, Gorana Novaković (ur.), Zagreb, 269–282.
- Schulz, T., Ingensand, H. (2004): Terrestrial Laser Scanning – Investigations and Applications for High Precision Scanning, FIG Working Week, Athens, Greece.
- Sternberg, H., Kersten, Th., Jahn, I., Kinzel, R. (2004): Terrestrial 3D Laser Scanning Data Acquisition and Object Modelling for Industrial As-Built Documentation and architectural Applications, ISPRS XX. Symposium, Com. V., WG V/4, Istanbul, 12–23 July 2004.

Preparation of Geodetic Project Bases with Combination of GPS and Terrestrial 3D Laser Scanning

ABSTRACT. Terrestrial three-dimensional laser scanning is a relatively new technology of contact-free surveying. The advantages of such systems have been enumerated, as well as the combination of 3D laser scanning with GPS RTK in preparation of geodetic project bases. The technology is applied on the project of waste management landfill Barutanski brig near Biograd n/m, with total area of 75 ha. The advantage of the combination is extremely efficiency (high speed and low cost), especially in the view of security and complexity of surveyed object. It is expected that this methodology shall find its application in interdisciplinary engineering practice.

Keywords: contact-free surveying, three-dimensional laser scanning, GPS RTK, geodetic project bases.

Prihvaćeno: 2008-11-27