

ALI DOBIVA KLASIČNA FOTOGRAMetriJA KONKURENCO ?

Poročilo o prvem projektu LIDAR v Sloveniji

Andrej Bilc *

Povzetek

LIDAR – tehnika 3D-laserskega skeniranja omogoča zajem podatkov o prostoru, ki se po natančnosti kosa s fotogrametrijo, v mnogih drugih pogledih pa jo močno prekaša. V Sloveniji smo izvedli prvi projekt, pri katerem je uporabljena tehnika LIDAR za izdelavo posnetka okoli 400 km daljnovodov. Rezultati tega dela kažejo veliko stopnjo operativnosti te tehnike in potrebo po nadaljnjem nabiranju izkušenj z novimi projekti.

1. Tehnika 3D-laserskega skeniranja

Tehnika 3D-laserske telemetrije je razvita za vojsko, zdaj pa je že nekaj let dostopna tudi za civilne potrebe. V svetu jo uporablja že prek 60 ustanov in podjetij, nove aplikacije pa se pojavljajo vsak dan in potrjujejo njeno uporabnost. Osnova enote za zajem podatkov je aktivni skener, ki deluje na načelu impulzne telemetrije z laserjem v bližnjem infrardečem delu svetlobnega spektra. Z njim določamo razdaljo med skenerjem in objekti na Zemljini površini, od katerih se odbija laserski žarek. Položaj letala se določa z registracijo meritev z GPS-jem in podatkov inercialnega navigacijskega sistema. Na ta način dobi vsaka izmerjena točka absolutne koordinate v trirazsežnem prostoru. Ker ni namen tega prispevka, da bi se spuščali v tehniko delovanja, temveč le v uporabo novega sredstva, predstavljam le osnovne podatke, ki so zanimivi za uporabnika.

Osnovna meritev nam da digitalni model terena izjemno velike gostote. Z nadaljnjo obdelavo se izločijo slabe meritve, izvede se klasifikacija točk, prepoznavanje objektov in končno tematska obdelava podatkov o objekti, ki daje neposredno uporabne informacije. V našem primeru so to razdalje med stebri, odmiki od ovir in vegetacije, itd.

- Višina leta nad terenom, katerega DMR želimo posneti, se giblje med 150 in 800 m. Širina skeniranega pasu je maksimalno 58 % letalne višine.
- Hitrost letenja med skeniranjem je od 40 do 200 km/h.
- Absolutna natančnost meritev je $\pm 0,25$ m in je v odvisna predvsem od natančnosti določanja položaja v prostoru z GPS-jem.

- Registrira se prvi in zadnji odboj vsakega impulza. Na ta način se registrirata višina vegetacije in višina terena, tudi pod vegetacijo.
- Paralelno s skeniranjem se teren snema z videokamero, ki zagotavlja sinhronizirane posnetke v vidnem delu svetlobnega spektra, namenjene predstavitvi posnete trase.
- GPS se uporablja za postprocesiranje meritev. Referenčne postaje so med seboj oddaljene okoli 50 km. Delujejo v statičnem načinu z registracijo meritev vsako sekundo (1"). Ovire za sprejem satelitskih signalov na referenčnih točkah ne smejo segati nad elevacijo 5° in sprejemniki morajo imeti možnost sprejema 12 satelitov na 2 frekvencah za kodo in fazo.

2. Prvi projekt v Sloveniji

V septembru 2002 smo izvedli prvi projekt 3D-laserskega skeniranja v Sloveniji. Predmet meritev je bilo okoli 400 km daljnovodov napetosti 400 kV. Naročnik projekta je bil ELES – Elektro Slovenija, ki upravlja elektrodistribucijsko omrežje. V izvedbi je sodelovalo več podjetij, ki so si posel razdelila:

- C&G, d. o. o. je prevzel inženiring in organizacijo projekta in je tudi uradno njegov nosilec, vsi drugi pa so v vlogi podizvajalcev.
- FLYCOM iz Lesc je izvedel vse posle, povezane z uvozom in izvozom opreme, in vse, kar je povezano z letenjem. Iz tehničnih razlogov je uporabljen helikopter podjetja Helica iz Italije.
- ALTEX Technology iz Švice je zagotovil strokovni tim za izvedbo meritev in obdelavo podatkov.
- 2B geoinformatika iz Ljubljane je izvedla pripravo podatkov za navigacijo, terenske meritve z GPS-jem in potrebne preračune ter izdelavo osnov za prevedbo podatkov v državni koordinatni sistem.

2.1. Načrt dela

»Terenski« del projekta obsega:

- načrtovanje letenja, izpolnjevanje pogojev za letenje, termine ugodnih pogojev za meritve z GPS-jem,
- pripravo referenčnih točk za meritve z GPS-jem in točk za transformacijo v državni koordinatni sistem, vključno s potrebnimi meritvami in izračuni,
- pripravo terminskega načrta letenja in s tem povezan načrt posedanja točk z GPS-jem na terenu.

2.2. Izvedba

Terenska faza projekta je izvedena v treh dneh. Prvi dan dopoldne je bil izveden kalibracijski let nad letališčem Lesce, po obdelavi podatkov pa popoldne še let nad traso Ljubljana – Žalec v dolžini okoli 50 km. Po pristanku so bili zbrani vsi podatki v začasnem operativnem centru v Lescah. To so podatki skeniranja, videoposnetki, digitalne slike, podatki referenčnih postaj z GPS-jem in ustrezna poročila izvajalcev. Izvedena je bila predhodna obdelava podatkov in ko je bila potrjena uspešnost dela tega dneva, je bila izdelana dokončna različica plana za naslednji dan. Drugi dan je bilo na enak način izvedeno snemanje trase Ravne (avstrijska meja) – Žalec – Kidričevo – Maribor – Kidričevo – Dobova (hrvaška meja). Tretji dan sta bili posneti trasi Ljubljana – Divača (italijanska meja) in Kostanjevica na Krasi – Podgrad (hrvaška meja).

*Slika1:
Optech skenirna glava
pred montažo v
helikopter*



*Slika2:
Helikopter z instalirano
opremo v hangarju na
letališču Lesce*

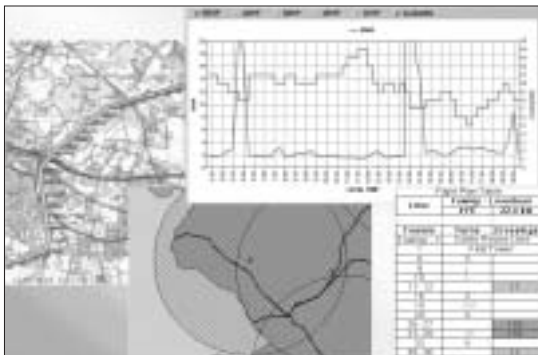


3. Vloga geodezije

Za geodete je bilo v tem postopku nedvomno najpomembnejše delo na referenčnih točkah z GPS-jem. Za izvedbo naloge smo uporabili dve permanentni postaji z GPS-jem, v Ljubljani in Žalcu. Na sedmih točkah smo

meritve z GPS-jem izvedli z dvema standardnima GPS-jevima sprejemnikoma Leica 9500. Referenčnim točkam moramo zagotoviti dovolj natančne koordinate, kar običajno storimo že v postopku priprave. Pričakovana natančnost $\pm 3\text{cm}^1$ v ETRS'89 (WGS'84) za geodetske meritve z GPS-jem ni velika zahteva. Dosežemo jo lahko tudi z dovolj dolgimi meritvami in navezavo na mrežo permanentnih postaj z GPS-jem, vseeno pa priporočam tudi navezavo na najmanj eno od bližnjih točk z GPS-jem iz državne mreže.

Nekoliko težje je bilo izpolniti druge zahteve. Verjetno najtežja naloga je bilo zagotoviti točke, na katerih relevantne ovire ne segajo prek 5° nad horizont². V Sloveniji je zaradi zaraščanja krajine večina geodetskih točk, razen najtežje dostopnih v visokih gorah, za ta namen neprimerna oz. je potrebno sekanje drevja v obsegu, ki si ga ne moremo privoščiti iz ekonomskih in predvsem okoljevarstvenih in krajinskih razlogov. Referenčne točke so zato pogosto na zgrajenih objektih ali v kulturni krajini (na kmetijskih zemljiščih), kjer je še zagotovljena ustrezna vidnost satelitov. Druga zahteva je visoka frekvenca meritev. Interval registracije mora biti 1 sekundo. Ker je bil to naš prvi tovrstni projekt, smo na osnovi informacij iz literature pričakovali ogromne količine podatkov. Na voljo smo imeli spominske kartice z zmogljivostjo 10 in 16 MB, resno pa smo razmišljali tudi o nabavi 90 MB kartic. Za kalibracijski let nad letališčem Lesce smo izvedli meritev z GPS-jem, ki je trajala uro in pol, in bili smo prijetno presenečeni, ko količina podatkov na karticah ni preseгла 2 MB. S tem je bil naš problem rešen. Med izvedbo tega projekta je najdaljša meritev trajala 6 ur, količina podatkov pa je za malenkost preseгла 8 MB. S tem je bila znova potrjena visoka operativnost Leicinih GPS-jevih sprejemnikov. Drugo prijetno presenečenje je bila ugotovitev, da programi za obdelavo skeniranih podatkov prepoznajo Leicin zapis meritev z GPS-jem in jih ni bilo treba pretvarjati v zapis RINEX.



Slika 3:
Elementi plana

¹ standardno odstopanje 1σ .

² Relevantne ovire - pojem je bil vpeljan med praktičnim delom z GPS-jem. To so ovire, ki so dovolj masivne, da zasenčijo radijsko valovanje, ki prihaja od satelitov, so v območju azimuta od 45° do 315° . Obenem so to tudi objekti, od katerih bi se radijski val lahko odbil in bi povzročali t. i. efekt "multipath".

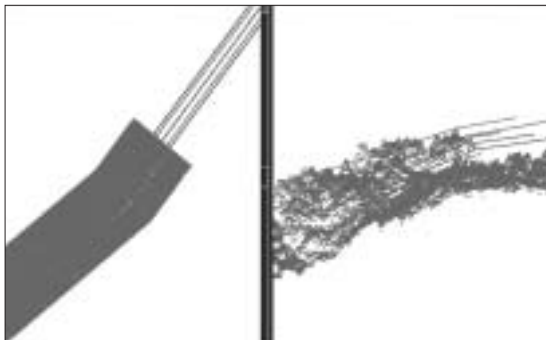
Slika 4:
Referenčne točke z
GPS-jem



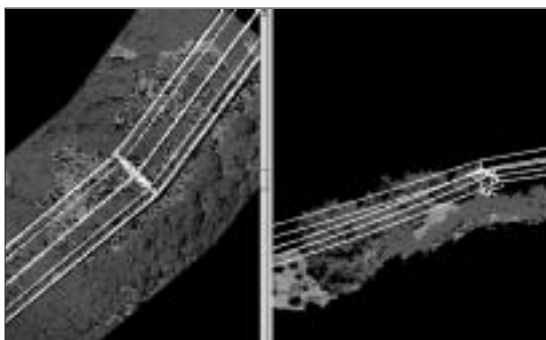
4. Rezultati

Predhodno procesiranje vseh meritev so sodelavci ALTEX-a izvedli vsak večer po zaključenem poletu. Primer surovih podatkov je prikazan na sliki 5, na kateri vidimo v levem oknu tlorisni, v desnem pa narisni prikaz skeniranih točk. Že štiri dni po zaključku poletov je bila za naročnika pripravljena predstavitev, na kateri so bili predstavljeni rezultati meritev, že klasificirani, vendar še ne tematsko obdelani. Primer takih podatkov je prikazan na sliki 6. Na teh podatkih že prepoznavamo objekte, vegetacijo in teren. Vidne so točke na žicah daljnovodov in konture daljnovodnih stebrov. S posebnim programom je že možno meriti razdalje med žicami daljnovoda, razdalje do objektov in drugih ovir.

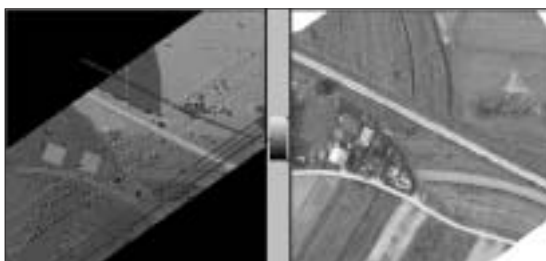
Tematsko obdelani podatki so bili predani naročniku mesec dni kasneje za prvih 50 km trase. To je skladno s pogodbo, ki predvideva izvedbo terenskih meritev in skeniranja za celoten obseg projekta, tematsko obdelavo pa bo investitor naročal tako, kot bo napredovala njihova uporaba v njegovih službah. V nadaljevanju je grafično prikazanih nekaj vzorcev tematsko obdelanih podatkov. Poleg točk s koordinatami je naročnik dobil tudi licenco za uporabo programa, ki omogoča izdelavo prikazov in analiz, kakor jih vidimo na teh primerih, pa tudi sezname: koordinate stebrov z višinami pritrditvenih mest, seznam križanj z objekti z odmiki in seznam pozicij, na katerih je odmik vegetacije manjši od 10 m.



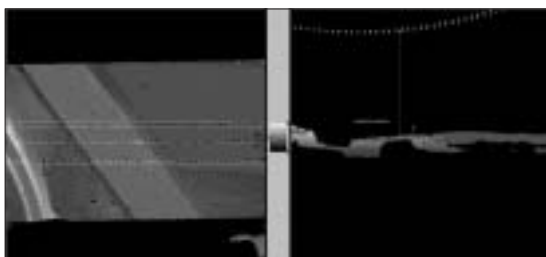
Slika 5:
»Surovi« podatki



Slika 6:
Osnovna tematska
klasifikacija



Slika 7:
Daljnovod s tematsko
klasifikacijo objektov,
desno georeferenciran
videoposnetek, ki daje
uporabniku boljši
vpogled v stanje na
terenu.



Slika 8:
Pogled na prehod
daljnovoda čez
avtocesto. Program
omogoča meritev višine
žic nad ravnijo cestišča.

5. Druge možnosti

Takšni so rezultati prvega projekta, pri katerem smo v Sloveniji uporabili tehniko 3D- laserskega skeniranja. Iz pokazanega so vsaj okvirno razvidne osnovne možnosti nove tehnike. Uporabili smo jo za kontrolo daljnovodov, možnosti uporabe pa je še veliko. Trenutno je v svetu približno 60 ponudnikov tovrstnih storitev in nekateri med njimi so se specializirali za posamezna področja dela. Poleg tu opisane uporabe najdemo še:

- meritev tras za projektiranje daljnovodov, cevovodov in cest,
- izdelavo digitalnega modela reliefa,
- izdelavo digitalnega modela objektov in vegetacije,
- kartiranje vegetacije za potrebe gozdarstva, vključno z oceno lesne mase,
- pripravo podatkov za informacijske sisteme mest,
- Hidrografske študije porečij, poplavnih bazenov, obalnih pasov in priobalnega morja,
- študije erozije, tudi s spremljanjem premeščanja materiala v rečnih strugah.

Metodo odlikujeta visoka operativnost in velika storilnost. Za ilustracijo – skeniranje 400 km daljnovodov je trajalo samo kakih 14 ur, in to pri dokaj razvejanem omrežju. Enako dolga trasa enega samega daljnovoda bi bila izmerjena še mnogo hitreje. Ravno velika storilnost je obenem tudi omejitveni element za angažiranje te tehnike. Večina projektov je dokončana v času, ki je pogosto krajši od klasičnih ali fotogrametričnih meritev. Ekipa z opremo se zato seli po svetu, od projekta do projekta. Ravno transport, logistični problemi, uvoz in izvoz opreme ter njena montaža v drug helikopter povzročajo velik začetni strošek, ki se povrne šele ob večjih projektih, takih pa je v naših krajih razmeroma malo.

Opremo in ekipo najemamo. Najmanjši čas najema je teden dni. Ob dobri organizaciji dela bi v tem času lahko posneli prek 1000 km daljnovodov. Tako veliko naročilo pa je pri nas razmeroma redko. Prihodnost vidimo v združevanju več manjših naročil in povezovanju uporabnikov, pa tudi v možnosti, da bi v prihodnje lahko z eno ekipo pokrivali območje srednje Evrope in bo tako tehnika hitreje na voljo, pa tudi zagonski strošek bo majhen.

Viri

www.optech.ca

www.opteh.ru

www.topscan.de

www.terraimaging.nl

Prispelo v objavo: 2002-11-04