

KARTIRANJE DALJNOVODOV Z UPORABO ZRAČNEGA LASERSKEGA SKENIRANJA

MAPPING OF TRANSMISSION LINES WITH AERIAL LIDAR SCANNER

Klemen Špruk

1 UVOD

Upravljanje linijskih objektov, kot so daljnovodi, je zahtevno. Daljnovodni vodniki se raztezajo čez celotno državo, pogosto tudi na težko prehodnih območjih. Upravljalci morajo skrbeti, da njihovi objekti dobro in zanesljivo opravljajo svojo funkcijo, hkrati pa morajo spremljati okolico daljnovoda, saj tam veljajo nekatere omejitve rabe prostora zaradi zagotavljanja varnosti. Na okolico daljnovoda lahko po eni strani vpliva človek s svojimi posegi v prostor ali pa se ta naravno spreminja s časom, na primer zaradi rasti vegetacije. Z izvedbo zračnega laserskega skeniranja daljnovoda dobimo podatke, ki z nadaljnjo obdelavo omogočajo cenovno ugodno in učinkovito ugotovitev dejanskega stanja (rabe prostora) na trasi daljnovoda. Z obdelavo podatkov in ovrednotenjem rezultatov snemanja se lahko načrtujejo vzdrževalna dela, kot so menjava vodnikov, odstranjevanje vegetacije, vzdrževanje ali izdelava poti za dostop do daljnovoda.

2 IZVEDBA ZRAČNEGA LASERSKEGA SKENIRANJA

Za izvedbo laserskega skeniranja uporabljamo letalo ali helikopter (slika 1). Helikopter je primernejši za razgiban in težje dostopen teren, saj omogoča manjšo hitrost letenja ter večjo hitrost dviganja in spuščanja, da lahko dovolj dobro prilagajamo višino leta terenu. Pred samim letom določimo linijo leta, ki je odvisna od zahtev naročnika in zmožnosti opreme. Z določeno linijo leta moramo zagotoviti dovolj visoko gostoto posnetih točk, skrbeti, da je porazdelitev posnetih točk terena enakomerna, tudi natančnost izmerjenih točk mora ustrezati dogovorjeni. Od zahteve po gostoti točk, zmožnosti hitrosti skeniranja in registriranja prejetih podatkov sta odvisni tudi sama hitrost in višina leta, na katero vpliva zorni kot laserskega skenerja. Naloga operaterja pred letom je priprava in preizkus delovanja opreme. Med samim letom pa operater skrbi za zagon sistema in skeniranje, ki je sestavljeno iz sistema GNSS (angl. *Global Navigation Satellite System*), sistema IMU (angl. *Inertial Measurement Unit*) in laserskega skenerja. Operater med letom upravlja in nadzoruje sistem za lasersko skeniranje ter usmerja pilota, da se let izvede po načrtovani poti. Po opravljenem letu in snemanju sledi obdelava in kontrola pridobljenih podatkov.



Slika 1: Helikopter Eurocopter EC-120B Colibri, ki se je uporabljal pri izvedbi projekta Lasersko skeniranje Slovenije (spletna stran podjetja Flycom, 2015).

Primer laserskega skenerja RIEGL VQ-380i, ki je namenjen predvsem za snemanje koridorjev linijskih objektov.

Glavne tehnične specifikacije skenerja so (Spletna stran podjetja Riegel, 2015):

- zorni kot (slika 2): 100° ($+60^\circ / -40^\circ$),
- hitrost [točk na sekundo]: 29.000–23.0000,
- točnost¹: 25 mm,
- mersko območje: 10–475 m,
- kotna ločljivost: $0,001^\circ$,
- velikost pike: 36 mm @ 100 m, 88 mm @ 250 m, 175 mm @ 500 m,
- valovna dolžina laserja: bližnja infrardeča,
- laser: Class 1,
- temperatura upravljanja: -10°C – 40°C ,
- masa: 7,1 kg.



Slika 2: Prikaz zornega kota skenerja RIEGL VQ-380i (Sensors and Systems, 2015).

¹ Stopnja ustreznosti merjene količine (dolžine) glede na njeno dejansko vrednost.

Primeri dosežene gostote točk pri različnih pogojih letenja in nastavitvah predstavljenega laserja so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Gostota točk ob različnih parametrih.

Hitrost snemanja [točk/s]	Višina leta nad tlemi [m]	Hitrost leta [vozli]	Gostota točk [točk/m ²]
70	335	70	1
100	305	60	2
200	183	70	5
300	183	60	9
400	122	60	19
550	92	80	25

3 REZULTATI ZRAČNEGA LASERSKEGA SKENIRANJA ZA PRIMER DALJNOVODOV

Po končani obdelavi podatkov laserskega skeniranja lahko iz oblaka točk kot rezultat pridobimo naslednje podatke:

- digitalni model reliefa,
- stojna mesta stebrov,
- podatke o vodnikih,
- os daljnovoda,
- podatke o vegetaciji,
- podatke o objektih, ki se križajo z daljnovodom (ceste, železnice, vode ...),
- podatke o drugih objektih na območju trase daljnovoda.

Podatki o rastju in vegetaciji služijo za pridobitev informacij, kje na trasi so objekti, ki so premalo oddaljeni od vodnika ali stebra. Z analizami v okoljih geografskih informacijskih sistemov (GIS) je mogoče v okolici vodnikov določiti tudi drevesa, ki lahko ob morebitnem padcu že samo zaradi višine povzročijo prekinitev vodnika. Za določitev prednostnih območij za odstranitev vegetacije in potencialno nevarnih objektov se lahko izdelata karta, ki prikazuje območja vegetacije, klasificirana glede na višino vegetacije.

Z laserskega posnetka vodnikov je mogoče izračunati povese vodnikov in izdelati modele njihovega obnašanja pri spremenjenih vremenskih razmerah, kot so močan veter, ali pri drugih spremenljivih pogojih, kot je povečana tokovna obremenitev, pri kateri se spremeni poves, in torej bližnja vegetacija lahko pomeni še večjo nevarnost za prekinitev vodnika. Za takšen izračun je pomembno pridobiti podatek o obremenitvi daljnovoda med samim snemanjem. Iz podatkov o poteku vodnika lahko pridobimo dodatno informacijo o povesu vodnika ob povečani obremenitvi. Tako lahko načrtujemo največjo obremenitev vodnika, ob kateri okolica ne pomeni tveganja za njegovo prekinitev. Pri upravljanju in urejanju teh podatkov so nam v pomoč predvsem orodja GIS, kjer lahko z različnimi prostorskimi analizami pridobimo razne informacije in vodimo evidenco stanja omrežja ter to evidenco tudi posodabljam.

Za ogled oblaka točk, ki je v večini praviloma zapisan v datoteki *.las, lahko uporabimo pregledovalnik oblaka točk (na primer LAsTools lasview). Ta na primer omogoča ogled dejanskega stanja objektov v koridorju daljnovoda kar na namiznem računalniku, kar je pri odločanju v veliko pomoč, saj si dejansko ogledamo 3D-posnetek stanja na terenu (slika 2).



Slika 3: Prikaz oblaka točk na trasi daljnovoda.

Med periodičnim snemanjem trase daljnovoda lahko ugotovljamo razlike v povesu žic (ob upoštevanju obremenitve daljnovoda), v višini vegetacije, stanju površja (sprememba poti, novi objekti, vpliv erozije ...) in nagibih stebrov. Poleg zajema lidarskih podatkov se lahko opravi aerofotogrametrično snemanje, ki omogoča lažje prepoznavanje objektov. Če ob letu tudi fotografiramo traso daljnovoda, lahko naknadno opravimo njegov vizualni pregled, s katerim iščemo morebitne poškodbe njegovih elementov.

4 SKLEP

Zračno lasersko skeniranje infrastrukturnih linijskih objektov nam ponuja cenovno ugoden, učinkovit in hiter način pridobitve podatkov o stanju prostora, v katerem je objekt. Hitrost zajema podatkov je neprimerljivo večja, kot bi bila pri metodi klasične terestrične metode ali terestričnega laserskega skenerja. Če uporabljamo helikopter, nedostopnost trase ne povzroča težav. Kakovost pridobljenih podatkov je dovolj visoka, da iz njih zajamemo lokacijske informacije infrastrukturnih objektov. Če z laserskim skeniranjem dosežemo gostoto točk vsaj 35 točk/m² in imamo obenem na voljo posnet ortofoto s prostorsko ločljivostjo vsaj 10 centimetrov, lahko podatke uporabimo tudi za izdelavo geodetskega načrta v merilu 1 : 1000, kar nam omogoča tudi morebitno projektiranje novih objektov na trasi.

Literatura in viri:

- Marinšek, M., Tomažič, R., Barl, B. (2003). Lasersko snemanje daljnovodov. 6. konferenca slovenskih elektroenergetikov, Portorož, 2003.
- Spletna stran Cigre. http://www.cigre-cired.si/Images/files/documents/6_konferenca_Portoroz_2003/2003-B2-7.pdf, pridobljeno 20. 2. 2015.
- Sensors and Systems. <http://eijournal.sensorsandsystems.com/newsite/wp-content/uploads/2012/01/opener-610x349.jpg>, pridobljeno 26. 2. 2015.
- Spletna stran podjetja Riegl. <http://www.riegl.com>, pridobljeno 30. 5. 2015.
- Spletna stran podjetja Flycom. <http://www.flycom.si>, pridobljeno 26. 2. 2015.

Klemen Špruk, univ. dipl. inž. geod.
Flycom d. o. o.
Moste 26B, SI-4274 Žirovnica
e-naslov: klemen.spruk@flycom.si