SGGEŠ
SREDNJA GRADBENA, GEODETSKA
IN EKONOMSKA ŠOLA LJUBLJANA

ANALIZA POTI V KRAJINSKEM PARKU ROŽNIK, TIVOLI IN ŠIŠENSKI HRIB

Področje: geografija

Avtorici: Anja Judež, Nina Kranjec,
geodetski tehnik: G3a
Mentorica: Marinka Potočar
Somentorica: Nataša Đurić

Ljubljana, marec 2012

POVZETEK

V nalogi je predstavljeno sodobno, brezkontaktno zajemanje podatkov o zemeljskem površju z daljinskim zaznavanjem, in sicer z metodo zračnega laserskega skeniranja (LIDAR). Uvodoma predstaviva teoretične osnove, t.j. opis metode, inštrument za skeniranje, navigacijski sistem za njegovo pocizioniranje (GPS) ter prednosti in slabosti.

V nadaljevanju obravnavava uporabnost metode za izdelavo višinske predstave površja Zemlje, t.i. digitalnega modela višin (DMV), in sicer na konkretnem primeru predela Rožnika v Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib v Ljubljani. Najin cilj je bil analizirati natančnost (ločljivost) modela, nastalega z obdelavo »oblaka« lidarskih točk, in se prepričati, da je primeren za kartiranje poti po Rožniku.
V ta namen sva del poti kartirali neposredno na terenu z GPS-om in jih prikazali na digitalnem modelu višin, nato pa s primerjavo kartiranja na modelu ugotavljali skladnost.

S potrditvijo že prej postavljene hipoteze, da je model, oblikovan na podlagi podatkov laserskega skeniranja, povsem ustrezen za kartiranje vseh vrst poti, tudi ozkih (neurejenih), sva si postavili vprašanje, kako bi prikaz poti (tematsko karto) uporabili za ureditev kaotičnega stanja v Krajinskem parku. V ta namen sva med uporabniki poti izvedli anketo, na podlagi rezultatov pa v zaključku predlagali nekaj ureditvenih posegov.

Ključne besede:
zračno lasersko skeniranje, digitalni model reliefa, kartiranje poti, analiza, uporabnost tematske karte

ABSTRACT

The topic of our research work is contemporary, noncontact data collection with remote detection using Light Detection and Ranging. We presented theoretical base

e.g. method description, scanning methods, scanning instruments, Global Positioning System, advantages and disadvantages.

In addition, we were recording the use of digital surface model method on the part of the Rožnik area (the Tivoli, Rožnik Hill, Šiška Hill Landscape Park). The aim was to analyze accuracy of the model that was created by interpreting LiDaR point cloud and to make sure it is suitable for mapping paths on Rožnik.

We researched part of the paths on the terrain with GPS and then marked them on the map and compared them with LiDaR.

By confirming the hypothesis, that the model formed on the bases of laser scanning is completely suitable for mapping all sorts of paths, even the narrow ones (shortcuts), we wanted to find out how to use this map in order to solve the chaotic state in Tivoli, Rožnik Hill, Šiška Hill Landscape Park. This is the reason why we made a survey with hikers that use these paths.

In the resarch coclusion some possible solutions weresuggested on the bases of the survey.

Keywords:
airborn laser scanning (aerial photogrammetry), digital terrain model, path mapping, analysis, usefulness of thematic map

ZAHVALA

Zahvaljujeva se najinima mentoricama prof. Marinki Potočar in Nataši Đurić, ki sta nama čez celotno raziskovalno nalogo stali ob strani ter nama omogočili pridobiti vse potrebne vire. Zahvalili bi se tudi prof. Renati Ribnikar Oblak ter prof. Alenki Tomšič Grgurič za pomoč pri lektoriranju naloge.

Prav tako bi se radi zahvalili najinim staršem, za vso moralno podporo ter najini cimri Urški, ki naju je podpirala v najbolj kritičnih trenutkih.

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

DGPS Differential Global Positioning System; sl. diferencialni GPS (nadgradnja sistema GPS, pri kateri se uporablja mreža baznih referenčnih točk)

DMR Digital Terain Model (DTM); sl. digitalni model reliefa

DMV Digital Elevation Model (DEM); sl. digitalni model višin

EMV elektromagnetno valovanje

GK Gaus-Krügerjeva projekcija

GPS Global Positioning System; sl. sistem globalnega določanja položaja

GURS Geodetska uprava republike Slovenije

IMU Inertial Measurement Unit; sl. inercialna merska enota

INS inercialni navigacijski sistem (z inercialno mersko enoto je zabeležena orientacija nosilca med letom)

LIDAR Light Detection And Ranging / Lidar Imaging Detection And Ranging; sl. svetlobno zaznavanje in merjenje, zračno lasersko skeniranje

POS Positioning and Orientationing System; sl. sistem za določanje položaja in orientacije

TM transverzalna Mercatorjeva projekcija

WGS84 World Geodetic System 1984; sl. koordinatni sistem, na katerega se nanašajo GPS meritve

ZLS Airborne Laser System (ALS); sl. zračno lasersko skeniranje

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 10
2 DALJINSKO ZAZNAVANJE 11
3 ZRAČNO LASERSKO SKENIRANJE 12
4 ZAJEM PODATKOV Z MERSKIM SISTEMOM ZLS 14
4.1 Merjenje razdalje 16
4.2 Merjenje odklona 16
5 NATANČNOST LASERSKIH SKENERJEV 17
6 INTERAKCIJA LASERSKEGA ŽARKA S POVRŠJEM 17
7 REGISTRACIJA VEČKRATNEGA ODBOJA LASERSKEGA PULZA 18
8 SISTEM ZA DOLOČANJE POLOŽAJA IN ORIENTACIJA POS 19
8.1 Določanje položaja s sistemom GPS 20
8.2 Določanje orientacije s sistemom INS 21
8.3 Integracija sistema DGPS in INS 22
9 PREDNOSTI IN POMANJKLJIVOSTI ZRAČNEGA LASERSKEGA SKENIRANJA 22
10 UPORABA ZRAČNEGA LASERSKEGA SKENERJA 23
11 IZDELAVA DIGITALNEGA MODELA VIŠIN 24
12 NAČIN DELOVANJA SISTEMA GPS 26
12.1 Osnovni princip določitve položaja 26
13 PREHOD IZ GPS KOORDINAT V KOORDINATE DRŽAVNEGA KOORDINATNEGA SISTEMA 27
13.1 Koordinate GPS in sistem geografskih koordinat na elipsoidu 28
14 DRŽAVNI KOORDINATNI SISTEM – KOORDINATNI SISTEM V RAVNINI PROJEKCIJE 29
15 OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA 31
16 METODOLOGIJA 34
16.1 Uporabljeni podatki 34
[redacted] Digitalni model višin 34
16.2 Postopek določitve koordinat v državnem koordinatnem sistemu 34
16.3 Meritve GPS 37
16.4 Anketiranje 38
16.5 Programska oprema 39

17 ANALIZA DIGITALNEGA MODELA VIŠIN 40
17.1 Senčenje 40
17.2 Primerjava poti, identificiranih na senčenem digitalnem modelu višin in meritvami GPS 43
18 ANALIZA ANKETNIH ODGOVOROV IN INTERPRETACIJA 50
18.1 Rezultati ankete 50
19 ZAKLJUČEK 54
20 VIRI IN LITERATURA 57
21 PRILOGE 59
21.1 Anketa 59

KAZALO SLIK

SLIKA 1: ZRAČNO LASERSKO SKENIRANJE..... 14
SLIKA 2: VGRAJEN ZRAČNI LASERSKI SKENER V LETALO. 15
SLIKA 3: REGISTRACIJA VEČKRATNEGA ODBOJA..... 18
SLIKA 4: 24 SATELITOV SISTEMA GPS SE NAHAJA V 6 TIRNICAH..... 21
SLIKA 5: UMESTITEV KRAJINSKEGA PARKA V MESTNI OBČINI LJUBLJANA… 31
SLIKA 6: DRŽAVNI ORTOFOTO KRAJINSKEGA PARKA. NA VZHODNI STRANI SE NAHAJA PARK TIVOLI. 32
SLIKA 7: CERKEV MARIJINEGA OBISKANJA..... 33
SLIKA 8: NAČRT LETA HELIKOPTERJA PRI IZVEDBI LASERSKEGA SKENIRANJA..... 36
SLIKA 9: GARMIN ROČNA NAPRAVA OREGON 550. 37
SLIKA 10: PRIMER VIDNE OZKE STRANSKE POTI. 44
SLIKA 11: NA LIDARSKEM POSNETKU JE POT VIDNA..... 44
SLIKA 12: ŠIROKE POTI SO NA POSNETKU NAJBOLJ OPAZNE. 45
SLIKA 13: VIDNI SO TUDI PREHODI ČEZ ZARAŠČEN TEREN. 45
SLIKA 14: OPAZNA JE TUDI MALO RABLJENA BLJIŽNICA..... 46
SLIKA 15: LIDAR DOBRO ZAZNAVA RAZGIBANOST TERENA. 46
SLIKA 16: VIDNE SO VSE POTI..... 47
SLIKA 17: POTEK IZBRANE POTI. 48
SLIKA 18: VIŠINSKI PREREZ IZBRANE POTI. 48
SLIKA 19: DRUGA IZBRANA POT..... 49
SLIKA 20: VIŠINSKI PREREZ DRUGE IZBRANE POTI. 49
SLIKA 21: VZOREC ANKETIRANCEV..... 51
SLIKA 22: OBISK PARKA. 51
SLIKA 23: VZROK OBISKA PARKA..... 52
SLIKA 24: UPORABA POTI..... 52
SLIKA 25: SVOBODA V PARKU. 53
SLIKA 26: PREPOVED UPORABE POTI..... 53
SLIKA 27: OGLED NOVE ZASNOVANE UČNE POTI. 54

1 UVOD

Natančno in hitro pridobivanje podatkov o zemeljskem površju, ne da bi z njim prišli v neposreden stik, je v zadnjih letih omogočila tehnika laserskega skeniranja. Laserski skener, ki je nameščen bodisi na stativu bodisi na dnu letala ali helikopterja, je aktivni instrument, ki proti opazovanim predmetom pošilja kratke laserske pulze. Pri tem hkrati opazujemo in beležimo odbito elektromagnetno valovanje. Surove ali obdelane podatke laserskega skeniranja uporabimo v najrazličnejših aplikacijah – v gozdarstvu za opazovanje višin dreves, v arheologiji za odkrivanje in kartiranje nahajališč, pri opazovanju urbanih površin za pridobivanje trirazsežnih modelov stavb.

Zračno lasersko skeniranje oziroma t.i. tehnologija LiDaR trenutno predstavlja tudi najbolj natančno tehniko za izdelavo trirazsežnih digitalnih modelov višin in površja. Digitalni model višin predstavlja zapis nadmorskih višin z nepretrgano (zvezno) ploskvijo. Takšen sloj omogoča izvedbo raznovrstnih prostorskih analiz. Digitalni model višin, ki sva ga uporabili v raziskovalni nalogi, je bil pridobljen iz podatkov laserskega skeniranja, ki ga je za Mestno občino Ljubljana izvedlo podjetje Flycom dne 24. 3. 2011. Obsega območje krajinskega parka Rožnik, Tivoli in Šišenski hrib. Območje krajinskega parka je bilo sicer v okvirih prostorskega načrtovanja ter vrednotenja naravne in kulturne dediščine celovito obravnavano v publikaciji Krajinski park Tivoli, Rožnik in Šišenski Hrib (Smrekar in sod., 2011), vendar podatki zračnega laserskega skeniranja za potrebe krajinskega urejanja doslej še niso bili uporabljeni in izkoriščeni.

V tej raziskovalni nalogi sva se zato odločili analizirati poti v krajinskem parku. Smrekar in sod. navajajo, da je skupna dolžina različnih tipov poti v parku prb. 85 km. Takšna prepredenost poti ob odsotnosti upravljavca ter neurejenem lastniškem statusu predstavlja svojevrsten problem za zavarovano območje parka. Neusmerjeno gibanje obiskovalcev parka ima neposreden učinek na naravno okolje, saj so območja, kjer spontano nastajajo neurejene steze, najbolj izpostavljena eroziji in razgaljanju korenin.

Postavili sva si tri hipoteze, ki sva jih preverili s pomočjo lidarskega DMV-ja, obdelavo podatkov in primerjave meritev GPS in LiDaR, ter izvedeno anketo neposredno na terenu.

Hipoteze:

- **S pomočjo lidarskega digitalnega modela reliefa lahko učinkovito identificiramo poti (natančna upodobitev linijskih objektov).**
- **Digitalni model reliefa nam omogoča izdelavo višinskih profilov in oceno težavnosti poti.**
- **Obiskovalci imajo v parku preveč svobode in povzročajo kaotično gibanje vsepovsod.**

Raziskovalno nalogo sva uvrstili v področje geografije, vendar meniva, da se tema najine naloge ne more umestiti izključno v to kategorijo, saj je obravnava pojmov prostora in zemeljskega površja podprta z uporabo metodologij s področja geodezije.

Raziskovalna naloga je nastala tudi v sklopu projekta Slovenija iz Vesolja, ki ga je pripravil Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije. Center odličnosti Vesolje - SI je bil ustanovljen leta 2010, da bi Sloveniji omogočil učinkovito vključevanje v mednarodne raziskave na področju vesoljskih znanosti in tehnologij. V dejavnosti Centra odličnosti so vključene tako akademske ustanove kot tudi visoko tehnološka mala in srednje velika podjetja.

2 DALJINSKO ZAZNAVANJE

»Daljinsko zaznavanje je način pridobivanja informacij o površju Zemlje, ne da bi z njo prišli v neposreden stik. Pri tem zaznavamo in zapisujemo odbito in sevano elektromagnetno valovanje, ga obdelujemo, analiziramo in uporabimo v različnih aplikacijah.« (Oštir, 2006, 13).

Opazovani predmet seva ali odbija elektromagnetno valovanje (EMV), ki ga senzor v sprejemniku naprave za daljinsko zaznavanje zazna in registrira. V ta namen

uporabljamo fotografske kamere, radarje, laserje, multi spektralne kamere in druge inštrumente. Telesa na površju del prejetega sončnega sevanja vpijejo, del odbijejo ali pa prepustijo. To je odvisno od valovne dolžine in od snovi. Telesa se lahko med seboj razlikujejo po deležih odbitega, vpitega ali prepuščenega sevanja. Bolj izrazite razlike nastanejo v območju infrardeče svetlobe kot pa na območju valovanja vidne svetlobe.

Senzor, s katerim zaznavamo odbito in sevano elektromagnetno valovanje, se mora nahajati na stabilni platformi oziroma nosilcu. Platforme, ki jih uporabljamo, so lahko:

- na tleh (terestrično lasersko skeniranje),
- na letalih ali balonih, ki se nahajajo znotraj atmosfere (zračno lasersko skeniranje - v nadaljevanju ZLS),
- na satelitih ali vesoljskih plovilih, ki se nahajajo zunaj atmosfere.

V nadaljevanju so predstavljena teoretična izhodišča zračnega laserskega skeniranja oziroma tehnologije LiDaR.

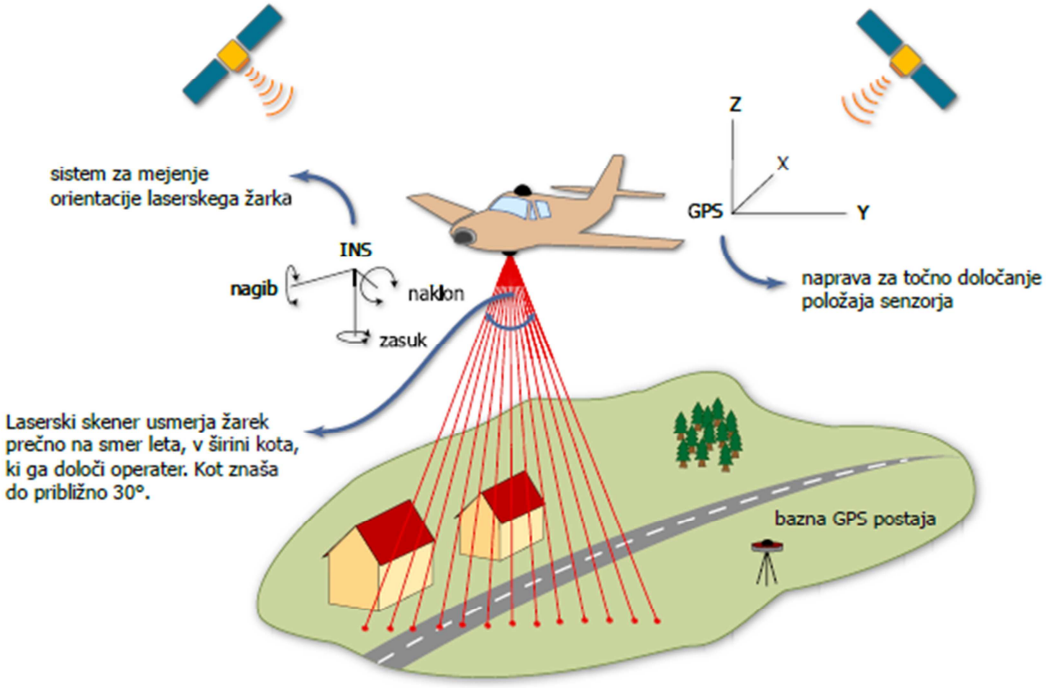
3 ZRAČNO LASERSKO SKENIRANJE

Zračno lasersko skeniranje je metoda daljinskega zaznavanja, s katero pridobivamo prostorske (3D) informacije o zemeljskem površju in objektih s pomočjo satelita ali zrakoplova (helikopter, letalo). V zelo kratkem časovnem intervalu pridobimo veliko število točk s prostorskimi koordinatami (oblak točk), ki predstavlja skenirano površino. V primerjavi z ostalimi geodetskimi metodami zagotavlja oblak točk naenkrat več izmerjenih detajlov, kar zmanjša stroške dodatnih, ponovnih izmer na terenu. Na metodo zračnega laserskega skeniranja ne vplivajo čas zajema (dnevna svetloba), sence, vremenske razmere (oblaki). Rezultati so zadovoljivo natančni, še posebej hitro pridobimo podatke o nadmorskih višinah točk. Metodo laserskega skeniranja uporabimo povsod, kjer so možni odboji od površja. Natančnost določitve posameznih točk je odvisna od oddaljenosti skenerja od objekta.

Polarne koordinate točke, določene z laserskim skeniranjem, določata razdalja in odklon. Točke pridobimo s skeniranjem površja iz zraka z lasersko svetlobo (Slika 1).

Izbira vzorca skeniranja je odvisna od reliefa, smeri in hitrosti leta. Točke so praviloma zajete v enakih kotnih intervalih, razdalja med njihovimi odtisi na površju pa ni stalna. Zaradi različne hitrosti in pospeškov letala so točke razporejene zelo nepravilno, zato pri lidarju ne govorimo o značilnih razdaljah, ampak le o oblakih točk (gostoti točk-meritev na kvadraten meter). Kot točke štejemo vse odboje, ki so se vrnili nazaj v laserski razdaljemer, odbili pa so se lahko od različnih površin, kot so zgradbe, prst, listje in drevesne krošnje, avtomobili.

Laserski razdaljemer meri razdaljo posredno preko časa potovanja žarka ter odklona laserskega žarka v smeri prečno na nosilec sistema (letalo, helikopter). Dopolnjevalni GPS meri položaj premikajočega se zrakoplova. Orientacija je določena z meritvami INS (angl. Inertial Navigation System) treh prostorskih kotov zasuka nosilca v prostoru. Koordinate niso pridobljene v realnem času, ampak jih pridobimo z dodatnim procesiranjem podatkov. Po končanem snemanju se v procesu obdelave preko časovne informacije združijo podatki laserskih poševnih razdalj (meritve laserskega skeniranja) in podatki položaja inštrumenta in orientacije. Za večjo relativno in absolutno natančnost prostorskih lidarskih podatkov se pri izračunu upoštevajo še kalibracijski podatku merskega sistema – zračnega laserskega skeniranja (ZLS). V postopku izdelave se za vsak odboj laserskega žarka izračunajo prostorske koordinate (X, Y, Z) v izbranem referenčnem koordinatnem sistemu, ki jih nato uporabimo na končnem izdelku ZLS, tj. za digitalni model reliefa, površja, stavb ipd.



Slika 1: Zračno lasersko skeniranje.

4 ZAJEM PODATKOV Z MERSKIM SISTEMOM ZLS

Sestavni deli merskega sistema ZLS so:

- LiDaR - aktivni inštrument, ki oddaja kratke pulze elektromagnetnega valovanja določene valovne dolžine (običajno v vidnem in infrardečem delu spektra) in sprejema (opazuje) odboje žarkov od objektov. Žarek je zelo usmerjen in ni ozek (premer je majhen, važno je, kakšen je le-ta na terenu po razpršitvi).
- laserski skener (Slika 2)
- inercialni navigacijski sistem z visoko natančnostjo
- GPS

Slika 2: Vgrajen zračni laserski skener v letalo.

Zračnemu laserskemu skenerju je največkrat dodana še digitalna kamera, ki registrira teren v vidnem delu elektromagnetnega spektra (rezultat so digitalne fotografije, ki jih lahko pretvorimo v ortofoto načrte). Ostale komponente so še GPS postaja na tleh, računalnik, operacijski sistem in programi, ki zajemajo podatke med letom, medij za shranjevanje laserskih meritev, podatkov o skenerju, programi za planiranje leta in za obdelavo podatkov, pripomočki za montažo sistema, merilci temperature in vlažnosti.

Najpomembnejše meritve, ki se izvajajo v glavnih štirih komponentah, so:

- merjenje razdalje z laserskim razdaljemerom,
- merjenje laserskega odboja s skenerjem,
- merjenje položaja senzorja s sistemom GPS,
- merjenje orientacije s sistemom INS.

Najsodobnejši sistemi laserskega skeniranja so sposobni dodatno izmeriti navpično strukturo površja in višine objektov na terenu (drevesa, zgradbe), saj registrirajo prvi in zadnji odboj pulza. Pri nekaterih napravah se poleg prostorskih koordinat zabeleži tudi moč svetlobe odbitega laserskega žarka.

V nadaljevanju podrobneje opiševa postopke merjenja razdalje in odklona.

4.1 Merjenje razdalje

Razdalja je natančno in posredno določena z laserskim razdaljemerom. Meri se oddaljenost od senzorja do tarče. Meritve so narejene na primerjavi oddanega in prejetega žarka, ki ga je zaznal detektor sistema. Za izmero potrebujemo šest podsistemov (laser, oddajno in sprejemno optiko, detektor signala, ojačevalec, števec časovnih intervalov in ostale enote za zajem, procesiranje, ocenjevanje, prikaz in shranjevanje potrebne elektronske komponente. Obstajata dva tipa laserskih skenerjev: pulzni laser (oddaja pulze v enakomernih časovnih intervalih) in valovni laser (registrira fazni zamik oddanega in odbitega zamika). Čeprav se razlikujeta glede na fizikalni način merjenja, oba dejansko merita časovni interval med oddanim in sprejetim signalom.

Razdaljo *R* med senzorjem in površjem določimo torej na osnovi merjenega časa potovanja elektromagnetnega impulza med senzorjem in opazovanim predmetom t ter znane hitrosti svetlobe skozi zrak *c*:

$$\mathrm{R} = \frac{\Delta \mathrm{t} \cdot \mathrm{c}}{2}$$

4.2 Merjenje odklona

Naprava za odklon laserskih žarkov je elektrooptični sistem, ki usmerja in meri odklon žarka glede na smer leta nosilca. Definira rotacijo med laserskim žarkom in lasersko napravo. Izmerjen je na podlagi frekvence pulzov. Laserski razdeljemeri so med seboj zelo podobni, so pa razlike med načini skeniranja večje in pomembnejše. Predvsem se razlikujejo po premeru žarka, ki se opiše na Zemljinem površju. Najpogosteje se pri zračnem laserskem skeniranju uporabljajo naslednji tipi elektrooptičnih komponent: skener z vrtečo prizmo, skener z nihajočim zrcalom in skener z optičnimi vlakni.

5 NATANČNOST LASERSKIH SKENERJEV

Natančnost laserskih skenerjev ni vedno najpomembnejša zahteva pri odločitvi, kateri skener je optimalen za določeno nalogo. Natančnost prostorskih koordinat skeniranih točk je predvsem odvisna od natančnosti določitve razdalje in natančnosti kotnih meritev. Na natančnost posredno vplivajo tudi vremenski pogoji v atmosferi. 3D laserski skenerji so sposobni določiti, z optimalnim razmerjem med kotno in dolžinsko natančnostjo, prostorski položaj točke z natančnostjo ± 6 mm za posamezno točko in ± 2 mm za modelirano točko na razdalji 50 metrov. Natančnost je odvisna tudi od kalibracije posameznega inštrumenta.

6 INTERAKCIJA LASERSKEGA ŽARKA S POVRŠJEM

Valovanje, ki pride do zemeljskega površja, z njim interagira. Pri tem lahko pride do treh oblik interakcije: absorpcije, transmisije (prepusta) in refleksije (odboja). Deleži vsakega od načinov so odvisni od valovne dolžine energije ter vrste in stanja objekta.

Absorpcija in prepust pri določanju razdalje nimata veliko vpliva. Pomemben je odboj. Poznamo dva skrajna primera odboja: zrcalni in razpršeni (disperzni) odboj. Do zrcalnega odboja pride pri kontaktu elektromagnetnega valovanja in zelo gladke površine, kjer se skoraj vsa energija odbije po odbojnem zakonu. Kadar je površina, na katero pade valovanje, groba, se valovanje razprši v vse smeri. Realno stanje je kombinacija obeh odbojev.

Valovna dolžina laserskega žarka je majhna, v primerjavi z gladkostjo površine večine predmetov na površju, ker LIDAR oddaja svetlobo bližnje infrardečega spektra t.j. pri valovni dolžini med 700 in 1400 nm. Večinoma se žarki odbijajo disperzno, kar pomeni, da se del žarka vrne nazaj do sprejemnika, ki ga tudi zazna.

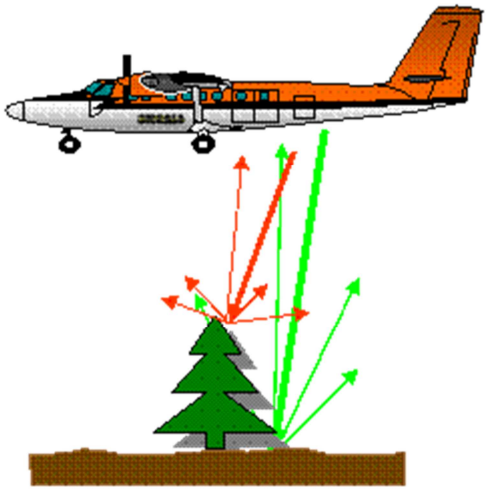
V redkih primerih pride do popolnega zrcalnega odboja (npr. gladka streha avtomobila). V takih primerih se žarek ne vrne nazaj do sprejemnika. Če se slučajno

ta razpršeni žarek difuzno odbije od katerega drugega predmeta, ga lahko laser zazna. V takih primerih je izmerjena razdalja predolga, kar pomeni grobo napako. Transmisija in absorpcija neposredno vplivata na moč odbitega signala. Večja ko je količina signala, ki ga objekt prepusti, manj signala pride nazaj v sprejemnik. Signali pri absorpciji so po navadi prešibki (odboj od vodne površine npr. reke). Absorpcija je zelo odvisna tudi od vpadnega kota laserskega žarka. Najzmožnejša je v primeru pravokotnega vpada na vodno površino.

7 REGISTRACIJA VEČKRATNEGA ODBOJA LASERSKEGA PULZA

Na poti, ki jo opravi žarek, se lahko pojavi večkratni odboj (Slika 3), če:

- objekti ležijo na različnih višinah,
- laserski žarek na poti proti površju osvetli druge objekte,
- so objekti dovolj veliki in imajo dovolj veliko moč odbojnosti,
- je laserski žarek dovolj širok, da osvetli več objektov.



Slika 3: Registracija večkratnega odboja.

Večina današnjih laserskih skenerjev že lahko registrira več odbojev za vsak oddan laserski pulz. Najpogosteje merijo prvi in zadnji odboj signala, nekateri pa tudi 5 ali več. Laserski žarek se najprej odbije od višjih objektov (drevesne krošenje, slemena streh), ki se registrirajo kot prvi odboj. Zadnji odboj pa so registrirane točke, ki so najbolj oddaljene oz. imajo najnižjo nadmorsko višino. Zadnji odboj ne pomeni nujno meritve točk neposredno na terenu.

Več kot imamo registriranih odbojev enega pulza, večja je možnost, da dobimo tudi vertikalni profil objekta (drevesa), skozi katerega potuje laserski žarek. S tem povzamemo glavno lastnost laserskega skeniranja, tj. da ima zmožnost prodreti skozi vegetacijo. Količina zajetih podatkov je večja in jih je težje ponazarjati, zlasti zato, ker je metoda registracije odbojev večkrat nepoznana. Registracija več odbojev je pomembna predvsem za zajem elektrovodov (žice so na različnih razdaljah) in za pridobivanje podatkov o vegetaciji (volumen gozda, višina in gostota dreves, tip gozda, gostota podrasti ipd.) V razvoju so že senzorji, ki bodo zaznavali celotno odbito valovanje, kar omogoča visoka frekvenca (okoli 250 MHz) beleženja in digitalizacije sprejetega signala.

8 SISTEM ZA DOLOČANJE POLOŽAJA IN ORIENTACIJA POS

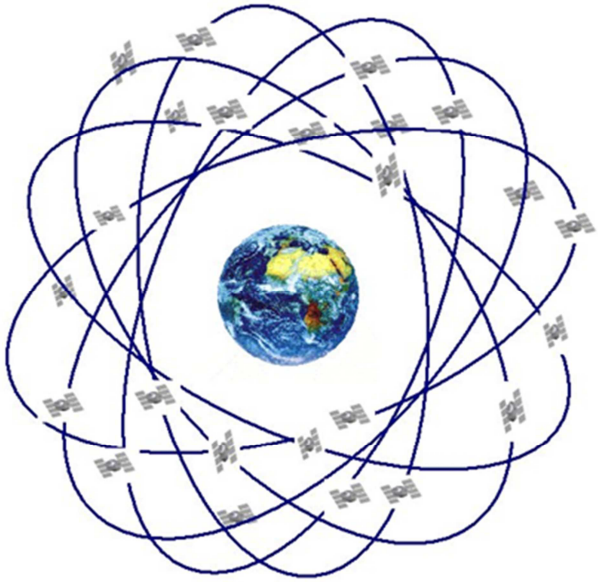
Razdaljo do opazovanega predmeta pridobimo z meritvami laserskega skenerja od reže senzorja do izmerjene točke na zemeljskem površju (tarče). Za izračun prostorskega položaja točke pa moramo v trenutku meritve te točke poznati še položaj in orientacijo laserskega skenerja v izbranem koordinatnem sistemu (npr.: WGS84). Zato sta laserskemu skenerju dodana še GPS, s katerim je določen njegov položaj in INS (inercialni navigacijski sistem), s katerim je določena smer žarka. Za dosego čim boljše natančnosti in zanesljivosti meritev je njuna integracija v sistem za določanje položaja in orientacije (POS) nujna. Diferencialni GPS in INS nam neposredno omogočata določitev zunanje orientacije (opredeljuje prostorski položaj projekcijskega centra, snemalnih osi in slikovne ravnine glede na teren), kar pomeni, da za orientacijo posameznega lidarskega pasu ne potrebujemo več oslonilnih točk (terenskih točk z znanimi koordinatami).

8.1 Določanje položaja s sistemom GPS

Globalni sistem za določanje položaja (GPS) je satelitski navigacijski sistem, sestavljen iz 24 satelitov (Slika 4), in se uporablja za natančno določanje položaja kjerkoli na Zemlji ali v zemeljski tirnici. GPS metoda se za izračun določanje položaja uporablja tudi pri zračnem laserskem skeniranju. GPS antena mobilnega sprejemnika (roverja) je pritrjena na letalo sredinsko glede na laserski skener; odmiki so določeni v postopku kalibracije s standardnimi geodetskimi meritvami. Minimalno en referenčni GPS sprejemnik mora biti med letom postavljen na terenu. V tem primeru govorimo o metodi diferencialnega GPS-ja. Koordinate sprejemnika na terenu v državnem koordinatnem sistemu so znane in služijo za kasnejšo transformacijo (pretvorbo) laserskih točk. Letalo se od referenčne postaje zaradi vpliva atmosfere ne sme oddaljiti za več kot 25 km, pri izjemno dobrih pogojih, ki so zelo redki, pa tudi do 100 km.

Da določimo točni položaj senzorja, moramo zadostiti določenim zahtevam:

- Imeti moramo dvofrekvenčni sprejemnik (z njim lahko dosežemo v večini aplikacij zahtevano polmetrsko natančnost) in izvajati moramo kodna in fazna opazovanja;
- V času snemanja morajo biti sateliti čim bolj enakomerno razporejeni
- Vidni morajo biti vsaj 4 sateliti
- Ne sme biti nobenih motenj satelitskih signalov.



Slika 4: 24 satelitov sistema GPS se nahaja v 6 tirnicah.

Ob upoštevanju gornjih zahtev in stabilnih pogojih je pričakovana natančnost položaja senzorja ± 5 cm v vseh smereh. Motnje satelitskih signalov, dviganje in spuščanje letala, posledično menjavanje pogojev v atmosferi, otežujejo naše delo. Manjše napake, ki nastanejo, lahko odpravimo s kratkimi premiki (ve večini primerov samo s premikom višin).

Splošen opis določanja položaja s sistemom GPS navajava v poglavju 15.1.

8.2 Določanje orientacije s sistemom INS

Inercialni navigacijski sistem (INS) je merski sistem, ki določa položaj, hitrost, orientacijo in kotno hitrost nosilca laserskega sistema, na katerega je pritrjen. Meri tri med seboj pravokotne linearne in tri kotne pospeške v opazovalnem sestavu (Slika 1). Referenčni koordinatni sestav se ne vrti, niti se ne giblje pospešeno in je tako neodvisen od gibanja nosilca (Newtnovi zakoni gibanja).

Sistem ima inercialno mersko enoto (IMU), ki jo sestavljajo trije merilniki pospeška in trije giroskopi ter navigacijski računalnik, ki z obdelavo IMU podatkov integrira celoten pospešek in računa gravitacijski pospešek. Spremembo hitrosti objekta merilci

pospeška merijo v treh med seboj pravokotnih smereh. Z izračunom merjenega pospeška pridobimo želeno informacijo o položaju (Xo, Yo, Zo).

Trije žiroskopi (pravokotno nameščene vrtavke) določajo orientacijo v prostoru (ω, φ, κ), s tem da merijo stopnje zasuka in spremembo smeri nosilca laserskega skenerja v vseh treh oseh prostora. Na podlagi relativne orientacije med žiroskopom in ogrodjem so določeni koti rotacije. Da določimo dokončno orientacijo nosilca laserskega skenerja v času INS meritev, moramo poznati začetni položaj, hitrost in orientacijo sistema. Za natančno določitev orientacije je 0.03 stopinj za kota zasuka (ω) in nagib (φ), ter 0.04 deg za smer (κ), kar je zadovoljivo za večino aplikacij.

8.3 Integracija sistema DGPS in INS

Z združitvijo DGPS in INS meritev je omogočena natančna in neposredna določitev zunanje orientacije senzorja.

Prednosti integracije sistema INS in DGPS so:

- visoka natančnost določitve položaja in njegovega spreminjanja,
- natančna določitev orientacije,
- visoka frekvenca podatkov,
- navigacijski podatki, tudi če GPS signal za kratek čas izpade,
- zaznava in poprava izpada signala,
- določitev vektorja gravitacije.

9 PREDNOSTI IN POMANJKLJIVOSTI ZRAČNEGA LASERSKEGA SKENIRANJA

Prednosti zračnega laserskega skeniranja:

- Hiter zajem podatkov (velika hitrost zajema - 100 do 1000 točk/sekundo).
- Glede na ostale metode je to mnogo cenejši postopek.
- Primeren je za zajem nedostopnih ali nevarnih delov, saj poteka brez dotikanja.

- Pridobitev koordinat poteka samodejno in v sistematične vzorcu.
- Koordinate pridobimo v skoraj realnem času.
- Vsi objekti so v vidnem polju 3D laserskega skenerja, zato domeritve niso potrebne.
- Možnost delovanja v skoraj vseh pogojih, tudi v temi.
- Večja varnost pri zajemu podatkov.
- Upravljanje skenerja je možno s samo enim operaterjem.

Pomanjkljivosti zračnega laserskega skeniranja:

- Po skeniranju je potrebno opraviti veliko strokovnega dela, saj so algoritmi precej zapleteni in za obdelavo podatkov potrebujemo še veliko časa.
- Kakovostna programska oprema.
- Skenirana površina ne omogoča vedno zadostnega laserskega odboja (vodne površine).
- Skenogram vključuje šume, zaradi odboja od drugih objektov (dodatno filtriranje).

10 UPORABA ZRAČNEGA LASERSKEGA SKENERJA

Laserski žarek ima zmožnost, da prodre skozi vegetacijo, kar je bil prvotni namen razvoja laserskega skeniranja. Tako dopušča možnost topografskega kartiranja terena, ki je porasel z gozdom. Druga uporaba pa izhaja bolj iz tehnoloških lastnosti laserskega skeniranja, ki je kartiranje območij z nezadostno teksturo in majhnimi kontrasti. Kombinacija več dopolnilnih nizov omogoča prepoznanje objektov na površju, npr. za izločevanje zgradb, prostorsko modeliranje mest … Še vedno pa je zaenkrat edina tehnika, ki ponuja prednosti v gozdarstvu in obalnem inženirstvu.

Najbolj aktivna področja uporabe zračnega laserskega skeniranja so:

- Izdelava digitalnih modelov reliefa (DMR), ki se jih uporablja v geografskem informacijskem sistemu (GIS) in kartografiji.
- Gozdarstvo (digitalni model krošenj, podatki o vegetaciji, informacije o terenu in topografiji pod drevesnimi krošnjami).

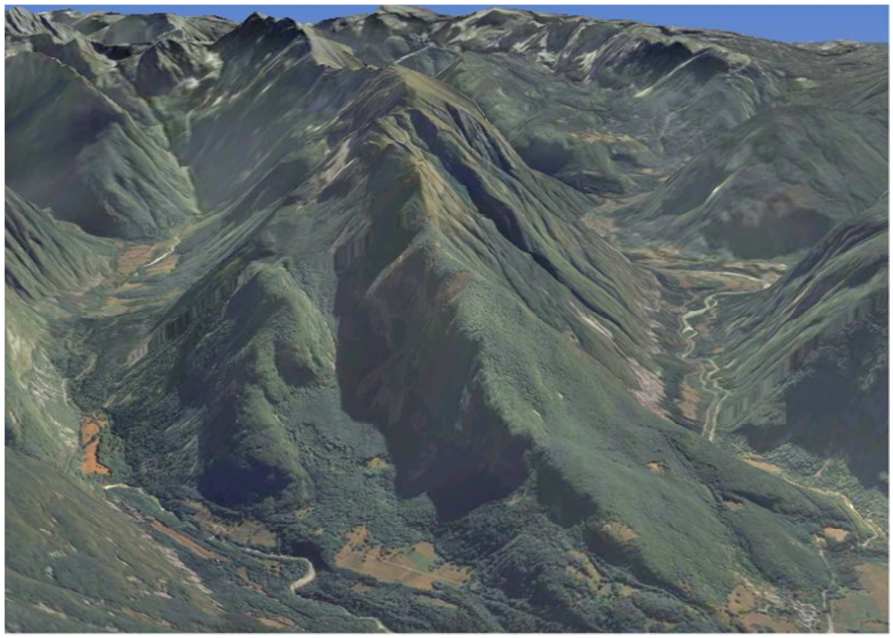
- Obalno inženirstvo (zračno lasersko skeniranje omogoča zajem slabo kontrastnih obalnih območij kot so peščene plaže, kar je s fotogrametrijo težko oz. nemogoče. Omogoča neprestano obnavljanje podatkov brez pretiranih stroškov).
- Kartiranje koridorjev (hitro in natančno kartiranje nadzemnih koridorjev, kot so npr. energetski vodi).
- Kartiranje poplavnih območij (na podlagi digitalnih modelov reliefa in višin se izvajajo simulacije poplav).
- Modeliranje mest (natančno določanje višin urbanih objektov in določitev položaja oboda stavbe).
- Odziv na naravne nesreče in ocenitev škode (podatki pomagajo oceniti škodo naravnih nesreč; poplave, požari).
- Zaščita naravne dediščine (mokrišča in druga težko dostopna območja).
- Arheologija (hiter pregled območij arheoloških najdišč; razločijo namreč najmanjše višinske razlike in strukture, tudi pod vegetacijo, ki jih na tleh ne moremo zaznati).

Tehnologija zračnega laserskega skeniranja se nenehno posodablja in izboljšuje. Raziskave novih uporab so usmerjene predvsem v področja, kjer bi lahko zmanjšali stroške ponovnih meritev in bi imeli lidarski izdelki dodatno večjo vrednost glede na tradicionalne metode.

11 IZDELAVA DIGITALNEGA MODELA VIŠIN

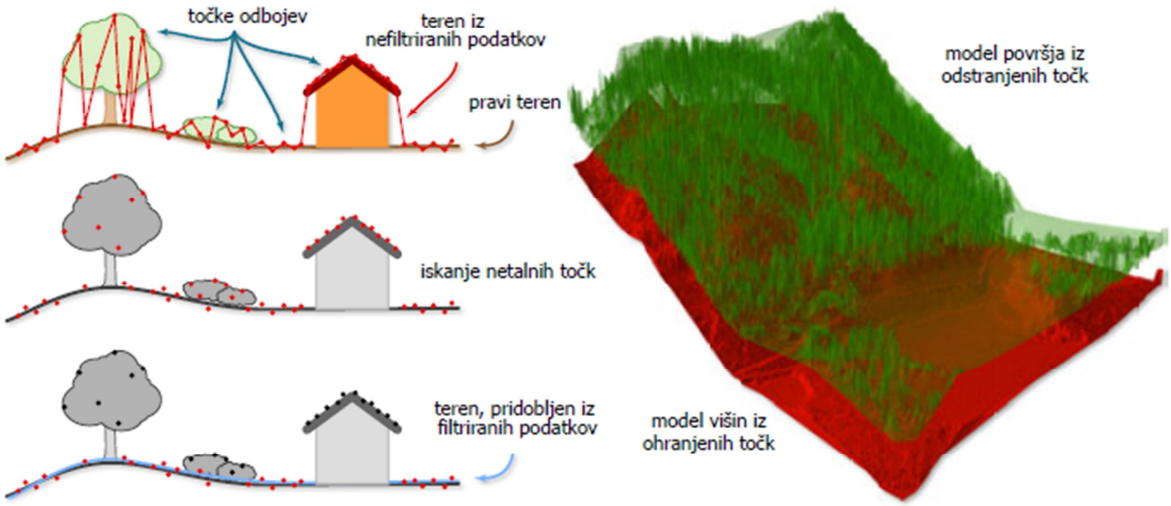
Najpomembnejši izdelek tehnike zračnega skeniranja je digitalni model višin (DMV) (Slika 5). DMV lahko pridobimo še z drugimi merskimi tehnikami, vendar ima DMV iz lidarskih podatkov mnoge prednosti pred ostalimi tehnologijami:

- Hiter avtomatiziran zajem podatkov, v visoki gostoti podatkov, ki omogočajo izdelavo visoko resolucijskega in natančnega DMV.
- Vse hitrejša obdelava lidarskih podatkov z visoko avtomatiziranimi algoritmi (cilj algoritmov je čim natančnejši model), ki se razvijajo hkrati s tehnologijo ZLS (upoštevajo njene zmožnosti) in sledijo dejanskim potrebam na različnih področjih uporabe ZLS.



Slika 5: Digitalni model višin, prekrit z realističnim prikazom površja.

Za določitev DMV-ja, interpoliranega le iz lidarskih točk, odbitih od tal, je potrebno podatke razporediti v terenske točke (točke, ki ležijo na tleh) in druge točke (neterenske točke), ki so se registrirale od objektov in ležijo previsoko glede na teren (Slika 6).



Slika 6: Lidarski oblak točk (desno) in filtriranje točk za izdelavo modela višin (levo).

12 NAČIN DELOVANJA SISTEMA GPS

12.1 Osnovni princip določitve položaja

Osnovni način delovanja sistema GPS, s katerim uporabnik lahko določi položaj, višino in čas temelji na merjenju razdalj od sprejemnika do najmanj treh satelitov. Razdalje se izračunajo iz hitrosti in časa potovanja signala od satelita do sprejemnika. Za natančno merjenje časa so na satelitu vgrajene 4 atomske ure, ki so sinhronizirane in kontrolirane na Zemlji. Ker pa imamo v sprejemniku na razpolago le t.i. psevdo razdalje ter čas, ob katerem je signal prispel do sprejemnika, je potrebno določiti 4 neznanke (kartezične koordinate X, Y, Z in čas potovanja signala). Za GPS navigacijo torej potrebujemo vsaj 4 satelite.

Za določanje položaja z GPS sistemom obstajajo različne metode. Izbira metode je odvisna od vrste uporabljenega sprejemnika ter želene/zahtevane natančnosti.

Poznamo tri glavne tehnike določanja položaja:

- AVTONOMNO DOLOČANJE POZICIJE; uporabljamo en sam sprejemnik, za točnosti pod 100 m (civilna raba) oziroma pod 20 m (vojaška raba).
- DGPS: položaj določimo s sprejemom dveh ločenih signalov. Uporablja se za zahtevano natančnost os 0,5 do 5m.
- DIFERENCIALNO MERJENJE FAZE uporabljamo za največjo zahtevano točnost od 0.5 do 20 mm. Uporabljamo ga za geodetske meritve in nadzor strojev.

12.2 Natančnost določitve položaja

Natančnost določitve položaja je odvisna od mnogih dejavnikov. Vplive napak določitve položaja lahko strnemo v 5 skupin:

- vpliv ionosfere in atmosfere: medtem ko satelit prečka ionosfero, se EMV malo zakasni. Pojav lahko primerjamo z lomom svetlobe na steklu. Ker vpliv ionosfere na signal ni konstanten, ga je zelo zahtevno upoštevati pri merilnem rezultatu. Na

satelite z nizkim vzdigovanjem je vpliv ionosfere mnogo večji, saj je njihova pot v sferi mnogo daljša. Pri napaki je v veliko pomoč tudi para v atmosferi. Vendar lahko te napake ublažimo z dvofrekvenčnimi sprejemniki. Le-ti merijo signal L1 (1575.42 MHz) ter L2 (1226,60 MHz). Znano je, da je upočasnitev signala obratno sorazmerna frekvenci signala pri potovanju skozi ionosfero, in če torej primerjamo čas prihoda obeh signalov, lahko zelo točno določimo zakasnitev.

- napake ure satelita: kljub temu, da so ure na satelitih zelo natančne (3ns), včasih pride do lezenja, ki privede do manjših napak. Zato ameriško obrambno ministrstvo ves čas nadzoruje ure v satelitih in jim po potrebi pošilja popravke.
- odboji signalov: napake zaradi odbojev signalov se pojavijo, ko se sprejemnik nahaja v neposredni bližini večjih objektov z odbojno površino (jezera, morja, velike zgradbe). Signal iz satelita zato ne potuje direktno do sprejemnika, ampak se odbije od bližnjih objektov. Napake lahko zmanjšamo z uporabo posebnih anten, ki prestrežejo indirektne ter nizko elevacijske signale.
- položaj satelitov: da sprejmemo signal mora GPS zaznati najmanj 3 satelite. Če so sprejemniki bližje skupaj, je več možnosti za boljši signal. Rešitev najdemo v tem, da opazujemo čim več satelitov, tistih ki so vsaj 15° nad horizontom. N ajboljše rezultate, pa dosežemo z nizkim GDOP (geodetic DOP), ki so navadno pod 8° nad horizontom.

13 PREHOD IZ GPS KOORDINAT V KOORDINATE DRŽAVNEGA KOORDINATNEGA SISTEMA

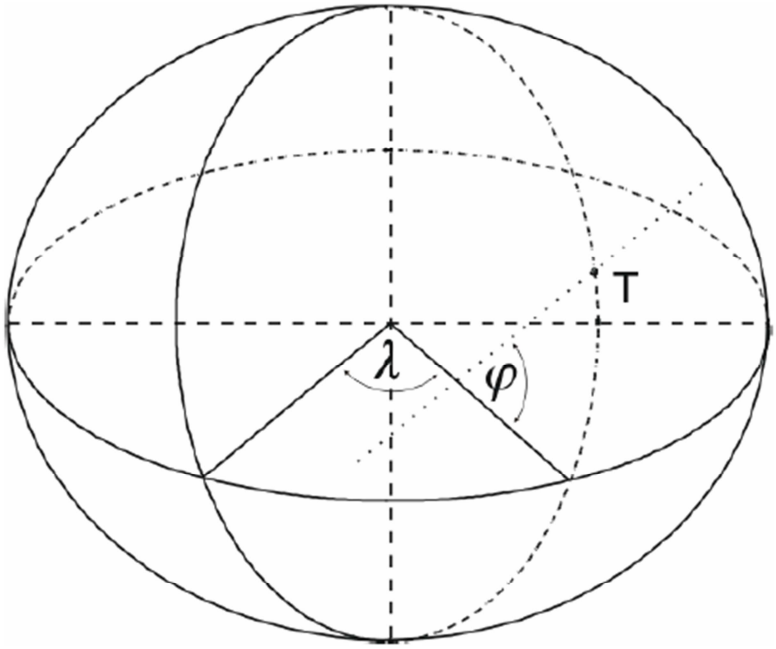
Sprejemnik lahko prostorske pravokotne koordinate X, Y, Z pretvori v elipsoidne koordinate na elipsoidu WGS-84 (zemljepisna dolžina, zemljepisna širina in višina), lokalne koordinate ali pa v koordinate državnega koordinatnega sistema s pomočjo ustreznih transformacij. Ker je večina prostorskih podatkov podana v državnem koordinatnem sistemu, je prehod iz sistema elipsoidnih koordinat, značilnih za sistem GPS, v državni koordinatni sistem, nujen, v kolikor želimo sloje med seboj primerjati in izvajati različne prostorske analize. Za razumevanje problematike prehoda med različnimi koordinatnimi sistemi v nadaljevanju podajava razlago osnovnih pojmov.

13.1 Koordinate GPS in sistem geografskih koordinat na elipsoidu

Koordinatni sistem, v katerem podajamo položaj točke na Zemlji v horizontalnem smislu, je sistem zemljepisnih ali geografskih koordinat, kjer je referenčna ploskev rotacijski elipsoid (Slika 7). Tega dobimo, če v trirazsežnem prostoru rotiramo elipso.

Geografske koordinate dobimo s pomočjo pravokotnice na elipsoid v dani točki. Položaj točke določata geografski širina in dolžina na elipsoidu. Širino (angl. latitude) predstavlja kot med normalo v dani točki in ravnino ekvatorja, dolžino (angl. longitude) pa predstavlja kot med ravnino izhodiščnega meridiana in ravnino meridiana skozi dano točko. Vrednosti za geografsko širino in dolžino so izražene v ločnih stopinjah. Navidezne črte, ki povezujejo točke z enako geografsko širino, so vzporedniki ali paralele, navidezne črte, ki povezujejo točke z enako geografsko dolžino pa so poldnevniki ali meridiani. Izhodiščna paralela je ekvator ali ravnik, izhodiščni meridian je meridian, ki poteka skozi Greenwich, London.

Za vrednosti geografske širine velja $0° \le \varphi \le 90° \,\mathrm{N}$ ali $0° \le \varphi \le 90° \,\mathrm{S}$, za vrednosti geografske dolžine pa velja $0 \le \lambda < 360°$. Točke na ekvatorju po dogovoru pripadajo severni polobli. Katerikoli par koordinat z geografsko širino $90° \,\mathrm{N}$ predstavlja severni pol, katerikoli par koordinat z geografsko širino $90° \,\mathrm{S}$ pa južni pol.
Osnova svetovnega navigacijskega sistema GPS je elipsoid WGS84 (World Geodetic System 1984). Določen je bil iz satelitskih meritev, središče elipsoida pa se nahaja v središču Zemlje.



Slika 7: Geografski koordinatni sistem.

14 DRŽAVNI KOORDINATNI SISTEM – KOORDINATNI SISTEM V RAVNINI PROJEKCIJE

Državni koordinatni sistem je dogovorjena skupna osnova za določitev koordinat horizontalnega položaja in nadmorskih višin. Eden izmed elementov tako definiranega horizontalnega koordinatnega sistema je državni ravninski koordinatni sistem, ki je definiran s pomočjo kartografske projekcije. Trenutno sta v veljavi "stari" in "novi" koordinatni sistem.

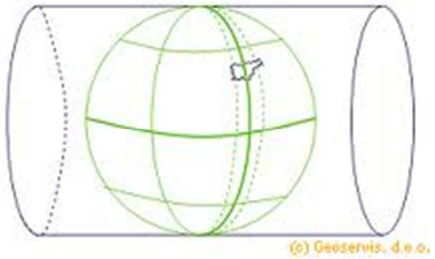
Novi koordinatni sistem označujemo s kratico D96, ki pomeni geodetski datum, realiziran 1996, stari koordinatni sistem, označen s kratico D48, pa predstavlja geodetski datum, realiziran 1948.
Bistveni razliki med starim in novim slovenskim horizontalnim koordinatnim sistemom sta torej v geometrijskih in fizikalnih parametrih, ki opisujejo Zemljo kot planet (geodetski referenčni sistem) ter v pritrditvi teoretično definiranega koordinatnega sistema na Zemljo kot planet, torej v datumskih parametrih (geodetski datum).

Referenčna ploskev v starem koordinatnem sistemu je lokalno orientiran Besslov elipsoid iz leta 1841. Referenčna ploskev v novem koordinatnem sistemu je elipsoid GRS80, ki je za razliko od Besslovega geocentričen.

Matematično je nova kartografska projekcija enaka, kot je bila dosedanja, razlikujejo se le parametri, ki izhajajo iz definicije novega referenčnega elipsoida. Novo ime je bilo uvedeno tudi zato, da že samo poimenovanje označi uporabljen koordinatni sistem. Staro državno kartografsko projekcijo imenujemo GK (Gauss – Krügerjeva projekcija), novo državno kartografsko projekcijo pa s TM, kar pomeni transverzalna Mercatorjeva projekcija.

Gauss- Krügerjeva projekcija je prečna Mercatorjeva projekcija na Besselovem elipsoidu. Določili so jo že v času Avstro- Ogrske. Gauss je prvič prikazal preslikavo elipsoida na ravnino med leti 1816 in 1820. Kasneje je Krüger enačbe te projekcije modificiral.

Gauss-Krügerjeva projekcija je konformna projekcija. Ohranja podrobnosti neskončno majhnih geometričnih likov, kot na primer, da se krog na zemlji enako preslika na njeni projekciji. Koti na karti iz neke točke proti drugim točkam se ne deformirajo glede na identične kote v naravi. Kot ploskev za projekcijo je uporabljen valj, ki se referenčnega elipsoida dotika v poldnevniku in leži prečno glede na rotacijsko os elipsoida (Slika 8). Deformacije dolžin so zelo majhne in v ozkem pasu okoli dotikajočega poldnevnika (srednji poldnevnik).



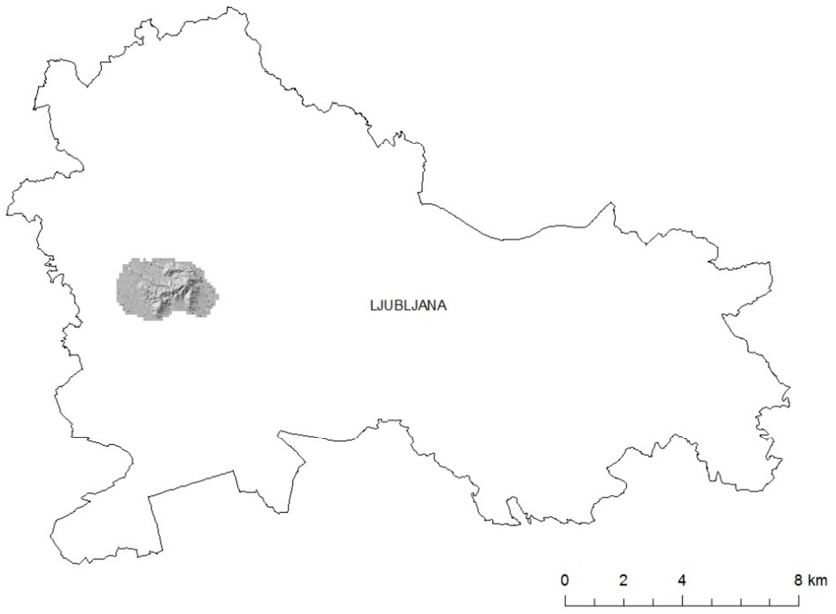
Slika 8: Projekcijska ploskev pri Gauss- Krügerjevi projekciji je valj.

Širina ene cone je 3°. Če želimo v GK projekciji prikazati celotno površje zemlje moramo uporabiti 120 con. Večina ozemlja Slovenije zajema cona z izhodiščnim poldnevnikom 15° vzhodno od greenwiškega za četnega poldnevnika.

Vsi prostorski podatki, uporabljeni v raziskovalni nalogi so predstavljeni v starem koordinatnem sistemu D48.

15 OPIS RAZISKOVALNEGA OBMOČJA

Krajinski park Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib se nahaja v zahodnem delu Mestne občine Ljubljane (Slika 10). Skupna površina parka je 459 ha in obsega mestni park Tivoli ter parkovna gozda Rožnik in Šišenski hrib (Slika 11). Krajinski park lahko razčlenimo na vzhodni, osrednji in zahodni del.



Slika 5: Umestitev krajinskega parka v Mestni občini Ljubljana.

Leta 1984 je bil park Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib z Odlokom o razglasitvi Tivolija, Rožnika in Šišenskega hriba za naravno znamenitost opredeljen kot krajinski park. 8. člen odloka izrecno poudarja, da se z vidika namembnosti na območju naravne znamenitosti Tivolija, Rožnika in Šišenskega hriba prepletajo množično rekreacijska, učno-vzgojna, znanstveno- raziskovalna in kulturno-pričevalna dejavnost, kar dopušča sorazmerno velik vpliv človeka v okolju.

Slika 6: Državni ortofoto krajinskega parka. Na vzhodni strani se nahaja park Tivoli.

V jugovzhodnem delu parka se nahaja Zoološki vrt. Na Rožniku so urejene trim steza, otroško igrišče ter krožna Jesenkova pot, učna pot, ki je imenovana po slovenskem botaniku Franu Jesenku. Ob poti so zasajene tako domače kot eksotične vrste dreves, ki so označene s slovenskimi in latinskimi imeni.

Vrh Rožnika predstavlja Šišenski hrib na nadmorski višini 429 m, vendar je bolj obiskan Cankarjev vrh na nadmorski višini 394 m, poimenovan po slovenskem pisatelju Ivanu Cankarju, ki je med leti 1910 do 1917 živel na tem mestu. Danes je zgradba preurejena v gostilno, na dvorišču pa so leta 1948 postavili pisateljev doprsni kip. V enem izmed poslopij je ljubljanski Mestni muzej odprl Cankarjevo spominsko sobo. Nad hišo stoji Cerkev Marijinega obiskanja (Slika 12), pod njo pa je prostor, namenjen različnim prireditvam. Na tej livadi je tradicionalno vsakoletno praznovanje praznika dela, tu pa tudi podelijo literarno nagrado Kresnik.

Slika 7: Cerkev Marijinega obiskanja.

Obisk v parku se poveča ob posameznih prireditvah, nedeljah in nekaj popoldnevih med tednom, zlasti spomladi. Ob prireditvah se pojavi čezmeren hrup, ki pa ne moti le posameznih obiskovalcev, ampak tudi živali. Problematično je parkiranje na travnatih površinah, s tem se uničuje travna ruša in podrast. Moteči so tudi odpadki, ki po prireditvah obležijo še kakšen dan.

Park je prepreden z okoli 85 km različnih poti. Velik problem v parku povzroča ravno prepredenost poti, saj omogoča obiskovalcem enostavno gibanje po celotnem krajinskem parku in s tem uničevanje naravnih značilnosti parka. Problematično je tudi nabiranje gob, kostanja ipd., saj sprehajalci zapuščajo poti in s tem prečesavajo določena območja, uničujejo podrast, plašijo živali ter spodbujajo erozijo na strminah. Prav zato bi bilo potrebno izkoristiti gozdni rob, ki je zelo raznolik. Le- ta nam ponuja številne sprehajalne, tekaške, kolesarske poti, igrišča, prostore za piknike ipd. Ob ustrezni urejenosti bi ta raznolikost omogočala obiskovalcem zadovoljevanje vsakodnevnih potreb, tako da zapiranje stez v osrednjem delu parka ne bi sprožilo opaznejših posledic in negodovanj.

16 METODOLOGIJA

Poglavje zajema predstavitev uporabljenih podatkov, opis terenskega dela in programske opreme. V nadaljevanju so najprej navedene lastnosti digitalnega modela višin, sledi opis meritev GPS in anketiranja v izbranem delu krajinskega parka.

16.1 Uporabljeni podatki

Digitalni model višin

V raziskovalni nalogi uporabljen digitalni model višin predstavlja izveden sloj podatkov zračnega laserskega skeniranja. Naročnik lidarskega snemanja območja krajinskega parka Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib je bila Mestna občina Ljubljana. Snemanje območja so izvedli 24.3.2011, ko park ni bil v celoti olistan. Pri snemanju so uporabljali zvezni laserski skener LiteMapper 5600, ki je bil nameščen na helikopterju. Snemali so na višini 400 m nad terenom. Skener LiteMapper 5600 ima možnost zveznega zaznavanja odbojev, kar pomeni da ima neomejeno število zaznanih odbojev. Skenirali so v vzporednih linijah, oddaljenost med linijami pa je znašala 250 m (Slika 13), kar je zagotavljalo zadostno vzdolžno in prečno prekrivanje fotografij, ki so bile pridobljene ob skeniranju.

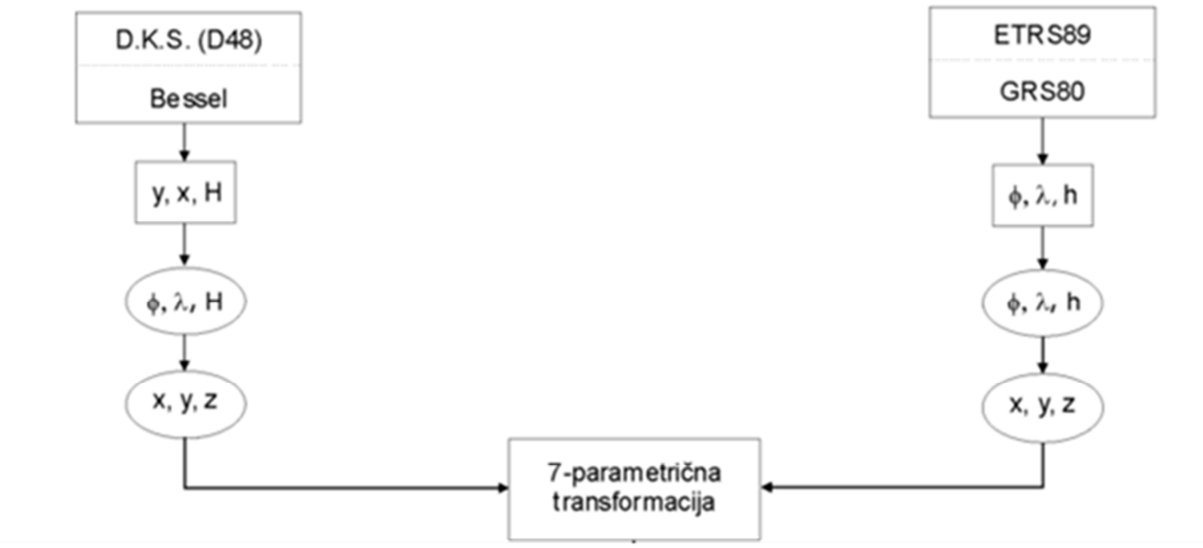
16.2 Postopek določitve koordinat v državnem koordinatnem sistemu

Postopek računanja je naslednji (Slika 9):

Elipsoidne točke na elipsoidu GRS80/WGS84, ki so vhodni podatek je potrebno najprej pretvoriti v pravokotne oziroma kartezične koordinate v pravokotnem koordinatnem sistemu. Določata jih dve ali tri med seboj pravokotne osi, ki jih imenujemo abscisna os (os X), ordinatna os (os Y) in aplikatna os (oz Z). Lego točke

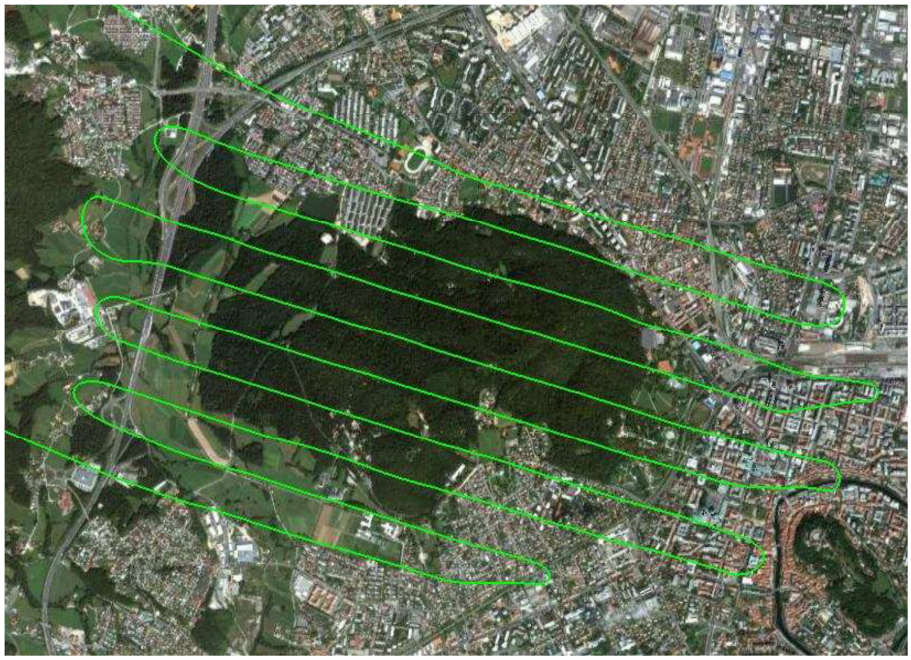
v kartezičnem koordinatnem sistemu opišemo s pravokotnimi projekcijami točke na koordinatne osi. S 7-parametrično transformacijo nato pridobimo kartezične koordinate na Besslovem elipsoidu, ki pa jih moramo pretvoriti v elipsoidne. Nato te koordinate nadalje pretvorimo v Gauß-Krügerjeve koordinate. Za pretvorbo med obema tipoma kartezični koordinat je v postopku 7-parametrične transforamcije potrebno poznati naslednje transformacijske parametre:

- 3 linearni premiki ali translacije (po osi x, osi Y in osi Z)
- 3 rotacije (Ω po osi X, Φ po osi Y in X po osi Z)
- ter faktor merila m



Slika 9: Postopek prehoda iz sistema WGS84 v državni koordinatni sistem.

Transformacijski parametri nam torej podajo zvezo med koordinatnima sistemoma. Določeni so na podlagi položajev temeljnih točk višjih redov, ki so podani v obeh koordinatnih sistemih. Z uporabo teh transformacijskih parametrov najlažje transformiramo geolocirane podatke med koordinatnima sistemoma. Za določena območja v Sloveniji so na voljo transformacijski parametri, ki so jih izračunali na Geodetski upravi Republike Slovenije (GURS).



Slika 8: Načrt leta helikopterja pri izvedbi laserskega skeniranja.

Uporabo sloja digitalnega modela višin je za raziskovalno nalogo omogočil ZRC SAZU (Znanstveno raziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije). Z obdelavo oblaka točk laserskega skeniranja se v nalogi nisva ukvarjali, saj je le-ta razmeroma zapletena in zahteva veliko predhodnega znanja o algoritmih za filtriranje točk. Digitalni model višin predstavlja prikaz v rastrski obliki.

Rastrske podatke si najlažje predstavljamo kot funkcionalno povezano dvodimenzionalno pravokotno mrežo celic ali slikovnih elementov (pikslov), kjer je vsaki celici prirejena ena številka. Ta številka dejansko pomeni vrednost nekega parametra, položaj te številke v mreži pa geografski položaj njene vrednosti relativno glede na ostale vrednosti v mreži. Velikost celice določa pravokotno območje v naravi, za katerega velja vrednost celice. Celica v uporabljenem modelu višin je velikosti 0,5m, vrednost celice pa predstavlja podatek o nadmorski višini.

Če digitalnemu modelu višin dodamo podatke o geomorfologiji (to je veda o oblikah zemeljske površine in njenih spremembah), znanih točkah ali celo rabi tal, dobimo digitalni model višin (DMV).

16.3 Meritve GPS

Na teren smo se odpravili dvakrat, in sicer 19. ter 26.1.2012. Cilj terenskega dela je bilo merjenje poteka poti in kartiranje oziroma določitev poligonov poti. Za beleženje poti smo uporabljali Garmin ročno napravo Oregon 550 (Slika 14), ki omogoča avtonomno določanje položaja, shranjevanje točk ter kartiranje poti v obliki linijskih objektov.

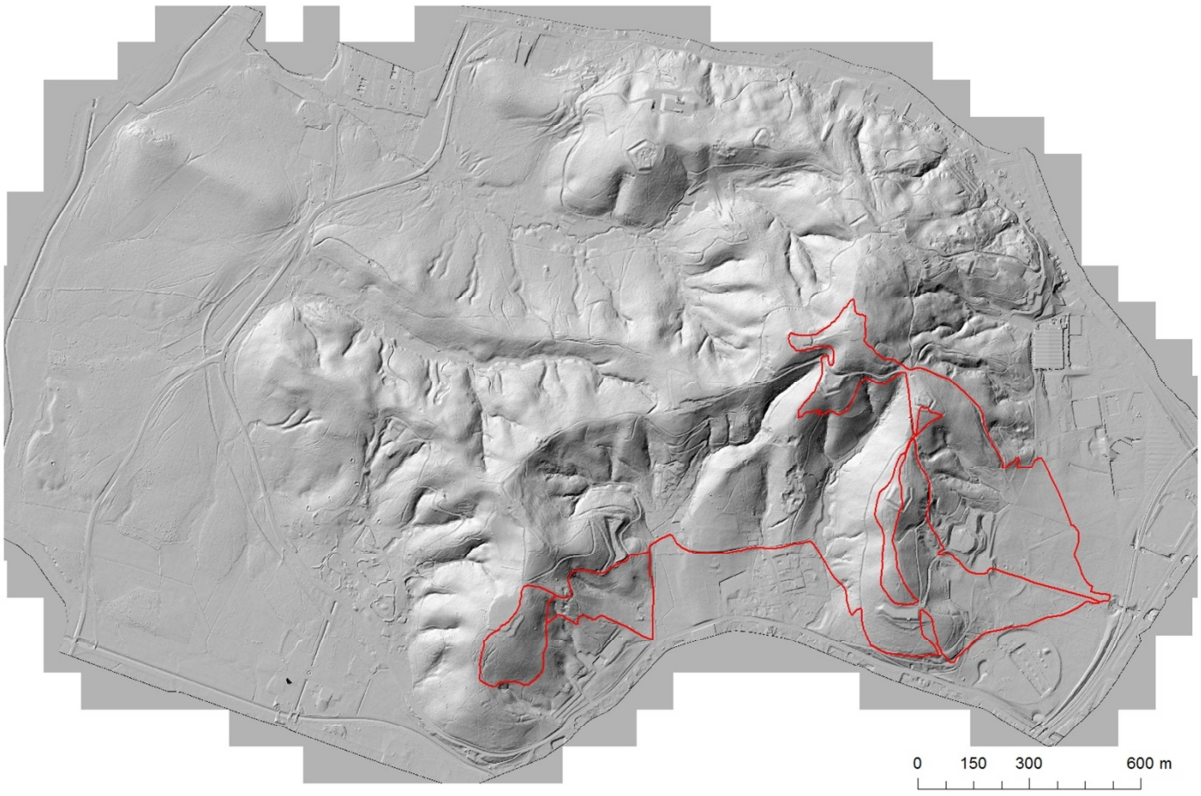
Slika 9: Garmin ročna naprava Oregon 550.

Poudariti je potrebno, da smo se za terensko delo morali odločiti pozimi, saj je takrat natančnost GPS-ja boljša, saj drevesa še niso olistana. Goste in strnjene krošnje namreč onemočajo ali otežujejo ustrezno povezavo s sateliti. Na podlagi danih pogojev je bila dosežena natančnost GPS-ja od 5 do 10 m.

Za kartiranje smo izbirali različne kategorije poti – glavne utrjene sprehajalne poti, širše neutrjene poti, steze ter najožje slabo utrjene spontane steze. Skupna dolžina prehojenih poti je znašala 8,2 km (Slika 15).

Med delom smo poti tudi fotografirali. Fotografije nam v kasnejši fazi omogočijo primerjavo med identificiranimi potmi na lidarskem DMV-ju in linijskim slojem, ki je bil

pridobljen z meritvami GPS. Ujemanje slojev in analiza primernosti lidarskega DMV je opisana v poglavju 17 - Analiza digitalnega modela višin.



Slika 15: Sloj prehojenih poti.

16.4 Anketiranje

Za preverjanje tretje hipoteze, ki sva si jo postavili, sva izbrali metodo anketiranja. Čeprav nam metoda daje subjektivne odgovore anketirancev, ki s svojimi odgovori celo zavajajo, sva poskušali izluščiti čim bolj objektiven rezultat.

Anketo sva izvedli o urejenosti poti v Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib. Anketiranci so prihajali iz okolice Ljubljane. Vzorec sva izbirali naključno, na vprašanja je odgovarjalo 51 oseb. Anketiranje je potekalo 28. 02. 2012, od 14.00 – 15.00 na območju Jakopičevega sprehajališča, saj sva pričakovali, da bo v tem času in v tem okolišu največ obiskovalcev. Kljub oblačnemu vremenu in nizkim temperaturam se je v parku zadrževalo precej obiskovalcev in sva lahko dobili dovolj anketirancev.

Vprašalnik je sestavljalo 5 vprašanj. Vsebinsko je bil zasnovan tako, da so končni rezultati odgovorili na splošna vprašanja o namenu obiska parka, rabi poti, opazovanju stranskih poti in njihovem mnenju o novi učni poti, hkrati pa sva dobili odgovor na postavljeno hipotezo.

Izbirali sva anketirance različnih starosti. Najmlajši udeleženec je bil star 12 let, najstarejši pa 71. Izbrali sva polovico žensk in polovico moških. Izbirali sva med sprehajalci, tekači, kolesarji, sprehajalci hišnih ljubljenčkov in starši, ki so v park prišli z otroki.

Odgovore iz vprašalnikov sva vnesli v računalniško podatkovno zbirko Excel, s katerim sva obdelali rezultate, ki sva jih prikazali grafično.

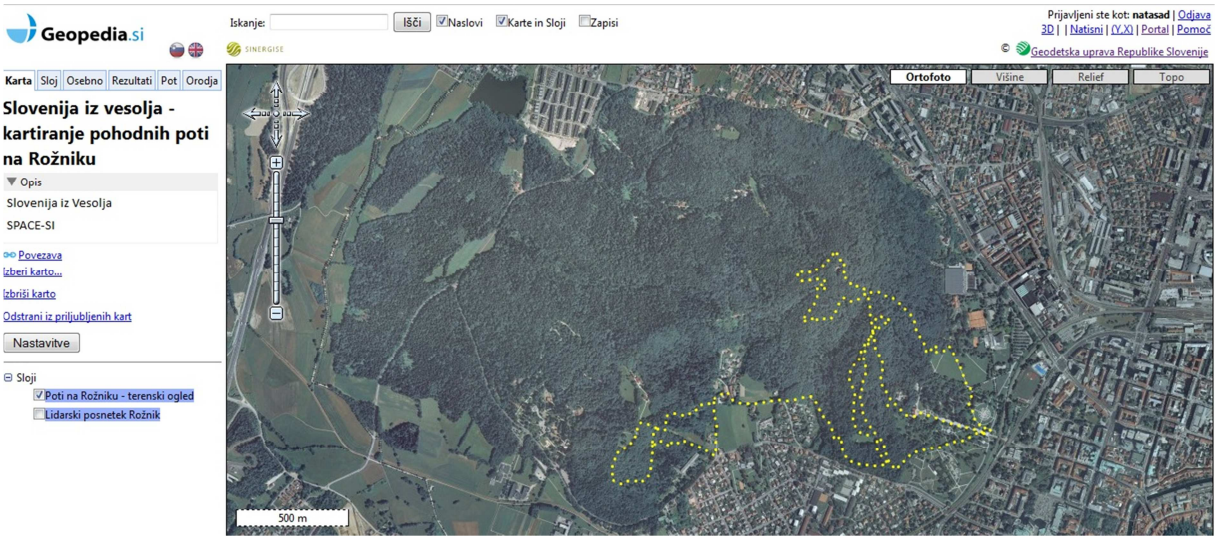
16.5 Programska oprema

Za obdelavo in kartografski prikaz podatkov sva uporabili programsko opremo:

Orodje **ArcMap** je del programske opreme ArcGIS, ki je svetovno prevladujoč nabor orodij, namenjenih delu s prostorskimi podatki. Orodje sva uporabili za analizo sloja digitalnega modela višin ter njegovo vizualizacijo. Analitična orodja za prostorske analize omogočajo izvedbo senčenja, izračuna naklona, izdelavo plastnic ter izris višinskih profilov. Linijski sloj prehojenih poti, ki predstavlja rezultat meritev GPS in ki je omogočil preverjanje ustreznosti lidarskega modela višin, je zapisan v formatu ESRI shapefile. ESRI shapefile podatkovni sloj je digitalni vektorski format za shranjevanje prostorske lokacije objektov ter drugih atributov. Shapefile podatkovni sloj shranjuje enostavne prostorske objekte, kot so točke, poligoni in polilinije.

Geopedia je interaktivni tematski atlas, ki registriranim uporabnikom omogoča urejanje in dodajanje raznih vsebin o Sloveniji. Z urejanjem in dodajanjem najrazličnejših vsebin se njena baza podatkov hitro širi.

Uvoz senčenega digitalnega modela višin v okolje Geopedia je izvedlo podjetje Sinergise, midve pa sva v karto podatkovnih slojev uvozili linijski sloj prehojenih poti (Slika 16) ter ustvarili sloj točk, kamor sva na izbrane dele poti vnesli fotografije s terena.

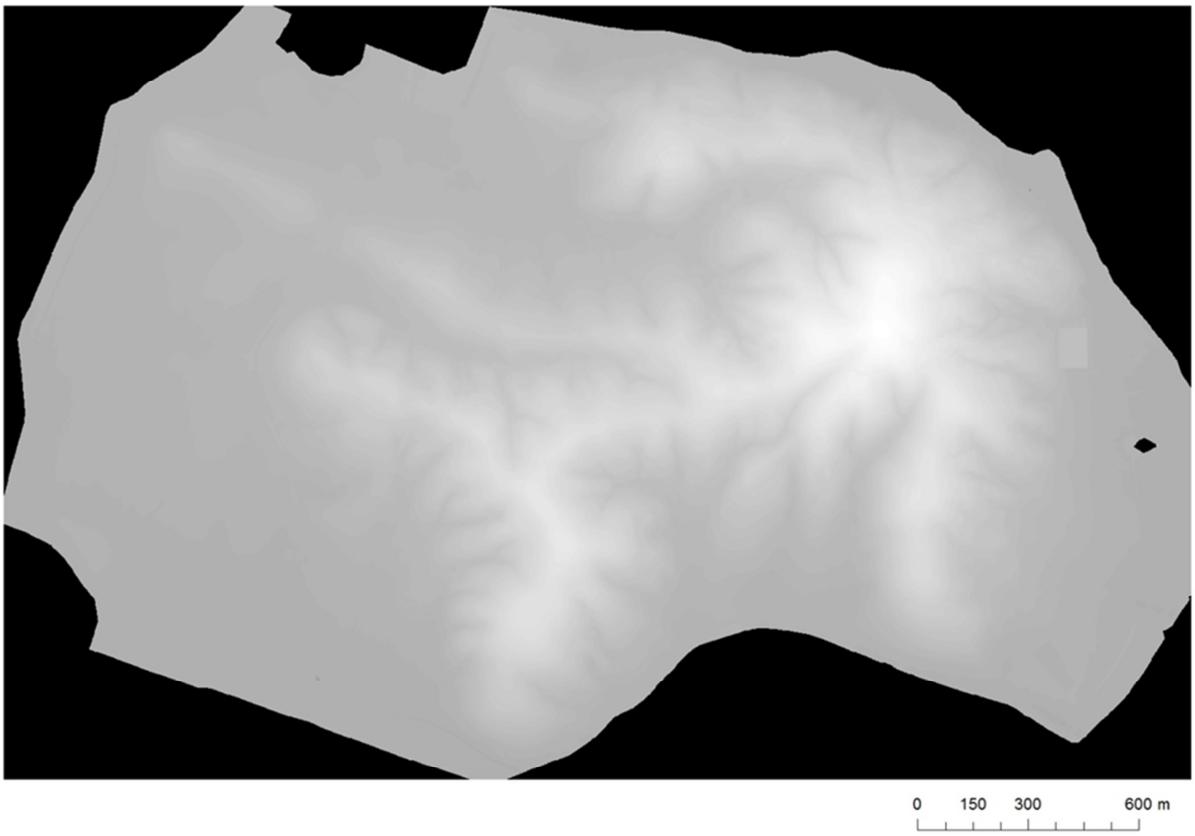


Slika 16: Prikaz sloja prehojenih poti v okolju Geopedia.

17 ANALIZA DIGITALNEGA MODELA VIŠIN

17.1 Senčenje

Prednost rastrskih podatkov je, da jih lahko zelo učinkovito in nazorno prikažemo grafično. Vizualizacija in ustrezne analize predstavljajo pomemben vir nadaljnjih informacij, ki so v pomoč pri razumevanju in napovedovanju prostorskih pojavov. Digitalni model višin, prikazan na sliki 17 v dvodimenzionalnem prikazu ne daje dovolj nazorne predstave o razgibanosti površja; svetli toni prikazujejo višja območja, temni pa nižja. Podrobnosti se pokažejo šele, ko model osenčimo.



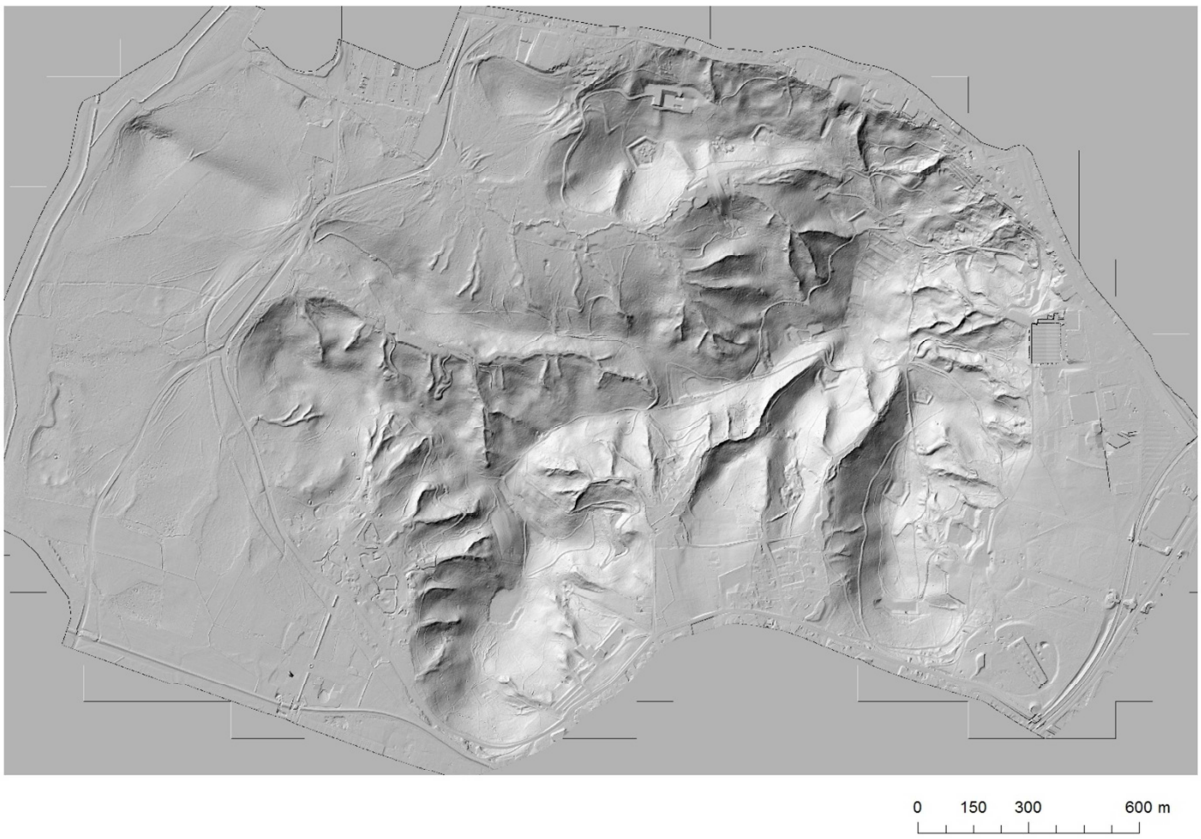
Slika 17: Digitalni model višin v rastrski obliki.

Senčenje predstavlja eno izmed najbolj realističnih metod prikazov oblikovanosti zemeljskega površja. Je logično nadaljevanje metod črtkanja, ki so jih kartografi uporabljali v preteklosti in simulira prostorski učinek. Spada med plastične metode prikaza površja s sivimi toni, ki ponazarjajo osvetlitev površja v odvisnosti od položaja. Namen senčenja reliefa je torej pridobitev navideznega trirazsežnega videza in dvoprostorske predstave obravnavanega območja.

Operacija senčenja se v orodju ArcMap izvede tako, da se orientacija celice (usmerjenost in naklon) primerja z lokacijo vira svetlobe, ki ga določimo z azimutom in višinskim kotom. Celicam, na katere svetloba pade direktno, se pripiše vrednost 255 (bela), celicam, na katere pa svetloba sploh ne pade, se dodeli vrednost 0 (črna). Ostale celice so sive barve, odvisno od količine svetlobe, ki pade nanje (Slika 18). Če spremenimo azimut vira svetlobe, se bodo osvetlile druge celice, spreminjanje višinskega kota pa bo vplivalo na dolžino senc. Oblika reliefa je na osojnih območjih zakrita s sencami, na prisojnih pobočjih pa zaradi kota vpada žarkov, ki sva ga izbrali, podoba reliefa izgubi kontrast.

Slika 18: Senčen digitalni model višin.

Vpliv postavitve vira svetlobe je zelo velik, saj se na posameznih območjih podoba reliefa zaradi tega popolnoma spremeni. Pri kartografskem senčenju mora vir svetlobe vedno ležati severozahodno, med 270 in 360 stopinjami. Tako dosežemo, da so sence močnejše ob vznožju gora. Če bi vir svetlobe postavili na jug, kjer bi se sonce dejansko nahajalo, bi se sence izrisale na vrhovih gora. Takrat gore zaznamo kot doline in doline kot gore (Slika 19).



Slika 19: Relief, senčen z jugovzhodne smeri.

Vidimo lahko, da senčena ploskev ustvarja boljšo predstavo o izoblikovanosti reliefa, kot jo daje lidarski oblak točk, saj je razgibanost terena podrobno prikazana.

17.2 Primerjava poti, identificiranih na senčenem digitalnem modelu višin in meritvami GPS

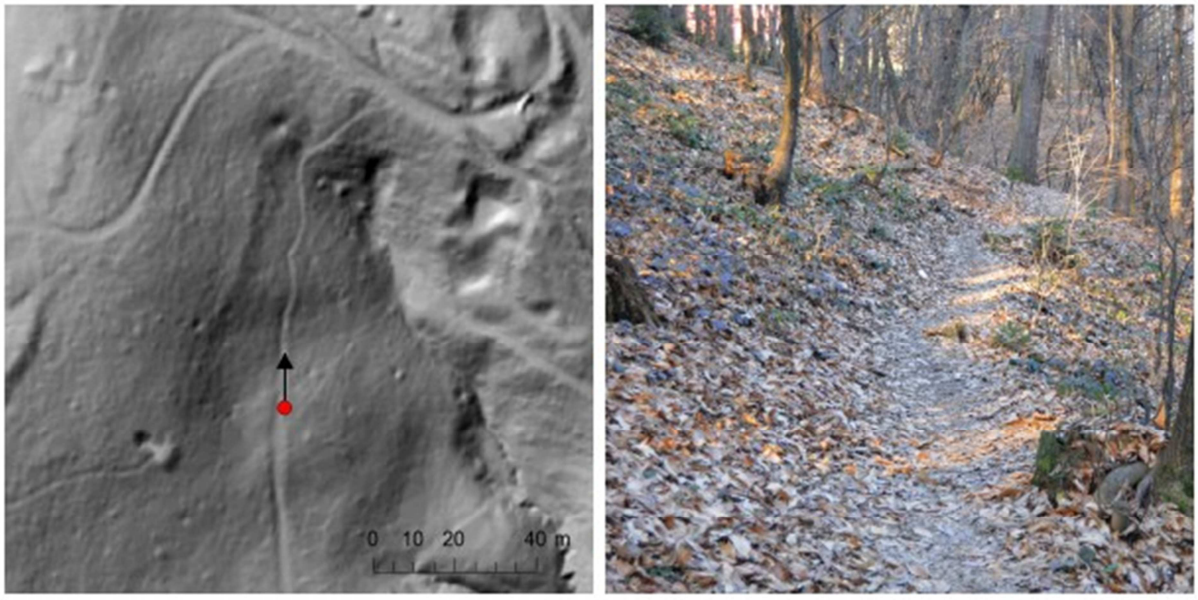
Na naslednjih 7 fotografijah (od 10 do 16) prikazujeva različne primere identifikacije poti na senčenem lidarskem modelu višin in njihovo pojavnost v naravi. V vseh primerih sva se lahko prepričali, da lidarski model reliefa omogoča zaznavanje izredno slabo utrjenih kot tudi najširših sprehajalnih poti. Pomoč pri identifikaciji poti nama je omogočil vektorski sloj, pridobljen iz meritev GPS, s čimer sva se lahko prepričali, da je izbran objekt na lidarskem reliefu zagotovo pot in ne morda kak drug linijski sloj (jarek ipd.)

Slika 10: Primer vidne ozke stranske poti.

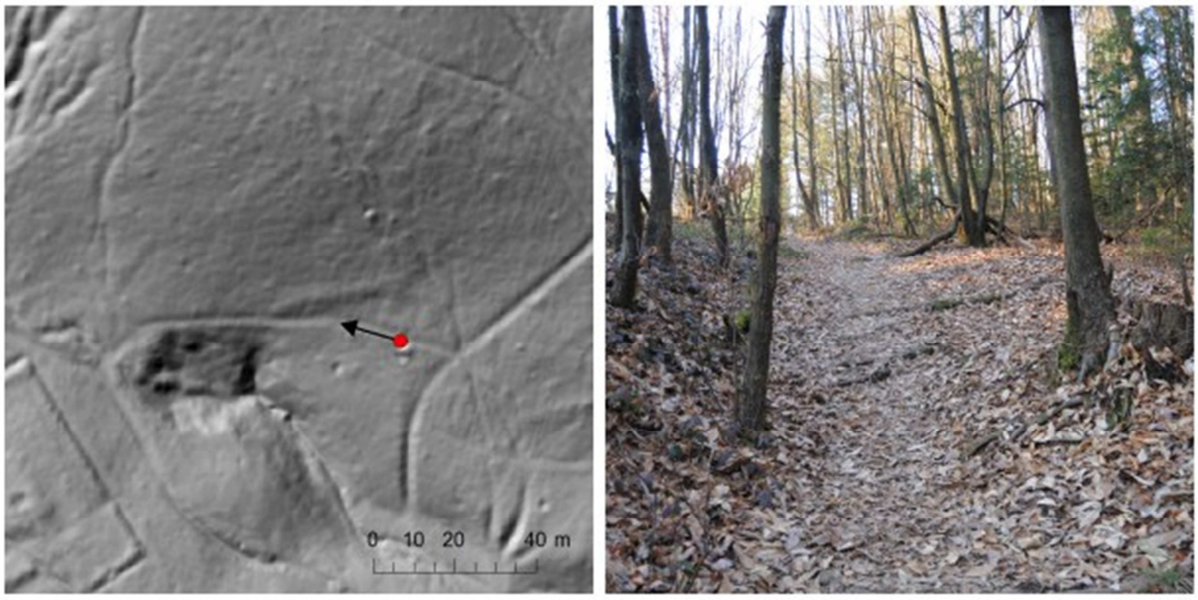
Slika 11: Na lidarskem posnetku je pot vidna.

Slika 12: Široke poti so na posnetku najbolj opazne.

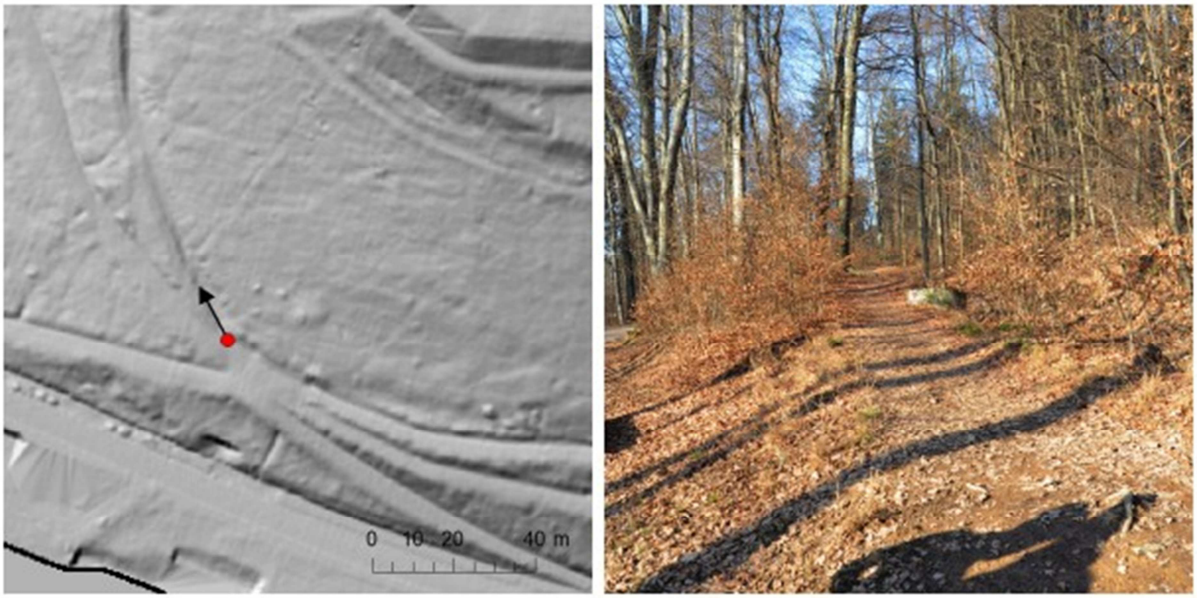
Slika 13: Vidni so tudi prehodi čez zaraščen teren.



Slika 14: Opazna je tudi malo rabljena bljižnica.



Slika 15: LiDaR dobro zaznava razgibanost terena.

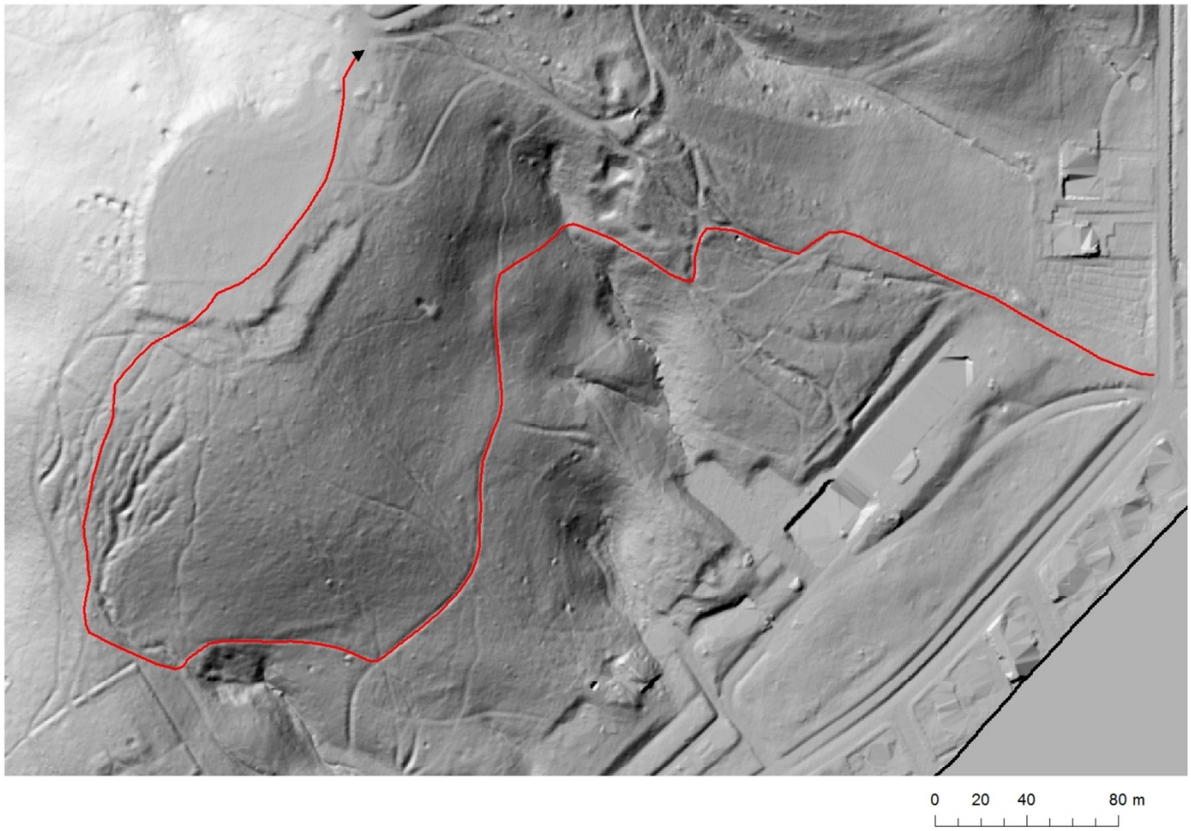


Slika 16: Vidne so vse poti.

20.3 Prikaz višinskega profila poti

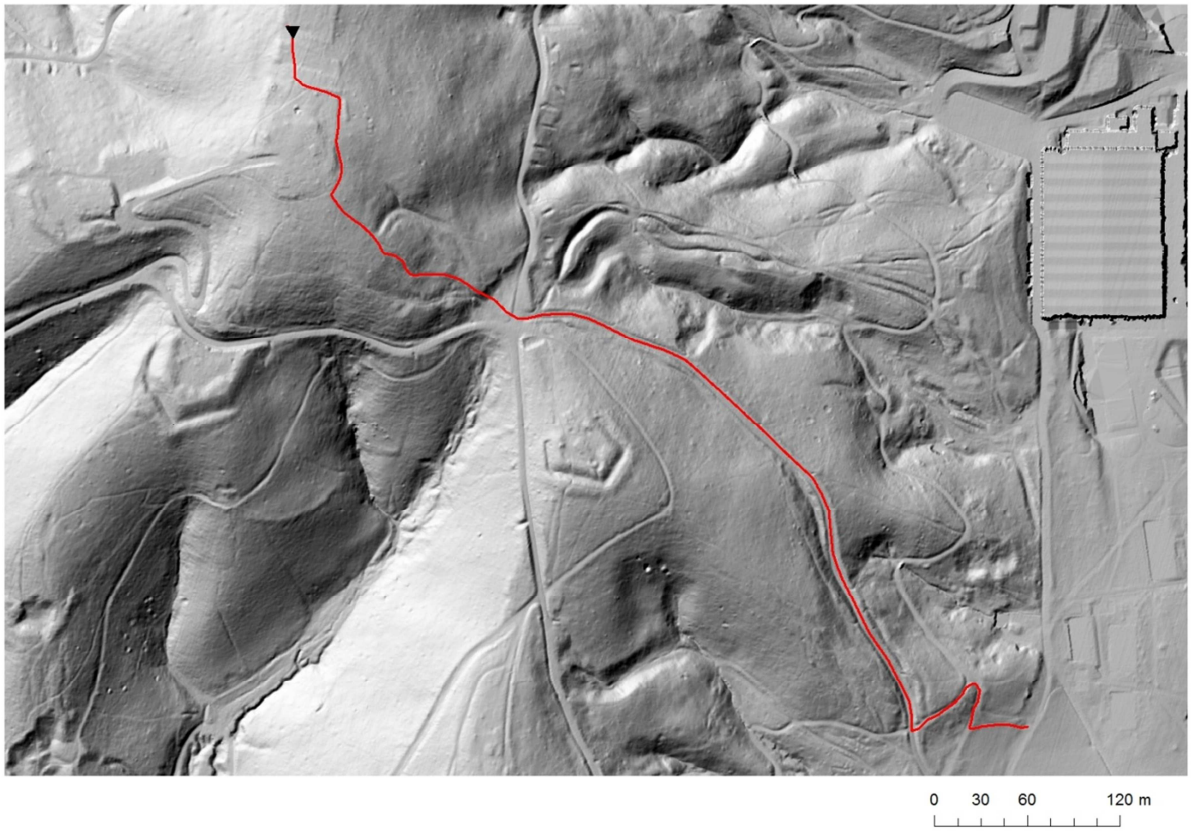
Višinski profil terena prikazuje dvigovanje oziroma spuščanje terena za uporabljene linije na sloju. Če ima sloj tip geometrije točke, potem se prikaže višina te točke, če pa je izbran tip geometrije linije, se prikaže dviganje in spuščanje terena za izbrano linijo. Izris višinskih profilov, kjer prikažemo spremembe nadmorske višine v odvisnosti od razdalje lahko predstavlja orodje za oceno težavnosti poti, saj lahko v vsaki točki poti izračunamo njen naklon oziroma strmost.

Na sliki 17 je prikazan potek izbrane poti ter njen pripadajoč profil (Slika 18). Podobno sta potek druge poti in njen višinski profil prikazana na slikah 19 in 20.

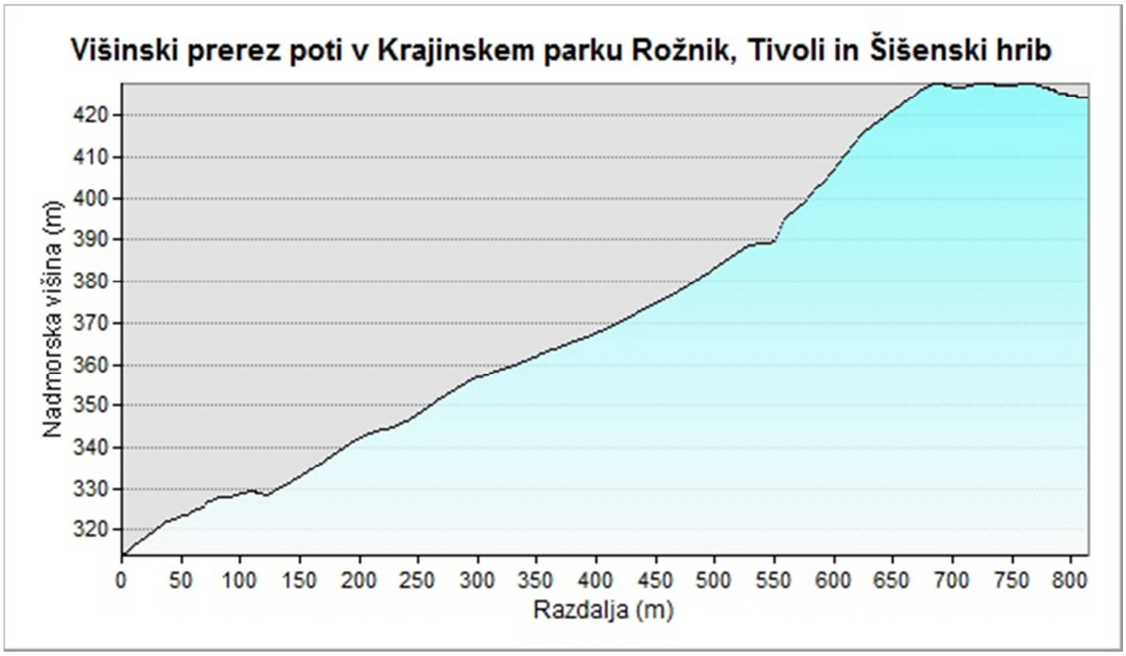


Slika 17: Potek izbrane poti.

Slika 18: Višinski prerez izbrane poti.



Slika 19: Druga izbrana pot.



Slika 20: Višinski prerez druge izbrane poti.

18 ANALIZA ANKETNIH ODGOVOROV IN INTERPRETACIJA

V tem poglavju so predstavljeni rezultati ankete, ki sva jih pridobili z obdelavo odgovorov na anketni vprašalnik obiskovalcev krajinskega parka Rožnik, Tivoli in Šišenski hrib.

Prvi del vprašalnika se je nanašal na osnovne podatke o anketirancih, t.j. o njihovem spolu in starosti ter kraja, od koder prihaja.

V nadaljevanju naju je zanimalo, zakaj obiskovalci obiščejo park ter kakšne poti izbirajo za gibanje po njem.

Pri tretjem vprašanju so anketiranci odgovarjali na vprašanje, ali imajo obiskovalci parka preveč svobode. Park namreč nima veliko pravil, kar obiskovalcem omogoča prost dostop v različne dele parka.

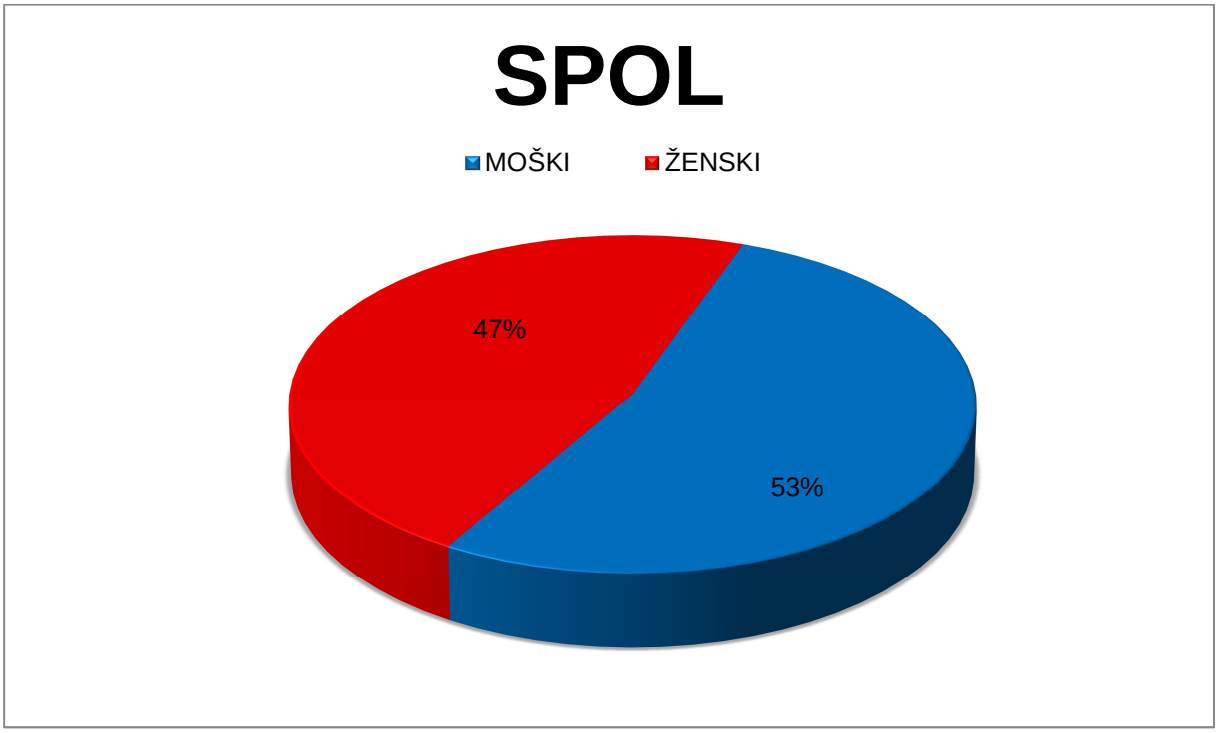
S četrtim vprašanjem sva hoteli poizvedeti, ali bi obiskovalci upoštevali table, ki bi preprečevale uporabo stranskih poti.

Pri zadnjem vprašanju sva anketirance povprašali, ali bi jih pritegnila nova učna pot ter ali bi si jo ogledali.

18.1 Rezultati ankete

Za vzorec izbranih anketirancev bi moral obsegati večje število obiskovalcev, da bi dobili bolj realne rezultate. Nisva se držali posebnega reprezentativnega vzorca, saj sva želeli dobiti jasne rezultate od naključno izbranih obiskovalcev parka.
V samem parku sva anketirali redne obiskovalce in nekatere, ki so se v parku nahajali prvič. Redni obiskovalci so bili bolj pozorni na urejenost parka in uporabo stranskih poti.

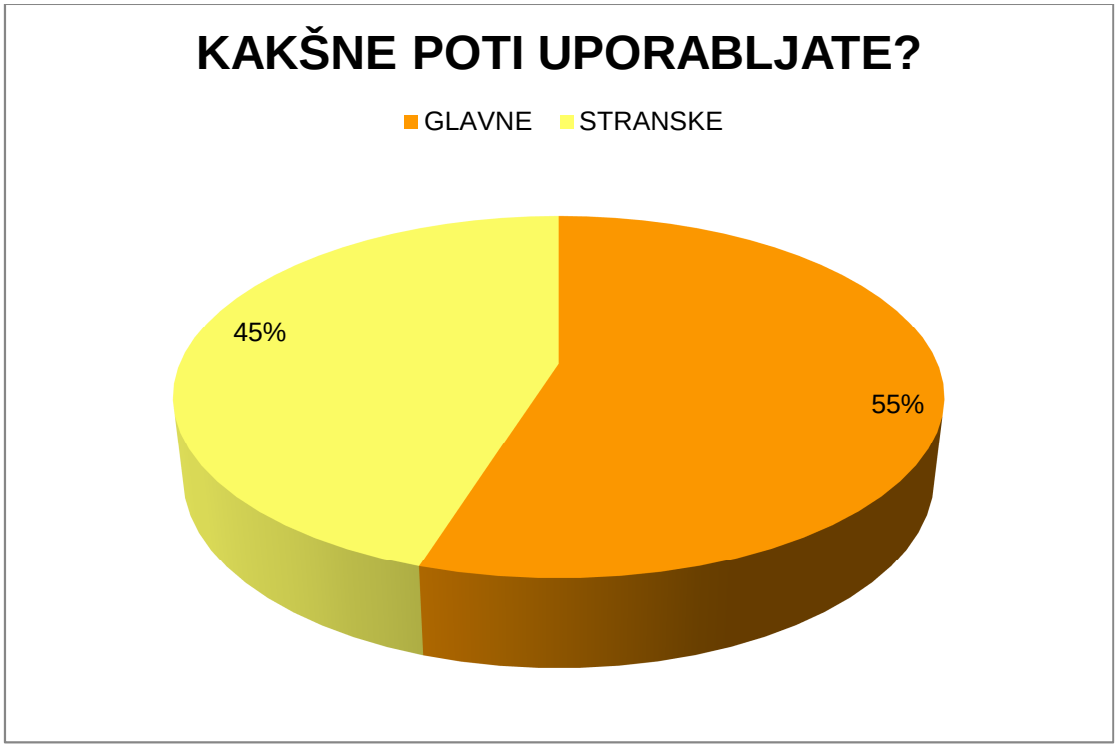
Redni obiskovalci, ki tedensko obiskujejo park, so sprehajalci psov in rekreativci, ki bolj uporabljajo glavne, urejene poti.



Slika 21: Vzorec anketirancev.

Slika 22: Obisk parka.

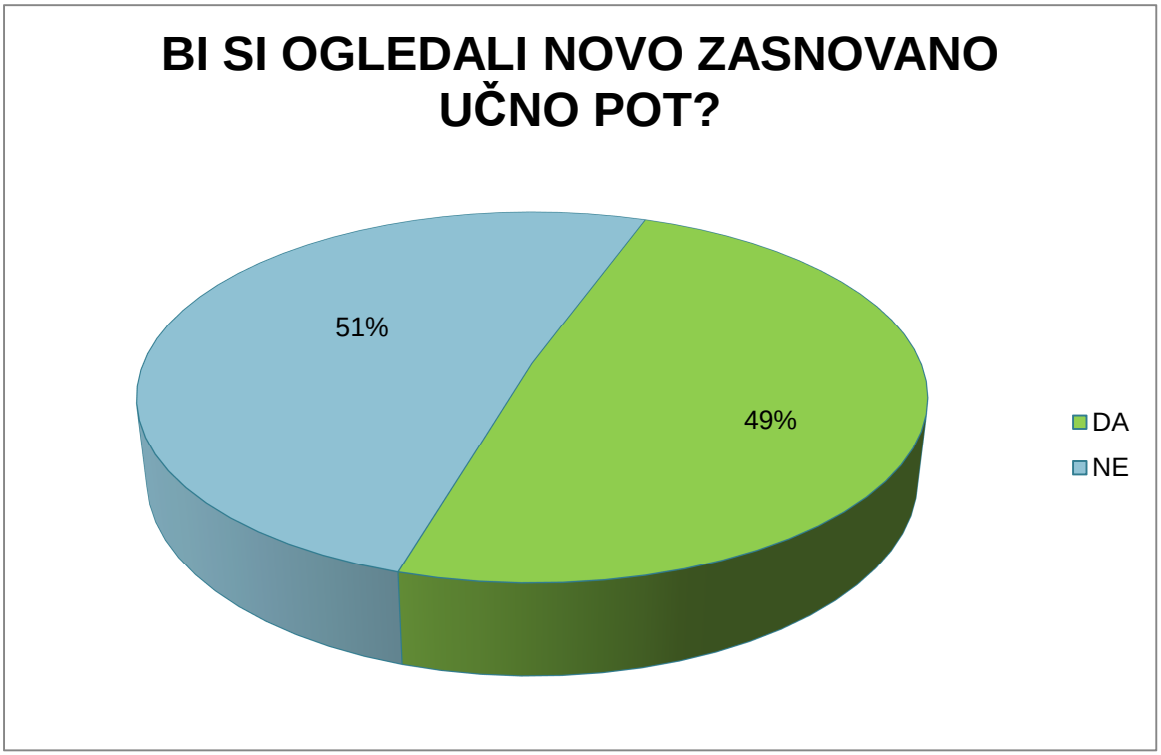
Slika 23: Vzrok obiska parka.



Slika 24: Uporaba poti.

Slika 25: Svoboda v parku.

Slika 26: Prepoved uporabe poti.



Slika 27: Ogled nove zasnovane učne poti.

Verodostojnost rezultatov anketiranja je seveda nekoliko odvisna od iskrenosti anketirancev. Predvidevava, da so odgovori moških bolj iskreni in relevantni, saj sva imeli pri ženskah občutek, da so nama z odgovori poskušale ugajati. Moški so anketo vzeli bolj resno in poudarili svoja stališča. Predvsem nisva zadovoljni z odgovori pri zadnjem vprašanju o ogledu nove učne poti, saj je to večina potrdila, v kar pa midve močno dvomiva, saj večina ljudi ni pokazala posebnega navdušenja in zanimanja. Presenetil naju je odziv na vprašanje o uporabi stranskih poti, saj večina ljudi tega sploh ni opazila in jih tudi ne zaznavajo kot problem. Večini se to, da nastajajo nove bližnjice, zdi samoumevno.

19 ZAKLJUČEK

Vse tri hipoteze sva skozi raziskovalno nalogo potrdili.

Prvo hipotezo, da s pomočjo lidarskega digitalnega modela reliefa lahko učinkovito identificiramo poti (natančna upodobitev linijskih objektov), sva potrdili po opravljenem terenskem delu, saj so bile vse poti zabeležene z GPS-om dobro vidne

tudi na modelu višin in so nam omogočale nadaljnje analize. Predpogoj za ustrezno identifikacijo poti je ustrezna predhodna obdelava digitalnega modela višin t.j. senčenje. Torej se lahko strinjamo s trditvijo, da so podatki pridobljeni z LIDAR-jem dovolj natančni, primerjava slojev je razkrila veliko stopnjo podrobnosti lidarskega modela višin.

Drugo hipotezo, da je iz DMR-ja možno kartiranje poti in višinskih profilov poti, sva v praktičnem delu dokazali. To hipotezo sva potrdili s pomočjo programskega orodja ArcMap, saj nam je le ta omogočila kartiranje poti, kot tudi izdelavo višinskih profilov v krajinskem parku.

S tretjo hipotezo, da imajo obiskovalci v parku preveč svobode in povzročajo kaotično gibanje vsepovsod, se strinjava. Ker imajo obiskovalci neomejen dostop do večine delov parka, nastaja veliko novih poti, ki so prepredene po celotnem krajinskem parku. To enostavno gibanje obiskovalcev povzroča uničevanje naravnih značilnosti parka. Problematično je tudi nabiranje gob, kostanja ipd., saj sprehajalci zapuščajo poti in s tem prečesavajo določena območja, uničujejo podrast, plašijo živali ter spodbujajo erozijo na strminah.
Izsledke najine raziskovalne naloge bi bili lahko v pomoč Mestni občini Ljubljana za nadaljnjo analizo posegov in razvojnih možnosti ter oskrbo v krajinskem parku. Možnost kartiranja poti s pomočjo podatkov laserskega skeniranja lahko predstavlja ustrezno izhodišče analiz ranljivosti okolja in študij umeščanja učnih, rekreacijskih in naravoslovnih poti, saj bi le-te lahko določili glede na vrsto kriterijev, kot so naklon in zahtevnost terena. Z uporabo lidarskega reliefa bi se lahko izognili večkratnemu preverjanju poti na terenu, vendar bi za učinkovito izkoriščenost sloja reliefa seveda predhodno morali oceniti smotrnost stroškov lidarskega snemanja na eni in terenskih ogledov na drugi strani.

Ker krajinski park predstavlja zelo pomemben del Ljubljane, glede na navedene rezultate in terenski ogled predlagava, da se središče parka zapre za javnost, saj je gozdi rob za obiskovalce dovolj bogat in zanimiv. Tako bi preprečili uničevanje celotnega parka in bi ga omejili le na njegov manjši del. Prav tako bi lahko Mestna občina Ljubljana odprla kakšno zanimivo učno pot ter redno skrbela za njeno urejenost in inovativnost.

Na večje omejitve pri najini analizi nisva naleteli, sva pa imeli nekaj nevšečnosti. Na terenskem delu, ki smo ga izvajale pozimi, so na naša srečanja na terenu vplivale vremenske razmere. Bilo je zelo mrzlo. Problem pa sva imeli tudi pri iskanju slovenske literature za teoretično ozadje (LiDaR in GPS). Te nevšečnosti sva brez težav premagali v veliki pomoči najinih mentoric.

Za nadaljnje delo ali izboljšavo najine raziskovalne naloge predlagava obširnejšo anketo ali raziskavo, ki bi jo izvedla Mestna občina Ljubljana med občani, o željah in spremembah v krajinskem parku.

20 VIRI IN LITERATURA

- Bitenc, Maja 2007: Analiza podatkov in izdelkov zračnega laserskega skeniranja na projektu Neusidler See. Ljubljana: Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.
- Daljinski Zajem Podatkov. Članek pridobljen 18. 02. 2012. http://www.geoin.com/si/strani/63/Daljinski-Zajem-Podatkov.html.
- Erhatič, B., Smrekar, A., Šmid Hribar, M. 2011: Krajinski park Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib. Ljubljana: Založba ZRC.
- GPS. Članek dobljen 18. 02. 2012. http://sl.wikipedia.org/wiki/GPS.
- GPS – Global Positioning Sistem. Članek pridobljen 14. 02. 2012. http://www.drustvo-viharnik.si/gps.htm .
- Kastelic, Mateja 2010: Obdelava podatkov laserskega skeniranja v programu Geomagic na primeru Mislejevega portala. Ljubljana: Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.
- Lasersko skeniranja in aerofotografiranja reliefa Slovenije za določitev poplavnih območij. Članek pridobljen 18. 02. 2012. http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/dokumenti/nk_nuv_3jun11_lidar.pdf.
- Letalsko lasersko skeniranje (LIDAR) idrijskega in ravenskega preloma v zahodni Sloveniji. Članek pridobljen 14. 02. 2012 http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2007/139.pdf.
- Nove tehnologije in študije preteklih pokrajin. Pridobljeno 9. 03. 2012. http://iaps.zrc-sazu.si/sites/default/files/kobarid_09_lidar_splosno.pdf.
- Nove tehnologije in študije preteklih pokrajin. Pridobljeno 9. 03. 2012. http://iaps.zrc-sazu.si/sites/default/files/kobarid_11_lidar_filtriranj_0.pdf.
- Oštir, Krištof 2006: Daljinsko zaznavanje. Ljubljana: Založba ZRC.
- Projekt 'Lasersko skeniranje in aerofotografiranje 2011'. Članek pridobljen 14. 02. 2012. http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/novice/Teksti_novic/LIDAR_opis.pdf.

- Sušnik, Barbara 1991: Sistem GPS z elementi satelitske geodezije. Ljubljana: delo je bilo pripravljeno v skladu s Pravilnikom o podeljevanju Prešernovih nagrad študentom za leto 1991, pod mentorstvom prof. dr. Bogdana Kilarja.
- Stavbar, Gregor 2011: Pregled odprtokodnih programov za obdelavo lidarskih podatkov. Ljubljana: Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.
- Švab Lenarčič, Andreja 2009: Uporaba lidarskih podatkov za klasifikacijo pokrovnosti. Ljubljana: Mag.d. Ljubljana, UL, FGG. Odd. za geodezijo, Geodetska smer.
- http://www.albireo.in/files/lidar.jpg, (24. 02. 2012, 14:38).
- http://slopes.jkr.gov.my/images/lidar_clip_image02.gif, (24. 02. 2012, 14:47).
- http://gpsnewsupdates.com/wp-content/uploads/2011/02/gps-global.jpg, (24. 02. 2012, 14:25).
- http://gpsnewsupdates.com/wp-content/uploads/2011/01/gps-signal.jpg , (24. 02. 2012, 14:14).
- http://www.gaeaplus.si/media/uploads/files/gaeaGallery_landscape.jpg, (13. 3. 2012, 10:57).
- http://www.gdl.si/vsebina/dmr_1.jpg (13. 03. 2012, 11:02).
- (http://cdn1.siol.net/sn/img/09/120/633766855841161635_ro%C5%BEnik.jpg (7.3.2012 15.22).

21 PRILOGE

21.1 Anketa

Spol: Ž M

Starost:

Prihod od/iz:

1. Kako pogosto obiskujete park?

a) Vsak dan

b) Tedensko 1x 2x 3x 4x

c) Mesečno 1x 2x 3x 4x

2. Zakaj obiskujete park? Kakšne poti uporabljate (zahtevnejše, urejene, stranske, nevarne)?

a) Rekreacija

b) Sprehod psa

c) Sprehajanje

d) Drugo

3. Park nima ravno veliko pravil. Omogoča enostavno gibanje obiskovalcem. Imajo obiskovalci preveč svobode in uničujejo naravno okolje?

a) Da

b) Ne

4. Bi upoštevali table, ki bi prepovedovalo uporabo stranskih poti?

a) Da

b) Ne

5. Bi vas pritegnila novo zasnovana učna pot (podrobnosti o vegetaciji) in bi so jo ogledali?

a) Da

b) Ne