Usporedba fotogrametrijski procijenjenih visina stabala dobivenih snimanjem iz bespilotne letjelice i terenskih podataka

Novotny, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:777868

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

LUKA NOVOTNY

Usporedba fotogrametrijski procijenjenih visina stabala dobivenih snimanjem iz bespilotne letjelice i terenskih podataka

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, 2019.

Zavod:	Zavod za izmjeru i uređivanje šuma
Predmet:	Daljinska istraživanja u urbanim i zaštićenim područjima
Mentor:	Izv. prof. dr. sc. Ante Seletković
Asistent – znanstveni novak:	
Student:	Luka Novotny
JMBAG	
Akad. godina:	2018/19
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 15.03.2019
Sadržaj rada:	Slika: 7 Tablica: 3 Grafikon: 2 Navoda literature:11
Sažetak:	Daljinska istraživanja opisuju metodu prikupljanja informacija o nekom objektu pomoću uređaja za snimanje ili istraživanje koji je bežičan te nije u fizičkom ili bliskom kontaktu s objektom snimanja. U završnom radu su uspoređeni podatci izmjereni na terenskim pokusnim plohama sa podacima dobivenim snimanjem bespilotnom letjelicom. Prikazan je cijeli postupak od snimanja do fotogrametrijskog procesiranja snimaka. Tako pripremljeni podaci uspoređeni su sa terenskim podacima, te je napravljena odgovarajuća statistička analiza i obrada podataka. Fotogrametrijska metoda procjene visina stabala bazira se na izradi digitalnog modela visina (DMV), a nastaje oduzimanjem vrijednosti nadmorskih visina digitalnog modela reljefa (DMR) od digitalnog modela površina (DMP) Rezultatima usporedbe terenskih i fotogrametrijskih visina i statistička analiza utvrđene su vrijednosti srednje pogreške u iznosu od -1,33 m, standardne devijacije u iznosu od 0,60 m i korijena srednje kvadratne pogreške (RMSE) u iznosu od 1,56 m.Usporedbom fotogrametrijske i terestričke metode dobivena su odstupanja fotogrametrijski izmjerene visine u donosu na terestričku i to uvijek negativnog predznaka, kao što je i potvrđeno dosadašnjim istraživanjima. Ovim radom prikazana je jedna od mogućnosti primjene metoda daljinskih istraživanja u šumarstvu.

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Cilj 3
3. Materijali i metode 4
   a) Terenska izmjera 4
   b) Snimanje bespilotnom letjelicom i fotogrametrijsko procesiranje 7
4. Rezultati 9
5. Zaključak 12
6. Literatura: 13

1. Uvod

Fotogrametrija je umjetnost, znanost i tehnologija dobivanja pouzdanih kvantitativnih informacija o fizičkim objektima i okolišu, procesom zabilježbe, mjerenja i interpretacije fotografskih slika i scena elektromagnetskog zračenja dobivenih senzorskim sustavima (Donassy i sur. 1983). Primjenjuje se u različitim poslovima kao što su topografsko kartiranje, arhitektura, inženjerstvo, policijske istrage, geodezija, ekologija, medicina, rudarstvo, građevina, meteorologija, te predstavlja jedan od najvažnijih načina prikupljanja prostornih podataka u spomenutim djelatnostima.

Fotogrametrija se dijeli na terestričku (snimanje s Zemlje) i aerofotogrametriju (snimanje iz zraka), a snimanjem postojeće prostorne situacije dobiva se dvodimenzionalni (ravninski) ili trodimenzionalni (prostorni) prikaz. Prednosti aerofotogrametrije su smanjenje terenskog rada, skraćivanje vremena izrade, smanjenje troškova pa se zbog toga najčešće koristi pri izradi planova i karata (osobito za veća područja).

Daljinska istraživanja opisuju metodu prikupljanja informacija o nekom objektu pomoću uređaja za snimanje ili istraživanje koji je bežičan te nije u fizičkom ili bliskom kontaktu s objektom snimanja. Nadalje, to je znanost i/ili umijeće prikupljanja informacija o objektu, površini ili pojavi, većinom na površini Zemlje, na temelju informacija dobivenih pomoću uređaja koji nisu u izravnom doticaju s objektom, površinom ili pojavom od interesa (Lillesand i Kiefer 1994). Takvim snimanjima mogu se dobiti geomorfološke, geološke, pedološke, šumarske, hidrološke, arheološke i druge karakteristike promatranih objekata.

Primjena aerosnimaka u šumarstvu postoji već duži niz godina. U Republici Hrvatskoj aerosnimke su se počele koristiti u 50.-tim godinama prošlog stoljeća zahvaljujući pionirskom radu prof. dr. Zdenka Tomašegovića i ubrzanom razvoju tehnologije bespilotnih letjelica.

Terminologija koja se trenutno koristi za bespilotne civilne ili vojne letjelice je raznolika: dron, bespilotna letjelica (UAV), bespilotni zrakoplovni sustav (UAS), daljinski upravljan zrakoplovni sustav (RPAS) ili letjelica (RPA). Ovi nazivi ne daju uvijek uvid u specifične značajke različitih letjelica i sustava. Riječ „dron" vojnog je podrijetla, no ponekad se upotrebljava i za letjelice i sustave koji se koriste u civilne svrhe (EUR-Lex, 2015.).

Prema definiciji, bespilotne letjelice (eng. UAV-Unmanned Aerial Vehicles) su daljinski upravljane ili samoupravljive letjelice koje nose koristan teret, a prilikom aerosnimanja taj teret predstavlja kamera. Danas se aerosnimke primjenjuju na poslovima uređivanja šuma, izlučivanja sastojina i procjenama sastojinskih parametara. Osim što se koriste za uređivanje i

gospodarenje državnih šuma mogu poslužiti i prilikom obavljanja istih poslova u šumama privatnih šumoposjednika. Bespilotne letjelice omogućile su lakši i jednostavniji način monitoringa čime se smanjuje opseg terenskog rada te štedi vrijeme i novac.

Digitalni model površine (DSM, prema engl. Digital Surface Model) matematički je model Zemljine površine koji uključuje izgrađene objekte i vegetaciju (Paparoditis i Polidori 2002). Ukoliko se radi o DSM-u nekog šumskog područja on predstavlja gornju površinu krošanja. Za izradu DSM-a uglavnom se koriste podaci dobiveni metodama daljinskih istraživanja. Postupak izrade DSM-a u digitalnoj fotogrametriji bazira se na principu automatiziranog stereofotogrametrijskog procesiranja aerosnimaka. Termini koji se koriste za opis postupka su „slikovna korelacija“ (engl. image correlation), „digitalna korelacija aerosnimaka“ (engl. correlation of digital images) i „usklađivanje snimaka“ (engl. image matching) (Balenović 2016.).

Cilj slikovne korelacije je automatsko određivanje slikovnih koordinata korespondirajućih točaka (piksela) lijeve i desne aerosnimke (stereopara) na temelju njihove radiometrijske i geometrijske sličnosti (White i dr. 2013). Ukoliko je korelacija zadovoljavajuća (npr. koeficijent korelacije za promatranu točku lijeve i desne aerosnimke veći od unaprijed postavljenog donjeg praga), točka se uzima u obzir za daljnju obradu (aerotriangulacija, digitalno modeliranje terena, itd.). Rezultat slikovne korelacije je trodimenzionalni oblak točaka (engl. image point cloud) koji se u daljnjim postupcima (interpolacijom) može koristiti za modeliranje terena, ponajprije za izradu DSM-a.

U šumarstvu se DSM uglavnom koristi u kombinaciji s digitalnim modelom reljefa (DTM, prema engl. Digital Terrain Model) dobivenim iz aerosnimaka fotogrametrijskim putem. Preklapanjem DTM-a i DSM-a, odnosno oduzimanjem DTM-a od odgovarajućeg DSM-a dobije se digitalni model visina sastojina ili digitalni model visina krošanja (CHM, prema engl. Canopy Height Model) koji se potom u kombinaciji s referentnim terenskim podacima može koristiti za procjenu različitih varijabli stabala i šumskih sastojina.

2. Cilj

Cilj završnog rada je usporediti podatke izmjerene na terenskim pokusnim plohama sa podacima dobivenim snimanjem bespilotnom letjelicom. Prikazati će se cijeli postupak od snimanja do fotogrametrijskog procesiranja snimaka. Tako pripremljeni podaci usporedit će se sa terenskim podacima, te će se napraviti i odgovarajuća statistička analiza i obrada podataka.

3. Materijali i metode

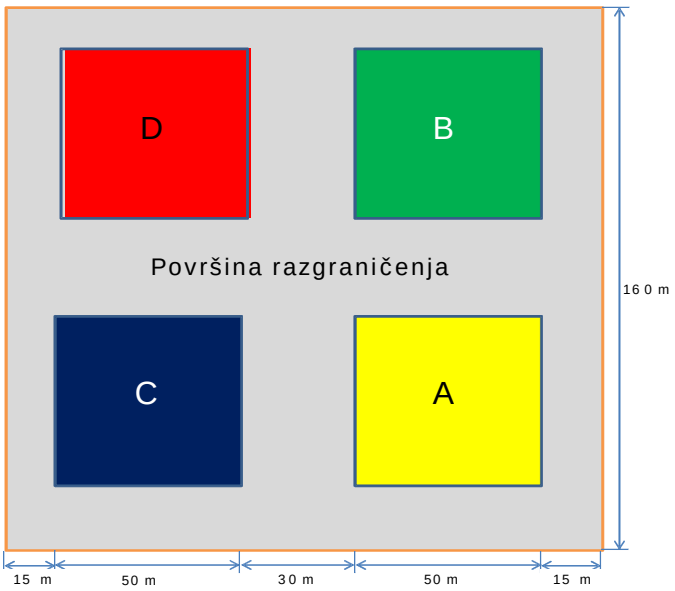
a) Terenska izmjera

Ovaj rad predstavlja dio istraživanja provedenih u sklopu projekta „Osnivanje pokusa za provođenje uzgojnih i genetsko meliorativnih zahvata u mladim sastojinama hrasta lužnjaka kao temelj za gospodarenje budućim sjemenskim sastojinama“ financiranog od strane Ministarstva poljoprivrede sredstvima naknade za korištenje općekorisnih funkcija šuma.

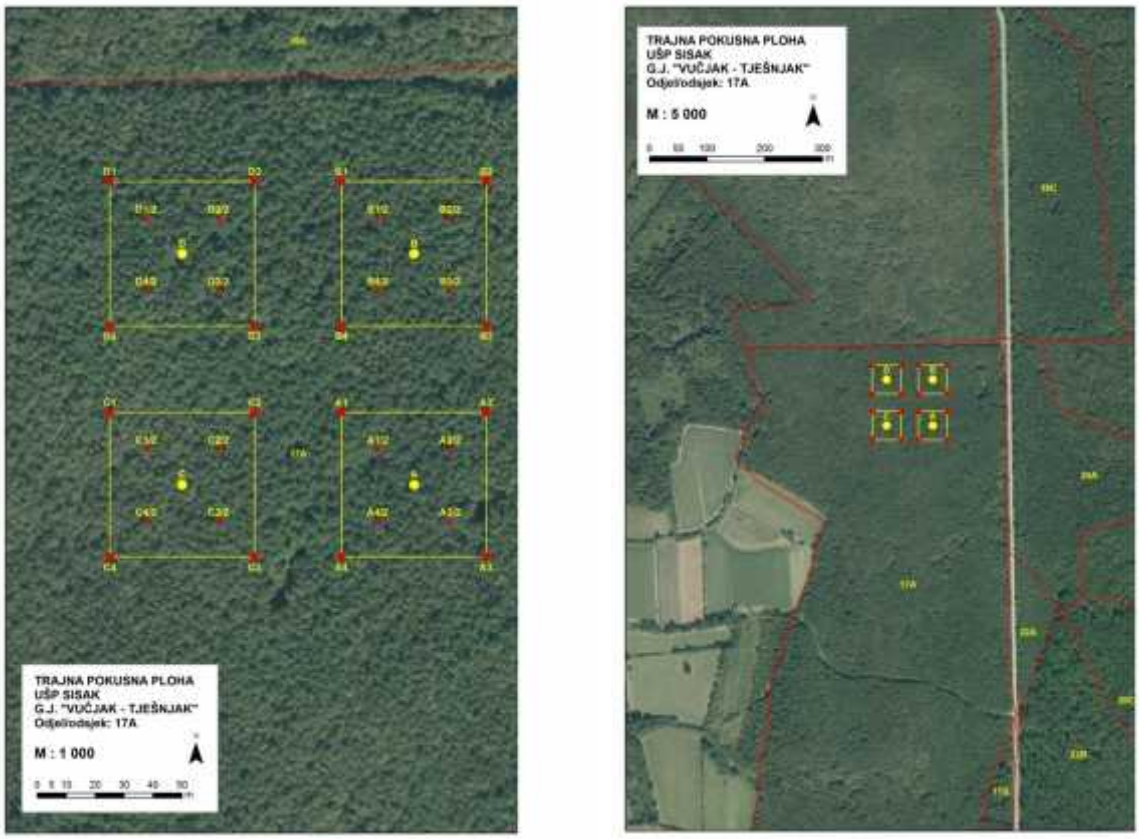
Terenska mjerenja provedena su na trajnoj pokusnoj plohi površine 25600 m^2 (oblika 160 x 160 m) na području UŠP Sisak u 17 a odsjeku gospodarske jedinice Vučjak-Tješnjak šumarije Petrinja, u sastojini hrasta lužnjaka drugog dobnog razreda.

Svakom stablu izmjerena su dva unakrsna promjera s milimetarskom točnošću, a mjesto izmjere prsnog promjera trajno je obilježeno žutom točkom na visini 1,30 m od tla. Izmjera visina stabala i debala te horizontalna projekcija širina krošanja obavljena je u periodu mirovanja vegetacije, a izmjera visina početka krošanja u vrijeme vegetacijskog perioda.

Ploha se sastoji od četiri jednake pravokutne podplohe, dužine 50 m odvojene površinom razgraničenja (Slike 1. i 2.). Granice ploha i podploha označene su žutom linijom na stablima koja se nalaze izvan, a na uglovima su zabijeni kolci i napravljena je žuta oznaka obrnutog slova „L“ na najbližem vanjskom stablu.



Slika 1.: Izgled trajne pokusne plohe



Slika 2.: Položaj trajne pokusne plohe na terenu prikazan u mjerilima 1:1000 i 1:5000

Sva su stabla na podplohi brojčano obilježena te prostorno evidentirana pomoću Field-Map sustava. Pomoću prostorne evidencije i georeferenciranih točaka izrađeni su digitalni planovi prostornog rasporeda stabala i horizontalnih projekcija širina krošanja (Slike 3a i 3b.).

Osnovne strukturne značajke sastojine hrasta lužnjaka na trajnoj pokusnoj plohi prikazane su prema zastupljenosti pojedinih vrsta drveća te analizom gustoće (N, n/ha), temeljnice (G, m^2/ha) i volumena (V, m^3/ha) sastojine i prsnog promjera srednje plošnog stabla izračunatog Curtis-Marshallovom formulom (2000):

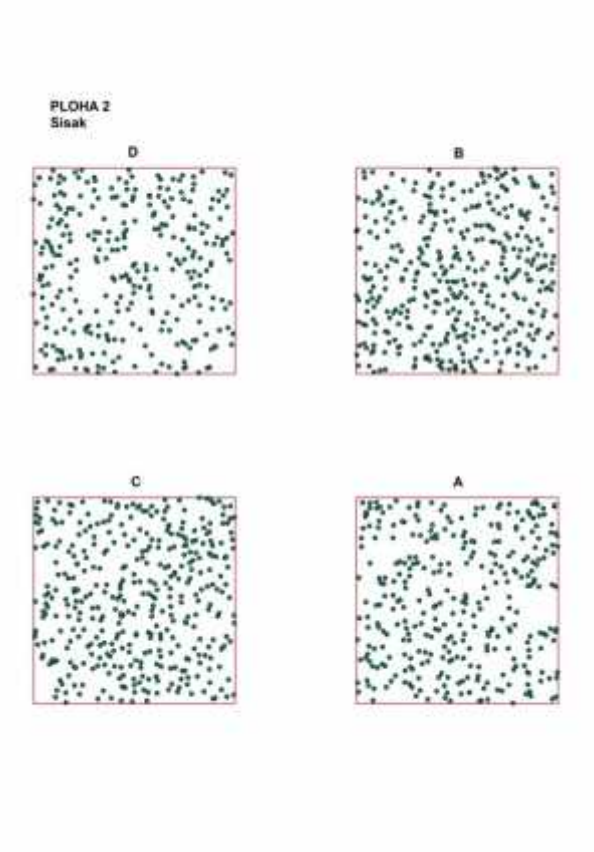
$$ds_{SPS} = \sqrt{\frac{G}{k \cdot N}},$$

Za izradu visinske krivulje korištena je Mihailova funkcija:

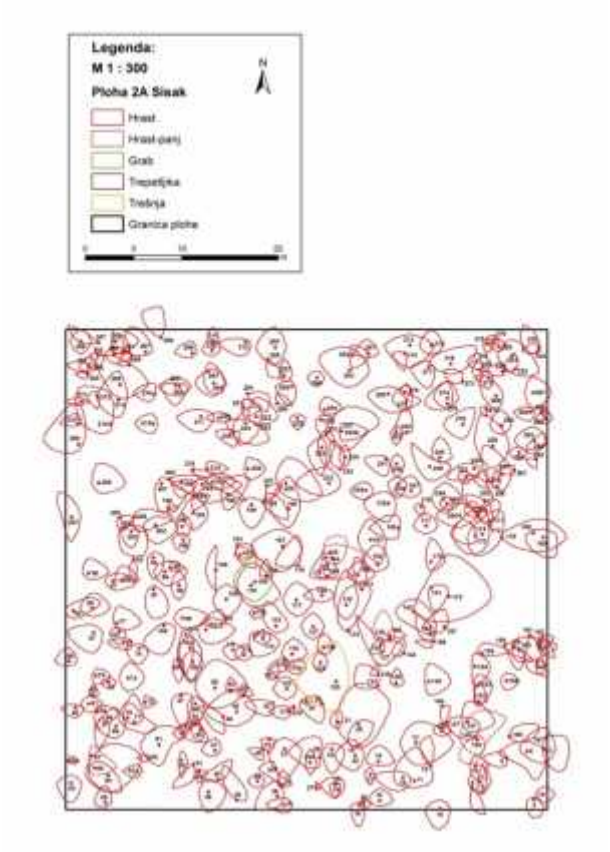
$$h = b_0 \cdot e^{-b_1/d} + 1{,}30$$

a volumen svakog stabla izračunat je pomoću Schumacher-Hallove jednadžbe:

$$v = a \cdot d^b \cdot h^c \cdot f$$



Slika 3a.: Digitalni plan prostornog rasporeda stabala na svim podplohama TPP-e.



Slika 3b.: Digitalni plan izmjerenih horizontalnih projekcija širina krošanja na podplohi A.

b) Snimanje bespilotnom letjelicom i fotogrametrijsko procesiranje podataka



Slika 4.: Bespilotna letjelica DJI PHANTOM 3 PRO.

Zračno snimanje primjernih plohe bespilotnom letjelicom DJI PHANTOM 3 PRO (Slika 4.) provedeno je 21. srpnja 2017.g. (Darna d.o.o. i GDi d.o.o.).

Visina leta iznosila je ≈100 m, dok je uzdužni preklop iznosio ≈90°, a vertikalni ≈80°.

Svaka ploha snimljena je RGB i NIR kamerom u dva odvojena leta, što je rezultiralo s ≈130 RGB snimaka i s ≈130 RGB snimaka.

Prostorna rezolucija snimaka (Ground Sampling Distance – GSD) iznosila je ≈3.8 cm.

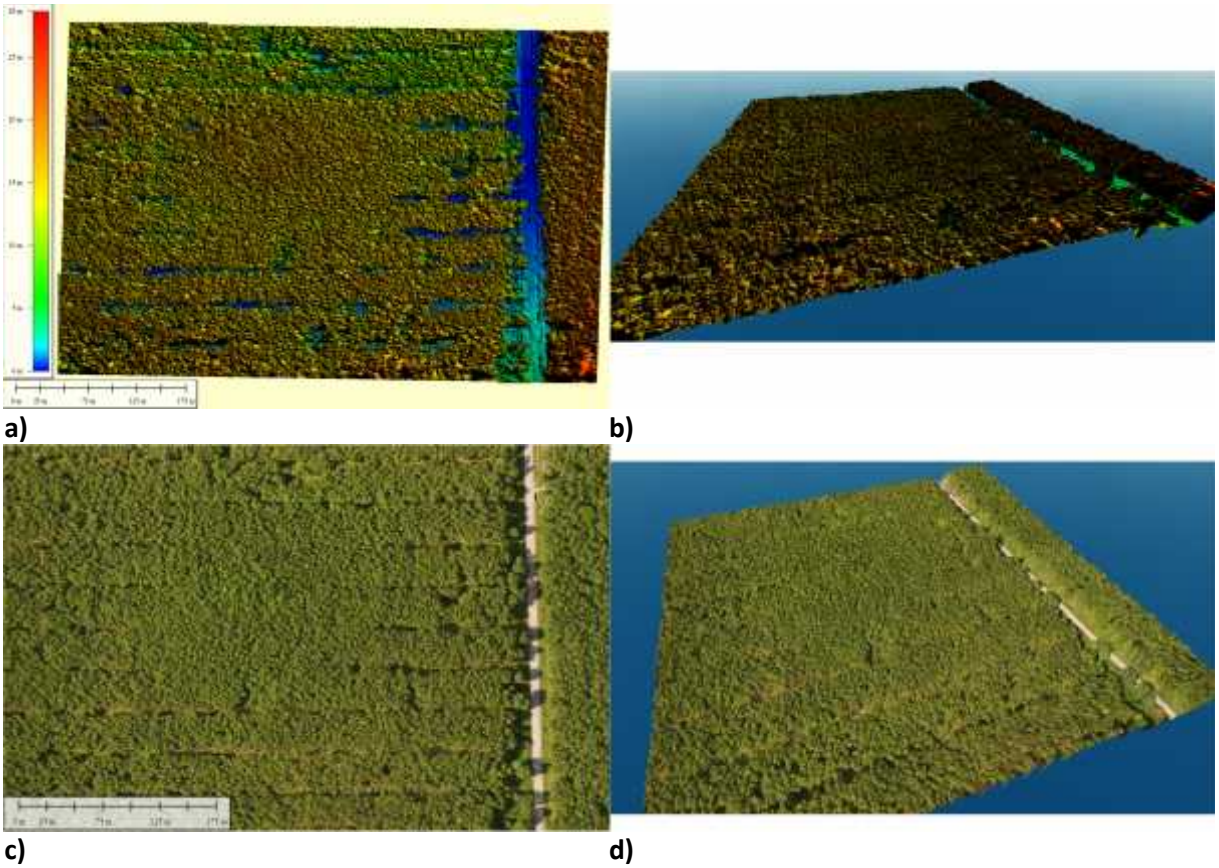
Tablica 1.: Karakteristike bespilotne letjelice DJI PHANTOM 3 PRO.

Masa	1280 g
Maksimalna brzina leta	16 m/s
Maksimalna brzina uspona	5 m/s
Maksimalna operativna visina	6 km
Maksimalno trajanje leta	cca 23 min
Podržani navigacijski sustavi	GPS/GLONASS
Preciznost održavanja pozicije	Vertikalno: ±0.1 m (temeljem Vision Positioning sustava) ±0.5 m (temeljem GNSS sustava) Horizontalno: ±0.3 m (temeljem Vision Positioning sustava) ±1.5 m (temeljem GNSS sustava)
Stabilizacija kamere	Po x, y i z osi
Preciznost stabilizacije kamere	±0.02°
Kamera	**FC300X**
Tip senzora	CMOS
Veličina senzora	13.2 × 8.8 mm

Veličina piksela na senzoru	2.4 µm
Broj piksela	20 miliona
Širina vidnog polja	84°
Veličina slike	4000 x 3000 piksela
Žarišna duljina	8.8 mm

Fotogrametrijsko procesiranje snimaka provedeno je u Agisoft PhotoScan softveru na temelju čega je dobiven gusti oblak 3D točaka (≈200 točaka/m^2) (Slika 5a) i Digitalni Model Površine -DMP krošanja veličine piksela 5 cm (Slika 2b).

Na temelju poznatih koordinata tla izrađen je Digitalni Model Reljefa - DMR (Slika 5c). Oduzimanjem DMR-a od DMP-a izrađen je Digitalni Model Visina sastojine veličine piksela 5 cm (Slika 5d). Naposljetku, ortorektifikacijom snimaka na DSM izrađen je Digitalni OrtoFoto – DOF veličine piksela 3,8 cm (Slika 5d).



a) **b)**

c) **d)**

Slika 5.: Proizvodi fotogrametrijskog procesiranja

4. Rezultati

Na početku statističkih obrada napravljena je analiza osnovnih strukturnih značajki lužnjakove sastojine na trajnoj pokusnoj plohi. U tablici 2. prikazani su rezultati analize broja stabala, temeljnice i volumena po hektaru.

Tablica 2.: Osnovne strukturne značajke (NGV) lužnjakove sastojine na trajnoj pokusnoj plohi izražene po jedinici površine.

Vrsta	N/ha		G/ha		V/ha	
	n	%	m^2	%	m^3	%
Hrast	1386	99,6	23,225	99,2	223,478	99,3
Grab	1	0,1	0,008	0,0	0,044	0,0
Ostalo	5	0,4	0,174	0,7	1,596	0,7
Ukupno	**1392**	**100,0**	**23,407**	**100,0**	**225,118**	**100,0**

Visinska krivulja izrađena je pomoću funkcije Mihajlova temeljem svih izmjerenih visina hrasta lužnjaka na sve četiri podplohice trajne pokusne plohe. Dobiveni parametri visinske krivulje za hrast lužnjak prikazani su u tablici 3.

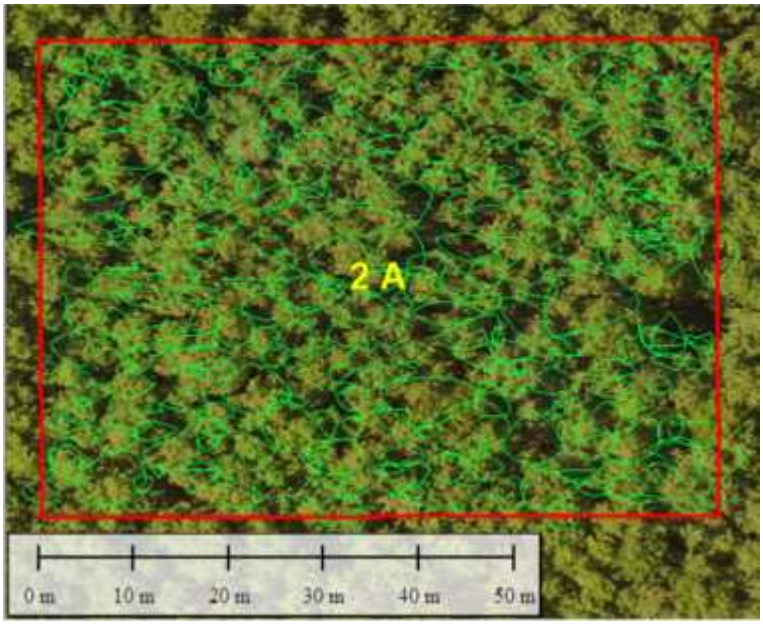
Tablica 3.: Parametri visinske krivulje za hrast lužnjak na trajnoj pokusnoj plohi.

Vrsta	n	parametar b_0	parametar b_1	RMSE
Hrast	1386	25,5404	6,4367	1,3452

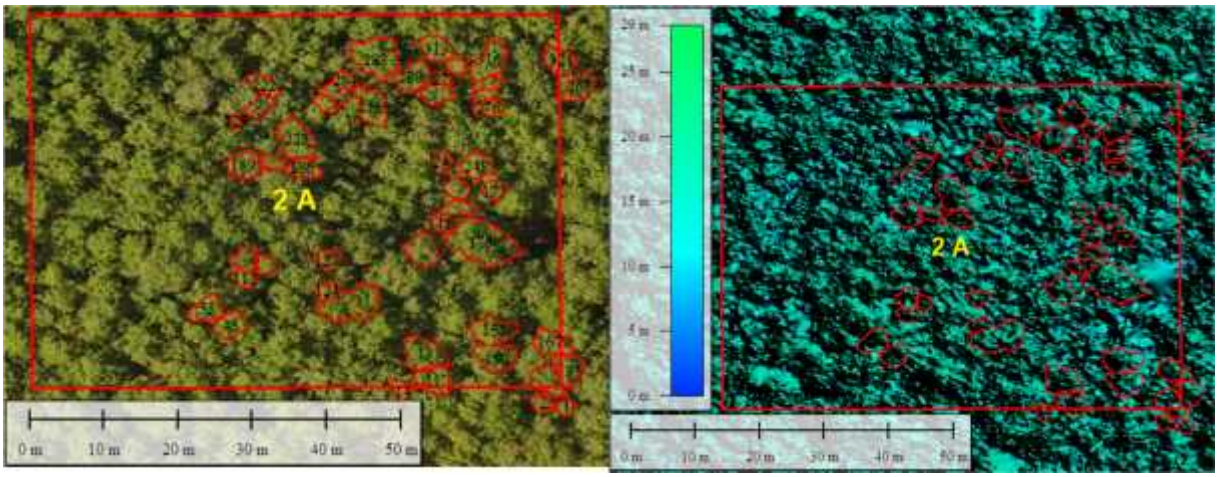
Nastavno su preko digitalnog ortofota „preklopljene“ terenski izmjerene i delineirane horizontalne projekcije širina krošanja stabala u vektorskom formatu.

Prilikom toga utvrđeno je prostorno odstupanje od cca 3-4 mm u smjeru JI (Slika 6.).

Testiranje kvalitete snimaka bespilotne letjelice provedeno je na podplohi A usporedbom terenski i fotogrametrijski izmjerenih visina. Na DOF-u je vizualno detektirano i delineirano 50 stabala (Slika 7a) čija je visina potom očitana s DMV-a (Slika 7b).



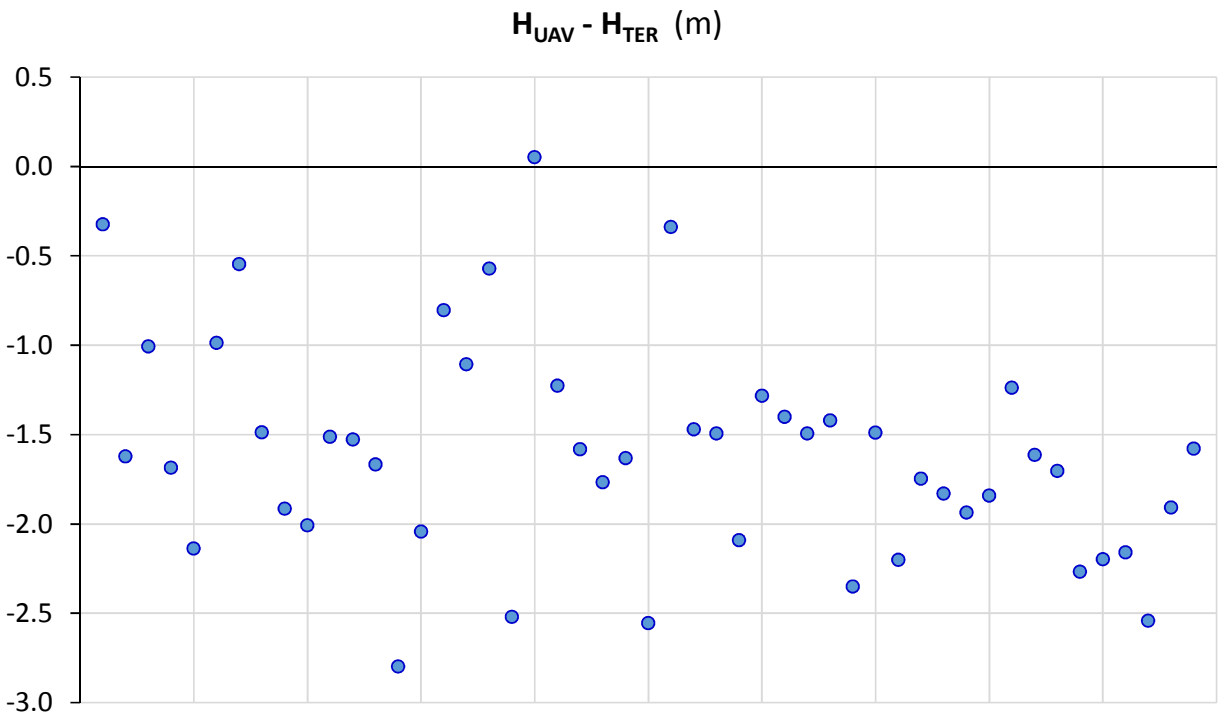
Slika 6.:Detekcija pojedinačnih stabala



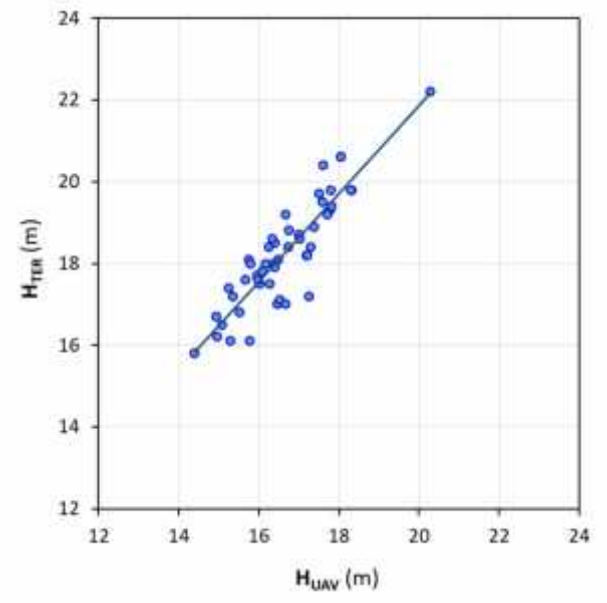
Slika 7a.:Delineirane krošnje na DOF-u **Slika 7b.:Delineirane krošnje na DMV-u**

Rezultati usporedbe terenskih i fotogrametrijskih visina prikazani su na grafovima 1. i 2., gdje su prilikom statističke analize utvrđene vrijednosti srednje pogreške u iznosu od -1,33 m,

standardne devijacije u iznosu od 0,60 m i korijena srednje kvadratne pogreške (RMSE) u iznosu od 1,56 m.



Grafikon 1.:Rezultati odstupanja fotogrametrijski procijenjenih visina (H_{UAV}) u odnosu na terenski izmjerene visine (H_{TER}).



Grafikon 2.:Rezultati usporedbe terenskih izmjerenih (H_{TER}) i fotogrametrijski procijenjenih visina (H_{UAV}).

5. Zaključak

- U ovom završnom radu prikazana je usporedba fotogrametrijski procjenjenih visina stabala dobivenih snimanjem bespilotnom letjelicom i terenskom izmjerom visina stabala na trajnoj pokusnoj plohi.

- Fotogrametrijska metoda procjene visina stabala bazira se na izradi digitalnog modela visina (DMV), a nastaje oduzimanjem vrijednosti nadmorskih visina digitalnog modela reljefa (DMR) od digitalnog modela površina (DMP)

- Usporedbom fotogrametrijske i terestričke metode dobivena su odstupanja fotogrametrijski izmjerene visine u donosu na terestričku i to uvijek negativnog predznaka, kao što je i potvrđeno dosadašnjim istraživanjima.

- Ovim radom prikazana je jedna od mogućnosti primjene metoda daljinskih istraživanja u šumarstvu.

6. Literatura:

- Donassy V., Oluić M., Tomašegović Z. (1983). Daljinska istraživanja u geoznanostima. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb.
- K. Vugdelija, 2016. Bespilotne letjelice, razvoj, značaj i primjena u šumarstvu
- T. M. Lillesand, & R. W. Kiefer, 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 750.
- EUR-Lex (2014) Mišljenje Europskog gospodarskog i socijalnog odbora o komunikaciji Komisije Europskom parlamentu i Vijeću - Nova era za zrakoplovstvo – Otvaranje zrakoplovnog tržišta za sigurnu i održivu civilnu uporabu daljinski upravljanih zrakoplovnih sustava COM(2014) 207. Dostupno na: http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HR/ALL/?uri=CELEX:52014AE3189
- Paparoditis, N., L. Polidori, 2002: Overview of digital surface models. Digital photogrammetry (U: Egels, Y., M. Kasser), Taylor and Francis, London, New York, 159–163.
- White, J. C., M. A. Wulder, M. Vastaranta, N. C. Coops, D. Pitt, M. Woods, 2013: The utility of image-based point clouds for forest inventory: A comparison with airborne laser scanning. Forests, 4(3): 518–536.
- Balenović, 2016. Odabir optimalne prostorne rezolucije fotogrametrijskih digitalnih modela površine za primjenu u šumarstvu – primjer s područja nizinskih šuma hrasta lužnjaka
- K. Milanović, 2018., Obrada i analiza 3D podataka iz aerofotogrametrijskog snimanja

Linkovi:

https://repozitorij.sumfak.unizg.hr/islandora/object/sumfak%3A1349/datastream/PDF/view

https://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/Kartografija_21.pdf

https://zir.nsk.hr/islandora/object/sumfak:739/preview