

MEDŽIO IR MEDYNO PARAMETRŲ NUSTATYMAS NAUDOJANT 3D SKENERIUS

Giedrius ZABULIS, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio universitetas, Miškų ir ekologijos fakultetas, el. paštas: giedrius.zabulis@vdu.lt

Santrauka

Darbe nagrinėjamas 3D skenavimo metu gautų taškų debesų duomenų pritaikymas miškininkystėje. Tyrimo metu skenuota 17 medžių. Matavimai buvo atlikti 2021 metų vasario mėnesį. Medžių taškų debesys gauti naudojant *Leica Geosystems* 3D skenerį *Leica BKL 360*. Duomenys apdoroti *CloudCompare* ir *3D Forest* programomis. Apskaičiuoti medžių diametrai krūtinės aukštyje ir aukščiai. Nustatyta, kad 3D skeneriu *Leica BKL 360* gauti duomenys yra tinkami medžių skersmeniui ir aukščiui nustatyti. Palyginus skirtingais metodais gautus duomenis nustatyta, kad matuojant su žerglėmis medžių skersmuo krūtinės aukštyje mažesnis, negu nustatyti *3D Forest* programa iš taškų debesies. Mažiausi skirtumai gauti naudojant *Position RHT* ir DBH RHT metodą (vidutinis skirtumas – 0,6 %) . Didžiausias neatitikimas gautas naudojant *Position Lowest point* ir DBH LSR (vidutinis skirtumas – 4,44 %). Atskirų medžių skersmens skirtumai svyravo nuo 13,11 iki +2,17 %. Taip pat tyrimų metu buvo nustatyta, kad medžių aukščiai, įvertinti aukštimačiu, didesni, negu gauti *3D Forest* programa. Naudojant *Position Lowest point* metodą vidutinis skirtumas sudarė 3,11 %, o naudojant *Position RHT* –3,33 %. Atskirų medžių aukščio skirtumai svyravo nuo 1,73 iki + 14,96 %.

Reikšminiai žodžiai: 3D lazerinis skeneris, 3D modeliai, taškų debesys, medžio parametrai, medyno taksaciniai parametrai.

Įvadas

Šiuo metu 3D lazerinis skenavimas vis plačiau naudojamas įvairiose srityse – nuo statybų ir architektūros iki energetikos, kelių tiesimo. Tam įtakos turi ir pinganti bei mažėjanti aparatūra. Miškininkystėje 3D lazerinis skenavimas kol kas dar bandymų stadijoje. Siekiant išgauti įvairius medžių parametrus per paskutiniuosius dešimt metų buvo sukurta programų, skirtų apdoroti lazerinio skenavimo metu gautų taškų debesies.. Viena iš tokių programų yra atvirojo kodo – *3D Forest*.

Antžeminis lazerinis skenavimas (TLS) veikia panašiai kaip tradiciniai fotogrametriniai metodai, bet yra tikslesnis ir leidžia gauti vienos matavimo vietos koordinates tiesiogiai lauko sąlygomis. Gauti duomenys yra skaitmeninio pavidalo ir juos galima įvairiai apdoroti. TLS, palyginus su orlaivių lazeriais, darbus atlieka tiksliau, kadangi daugiau matavimų, taip pat didesnis tikslumas.

Sukuriami įvairių objektų modeliai ir jie naudojami parametrų nustatyti. Miškininkystėje taikomomis programomis galima nustatyti skenuotų medžių skersmenį įvairiame stiebo aukštyje, medžių aukštį, įvairius lajų parametrus. Kartu įvertinami medynų dendrometriniai rodikliai. Užsienio literatūroje nurodoma, kad ištiesai medynus taksuoti šiuo metu dar nėra verta, bet pastoviems bareliams vertinti labai tinka. Programas taip pat galima panaudoti tūrio lentelėms urti ir tikrinti.

Tyrimo tikslas – įvertinti 3D skenerių panaudojimo galimybes medžių ir medynų dendrometriniams parametrų nustatyti.

Tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti 3D skeneriu gautų duomenų tinkamumą medžio parametrų nustatyti;
2. Įvertinti medžio parametrų nustatymo tikslumą naudojant 3D skenerį.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektas – VĮ Valstybinių miškų urėdijos Radviliškio regioninio padalinio Radviliškio girininkijos 2 kvartalo 32 sklypas. Matavimai buvo atlikti 2021 metų vasario mėnesį.

Medžių taškų debesys gauti naudojant *Leica Geosystems* 3D skenerį *Leica BKL 360*. Jo techninės galimybės šios: svoris 1 kg; tolimatis – infraraudonasis lazeris; skenavimo atstumas nuo 0,6 iki 60 m; apžvalgos laukas 3600 horizontaliai, 3000 vertikalčiai; skenavimo laikas 3 min. viename taške; skenavimo greitis 360 000 taškų per sekundę; deklaruojamas tikslumas 4 mm@7 m / 7 mm@20. Norint gauti kokybišką taškų debesį matavimai atlikti lygiagrečiais ėjimais kas 12 metrų. Duomenys automatiškai perduoti į planšetinį kompiuterį *Cyclone FIELD 360* programa. Vėliau duomenys buvo apdoroti galingu stacionariu kompiuteriu licencijuota programa *Cyclone Leica 3DR* ir eksportuoti į plačiai naudojamą LAS formatą.

Toliau duomenys buvo apdorojami nemokamomis *CloudCompare* ir *3D Forest* programomis. *CloudCompare* yra atviro kodo nemokama programa, skirta dirbti su taškų debesimis ir patogi atlikti bendroms užduotims: taškų debesims

apkirpti, suskaldyti į dalis, sujungti, taškų skaičiui sumažinti. Pastaroji funkcija reikalinga, jei pradinuose duomenyse yra labai daug taškų, dideli failai ir kompiuteris nepakankamo galingumo, kad juos apdorotų.

3D Forest – programa, specialiai skirta medžių 3D skenavimo metu gautiems duomenims apdoroti. Pagrindiniai duomenų apdorojimo etapai:

1. Pradiniam taškų debesiai išskirti į reljefo paviršiaus ir augalijos debesis naudotas automatinis *Octree* variantas.
2. Augalijos debesis suskirstymas į atskirų medžių taškų debesis. Atliekamas automatinis skirstymas į atskirus medžius ir dalis taškų lieka nepaskirstyti. Rezultatai koreguojami rankiniu būdu, medžių debesims priskiriant nepaskirstytus taškus. Automatiniam skirstymui pasirinkti *Voxel Size – 4; Descriptor Threshold Value – 70; Amount of Iterations – 4; Number of Voxels in Element – 150; Distance from Terrain – 0,1; Descriptor – PCA* parametrai. Pasirinktas variantas, kuriame gaunamas mažiausias nepaskirstytų taškų skaičius.
3. Pagrindinių medžių parametru nustatymas. *Tree Base Position* (medžio bazės pozicija) nustatyta naudojant du metodus: *Positions Lowest Points* ir *Position RHT*. *Position Lowest Points* naudoti šie parametrai: *Height Above the Lowest Point in (cm) – 60; Number of Points Used for Terrain Height Estimation – 5*. *Position RHT* naudoti tokie parametrai: *Number of RHT Iterations – 200; Number of Points Used for Terrain Height Estimation – 5*. Apskaičiuotas $D_{1,3}$ (DBH) dviem būdais: DBH RHT ir DBH LSR. DBH RHT *Number of Iterations* reikšmė 200. DBH LSR pasirenkamų parametru neturi. Medžio aukštis ir stiebo ilgis apskaičiuotas nenaudojant papildomų parametru.

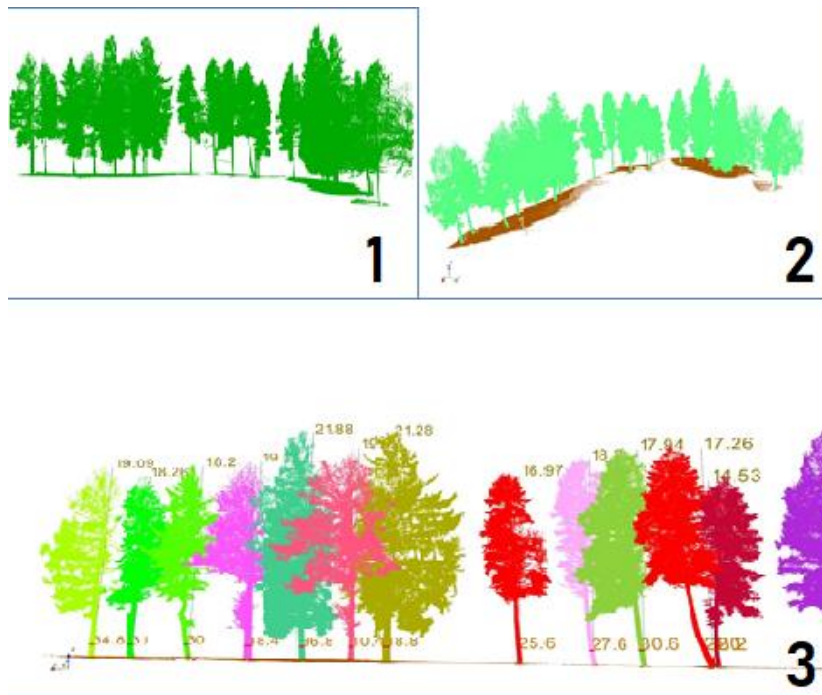
Norint palyginti 3D skenavimo duomenų tikslumą tradiciniais metodais, buvo matuoti šie medžių rodikliai:

- aukštis – matuotas lazeriniu aukštimačiu VL5 0,5 m tikslumu. Siekiant garantuoti matavimo tikslumą, vieno medžio aukščio matavimai atlikti iš dviejų pusių;
- skersmuo – matuotas *Haglof* žerklėmis 1,3 m aukštyje, 2 kryptimis, 0,1 cm tikslumu.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Atlikus skenavimo darbus e57 formato pradinių duomenų failas apėmė 75 mln. taškų ir buvo nepatogu su juo dirbti. Po apdorojimo su *Cyclone Leica 3DR* taškų kiekis sumažintas iki 13 mln. taškų ir failas eksportuotas į LAS formatą.

3D Forest programoje duomenys konvertuoti į naudojamą PCD formatą, atliktas automatinis pradinio taškų debesis dalijimas į reljefo ir augalijos debesis, iš augalijos debesis išskirti atskiri 17 medžių debesis ir apskaičiuoti medžių diametrai krūtinės aukštyje ir aukščiai (1 pav.)



1 pav. 1 – pradinis taškų debesis vaizdas *3D Forest* programoje PCD formatu, 2 – reljefo ir augalijos debesis, 3 – atskiri medžiai ir nustatyti pagrindiniai parametrai

Medžių duomenys eksportuoti į *txt* formato failą. Gauti duomenys pateikti 1 ir 2 lentelėse.

Palyginus skirtingais metodais gautus duomenis nustatyta, kad matuojant su žerklėmis medžių skersmuo krūtinės aukštyje mažesnis nei nustatytų iš taškų debesis *3D Forest* programa. Mažiausi skirtumai gauti naudojant *Position RHT* ir DBH RHT metodą (vidutis skirtumas – 0,6 %) . Didžiausias neatitikimas gautas naudojant *Position Lowest point* ir DBH LSR (vidutis skirtumas – 4,44 %). Atskirų medžių skersmens skirtumai svyravo nuo 13,11 iki +2,17 %.

1 lentelė. Medžių skersmuo krūtinės aukštyje

Eil Nr.	Žėglėš			3D skėnavimas			
	D1, cm	D2, cm	D _{1,3} vidurkis, cm	Position Lowest point		Position RHT	
				D _{1,3} RHT, cm	D _{1,3} LSR, cm	D _{1,3} RHT, cm	D _{1,3} LSR, cm
1	34,2	35	34,6	35,4	35,8	34,8	35,734
2	30,1	31,3	30,7	31,2	31,57	31	30,728
3	29,4	29,1	29,3	30,2	30,408	29,6	30,51
4	46,3	48	47,2	47	47,878	47	47,708
5	34,5	39	36,8	37,6	38,898	36,8	38,282
6	39	40,5	39,8	39,8	40,922	41,6	40,73
7	46,2	46,2	46,2	47	48,098	48,8	48,158
8	23,2	23,8	23,5	24,8	25,79	24,6	25,676
9	25,6	23,2	24,4	26,6	26,9	27,6	26,958
10	30,4	27,3	28,9	29,8	30,816	29,2	30,808
11	28,3	27,9	28,1	28,6	30,09	27,4	30,068
12	19,1	19,8	19,5	19,8	20,936	20	21,01
13	28,6	30,6	29,6	29,8	30,108	28,6	29,932
14	41,5	41,5	41,5	40,6	41,21	40,7	41,21
15	39,2	40,9	40,1	42,4	41,444	40,6	41,21
16	31,5	32,9	32,2	31,8	32,174	32	32,216
17	31,1	31	31,1	32,4	32,538	33	32,6

Tyrimų metu nustatyta, kad medžių aukščiai, įvertinti aukštimačiu, didesni, negu gauti 3D Forest programa. Naudojant *Position Lowest point* metodą vidutinis skirtumas sudarė 3,11 %, o naudojant *Position RHT* – 3,33 %. Atskirų medžių aukščio skirtumai svyruoja nuo 1,73% iki + 14,96%.

2 lentelė. Medžių aukštis

Eil Nr.	Aukštimitis			3D skėnavimas	
	H			Position Lowest point	Position RHT
	H1, m	H2, m	H vidurkis, m	H, m	H, m
1	19	19,4	19,2	18,95	18,9
2	17,7	18,1	17,9	18,21	17,7
3	18,4	18,2	18,3	18,09	18,14
4	19,6	19,2	19,4	19	19
5	22,5	22,1	22,3	21,74	21,58
6	21,4	20,8	21,1	19,54	19,46
7	21,7	21,8	21,75	21,31	21,32
8	17,8	17,4	17,6	16,91	16,94
9	18,9	18,6	18,75	18,22	18,24
10	18,5	18,2	18,35	17,97	17,98
11	18,1	18	18,05	17,31	17,13
12	14,5	15,1	14,8	14,51	14,55
13	17,9	17,7	17,8	17,3	17,11
14	22,9	22,9	22,9	22,21	22,21
15	20,3	20,5	20,4	20,38	20,32
16	18,5	18,4	18,45	15,7	15,69
17	16,9	17,1	17	16,9	16,92

Išvados

1. Nustatyta, kad 3D skeneriu *Leica BKL 360* gauti duomenys yra tinkami medžių skersmeniui ir aukščiui nustatyti.
2. Nustatyta, kad mažiausias skersmens skirtumas gautas naudojant *Position RHT* ir *DBH RHT* metodą (vidutis – 0,6 %). Mažiausias aukščio skirtumas gautas naudojant *Position Lowest point* metodą (3,11 %).

Literatūra

1. 3D Forest wiki. Prieiga internete: <https://github.com/VUKOZ-OEL/3DForest/wiki/> (žiūrėta 2022-03-10)

2. Bienert A., Scheller S., Keane E., Mullooly G., Mohan F. 2012. Application of terrestrial laser scanners for the determination of forest inventory parameters. Prieiga internete: https://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/part5/paper/1270_dresden06.pdf
3. Krok G., Krascewski B., Sterenczak K. 2020. Application of terrestrial scanning in forest inventory – an overview of selected issues. Lesne Prace Badawcze/ Forest Research Papers. December 2020. Vol. 81 (4): 175–194.
4. Leica BLK360 user manual version 4.0. Prieiga internete: https://shop.leica-geosystems.com/sites/default/files/2022-01/853811_Leica_BLK360_UM_v4.0.0_en.pdf (žiūrėta 2022-02-27)
5. Trochta J., Kruček M., Vrška T., Krai K. 2017. 3D Forest: An application for descriptions of three-dimensional forest structures using terrestrial LIDAR. Prieiga internete: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0176871>

DETERMINATION OF TREE AND STAND PARAMETERS USING 3D SCANNER

Summary

The aim of the article is to examine the application of clouds of points obtained during 3D scanning in forestry. Measurements were taken in February 2021. Tree point clouds were obtained using the Leica Geosystems 3D scanner Leica BKL 360. Software processing was performed with CloudCompare and 3D Forest applications. Tree diameters and heights were obtained. The data obtained with the Leica BKL 360 3D scanner were found to be suitable for determining the diameter and height of trees. Comparing the data obtained by different methods, it was found that the diameter of the trees at chest height was smaller than that determined with the help of the 3D Forest program from the point cloud. The smallest differences were obtained using the Position RHT and DBH RHT method (mean difference - 0.6%). The largest discrepancy was obtained using Position Lowest point and DBH LSR (mean difference -4.44%). Differences in the diameter of individual trees range from -13.11% to +2.17%. Studies have also shown that tree heights, as measured by altimeter, are higher than those obtained from the 3D Forest program. Using the Position Lowest point method vid. the difference is 3.11% and using Position RHT is 3.33%. Differences in height of individual trees range from -1.73% to + 14.96%.

Keywords: 3D laser scanner, 3D models, point cloud, tree dendrometric parameters, stand dendrometric parameters.