

LAZERINIO SKENAVIMO METODO NAUDOJIMO GALIMYBĖS MEDŽIŲ DEFOLIACIJOS IR KITŲ DENDROMETRINIŲ PARAMETRŲ VERTINIMUOSE

Simona SAJONĖ, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas,
el. paštas: simona.sajone@vdu.lt

Santrauka

Šiame straipsnyje analizuojamos LiDAR technologijos panaudojimo galimybės miškininkystėje vertinant medžių defoliaciją ir kitus dendrometrinius parametrus. Šiuolaikinė miškininkystė stengiasi naudoti kuo daugiau modernių technologijų, siekiant palengvinti ir supaprastinti žmogaus darbą bei sumažinti žmogiškosios klaidos padarymo galimybę. Tradiciniai medynų matavimo metodai suteikia didesnę galimybę rezultatams nulemti įtaką darant žmogiškajam faktoriui, taip pat reikalauja didesnės žmogaus darbo jėgos.

Tyrimo nagrinėjami LiDAR privalumai ir trūkumai, naudojant šią technologiją medžių aukščio, lajos matmenų ir defoliacijos lygio nustatymams, taip pat jų palyginimas su tradiciniais metodais. Eksperimentiniai matavimai buvo atlikti Ignalinos rajono miškuose, naudojant DJI Matrice 350 RTK droną su Zenmuse L2 lazeriniu skeneriu. Tyrimo metu buvo vertinami skirtingų aukščių, 60 m. ir 120 m. skenavimo rezultatai bei jų tikslumas, lyginant su rankiniais matavimais.

Rezultatai rodo, kad LiDAR technologija užtikrina aukštą matavimo tikslumą, vidutinė paklaida medžių aukščio matavimuose buvo iki 0,5 metro, o defoliacijos vertinimo tikslumas siekė 5 proc., palyginti su 10–20 proc. paklaida vizualiniuose stebėjimuose. Tačiau šios technologijos trūkumas yra didelės išlaidos drono, skenerio ir programinės įrangos įsigijime. Taip pat, vertinant gautų duomenų apimtį, reikalinga itin galinga kompiuterinė įranga.

Straipsnyje pateiktose išvadose teigiama, kad tai itin perspektyvus metodas palengvinant miškininko darbą ir priimančias greitesnius sprendimus, ypač esant kritinėms situacijoms.

Reikšminiai žodžiai: lazerinis skenavimas (LiDAR), defoliacija, dendrometriniai parametrai.

Įvadas

Miškininkystė – viena svarbiausių ūkio ir gamtos mokslo sričių, kuri siekia balanso tarp tvaraus išteklių naudojimo ir esamų ekosistemų apsaugos ir išsaugojimo. Šiais laikais miškininkystė lygiai taip pat neatsiejama nuo modernių technologijų, viena iš jų yra lazerinio skenavimo technologija (LiDAR). Ši technologija specialistams leidžia atlikti medynų stebėjimus, jų būklės vertinimus ar struktūros analizes, naudojant mažesnę žmogaus darbo jėgą ir tuo pačiu gaunant tikslesnius rezultatus nei tradiciniai matavimai. Vienas iš medynų būklės vertinimo rodiklių yra defoliacija. Defoliacija – tai dalies lapų ar spyglių netekimas dėl tam tikrų veiksnių, tokių kaip: klimato kaita, oro tarša, ligos ar kenkėjai (Čapkauskas, 2016). Būtent šis veiksnys turi didelę įtaką medynui, nes gali sumažinti individų augimą ar net sukelti ankstyvą medžio žūtį, taip pakeisdamas viso medyno biologinę įvairovę, struktūrą ir produktyvumą.

Norint suprasti medynų būklę ir jos dinamiką, reikia išsamiai įvertinti atskirus medžius, įskaitant jų struktūrines ir fiziologines savybes, tokias kaip defoliacija, aukštis ir lajos matmenys (Duncanson et al., 2015). Tradiciniai miško inventurizacijos metodai, nors ir suteikia vertingų duomenų, tačiau yra daug darbo reikalaujantys ir riboti jų erdvinėje aprėptyje (Gollob et al., 2020). Naujos technologijos, pavyzdžiui, lazerinis skenavimas, siūlo daug žadančius sprendimus šioms iššūkiams įveikti ir leidžia efektyviau ir visapusiškiau įvertinti miško ekosistemas (Gollob et al., 2020).

Lazerinis skenavimas, ypač vykdomas aerolazerinis skenavimas ir antžeminis lazerinis skenavimas, parodė savo potencialą kiekybiškai įvertinti įvairius dendrometrinius parametrus, įskaitant medžio aukštį, lajos matmenis ir net defoliacijos lygį. Šie nuotolinio stebėjimo metodai gali užfiksuoti didelės skiriamosios gebos, trimačius duomenis apie miško struktūrą, leidžiančius atlikti išsamią atskirų medžių savybių analizę ir modeliuoti dideliais erdviniais masteliais (Ediriweera et al., 2016; Kassim et al., 2016).

Šiame straipsnyje aprašomas galimas lazerinio skenavimo metodų pritaikymas medžių defoliacijos ir kitų dendrometrinių parametrų kiekybiniam įvertinimui, naudojant naujausius tyrimus ir lauko bandymus.

Tyrimo tikslas – nustatyti lazerinio skenavimo panaudojimo galimybes nustatant medžių defoliaciją ir kitus dendrometrinius parametrus medyno būklės vertinime.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Įvertinti ir išanalizuoti LiDAR pritaikymo miškininkystėje galimybes.
2. Įvertinti LiDAR naudojimo galimybes dendrometriniams parametrams matuoti.
3. Išnagrinėti defoliacijos vertinimą naudojant LiDAR galimybes.
4. Įvertinti šio metodo privalumus ir trūkumus miškininkystėje.

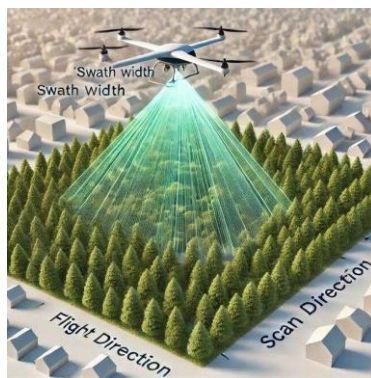
Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektai yra trys. Pirmasis – Ignalinos rajone, Kazitiškio seniūnijoje, Užsienių kaime. Ignalinos regioninio padalinio Vaišniūnų girininkijos 61 kvartale 1 sklypas, medynas 75 metų amžiaus, kuriame vyrauja Paprastoji pušis (*Pinus sylvestris*) (10P, 0,8 skalsumo, stiebų tūris 376 m³/ha, Nbl, I bonitetas). Miško medžių genetinis draustinis 06PGD111. Antrasis objektas yra Ignalinos rajone, Kazitiškio seniūnijoje, Želmenišės kaime. Ignalinos regioninio padalinio Minčiagirės girininkijos 234 kvartale 47 sklypas, medynas 185 metų amžiaus, vyrauja Paprastoji pušis (*Pinus*

sylvestris) su Paprastosios eglės (*Picea abies*) priemaiša (9P1E, 0,8 skalsumo, 491 m³/ha, Nbl, I boniteto). Trečiasis objektas yra Ignalinos rajone, Kazitiškio seniūnijoje, Želmeniškės kaime. Ignalinos regioninio padalinio Minčiagirės girininkijos 260 kvartale 1 sklypas, medynas 170 metų amžiaus, vyrauja Paprastoji pušis (*Pinus sylvestris*) su Paprastosios eglės (*Picea abies*) ir Karpotojo beržo (*Betula pendula*) priemaiša (6P1P1E1E1, ,7 skalsumo, 400 m³/ha, Nbl, Ia bonitetas).

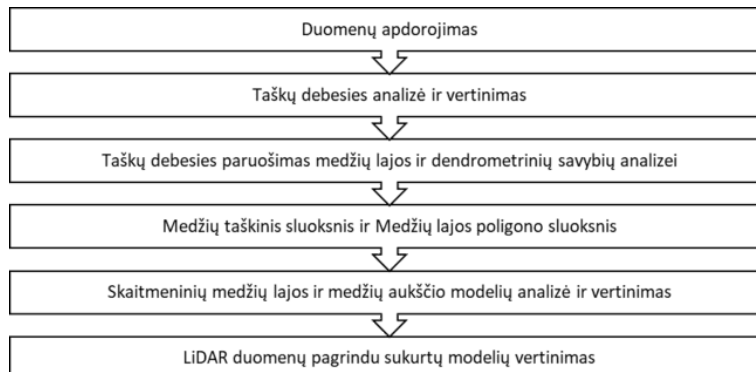
Tyrimas buvo atliekamas naudojant DJI droną su Zenmuse L2 lazeriniu skeneriu. L2 lazerinio skenerio pranašumai, lyginant su L1 ir L3, yra tai, kad jis sugeba perduoti didelio tikslumo duomenis, turi didelį veikimo nuotolį ir pakankamai greitai surenka reikiamus duomenis, taip pat šie skeneriai yra ne tokie brangūs, kaip L3 modelio skeneriai. DJI Matrice 350 RTK dronas yra puikiai suderinamas su Zenmuse L2 skeneriu. Šis dronas pasižymi didele keliamąja jėga, ilgu skrydžio laiku ir RTK sistema, kuri suteikia tikslų pozicionavimą reikalingą itin didelio tikslumo matavimams.

Aerolazerinio skenavimo metodo taikymas defoliacijai bei dendrometriniams rodikliams vertinti remiasi taškinių duomenų analize. Atliekant aerolazerinį skenavimą, LiDAR jutiklis siunčia lazerio impulsus žemyn ir registruoja atsispindėjusius signalus (žr. 1 pav.). Kiekvienas impulsas suteikia atstumą iki objekto, todėl iš milijonų tokių atstumų suformuojamas trimatis taškų debesis (skenavimo nuotrauka). Dviejuose medynuose skenavimas buvo atliktas iš dviejų skirtingų aukščių iš 60 metrų ir iš 120 metrų aukščio (žr. 2 pav.).



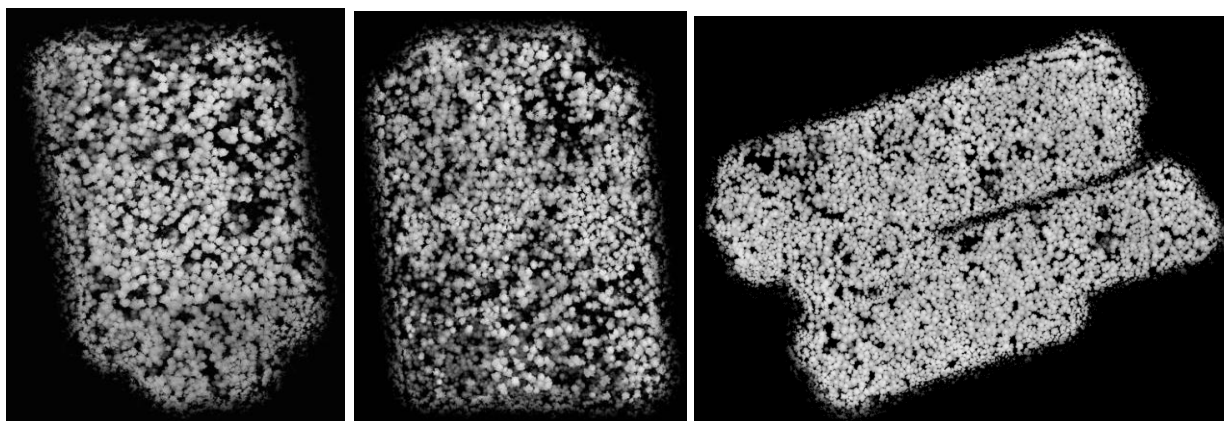
1 pav. Schematiška LiDAR metodo iliustracija

Fig. 1. Schematic illustration of the LiDAR method



2 pav. Tyrimo metodologinė schema

Fig. 2. Methodological scheme of the study



3 pav. LiDAR duomenų pagrindu sukurti medžių aukščio modelių vaizdai

Fig. 3. Tree height model images were created based on LiDAR data

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

LiDAR ir tradiciniai metodai medynų dendrometriniams parametrų ir defoliacijai matuoti. LiDAR technologija vis plačiau naudojama miškininkystėje, siekiant tiksliau, greičiau ir su kuo mažesniais žmogiškaisiais ištekiais įvertinti medynų dendrometrinius parametrus bei defoliacijos lygį. Taip pat yra mažiau intervencinis į miško ekosistemą, todėl ji yra mažiau trikdoma. LiDAR gautų duomenų naudojimas gali padėti išgauti didelio tikslumo miško dendrometrinius parametrus ir gali būti naudojamas kaip neardomasis miško būklės analizės metodas (Quinto et al., 2017)

LiDAR duomenų pagrindu buvo sukurtas skaitmeninis žemės paviršiaus (reljefo) modelis (DTM) ir skaitmeninis paviršiaus modelis (DSM). Iš gauto paviršiaus modelio atėmus žemės paviršiaus skaitmeninį modelį, gautas medžių aukščio skaitmeninis modelis (CHM) (žr. 3 pav.).

Naudojant „ArcGis“ funkciją, *Zonal Statistics as Table* buvo apskaičiuoti reikšmių rodikliai, patenkantys į medžių lajai priskirtą buferinę zoną.

area – projekcijos plotas;

min – mažiausia skaitinė reikšmė;

max – didžiausia skaitinė reikšmė;

mean – skaitinių reikšmių vidurkis;

STD – skaitinių reikšmių standartinis nuokrypis;

sum – aerovaizdo skaitinių reikšmių suma;

range – intervalas. Skirtumas tarp didžiausios ir mažiausios reikšmių;

median – vidurinė reikšmė;

count – reikšmių skaičius.

Analizuojant medžių aukščio modelių vaizdus nustatyti koreliaciniai ryšiai tarp medžių būklės parametrų (defoliacija) ir medžių lajai priskirtų projekcinių zonų rodiklių reikšmių. Pastebima, kad stipriausiu koreliacijos koeficientu pasižymėjo MEAN ir STD reikšmės (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Korialecinis ryšys tarp medžių būklės (defoliacijos) parametrų ir priskirtų projekcinių zonų rodiklių

Table 1. Correlation between tree condition (defoliation) parameters and assigned projection zone indicators

Kintamasis	Koreliacija	P reikšmė	Reikšmingumo lygis
COUNT	0,34	0,012	šiek tiek reikšminga
AREA	0,28	0,04	šiek tiek reikšminga
MIN	0,27	0,045	šiek tiek reikšminga
MAX	0,59	0,0001	labai reikšminga
RANGE	0,57	0,0001	labai reikšminga
MEAN	0,62	0,0001	labai reikšminga
STD	0,63	0,0001	labai reikšminga
SUM	0,47	0,001	reikšminga
MEDIAN	0,61	0,0001	labai reikšminga

Analizuojant medžių aukščio modelių vaizdus nustatyti koreliaciniai ryšiai tarp medžių dendrometrinių parametrų (medžio skersmuo) ir medžių lajai priskirtų projekcinių zonų rodiklių reikšmių. Pastebima, kad stipriausiu koreliacijos koeficientu pasižymėjo MAX ir MEAN reikšmės (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Korialecinis ryšys tarp medžių skersmens ir priskirtų projekcinių zonų rodiklių

Table 2. Correlation between tree diameter and assigned projection area indicators

Kintamasis	Koreliacija	P reikšmė	Reikšmingumo lygis
COUNT	-0,004	>0,05	nereikšminga
AREA	-0,004	>0,05	nereikšminga
MIN	0,344	<0,001	labai reikšminga
MAX	0,52	<0,001	labai reikšminga
RANGE	-0,222	<0,001	labai reikšminga
MEAN	0,413	<0,001	labai reikšminga
STD	-0,174	<0,001	labai reikšminga
SUM	0,413	<0,001	labai reikšminga
MEDIAN	0,403	<0,001	labai reikšminga

Išvados

Defoliacijai nustatyti nuotolinis LiDAR metodas gali būti naudojamas, nes šiuo metodu gautų duomenų pagrindu sukurtų modelių apskaičiuotos reikšmės turi stiprų koreliacijos ryšį ir statistiškai labai reikšmingai identifikuoja medžių lajų būklės pokyčius.

1. LiDAR metodas yra perspektyvus ir patikimas, vertinant tiek medžių defoliaciją, tiek tradicinius dendrometrinius parametrus.
2. Šios technologijos perspektyva miškininkystės srityje yra labai didelė ir tikėtina, kad tai taps įprasta miškų būklės monitoringo praktika bei bus nuolat naudojama miškų inventorizavimui. Tikėtina, kad naudojant šią technologiją, sprendimai, ypač kritiniai, bus priimami greičiau, nei naudojant tradicinius metodus.
3. LiDAR metodas turi daug privalumų, visų pirma, tai yra neinvazinis metodas, todėl mažiau trikdoma miško ekosistema. Taip pat tai yra mažiau žmogaus darbo jėgos reikalaujantis metodas, tai taip pat reiškia mažesnę žmogiškosios klaidos padarymo galimybę. Pagrindinis metodo trūkumas yra įrangos kaina ir personalo apmokymo dirbti su įranga kaštai.

Literatūra

1. Čapkauskas, G. (2016). *Gamtiniai medynų vystymosi trikdžiai: medžių pažeidžiamumas ir lajų defoliacijos rizika* (Doctoral dissertation, Aleksandro Stulginskio universitetas).
2. Dicevičius, E. (2022). *LiDAR duomenų taikymas miškotyroje (Labanoro-Pabradės girios pavyzdžiu)* (Doctoral dissertation, Vilniaus universitetas.).
3. Duncanson, L., Rourke, O., & Dubayah, R. (2015). Small sample sizes yield biased allometric equations in temperate forests. *Scientific reports*, 5(1), 17153.
4. Ediriweera, S., Danaher, T., & Pathirana, S. (2016). The influence of topographic variation on forest structure in two woody plant communities: A remote sensing approach. *Forest systems*, 25(1), e049-e049.
5. Gollob, C., Ritter, T., & Nothdurft, A. (2020). Forest inventory with long range and high-speed personal laser scanning (PLS) and simultaneous localization and mapping (SLAM) technology. *Remote Sensing*, 12(9), 1509..
6. Misman, M. A., Faidi, M. A., & Omar, H. (2016, June). A tool for assessing ecological status of forest ecosystem. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 37, No. 1, p. 012026). IOP Publishing..
7. OpenAI. (2023). *ChatGPT* (4.0 versija) [Didysis kalbos modelis]. Prieiga per internetą: <https://chat.openai.com/chat>. Užklausa: „Sugeneruok aerolazerinio skenavimo schemą, naudojant droną ir lazerinį skenerį“ (žiūrėta 2025-03-10).
8. White, J. C., Tompalski, P., Vastaranta, M. A., Wulder, M. A., Saarinen, N. P., Stepper, C., & Coops, N. C. (2017). *A model development and application guide for generating an enhanced forest inventory using airborne laser scanning data and an area-based approach*. Natural Resources Canada..
9. Quinto M. J., Beronilla R., Damian G., Camaso E., Alberto R. (2017). Extraction of Forest Plantation Resources in Selected Forest of San Manuel, Pangasinan, Philippines Using LiDAR Data for Forest Status Assessment *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 11(7) 2017 P 530.

POSSIBILITIES OF USING THE LASER SCANNING METHOD IN ASSESSING TREE DEFOLIATION AND OTHER DENDROMETRIC PARAMETERS

Abstract

This article analyzes the possibilities of using laser scanning (LiDAR) technology in forestry to assess tree defoliation and other dendrometric parameters. Modern forestry is trying to use as many modern technologies as possible in order to facilitate and simplify human work and eliminate the possibility of human error. Traditional methods of measuring stands provide a greater opportunity to determine the results by influencing the human factor and also require more human labor.

The study examines the advantages and disadvantages of LiDAR when using this technology to determine tree height, crown dimensions and defoliation level, as well as their comparison with traditional methods. Experimental measurements were carried out in the forests of Ignalina district using a DJI Matrice 350 RTK drone with a Zenmuse L2 laser scanner. During the study, the results of scanning at different heights and their accuracy compared to manual measurements were evaluated.

The results show that LiDAR technology provides high measurement accuracy, the average error in tree height measurements was up to 0.5 meters, and the accuracy of defoliation assessment reached 5proc., compared to 10–20proc. error in visual observations. However, the disadvantage of this technology is the high cost of purchasing a drone, scanner and software. Also, considering the volume of data obtained, extremely powerful computer equipment is required.

The conclusions presented in the article state that this is a very promising method for facilitating the work of a forester and making faster decisions, especially in critical situations.

Keywords: laser scanning (LiDAR), defoliation, dendrometric parameters.