



**Vilniaus
universitetas**

Ataskaitinė informatikos ir informatikos inžinerijos kryptių doktorantų ataskaitinė konferencija 2025-03-28

Kasparas Karlauskas, Informatikos inžinerija 2-as kursas

Preliminari tema:

Trimačių taškų debesų analizė ir objektų atpažinimas
(Three dimensional point cloud analysis and object detection)

Vadovas: prof. dr. Povilas Treigys

Studijų pradžios ir pabaigos metai: 2023–2027

Studijų metai: II (2024 / 2025)

Ataskaitinis laikotarpis: II studijų metų rudens semestras

Studijų plano vykdymo suvestinė

Vilniaus
universitetas

Studijų metai	Egzaminai	
	Planas	Ivykdyta
I (2023/2024)	2	2
II (2024/2025)	2	2
III (2025/2026)		
IV (2026/2027)		
Iš viso:	4	4

Studijų plano vykdymo suvestinė

Vilniaus
universitetas

Studijų metai	Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos					
	Tarptautinėse		Nacionalinėse		Su citavimo rodikliu			Be citavimo rodiklio		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Būklė	Planas	Įvykdyta	Būklė
I (2023/2024)			1	1				1	0	
II (2024/2025)			1	0				1 + 1 (skola iš I metų)	0	1 straipsnis pateiktas žurnalui
III (2025/2026)	1				1					
IV (2026/2027)	1				1					
Iš viso:	2	0	2	0	2			2		

Ataskaitinio pusmečio darbų planas ir jų vykdymo suvestinė

Vilniaus
universitetas

Egzaminai 2024/2025 (I pusmetis)		
Planas	Ivykdyta	Būklė
Fundamentalieji informatikos ir informatikos inžinerijos metodai (2025 I ketvirtis)	Fundamentalieji informatikos ir informatikos inžinerijos metodai, 2025-01-28	Išlaikytas
Didžiųjų duomenų analitika (2025 I ketvirtis)	Didžiųjų duomenų analitika, 2025-02-25	Išlaikytas

Publikacijos 2024/2025 (I pusmetis)			
Planas	Ivykdyta	Būklė	Publikacijos tipas
IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing	Karlauskas, K., Gelšvartas, J., Treigys, P. <i>Point Cloud Data Mining with HD Map Priors for making Synthetic Forest Datasets</i> 2025	Įteikta (laukiama pirmojo atsakymo dėl atmetimo ar recenzavimo pradžios): 2024-03-19	Turi cituojamumo rodiklį CA WoS duomenų bazėje

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilniaus
universitetas

Darbo pavadinimas		Atlikimo terminai		Pastabos
		Nuo	Iki	
1.	Mokslinių tyrimų disertacijos tema apžvalga ir analizė (Lietuvoje ir užsienyje):			
1.1.	Disertacijos tyrimo objekto konkretizavimas.	2023 m. IV ketvirtis	2024 m. I ketvirtis	Individualių medžių segmentavimas iš oro skanuotuose miškų trimačiuose taškų debesyse, naudojantis giliojo mokymosi metodais

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilniaus
universitetas

1.2.	3D taškų debesų analizės metodų apžvalga. a) Giliojo mokymosi metodai b) Geometriniai metodai	2023 m. IV ketvirtis	2024 m. III ketvirtis	a) Apžvalga atlikta, savo eksperimentuose išmėgintas vienas segmentavimo neuroninis tinklas b) Aptikti perspektyvūs atviro kodo klasikiniai individualių medžių segmentavimo algoritmai, taip pat du straipsniai be kodo, bet detaliu algoritmo įgyvendinimo aprašymu
1.3.	Atliktos apžvalgos apibendrinimas ir pateikimas disertacijos analitinės dalies aprašyme.	2023 m. IV ketvirtis	2024 m. III ketvirtis	Algoritmų bei duomenų rinkinių apžvalga pateikta mokslinės ataskaitos skyriuje "2. Related Work"

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

2.	Mokslinio tyrimo vykdymas:			
2.1.	Tyrimo metodikos sudarymas:			
2.1.1.	Pagrindžiamas temos aktualumas, nurodoma darbo problema ir suformuluojamas tikslas.	2024 m. IV ketvirtis	2024 m. IV ketvirtis	Individualių medžių lokacijų nustatymas geriausiai veikia nuo žemės skenuotuose taškų debesytse, tačiau tai lėčiausias skenavimo būdas. Aktualu žinoti kokios segmentavimo algoritmų galimybių ribos didinant skenavimo aukštį (mažėja taškų tankis ir daugėja uždengtų skeneriui nepasiekiamų regionų).

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

2.1.2.	Atliekamas uždavinių pasirinkimas bei sprendžiamos problemos formulavimas.	2024 m. IV ketvirtis	2024 m. IV ketvirtis	Aukštos ir žemos raiškos taškų debesims: Segmentavimo algoritmų galimybių ribos idealiu atveju: koks tikslumas pasiekiamas naudojant anotuotus (tikrus arba sintetinius) duomenis? Neuroninio tinklo įsisotinimui reikalingas duomenų kiekis: palyginus su dvimatės kompiuterinės regos literatūra, trimačių taškų debesų segmentavimo mokymo aibės turi daug mažiau unikalių duomenų. Apžvelgti koks miško plotas naudojamas literatūroje, nustatyti ar neuroninis tinklas gali įsisotinti su tokio dydžio mokymosi aibe. Triukšmingų anotacijų taikymas: palyginus su neuroniniu tinklu mokytu naudojantis švariai anotuotus duomenis, kokį tikslumą galima pasiekti naudojant triukšmingas anotacijas gautas egzistuojančiais algoritmais?
--------	--	----------------------	----------------------	--

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

2.1.3.	Taikomos metodologijos ar tyrimo metodo pateikimas ir aprašymas	2024 m. IV ketvirtis	2024 m. IV ketvirtis	Neuroninių tinklų tikslumo palyginimo statistiniam reikšmingumui bus naudojamas Friedman testas. "Stebėjimų" aibės dydis bus užtikrinamas naudojant kelias atsitiktinių skaičių sėklas, ir kelias nepriklausomas testavimo duomenų aibes. T.y. rangai nustatomi kiekvienai sėklos ir duomenų rinkinio kombinacijai.
--------	---	----------------------	----------------------	---

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilniaus
universitetas

2.2.	Teorinis tyrimas:			
2.2.1.	Mokslinės ir kitos informacijos analizė ir sisteminimas.	2024 m. IV ketvirtis	2025 m. III ketvirtis	
2.2.2.	Objektų detekcijos 3D taškų debesyse metodai (geometriniai, giliojo mokymosi).	2024 m. IV ketvirtis	2025 m. III ketvirtis	
2.2.3.	3D taškų debesyse aptiktų objektų parametrų nustatymas.	2024 m. IV ketvirtis	2025 m. III ketvirtis	
2.3.	Empirinis tyrimas:			
2.3.1.	Eksperimentinės dalies aprašas.	2025 m. I ketvirtis	2026 m. II ketvirtis	
2.3.2.	Egzistuojančio metodo realizavimas kuriamo metodo palyginimui.	2025 m. I ketvirtis	2026 m. II ketvirtis	
2.3.3.	Metodų modifikacijos sukūrimas.	2025 m. I ketvirtis	2026 m. II ketvirtis	
2.3.4.	Sukurtų modifikacijų eksperimentinis tyrimas ir modifikacijų palyginimas su publikuotais egzistuojančiais metodais.	2025 m. I ketvirtis	2026 m. II ketvirtis	

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilniaus
universitetas

2.4.	Gautų duomenų analizė, apibendrinimas, išvadų parengimas:			
2.4.1.	Teorinio tyrimo apibendrinimas.	2025 m. III ketvirtis	2026 m. II ketvirtis	
2.4.2.	Empirinio tyrimo apibendrinimas.	2025 m. III ketvirtis	2026 m. II ketvirtis	
2.4.3.	Rezultatų apibendrinimas, išvadų parengimas.	2025 m. III ketvirtis	2026 m. II ketvirtis	

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilniaus
universitetas

3.	Atskirų daktaro disertacijos dalių (tyrimo metodikos, rezultatų, ginamų teiginių, išvadų, ir kt.) parengimas:			
3.1.	Tikslų, uždavinių, tyrimo metodikos, ginamųjų teiginių patikslinimas.	2026 m. II ketvirtis	2027 m. I ketvirtis	
3.2.	Analitinės disertacijos dalies parengimas.	2026 m. II ketvirtis	2027 m. I ketvirtis	
3.3.	Teorinės disertacijos dalies parengimas.	2026 m. II ketvirtis	2027 m. I ketvirtis	
3.4.	Eksperimentinės disertacijos dalies parengimas.	2026 m. II ketvirtis	2027 m. I ketvirtis	
3.5.	Bendrųjų išvadų formulavimas.	2026 m. II ketvirtis	2027 m. I ketvirtis	
4.	Daktaro disertacijos <u>parengimas</u> ir svarstymas padalinyje:	2027 m. II ketvirtis	2027 m. II ketvirtis	
5.	Daktaro disertacijos gynimas:	2027 m. III ketvirtis	2027 m. III ketvirtis	

Tyrimo objektas

- Trimačiai taškų debesys, užfiksuoti naudojantis lazerinio skenavimo aparatais, pritvirtintais prie dronų, leidžia atlikti sudėtingesnę analizę negu dvimačiai vaizdai. Miškų taškų debesys naudojami miškininkijoje (medžių inventorizacija) bei infrastruktūroje (elektros perdavimo laidų saugumas).
- Individualių medžių segmentacija išorinio lazerinio skenavimo 3D taškų debesyse
 - Kol kas vyrauja geometriniai algoritmai, kurių veikimas tankiose medžių zonose ne idealus, sudėtinga atitaikyti algoritmo parametrus (per smulkus/stambus segmentavimas);
 - Literatūroje pateikiami mašininio mokymosi metodai orientuoti į antžeminius lazerinio skenavimo duomenis, arba didelio tankio išorinius (žemas skrydis);
 - Sužymėti duomenys individualių medžių segmentacijai reti, gavimo procesas sudėtingas.

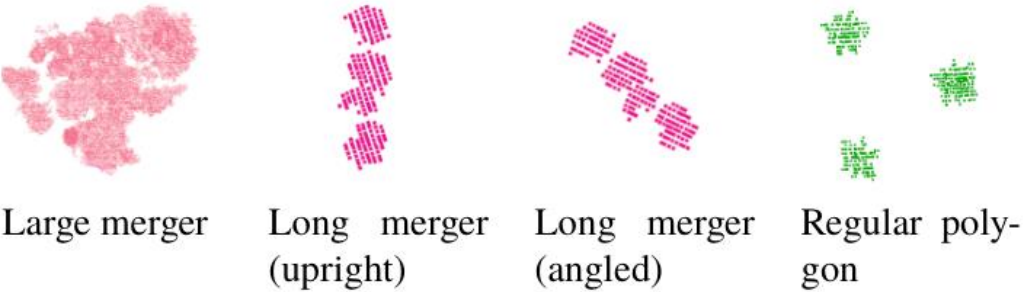
Moksliniai rezultatai

1. Individualių medžių taškų debesų gavyba iš nacionalinių geoportalų duomenų remiantis medžių koordinatėmis OpenStreetMap
 - Sintetinis duomenų rinkinys
 - Sintetinių miškų taškų debesų generavimo metodas
2. Medžių kamienų taškų išskyrimas aukštos raiškos taškų debesyse
 - Įgyvendintas algoritmas iš literatūros
 - Pradėtas vystyti naujas algoritmas paremtas vietinės aplinkos taškų pasiskirstymo entropija

Individualių medžių taškų debesų
gavyba iš nacionalinių geoportalų
duomenų remiantis medžių
koordinatėmis OpenStreetMap

Individualūs medžiai miesto taškų debesyse

Vilniaus
universitetas



Extent	rejected	approved	approved	approved
Aspect ratio	approved	rejected	rejected	approved
Fill ratio	approved	approved	rejected	rejected

Figure 3: Isolated cluster filtering steps and their effectiveness on rejecting various problem cases.



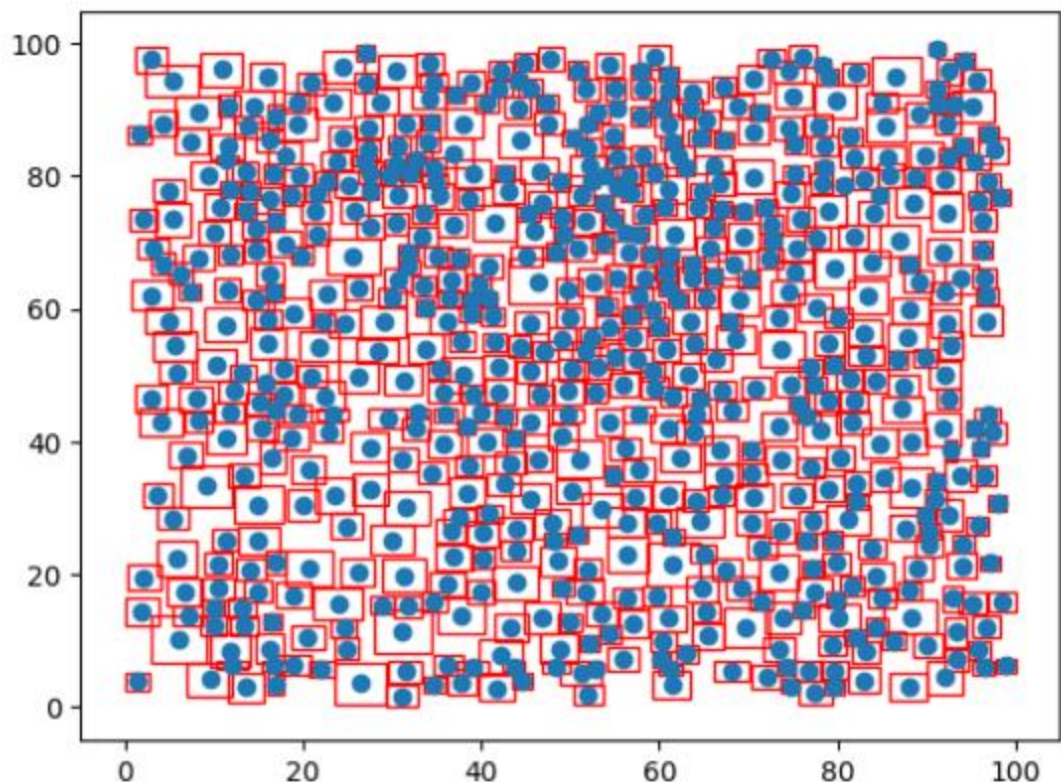
Figure 1: Panel (a) shows an ideal case for tree mining. Panels (b) to (d) depict point cloud and HD map mismatch issues.

Patikrinimas rankiniu būdu

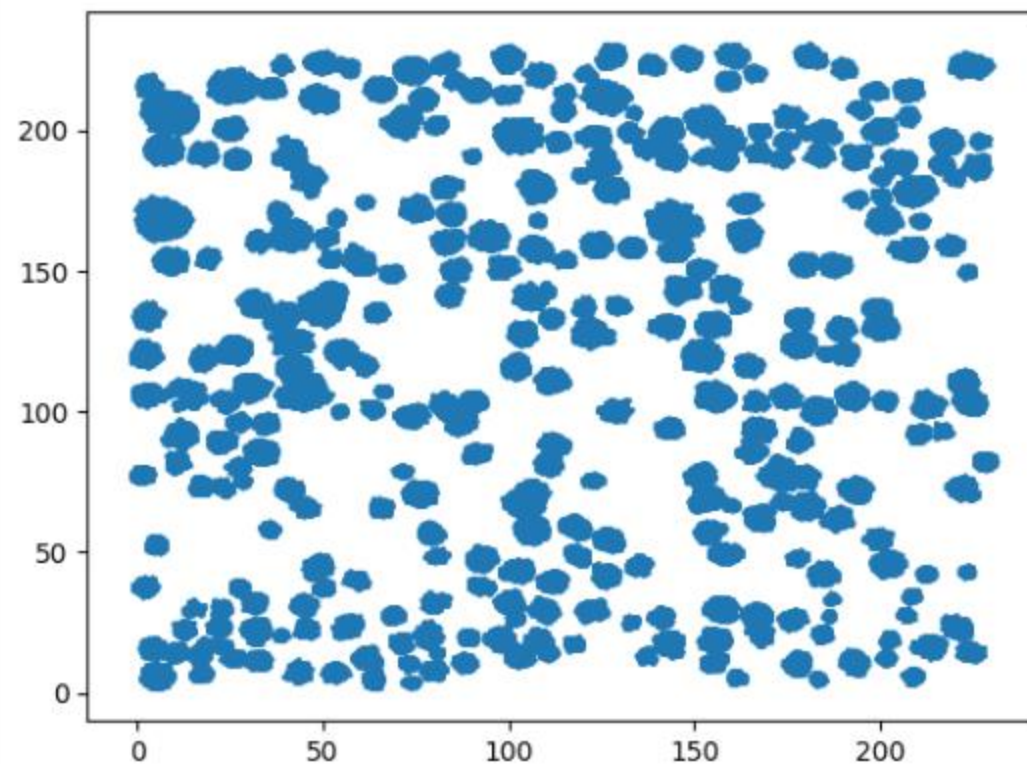
- Apžiūrėti taškų debesį jo originaliame kontekste
- Jeigu kyla abejonių, pasinaudoti koordinatėmis apžiūrėti per Google Maps ir Google Street View



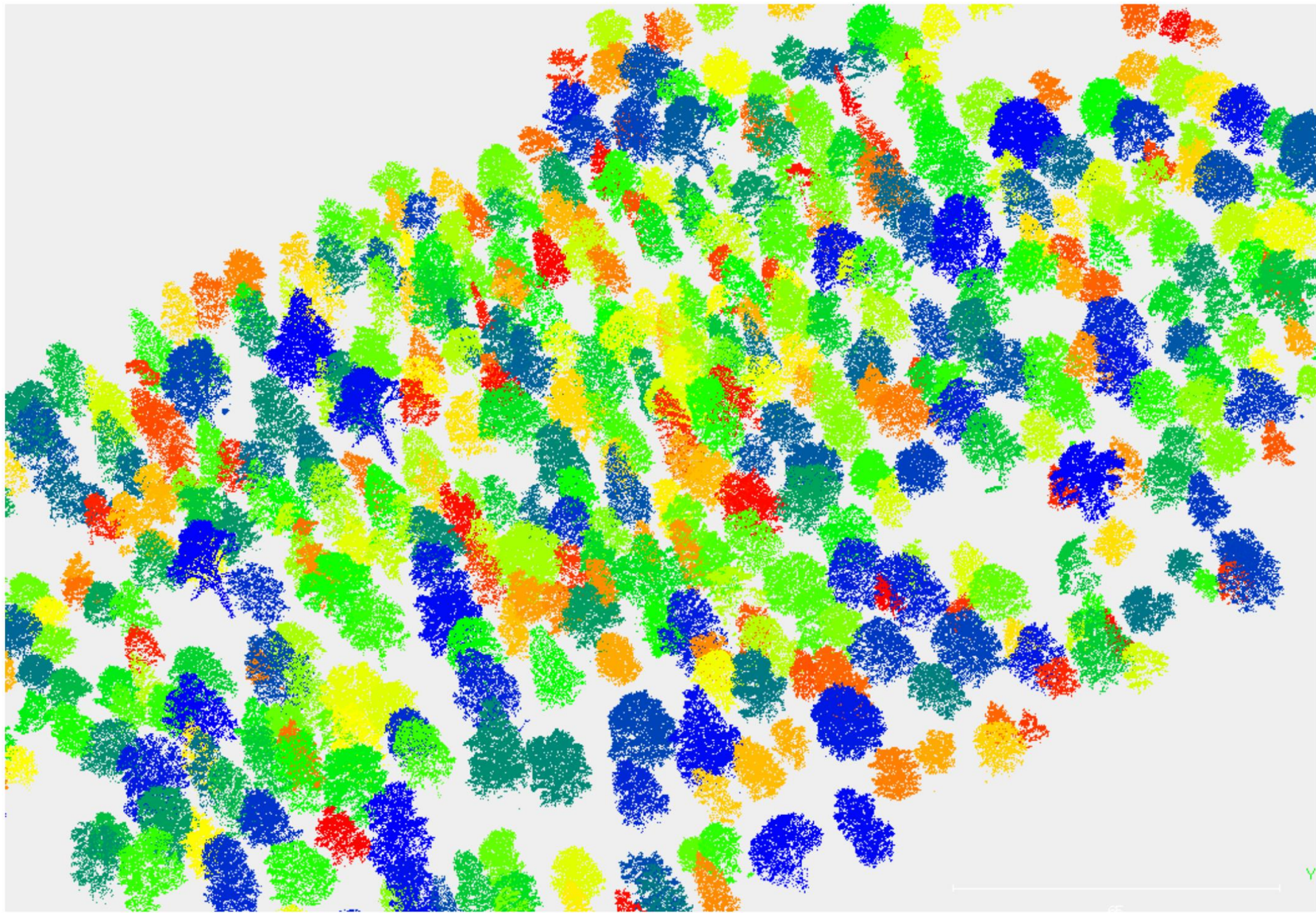
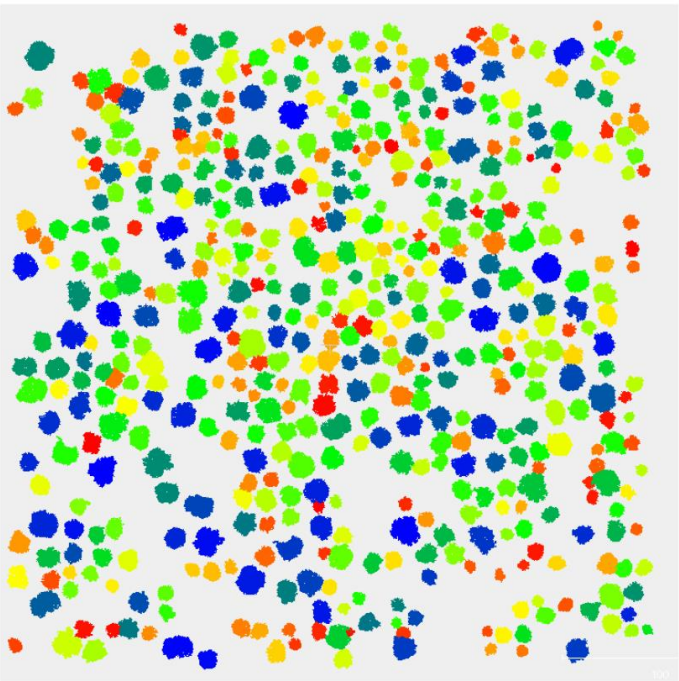
Medžių priderinimas prie tikro pasiskirstymo

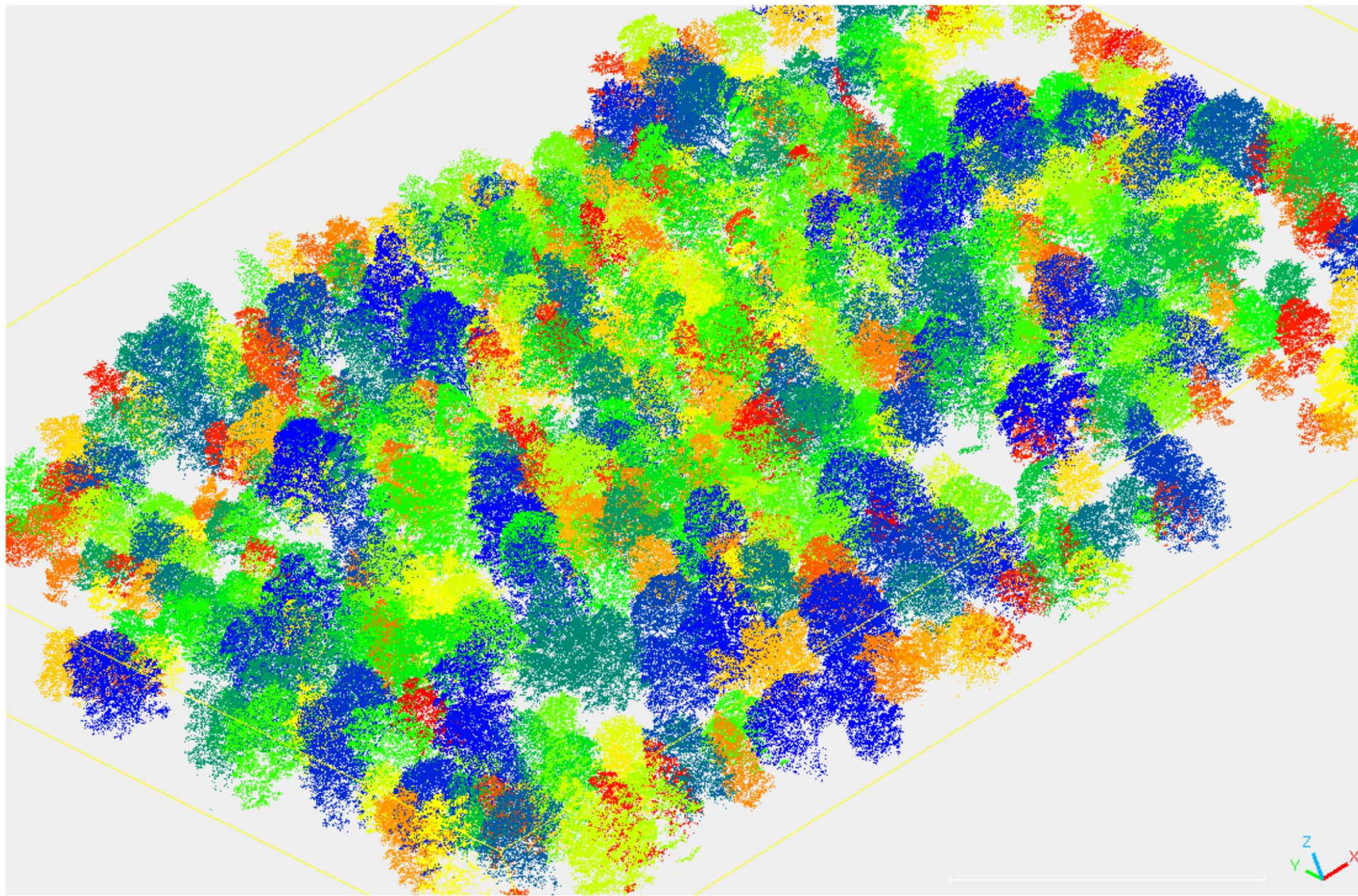
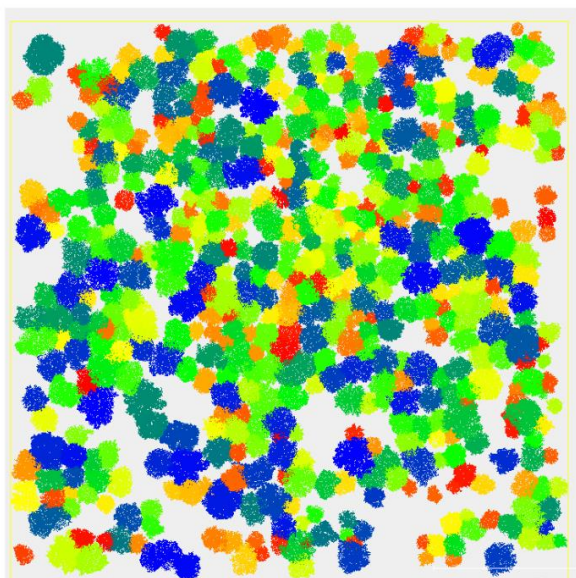


Medžių centrai ir pločiai tikrame miške



Individualių medžių sudėjimas į analogiškų matmenų medžių centrus





Medžių kamienų taškų išskyrimas aukštos raiškos taškų debesyse

Bazinis metodas palyginimui

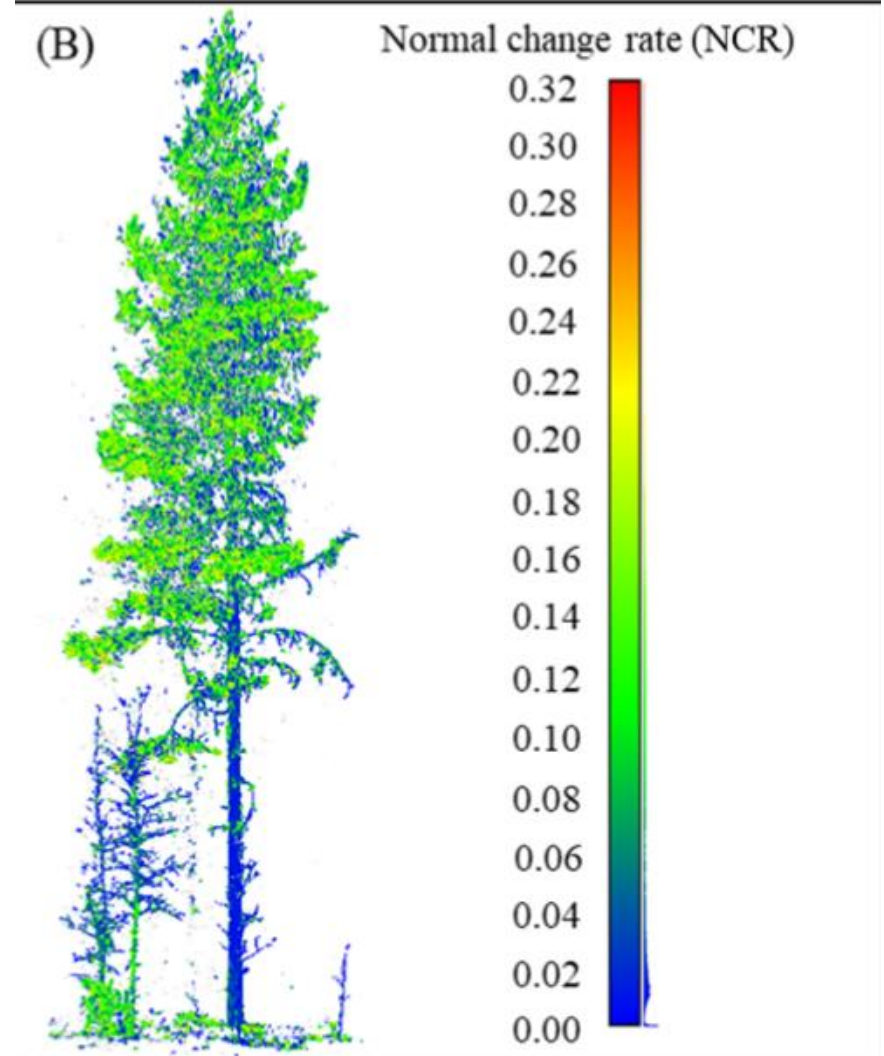
Zhang ir kt. (2019) "A Novel Approach for the Detection of Standing Tree Stems from Plot-Level Terrestrial Laser Scanning Data"

Filtravimo žingsnis: kiekvienam taškui paskaičiuoti Normal Change Rate, visi taškai su mažesne negu 0.1 verte atmetami

$$C_{3 \times 3} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})(p_i - \bar{p})^T$$

$$\text{NCR}(p_i) = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}$$

Klasterizavimo žingsnis: vokselizuotas taškų debesis klasterizuojamas sujungtų komponentų algoritmu – besiribojantys vokseliai priskiriami į tą patį klasterį. Filtravimas pagal klasterio narių dydį ir matmenis.



Zhang ir kt. (2019)

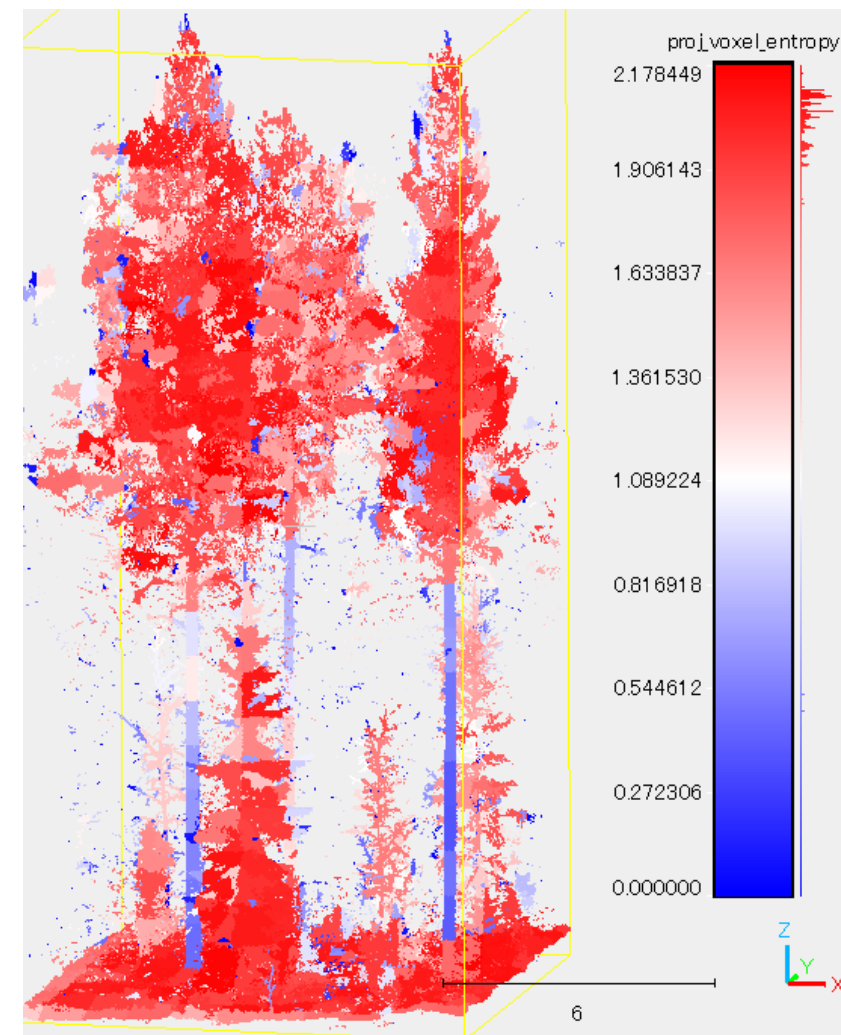
Potencialiai naujas metodas

Entropija bet kokiam diskrečiam skirstiniui:

$$H(X) := - \sum_{x \in \mathcal{X}} p(x) \log p(x)$$

Vienas būdas apibūdinti taško debesies regioną (pvz. 1 x 1 m vokselį) kaip diskretų tikimybių skirstinį gali būti suskirstyti tą regioną į mažesnes lygias dalis, subvokselius, ir paskaičiuoti kuri dalis visų regiono taškų patenka į kiekvieną subvokselį.

Maksimali entropija – kai visi kiekviename subvokselyje yra vienodas taškų skaičius. Minimali entropija – kai visi taškai yra viename subvokselyje.



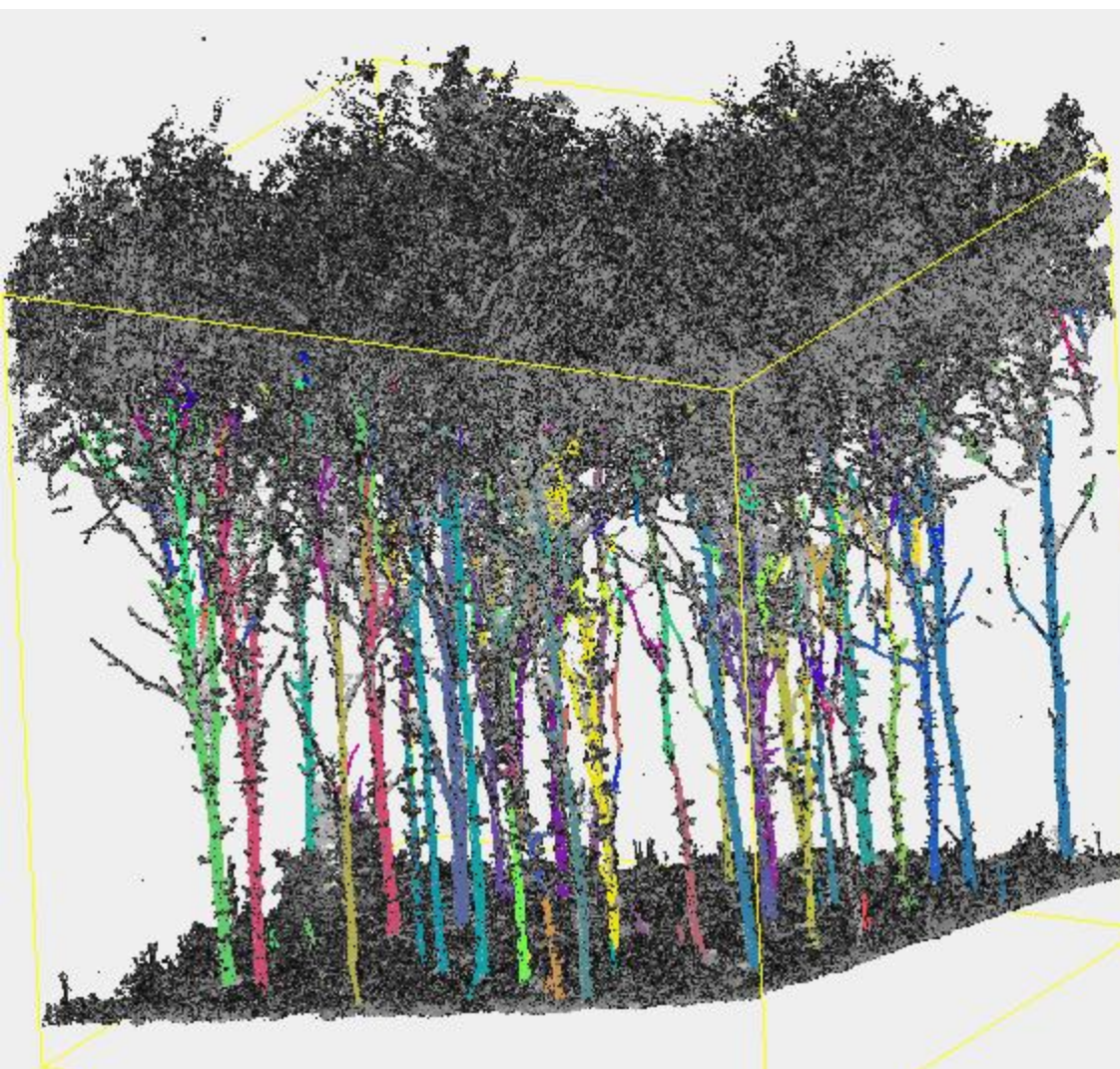
SYSSIFOSS

https://www.geog.uni-heidelberg.de/gis/SYSSIFOSS_en.html

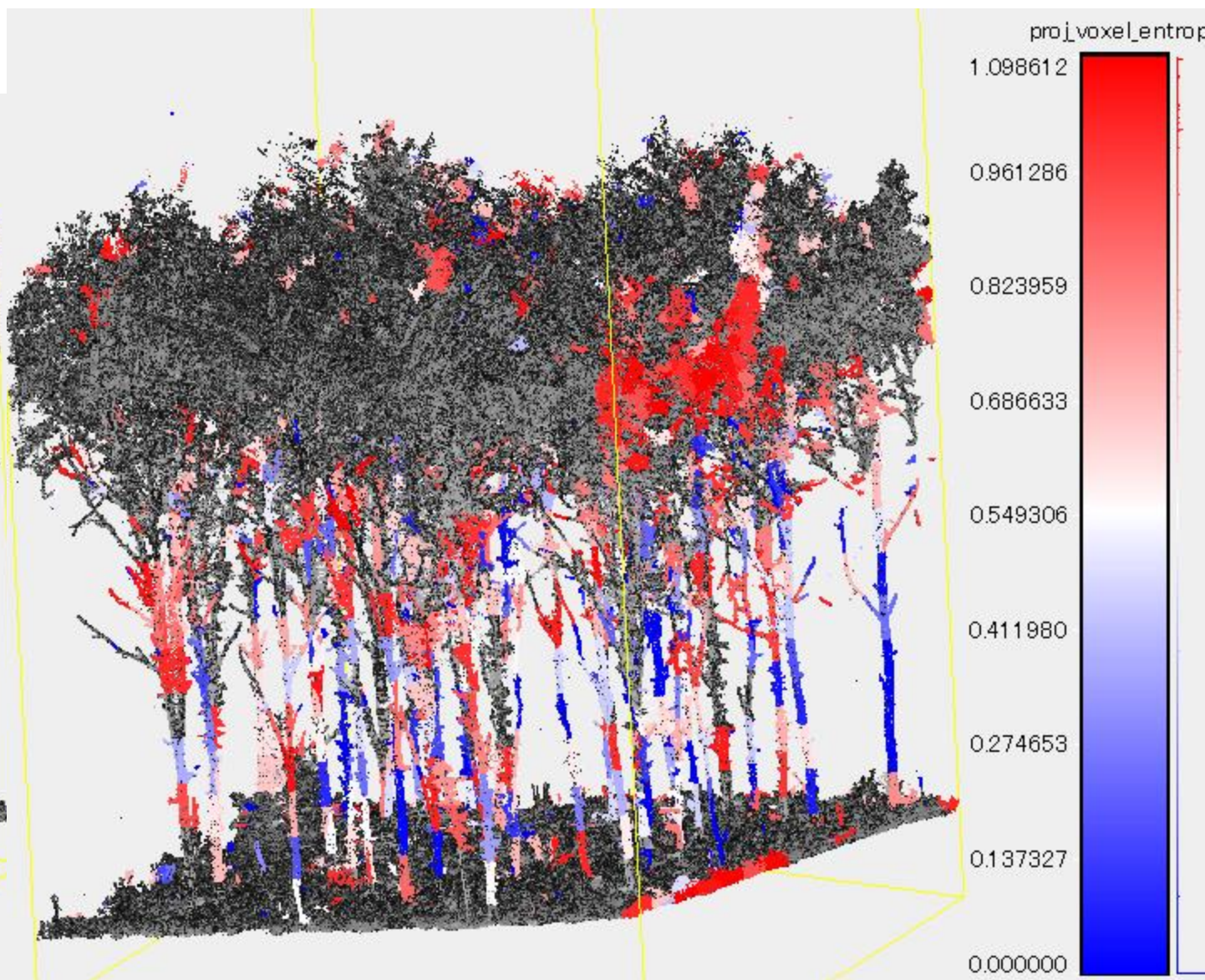
Trimis skirtingais aukščiais užfiksuotas duomenų rinkinys. Nuo žemės užfiksuoti vaizdai pasižymi ypatingai aukšta skyra (tarpai tarp kamieno taškų 1 cm eilės)

Taip pat yra tų pačių vietovių vaizdai nuskenuoti iš aukštai dronu.





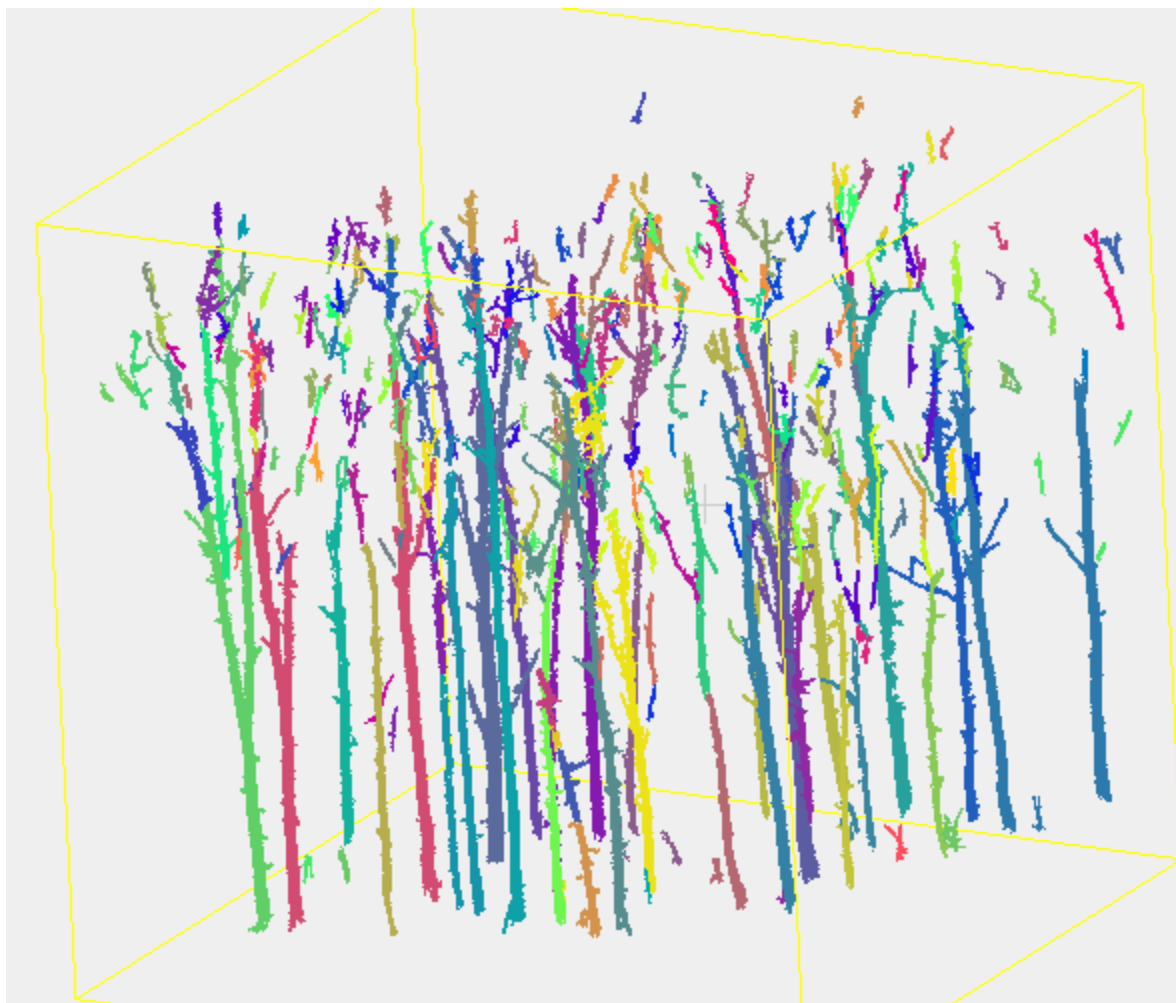
Zhang ir kt. (2019)



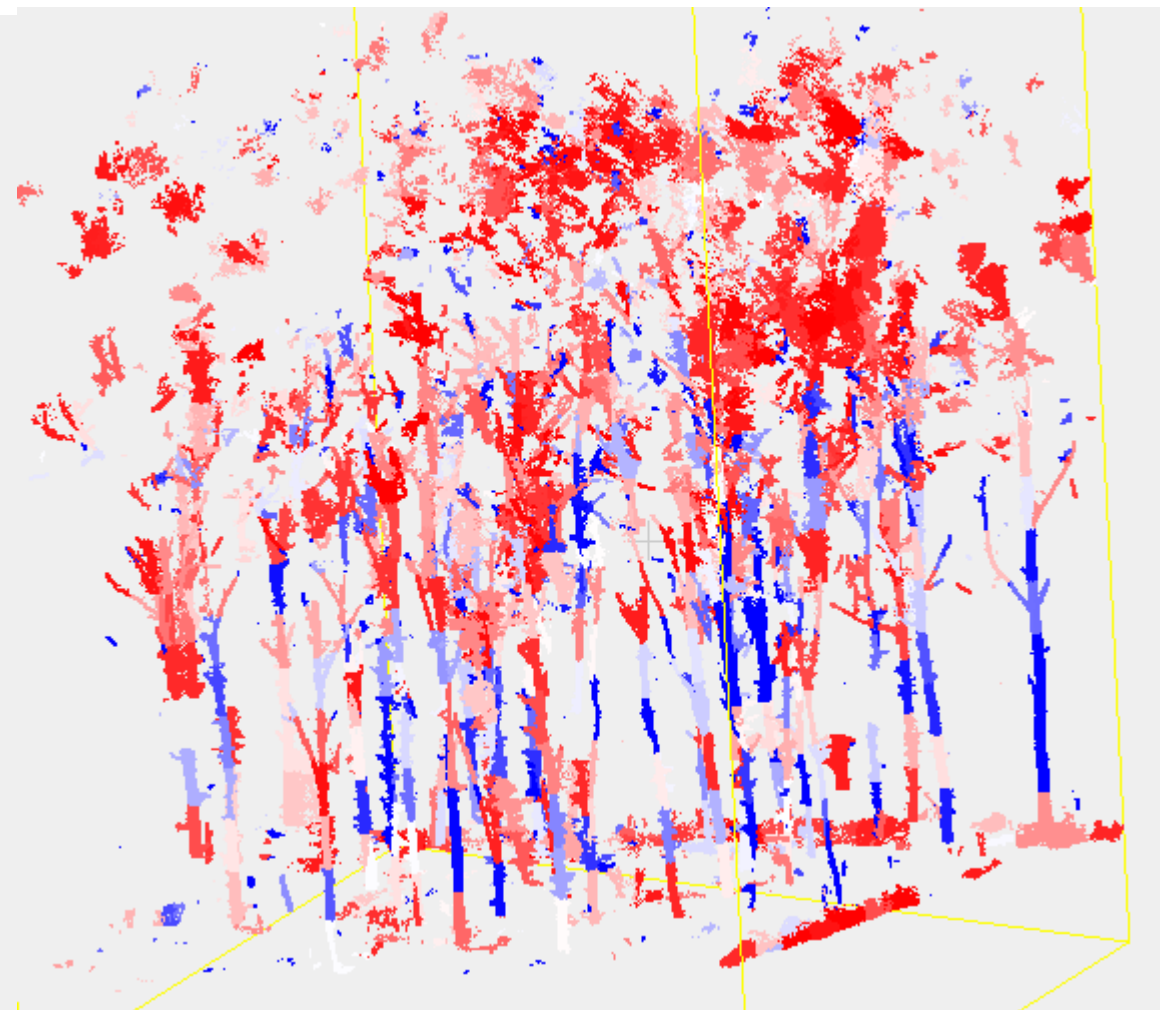
Naujas

Kairėje rodomas rezultatas jau po filtruotų taškų klasterizavimo, dešinėje rodomas tik filtravimo rezultatas.

**Vilniaus
universitetas**



Zhang ir kt. (2019)



Naujas

Naujo taškų filtravimo metodo pliusai ir minusai

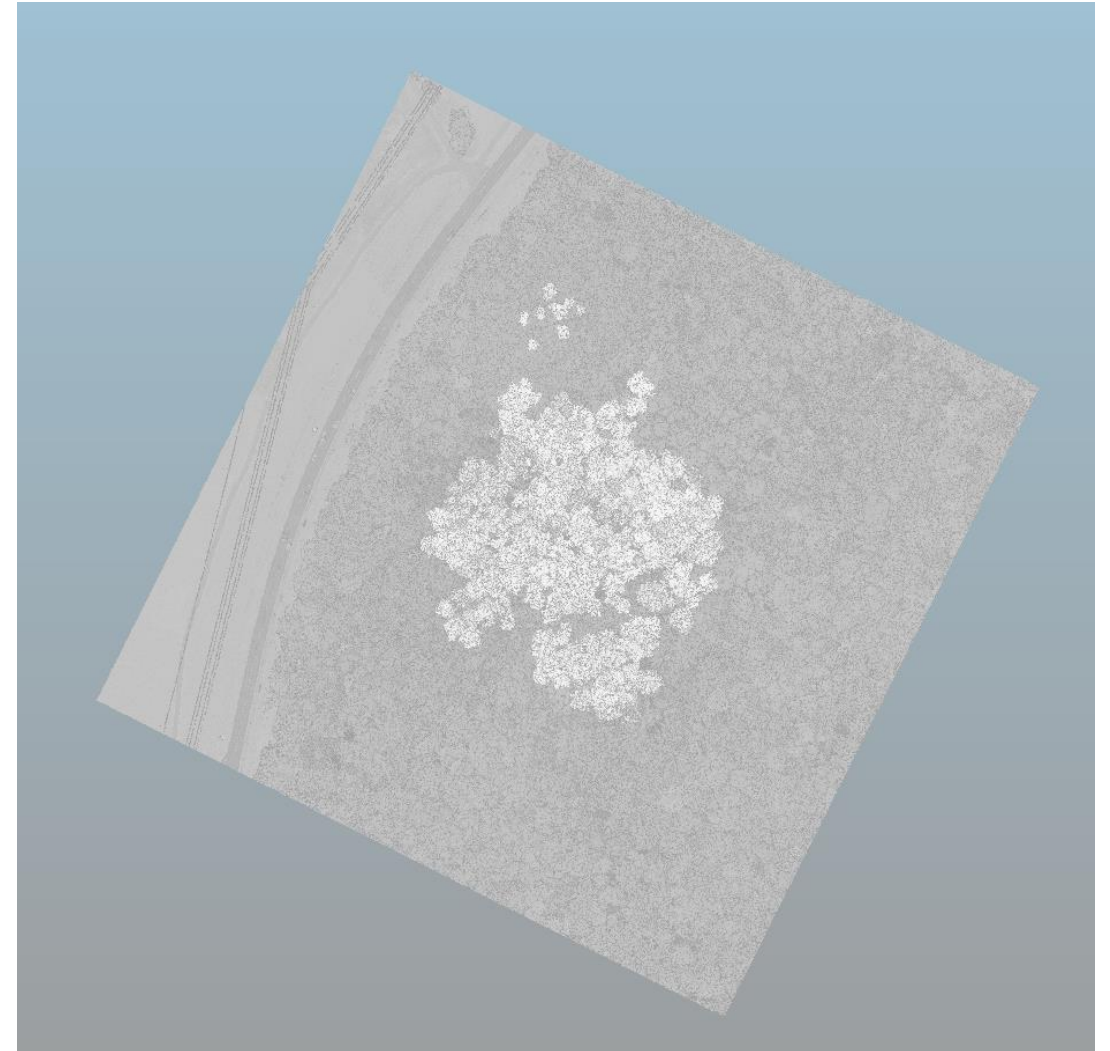
Greitis – viso taškų debesies vokselių entropijos skaičiavimo algoritmas veikia tiesiniu laiku $O(N)$, priešingai negu vietinės aplinkos kroskoreliacijos matricos skaičiavimas $O(N^2)$ laiku.

Silpna priklausomybė nuo taškų tankio – entropijos vertė priklauso nuo santykinio taškų kiekio kiekviename subvokselyje, todėl metodas turėtų tikti visiems taškų debesims su aiškiai išskirtais kamienais. Zhang ir kt. (2019) metodas skaičiuoja vietinės aplinkos kreivumą 5 cm spindulyje, tad išskirti kamienams reikalinga pakankama taškų koncentracija mažesniais negu 5 cm atstumais.

Vokselių ribų įtaka – medžių lapijos kraštai patekę į beveik tuščią vokselį turi mažą entropiją. Priklausomai nuo vokselio matmenų, gali būti įtaka ir kamienų taškams, kurie patenka į tą patį vokselį kaip gretimo medžio ar krūmo lapai.

Kito semestro tikslai

- Keli miško plotai Vokietijoje nuskenuoti skirtinguose aukščiuose ore, ir nuo žemės paviršiaus - SYSSIFOSS duomenų rinkinys
- Nėra klasių, iš individualių medžių nesigauna pilni tikri miškai
- Apdorojus – puikus tyrimas kaip įvairių algoritmų segmentavimo kokybė priklauso nuo taškų tankio



Kito pusmečio darbo planas

1. Pabaigti gyvendinti savo naują medžių kamienų segmentavimo algoritmą, pristatyti konferencijoje ir praplėtus tyrimą paruošti publikaciją
2. Paruošti SYSSIFOSS duomenų rinkinį naudojimui mašininio mokymosi tyrimuose – aptikti kamienus aukštos raiškos duomenyse, susegmentuoti individualius medžius, perkelti anotacijas žemos skyros duomenims
3. Išmėginti segmentavimo neuroninių tinklų mokymą su "švariais" duomenimis: kadangi ta pati vietovė, tie patys medžiai, vienintelis likęs skirtumas yra duomenų erdvinė skyra.