



**Vilniaus
universitetas**

Ataskaitinė informatikos ir informatikos inžinerijos kryptių doktorantų ataskaitinė konferencija 2026-03-31

Kasparas Karlauskas, Informatikos inžinerija 3-ias 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: III (2025 / 2026)

Ataskaitinis laikotarpis: III studijų metų rudens semestras

Studijų plano vykdymo suvestinė

Vilniaus
universitetas

Studijų metai	Egzaminai	
	Planas	Įvykdyta
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	1				1 + 1 (skola iš I metų)	2	Publikuota
III (2025/2026)	1	0 (priimtas abstraktas)			1	0				
IV (2026/2027)	1				1					
Iš viso:	2	0	2	2	2	0		2	2	



Dear Mr./Ms. Kasparas Karlauskas

Dear all

Thank you for your early bird registration and support.

We are pleased to announce that all abstracts have been accepted.

We have also opened the submission form for full paper.

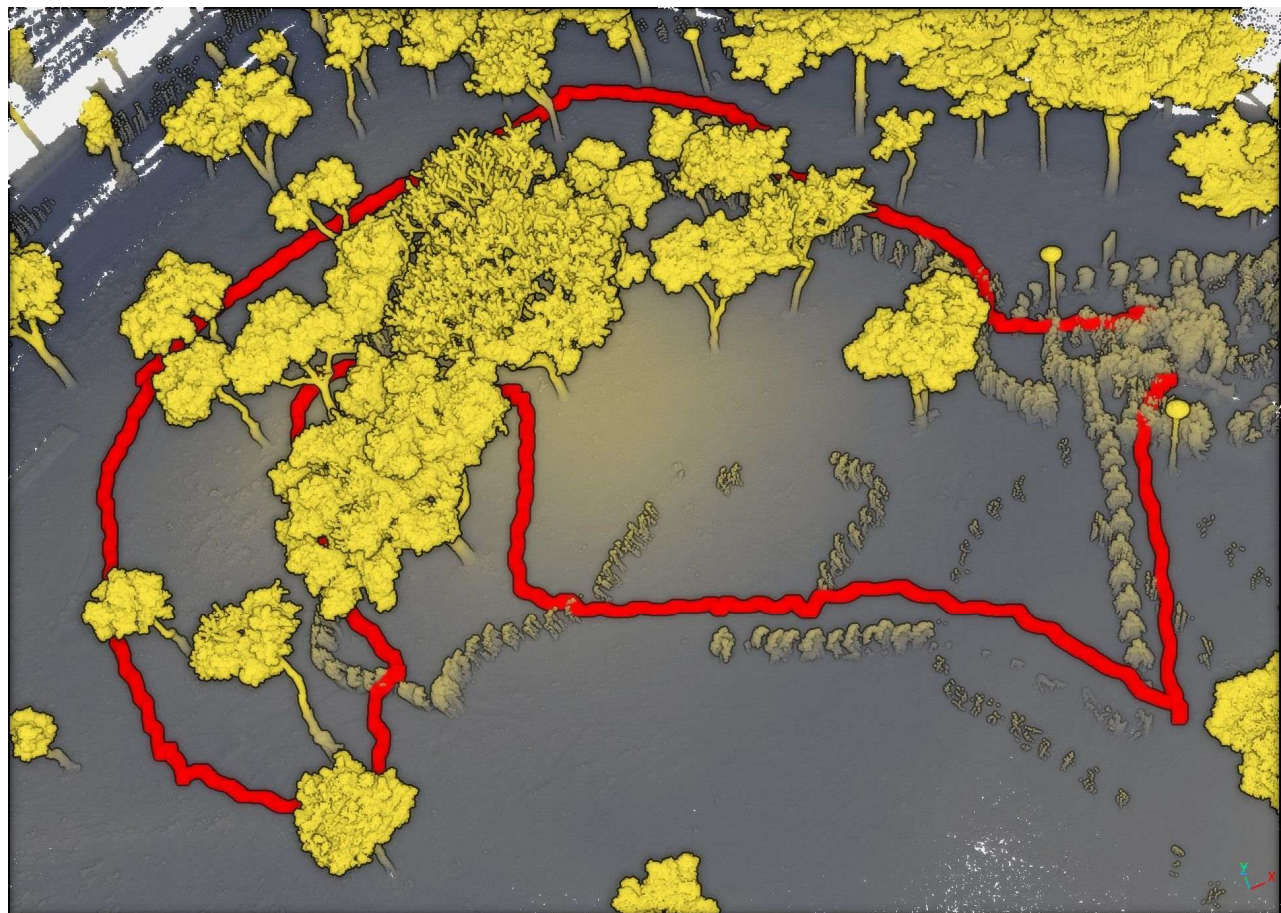
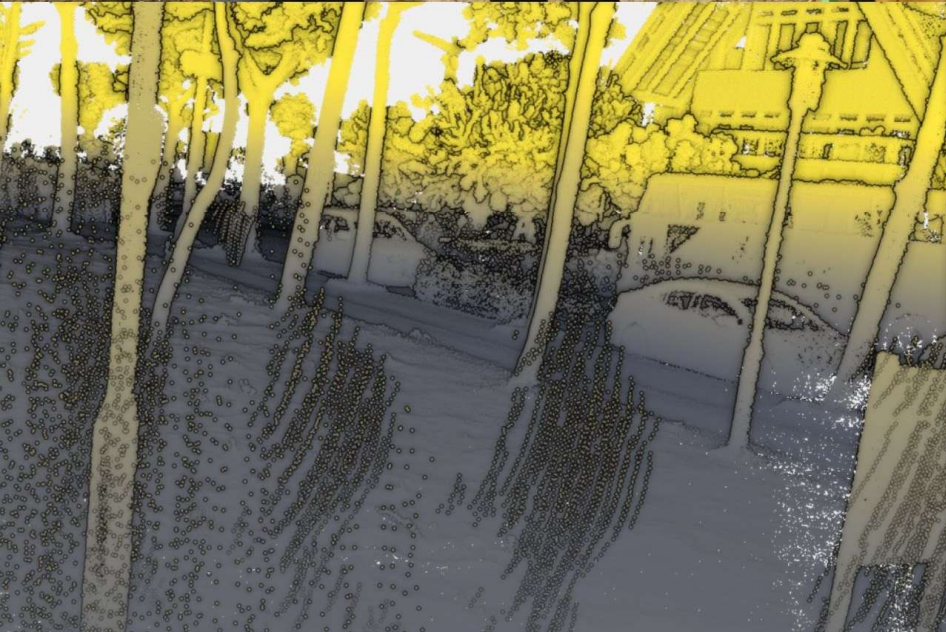
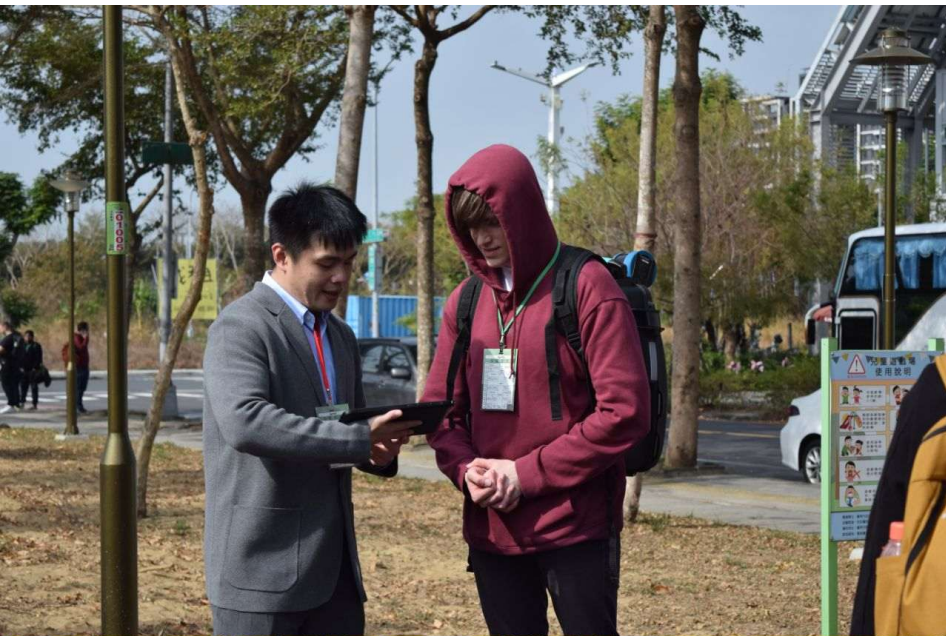
**Abstraktas priimtas, numatomas stendinis
pranešimas konferencijoje**

Ataskaitinio pusmečio darbų planas ir jų vykdymo suvestinė

Vilniaus
universitetas

Dalyvavimas mokymuose 2024/2025 (II pusmetis)	
Planas	Įvykdyta
Dalyvavimas bent vienuose doktorantų mokymuose	NCKU LiDAR Winter School 2026, Sausio 19-23, Taivanas, Tainan

**Vilniaus
universitetas**



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

Vilniaus
universitetas

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 debesyse, 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

Vilniaus
universitetas

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

Vilniaus
universitetas

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	Viešai prieinamų anotuočių (arba anotavimui palankių) duomenų rinkinių apibendrinimas;
2.2.2.	Objektų detekcijos 3D taškų debesyse metodai (geometriniai, giliojo mokymosi).	2024 m. IV ketvirtis	2025 m. III ketvirtis	Atlikta klasikinių ir giliojo mokymosi algoritmų apžvalga pateikta straipsnio „Point Cloud Data Mining with HD Map Priors for making Synthetic Forest Datasets“ įžangoje

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilniaus
universitetas

2.2.3.	3D taškų debesyse aptiktų objektų parametrų nustatymas.↵	2024 m. IV ketvirtis↵	2025 m. III ketvirtis↵	Medžio kamieno savybių nustatymas triukšmui
				atspariais cilindru/apskritimų tinkinimo metodais:↵ 1. RANSAC (RANDOM Sample Consensus)↵ 2. RHT (Randomized Hough Transform)↵ 3. RLTS (Robust Least Truncated Squares)↵

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilniaus
universitetas

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

Vilniaus
universitetas

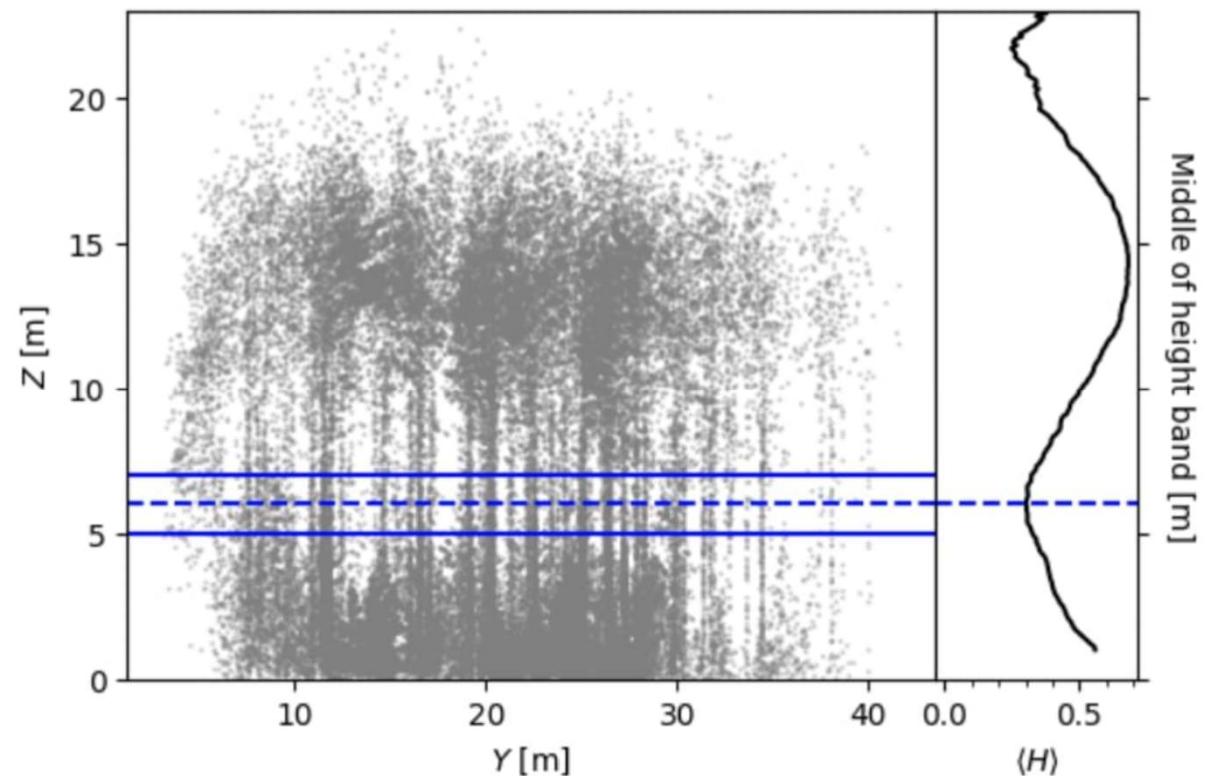
- Trimačiai taškų debesys, užfiksuoti naudojantis lazerinio skenavimo aparatais, pritvirtintais prie dronų, leidžia atlikti sudėtingesnę analizę negu dvimačiai vaizdai. Miškų taškų debesys naudojami miškininkijoje (medžių inventorizacija) bei infrastruktūroje (elektros perdavimo laidų saugumas).
- Individualių medžių segmentacija žemos skiriamosios gebos 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 dronu užfiksuotus aukštos skiriamosios gebos duomenis (žemas skrydis);
 - Sužymėti duomenys individualių medžių segmentacijai reti, gavimo procesas sudėtingas.

Moksliniai rezultatai

- Papildomi eksperimentai praeitam semestre pristatyto „Vokselių Entropijos“ požymio taikymų tyrimui
- Patikrintas dviejų literatūroje rastų metodų efektyvumas:
 - Savęs prižiūrimas mokymasis neanotuotiems taškų debesims su *Sonata* metodu
 - *Aktyvaus žymėjimo* metodas mokymuisi su ribotu anotavimo biudžetu
- Preliminariuose eksperimentuose išmėgintos dvi modernios taškų debesų neuroninių tinklų architektūros:
 - Point Transformer V3
 - LitePT (lengvesnė PTV3 versija, taip pat išmėgintas LitePT mokymas su Sonata, kas minėta autorių kitame straipsnyje, tačiau nėra viešo kodo)

„Vokselių entropijos“ požymio taikymai

Papildomas taikymas nustatant regioną, kuriame mažiausiai užstoti medžių kamienai. Naudotina metoduose, kuriuose medžių kamienai aptinkami iš anksto nustatytame siaurame z-ašies pjūvyje.



Metodai išnaudoti smarkiai apribotus žymėtų duomenų kiekius

Savęs prižiūrimas mokymasis – neanotuoti duomenys naudojami spręsti tam tikrą uždavinį, iš kurio neuroninis tinklas išmoksta naudingas taškų debesies savybes.

Sonata (Wu et al. 2025) atveju, naudojant poras transformuotų to pačio taškų debesies versijų, siekiama kad identiškos architektūros mokinio ir mokytojo įterpiniai būtų kuo panašesni.

Aktyvus žymėjimas (Hou et al. 2021) – riboto taškų kiekio anotavimas, renkantis taškus pagal savęs prižiūrimo mokymosi metodais apmokyto modelio įterpinius, siekiant didžiausios informacijos įvairovės su mažiausiu žmogaus darbo kiekiu.

Preliminarus eksperimentas: apmokyti Point Transformer V3 neuroninį tinklą, naudojant Hessigheim 3D (Kölle et al. 2021) semantinės segmentacijos (kiekvienas taškas priskiriamas tam tikrai klasei, bet atskiri tos pačios klasės objektai neišskiriami) duomenų rinkinį.

Visual comparisons of different data availability (on out-of-distribution data) – this part is about generalization

Vilniaus
universitetas

Full labels	Limited labels
Trained with full labeled data	Trained with 200 labeled points per point cloud, selected with k-means on pointwise features of a pretrained backbone (“active labeling”)
Pretrain + full labels	Pretrained + limited labels
Same as above, but starting with Sonata pretrained backbone encoder	Same as above, but starting with Sonata pretrained backbone encoder

Performance metrics on test set (50 x 50 grid)

Vilniaus
universitetas

From
scratch

Full annotations

Limited annotations 200

Full annotations					Limited annotations 200				
	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
Low Vegetation	0.56	0.37	0.45	9604941	Low Vegetation	0.50	0.65	0.56	9604941
Impervious Surface	0.53	0.96	0.69	13204393	Impervious Surface	0.64	0.88	0.74	13204393
Vehicle	0.02	0.00	0.00	629342	Vehicle	0.05	0.01	0.01	629342
Urban Furniture	0.31	0.13	0.18	2226541	Urban Furniture	0.17	0.18	0.17	2226541
Roof	0.84	0.83	0.84	18969752	Roof	0.79	0.83	0.81	18969752
Facade	0.84	0.11	0.20	3426989	Facade	0.91	0.10	0.18	3426989
Shrub	0.05	0.16	0.08	1415961	Shrub	0.04	0.04	0.04	1415961
Tree	0.98	0.22	0.36	5994274	Tree	0.94	0.31	0.47	5994274
Soil/Gravel	0.38	0.11	0.17	1189893	Soil/Gravel	0.38	0.00	0.00	1189893
Vertical Surface	0.07	0.03	0.04	266548	Vertical Surface	0.03	0.02	0.02	266548
Chimney	0.00	0.01	0.01	95308	Chimney	0.11	0.00	0.00	95308
accuracy			0.60	57023942	accuracy			0.64	57023942
macro avg	0.42	0.27	0.27	57023942	macro avg	0.41	0.27	0.27	57023942
weighted avg	0.67	0.60	0.58	57023942	weighted avg	0.67	0.64	0.61	57023942

	precision	recall	f1-score	support		precision	recall	f1-score	support
Low Vegetation	0.70	0.57	0.63	9604941	Low Vegetation	0.67	0.22	0.33	9604941
Impervious Surface	0.66	0.95	0.78	13204393	Impervious Surface	0.50	0.97	0.66	13204393
Vehicle	0.00	0.00	0.00	629342	Vehicle	0.00	0.00	0.00	629342
Urban Furniture	0.20	0.27	0.23	2226541	Urban Furniture	0.14	0.13	0.14	2226541
Roof	0.88	0.86	0.87	18969752	Roof	0.88	0.85	0.87	18969752
Facade	0.72	0.42	0.53	3426989	Facade	0.78	0.52	0.62	3426989
Shrub	0.20	0.17	0.18	1415961	Shrub	0.19	0.12	0.14	1415961
Tree	0.93	0.72	0.81	5994274	Tree	0.95	0.71	0.81	5994274
Soil/Gravel	0.11	0.00	0.00	1189893	Soil/Gravel	0.00	0.00	0.00	1189893
Vertical Surface	0.36	0.15	0.21	266548	Vertical Surface	0.40	0.13	0.20	266548
Chimney	0.05	0.11	0.07	95308	Chimney	0.05	0.09	0.06	95308
accuracy			0.72	57023942	accuracy			0.66	57023942
macro avg	0.44	0.38	0.39	57023942	macro avg	0.41	0.34	0.35	57023942
weighted avg	0.72	0.72	0.71	57023942	weighted avg	0.68	0.66	0.63	57023942

Sonat

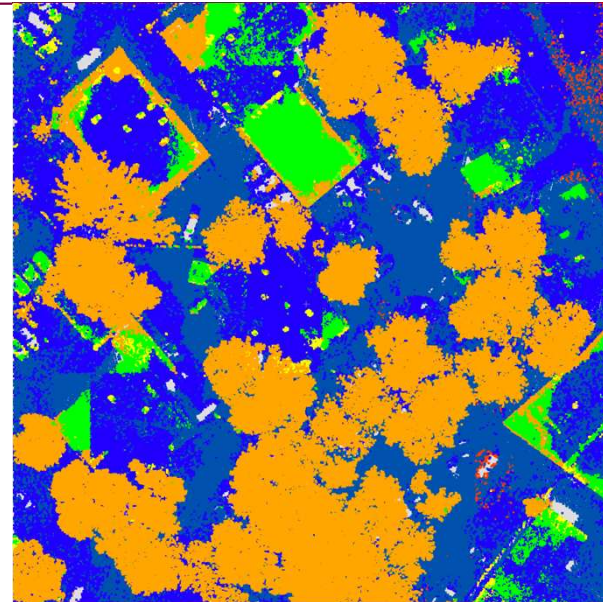
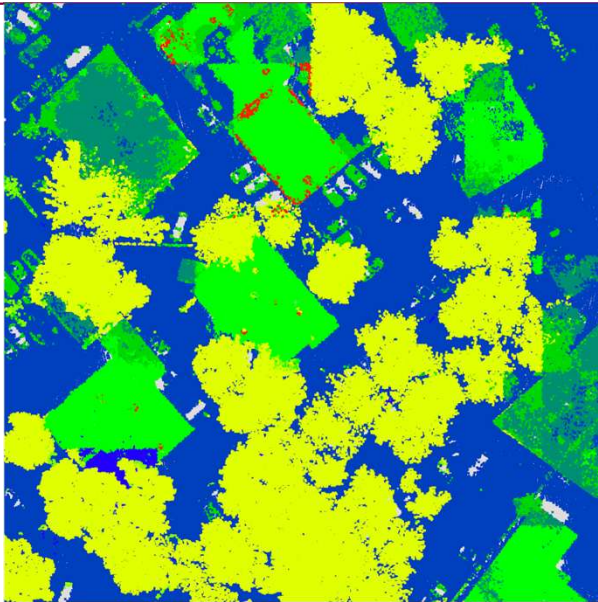
Estonia

Full labels

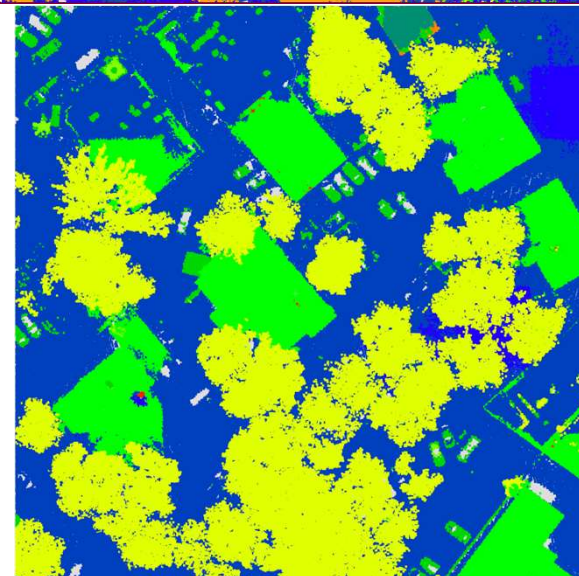
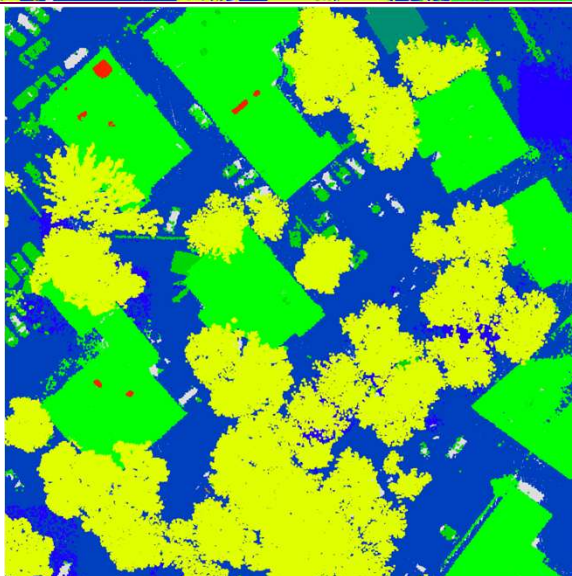
Limited ann. 200

Vilniaus
universitetas

From
scratch



Sonata



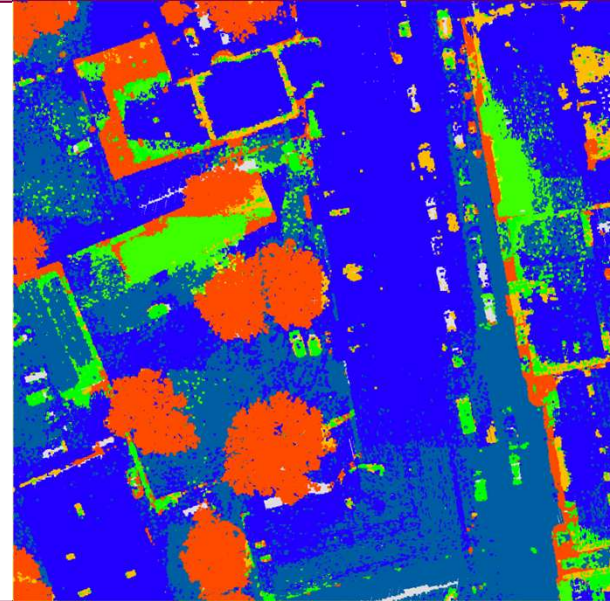
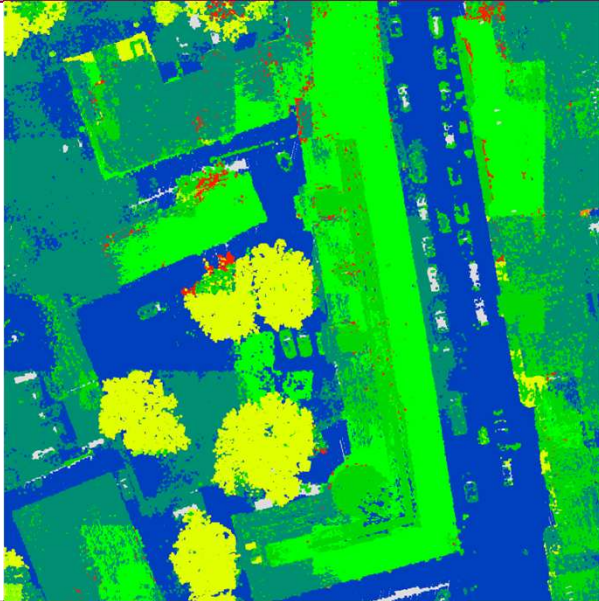
Estonia 2

Full labels

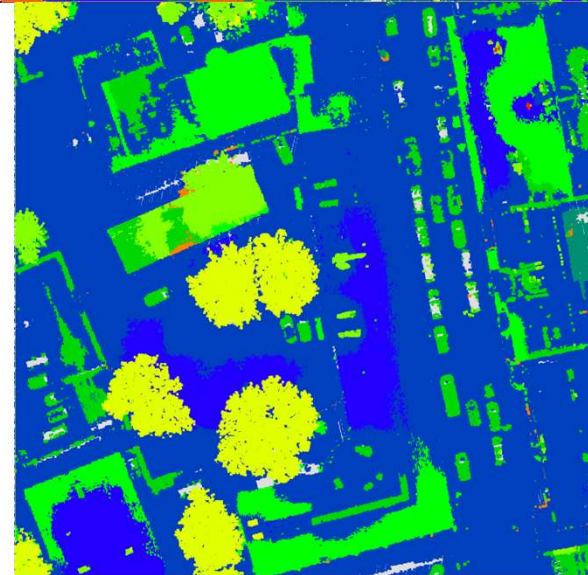
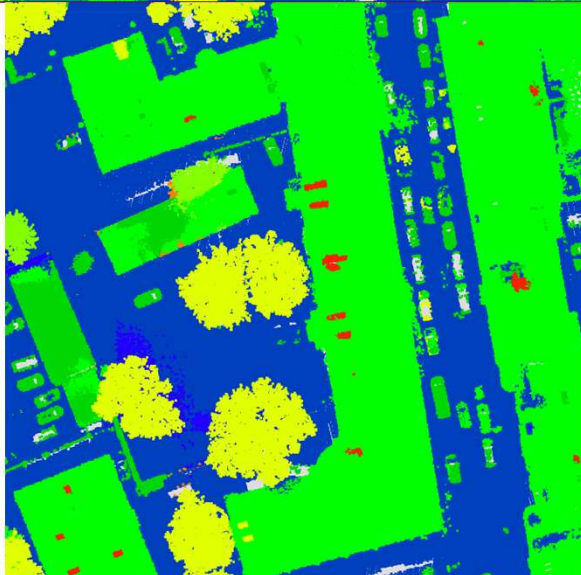
Limited ann. 200

Iniaus
universitetas

From
scratch



Sonata



Kito pusmečio darbo planas

1. Gegužės 13-15 d. sudalyvauti tarptautinėje konferencijoje *International Symposium of Remote Sensing 2026*
2. Pabaigti ruošti publikaciją praeito semestro metu išvystytam segmentavimo algoritmui, pateikti WoS indeksuotam žurnalui (dalis ateinančio straipsnio medžiagos pristatoma konferencijoje)
3. Paruošti medžių lokacijų aptikimo duomenų rinkinį mašininio mokymosi tyrimams – aptikti kamienus aukštos raiškos duomenyse, naudoti lokacijų informaciją tos pačios vietovės žemos skyros taškų debesyse
4. Atlikti mašininio mokymosi eksperimentą medžių lokacijų aptikimui, naudojant „savęs prižiūrimo mokymosi“ metodus, palyginti skirtingų duomenų šaltinių įtaką.