



**Vilniaus
universitetas**

**Vilniaus
universitetas**

Autonominis nežinomos patalpų aplinkos-terpės išžvalgymas mažais bepiločiais orlaiviais

Mantas Briliauskas
Vilnius, 2026
IV metai I pusmetis

Doktorantūra

Doktorantas: Mantas Briliauskas

Tema: Autonominis nežinomos patalpų aplinkos-terpės išžvalgymas mažais
bepiločiais orlaiviais

Darbo vadovas: prof. dr. Virginijus Marcinkevičius

Doktorantūros pradžios ir pabaigos metai: 2022 – 2026

Studijų metai: 4

Studijų planas

Studijų metai	Egzaminai		Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos					
	Planas	Įvykdyta	Tarptautinėse		Nacionalinėse		Su citav. rodikliu			Be citav. rodiklio		
			Planas	Įvykd.	Planas	Įvykd.	Planas	Įvykd.	Būklė	Planas	Įvykd.	Būklė
I (2022/2023)	1	2	0	0	1	2	0	0				
II (2023/2024)	2	2	0	0	1	0	0	1	išspausdinta			
III (2024/2025)	1	0	1	1	0	0	1	0				
IV (2025/2026)			1	įteikta			1	0				
Iš viso:	4	4	2	1	2	2	2	1				

Ataskaitinių metų darbo planas ir jo įvykdymas

Dalyvavimas konferencijose 2025/2026		
Planas	Įvykdyta	Konferencijos tipas
1	0 (įteikta).	ICNCE 2026, Aacheno universitetas Vokietijoje, birželio 28 - liepos 2d.

Publikacijos (su citavimo rodikliu) 2025/2026		
Planas	Įvykdyta	Žurnalas
1	0 (rezultatai gauti, ruošiamas).	

Doktorantūros studijų pasiekimai

Dalyvavimas tarptautinėse konferencijose	
	Aprašas
1.	Briliauskas M., Autonomous Exploration of 3D Indoor Environment by UAVs Using Deep Reinforcement Learning, PhD Forum, ECML PKDD '24, 2024 m. rugsėjo 9–13 d., Vilnius.

Publikacijos (su citavimo rodikliu)		
	Bibliografinis aprašas	Būklė
1.	Briliauskas, Mantas. Learning stabilization control of quadrotor in near-ground <u>setting</u> using reinforcement learning, Information technology and control. Kaunas : Technologija. ISSN 1392-124X. eISSN 2335-884X. 2024, vol. 53, no. 1, p. 237-242. DOI: 10.5755/j01.itc.53.1.35135.	<u>Publikuota.</u> <u>Išspausdinta: 2024-03-22.</u>

Mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

3.	Atskirų daktaro disertacijos dalių (tyrimo metodikos, rezultatų, ginamų teiginių, išvadų, ir kt.) parengimas: 1. Tikslų, uždavinių, tyrimo metodikos, ginamųjų teiginių patikslinimas. 2. Analitinės disertacijos dalies parengimas.	2025 m. rugsėjo mėn. – 2026 m. kovo mėn.	1. Empirinio tyrimo apibendrinimas. 2. Rezultatų apibendrinimas, esminių rezultatų išskyrimas. 3. Tikslų, uždavinių, tyrimo metodikos, ginamųjų teiginių patikslinimas.
	3. Teorinės disertacijos dalies parengimas. 4. Eksperimentinės disertacijos dalies parengimas. 5. Bendrųjų išvadų formulavimas.	2026 m. kovo mėn. – 2026 m. gegužės mėn.	

Tyrimo objektas, tikslas ir uždaviniai

Objektas:

- autonominio nežinomos patalpų aplinkos-terpės išžvalgymo algoritmai mažiems bepiločiams orlaiviams panaudojant skatinamąjį mokymą.

Tikslas:

- sukurti efektyvų algoritmą autonominiam nežinomos patalpų aplinkos-terpės išžvalgymui skirtą mažiems bepiločiams orlaiviams panaudojant skatinamąjį mokymą.

Uždaviniai:

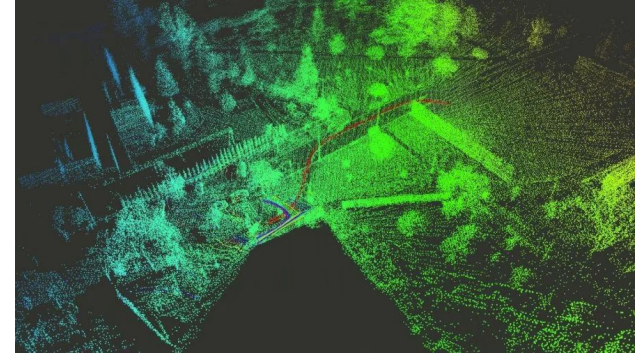
- pažangiausių autonominio nežinomos patalpų aplinkos-terpės išžvalgymo algoritmų apžvalga ir palyginimas;
- skatinamojo mokymo taikymas mažo bepiločio orlaivio stabilizavimui mažame aukštyje;
- pažangiausio algoritmo modifikavimas sukuriant naują algoritmą;
- sukurto algoritmo palyginimas su pažangiausiu algoritmu.

SLAM

Angl. *Simultaneous Localization and Mapping*

Tikslas - sudaryti aplinkos žemėlapij ir nustatyti roboto lokaciją jame, robotui judant nežinomoje erdvėje:

1. priimama sensorių informacija;
2. įvertinamas judesio modelis;
3. atliekamas pozicijos filtravimas:
 - a. KF, EKF, dalelių filtrai (*particle filters*);
4. atnaujinamas aplinkos žemėlapis.



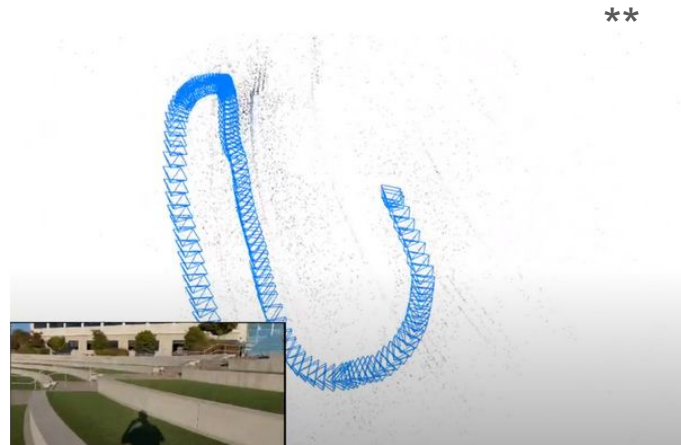
Deep Patch Visual Odometry *

Ypatybės:

- automatinis požymių išskyrimas ir tapatinimas panaudojant NN;
- globali optimizacija paremtas faktorių grafais;
- skaičiavimai atliekami GPU;
- atsparus staigiems judesiams;
- 15 FPS.

* Lipson et al., Deep Patch Visual SLAM, European Conference on Computer Vision, 2024.

** <https://github.com/princeton-vl/DPVO>



Active SLAM

Vilniaus
universitetas

SLAM + automatinis tinklo parinkimas ir navigacija.

Duota: drono ir orientyrų pozicijos.

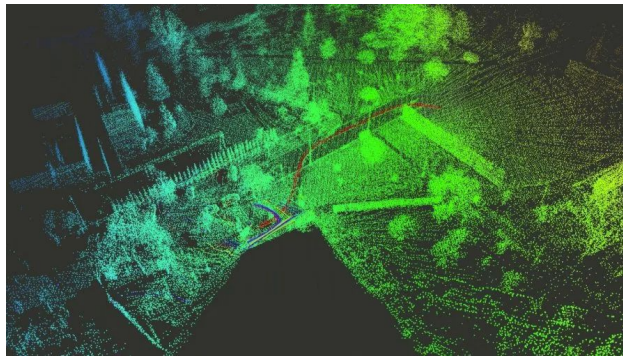
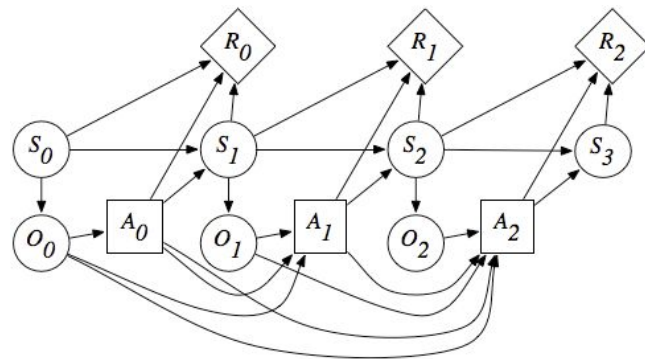
Active SLAM:

1. tikslų-kandidatų parinkimas;
2. tikslų-kandidatų įvertinimas;
3. tikslo parinkimas;
4. planavimas ir navigacija.

Iki:

1. išžvalgyta apibrėžta aplinkos dalis;
2. žemėlapių neapibrėžtumas (*uncertainty*) žemiau užsibrėžtos ribos;
3. baigiasi užduočiai skirtas laikas ($t > T$).

Išžvalgymo-eksplotacijos (angl. *exploration-exploitation*) problema.



Duomenų rinkiniu pagrįstas RL

Angl. *offline RL*

1. Duomenų rinkinio paruošimas vykdant strategiją β

Simuliuojant ir vykdant strategiją β :

$$\mathbf{D}_\beta = \{\tau_i\}_k$$

$$\tau_i = \{s_0, a_0, r_0, s_1, a_1, \dots, a_{t-1}, r_{t-1}, s_t\}_{\tau_i}$$

$$a_t \sim \beta(s_t)$$

2. α strategijos mokymas

Duota: $\mathbf{D}_\beta$

Rasti: $\alpha = \operatorname{argmax}_\pi \mathbb{E}_{a \sim \pi} G$

Su tikslu: $\mathbb{E}_{a \sim \alpha} G > \mathbb{E}_{a \sim \beta} G$

Mokymas - be simuliacijos

Apdovanojimo funkcija pagal retojo taškų debesies registraciją

Duota: P_{src} , P_{tgt} .

Apskaičiuoti: $\arg\max T_{reg} \text{score}(T_{reg} P_{src}, P_{tgt})$.

T_{reg} - homogeninė transformacijos matrica.

Score (coverage, precision).

Pasiūlytas pilnas ir sutrumpintas metodai reto taškų debesies registracijai:

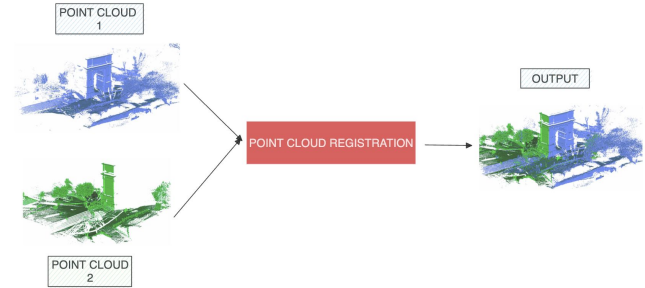
1. DPVO ašių atstatymas;
2. Išskirčių pašalinimas;
3. Centravimas;
4. Pirminis mastelio keitimas;
5. ICP**,
6. CPD***.

Sutrumpintas metodas - perpanaudojant $T_{reg(t-1)}$.

* <https://www.thinkautonomous.ai/blog/point-cloud-registration/>

** <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01427149>

*** <https://arxiv.org/abs/0905.2635>



*/**

Modeliu-Grįstas Skatinamasis Mokymas

1. RL aplinkos modeliavimas

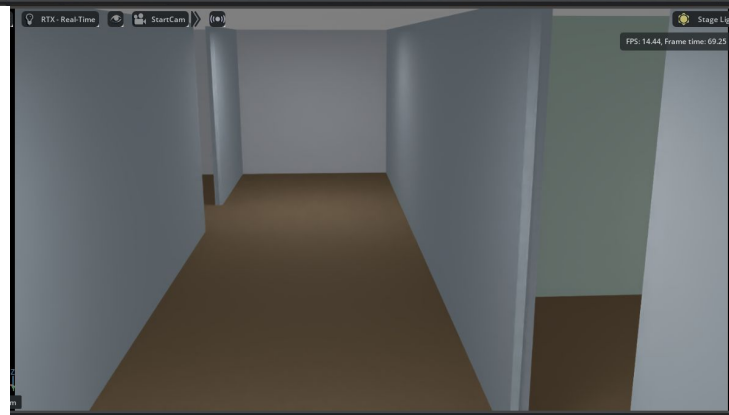
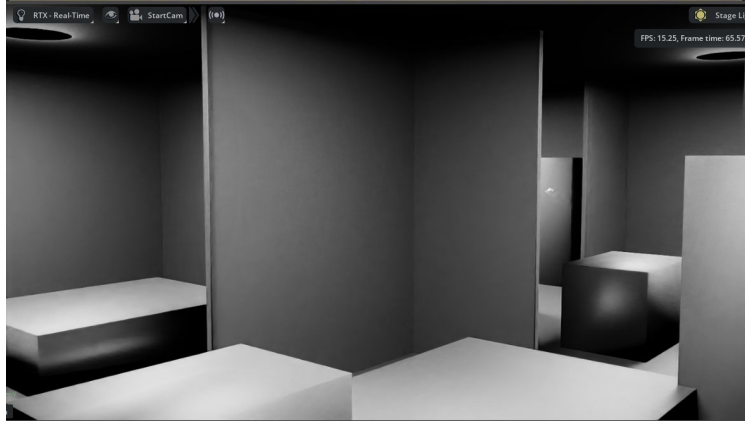
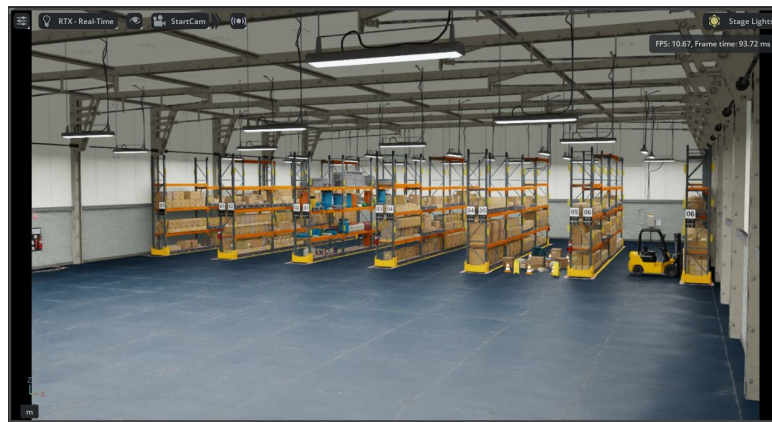
- 1) Išmokstamas pasaulio modelis latentinėje erdvėje:
 - $z_t = \text{enc}(s_t)$;
 - $z_{t+1} = \text{dyn}(z_t, a_t)$;
 - $r_{t+1} = \text{rew}(z_t, a_t, z_{t+1})$.
- 2) Mažiau tikrų sąveikų su aplinka.

2. Planavimas latentinėje erdvėje

- 1) Ieškoma trajektorija su didžiausia numatoma grąža.
- 2) “Slenkančio horizonto” metodas:
 - įvykdomas tik pirmasis veiksmas.

4 aplinkos

Vilniaus
universitetas

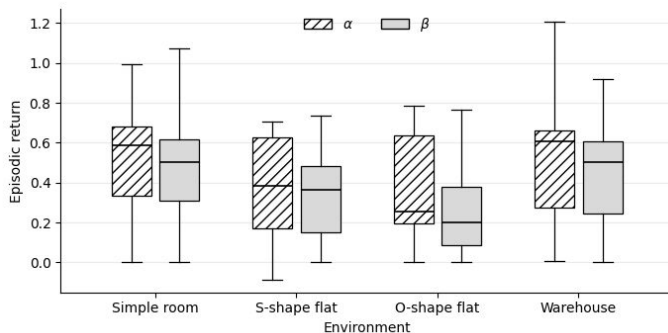


Rezultatai

Duomenų rinkinys: 4468-34662 žingsniai per aplinką

Pagerinimas:

nuo **+12.8%** iki **+62.9%**, vid. **+22.7%** per visas testuotas aplinkas



2025/2026 II pusmečio planas

1. Rezultatų publikavimas žurnale turinčiame *impact factor*.
2. Rezultatų pristatymas konferencijoje.
3. Disertacijos parengimas.

Ačiū už dėmesį.