Vilniaus universitetas

Vilniaus universitetas

Autonominis nežinomos patalpų aplinkos-terpės iššvalgymas mažais bepiločiais orlaiviais

Mantas Briliauskas

Vilnius, 2025

III metai I pusmetis

Doktorantūra

Vilniaus universitetas

Doktorantas: Mantas Briliauskas

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

Darbo vadovas: prof. dr. Virginijus Marcinkevičius

Doktorantūros pradžios ir pabaigos metai: 2022 – 2026

Studijų metai: 3

Studijų planas

Vilniaus universitetas

Studijų metai	Egzaminai			Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos					
				Tarptautinėse		Nacionalinėse		Su citav. rodikliu			Be citav. rodiklio		
	Planas	Įvykdyta	Būklė	Planas	Įvykd.	Planas	Įvykd.	Planas	Įvykd.	Būklė	Planas	Įvykd.	Būklė
I (2022/2023)	1	2	Išlaikyta, 10 / Išlaikyta, 9	0	0	1	2	0	0				
II (2023/2024)	2	2	Išlaikyta, 9 / Išlaikyta, 10	0	0	1	0	0	1	išspausdinta			
III (2024/2025)	**1**	**0**		**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**				
IV (2025/2026)	0			1				1					

Ataskaitinis studijų pusmetis

Vilniaus universitetas

2024/2025 (I pusmetis)	Planas	Įvykdyta	Pastaba
Dalyvavimas tarptautinėse konferencijose	1	ECML PKDD ‘24, 2024 m. rugsėjo 9–13 d., Vilnius	Sudalyvauta
Publikacijos	0	-	

Mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilniaus universitetas

2. Įgyvendintų algoritmų modifikacijos, ar naujų algoritmų kūrimas, sprendžiant apibrėžtus uždavinius. 3. Sukurtų modifikacijų eksperimentinis tyrimas analizuojant jų efektyvumą.	2024 m. spalio mėn. – 2025 m. vasario mėn.	1. Programinės įrangos drono valdymui simuliacijoje (*c++* kalba) ir tyrimo vykdymui (*python* kalba) kūrimas. Sukurtos abstrakčios klasės: a) lokaliai strategijai (angl. *policy*), b) globaliai strategijai, c) tiriamai aplinkai. Sukurtas karkasas sustiprintam mokymui aplinkai iššvalgyti. Įgyvendintos globalios strategijos: a) atsitiktinė b) pasienių (angl. *frontiers*), lokalios strategijos: a) tiesinė, b) RRT*.

Tyrimo objektas, tikslas ir uždaviniai

Vilniaus universitetas

Objektas:

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

Tikslas:

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

Uždaviniai:

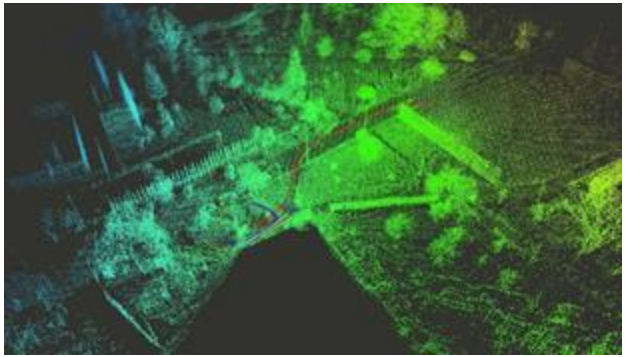
- pažangiausių autonominio nežinomos patalpų aplinkos-terpės iššvalgymo algoritmų apžvalga ir palyginimas;
- skatinamojo mokymo taikymas mažo bepiločio orlaivio stabilizavimui mažame aukštyje;
- pažangiausio algoritmo modifikavimas sukuriant naują algoritmą;
- sukurto algoritmo palyginimas su pažangiausiu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

SLAM

Vilniaus universitetas

Angl. *Simultaneous Localization and Mapping*

Tikslas - robotui judant erdvėje ir panaudojant iš sensorių gautą informaciją sudaryti aplinkos žemėlapį:



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

Active SLAM

Vilniaus universitetas

Active SLAM = SLAM + automatinis tikslo parinkimas ir navigacija.

Duota: drono ir orientyrų pozicijos.

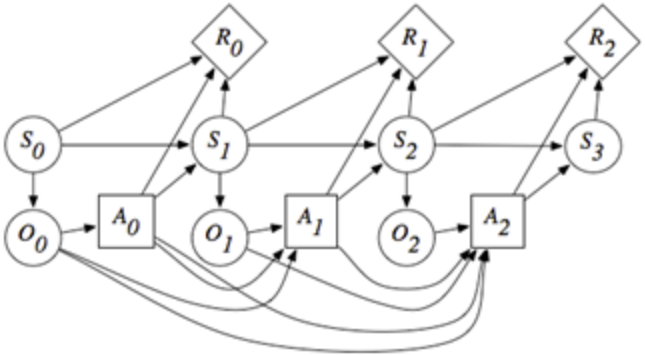
Active SLAM:

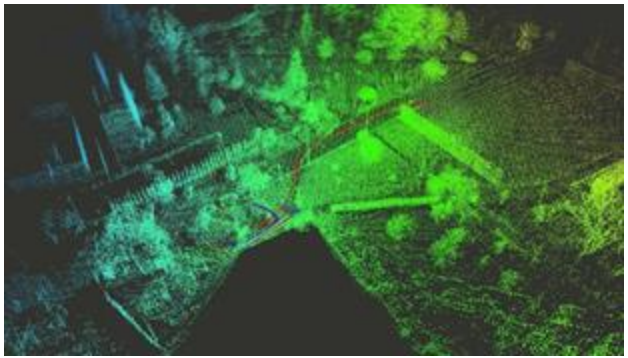
1. navigacijos tikslų-kandidatų parinkimas;
2. navigacijos tikslų-kandidatų įvertinimas;
3. navigacijos tikslo parinkimas;
4. navigacija su SLAM.

Iki:

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

Iššvalgymo-eksploatacijos (angl. *exploration-exploitation*) problema.





Active SLAM

Vilniaus universitetas

Sprendimo sudedamosios dalys:

1. aplinka - simuliatorius arba dronas;
2. SLAM algoritmas;
3. globali strategija (tikslo nustatymas);
4. lokali strategija (planavimas ir navigacija);
5. kliūčių įveikimo algoritmas.

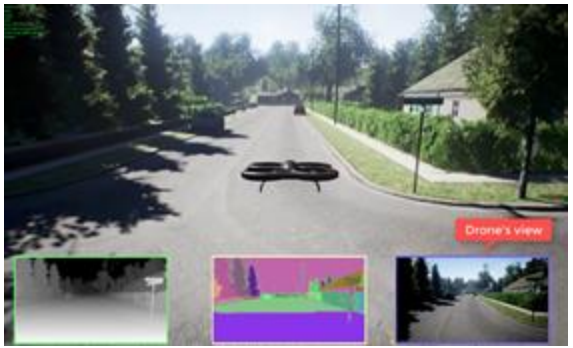
Tyrimo tikslas - pasiūlyti naują globalią strategiją.

Simuliatorius

Vilniaus universitetas

Unreal Engine 5:

- tikrovę atitinkanti grafika;
- atviro kodo;
- žemėlapio kūrimo įrankis *Unreal Editor*;
- “fizikos be grafinio atvaizdavimo” režimas.



*

AirSim (Colosseum):

- įskiepis kvadrotoriaus skrydžio simuliacijai;
- RGB stereo kamera;
- biblioteka kvadrotoriaus valdymui iš python kodo.



**

* https://paperswithcode.com/dataset/airsim
** https://github.com/Sollimann/airsim-client

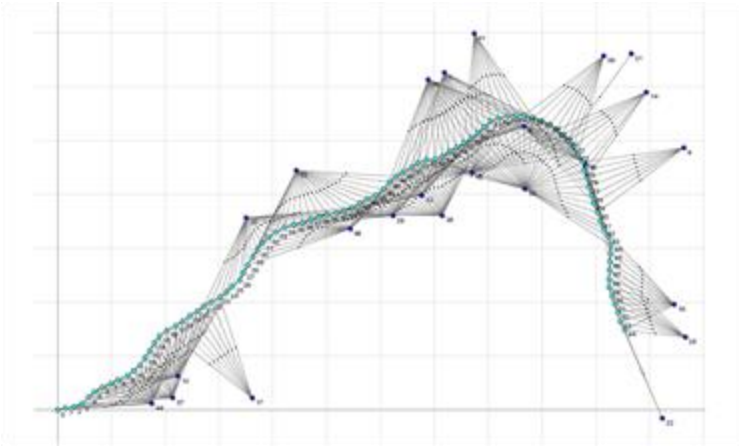
SLAM algoritmas ORB-SLAM3 *

Vilniaus universitetas

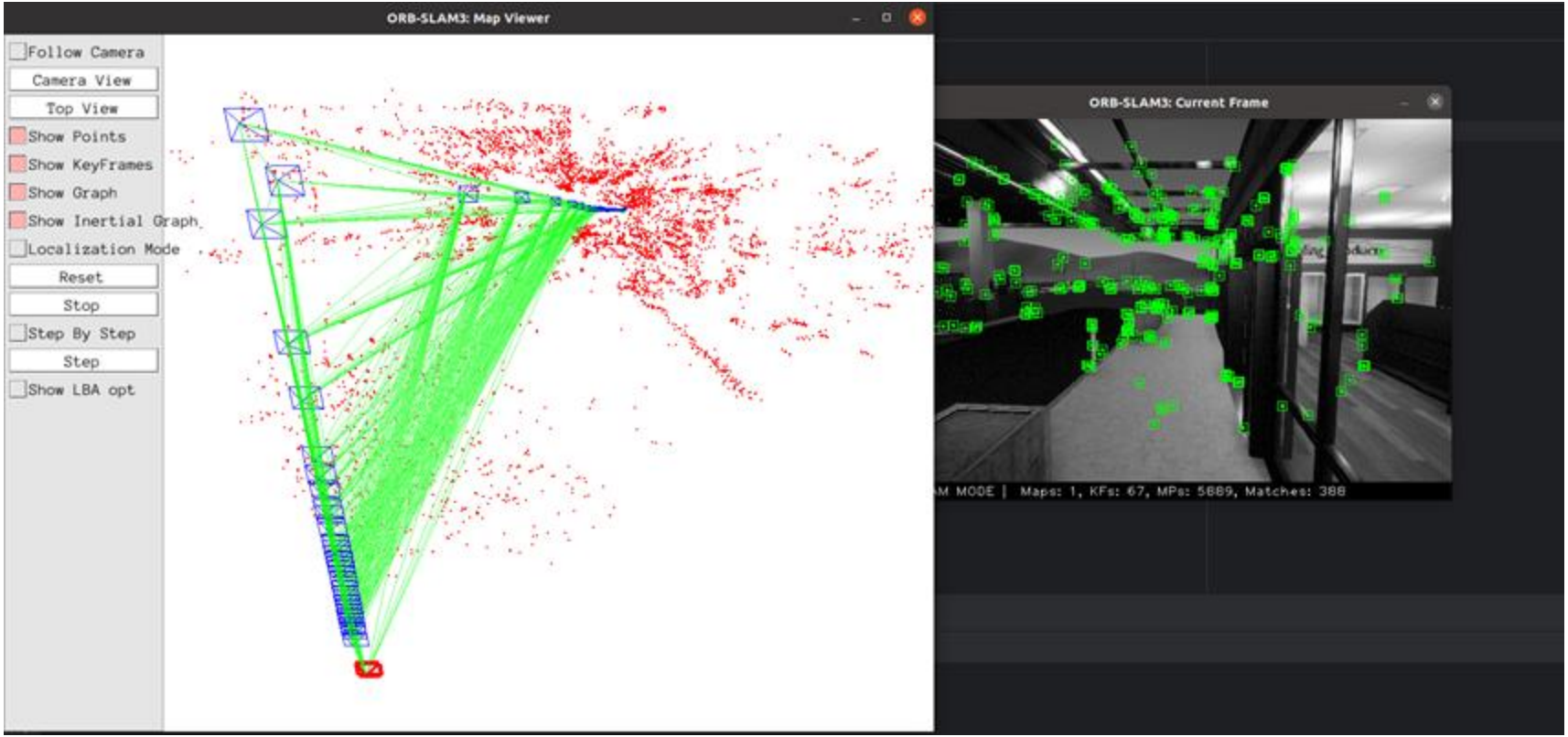
**

Ypatybės:

- paremtas ORB požymiais;
- pritaikytas veikti realiu laiku;
- kameros ir taškų pozicijų optimizacija;
- kontūro (angl. *loop*) uždarymo optimizacija;
- žemėlapių apjungimas.

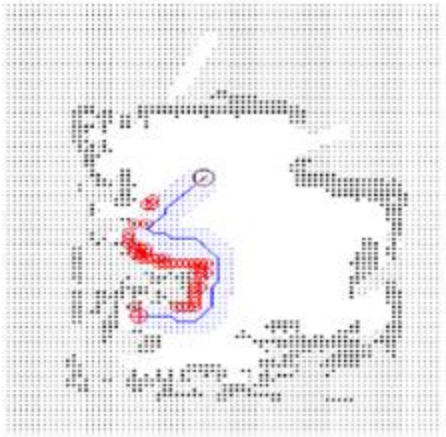


* Campos et al., ORB-SLAM3: An Accurate Open-Source Library for Visual, Visual-Inertial, and Multi-Map SLAM, IEEE Transactions on Robotics, 2021.
** https://gtsam.org/2020/06/01/factor-graphs.html


ORB-SLAM3: Map Viewer
Follow Camera
Camera View
Top View
Show Points
Show KeyFrames
Show Graph
Show Inertial Graph
Localization Mode
Reset
Stop
Step By Step
Step
Show LBA opt
ORB-SLAM3: Current Frame
M MODE | Maps: 1, KFs: 67, MPs: 5889, Matches: 388

Globali strategija

Vilniaus universitetas



*/**

Tikslas - parinkti tašką, į kurį naviguojant surenkamas maksimalus informacijos kiekis (angl. *information gain*).

Erdvė: užimta, neužimta, nežinoma (nežvalgyta).

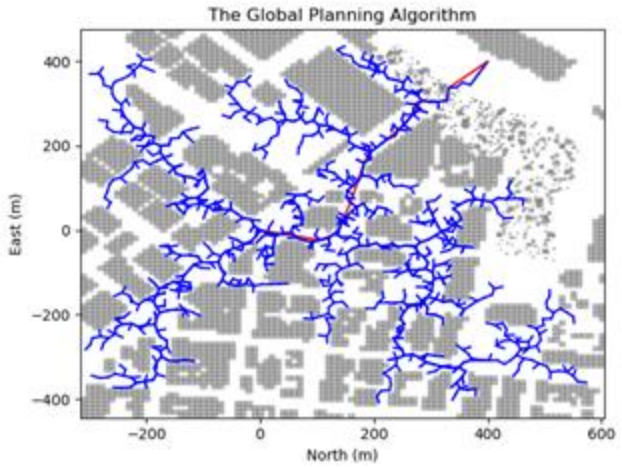
Metodai:

- ✅ atsitiktinis nežinomos erdvės;
- ✅ pasienių (angl. *frontiers*)*;
- ✅ greitai augantis atsitiktinis medis (angl. *rapidly exploring random tree* - RRT)***;
- ✅ tolstančio horizonto (angl. *receding horizon*)****;
- 🚧 RL retame okto-medyje;
- 🚧 RL retame taškų debesyje.

* Yamauchi, B., A Frontier-Based Approach for Autonomous Exploration, IEEE CIRA, 1997.
** Dai et al., FastDepth: Fast Monocular Depth Estimation on Embedded Systems, 2018.
*** LaValle, S. M., Rapidly-Exploring Random Trees: A New Tool for Path Planning, Technical Report TR 98-11, Iowa State University, 1998.
**** Bircher et al., Receding Horizon Next-Best-View Planner for 3D Exploration, ICRA, 2016.

Lokali strategija

Vilniaus universitetas



**

Tikslas - suplanuoti bekliūtį maršrutą iki tikslo taško ir jį įveikti.

Pasirinktas metodas - RRT*:

- Monte Carlo metodas išvengiant kliūčių;
- paprastas įgyvendinti, efektyvus ir 3D;
- nesudėtingos modifikacijos,
  - pvz: *ε-greedy* : su tikimybe ε bandoma artėti tiesiai link tikslo taško.

* LaValle, S. M., Rapidly-Exploring Random Trees: A New Tool for Path Planning, Technical Report TR 98-11, Iowa State University, 1998.
** Aniti, Revisiting an Old Project: Learning the Path Planning RRT Algorithm, 2023. https://www.linkedin.com/pulse/revisiting-old-project-learning-path-planning-rrt-algorithm-aniti-ascfe

2024/2025 II pusmečio planas

Vilniaus universitetas

1. Įgyvendinti algoritmus RL pagrindu;
2. Atlikti algoritmų palyginimą;
3. Parengti pirminę publikacijos versiją;
4. Susirasti stažuotę.

Ačiū už dėmesį.