



Vilnius
universitetas

MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
DUOMENŲ MOKSLO IR SKAITMENINIŲ
TECHNOLOGIJŲ INSTITUTAS

JŪROS EISMO VERTINIMAS NAUDOJANT GILIUOSIUS NEURONINIUS TINKLUS

MARITIME TRAFFIC AWARENESS EVALUATION USING DEEP NEURAL NETWORKS

2020 m. spalio mėn. 1 d. – 2024 m. rugsėjo mėn. 30 d.
III – studijų metai (I pusmetis)

Doktorantas: Robertas Jurkus

Vadovas: dr. Povilas Treigys

Vilnius, 2023



TURINYS

1. Studijų plano vykdymo informacija
2. Mokslinių tyrimų pasiekimai ir disertacijos rengimo etapai
3. Mokslinio tyrimo rezultatai ir planai

— Bendra visų studijų plano vykdymo suvestinė (1)

Studijų metai	Egzaminai ¹	
	Planas	Įvykdyta
I (2020/2021)	2	2
II (2021/2022)	2	1
III (2022/2023)		1 (skola iš II metų)
IV (2023/2024)		
Iš viso:	4	4

¹ Nurodamas egzaminų skaičius.

Bendra visų studijų plano vykdymo suvestinė (2)

Studijų metai	Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos					
	Tarptautinėse ²		Nacionalinėse ³		Su citav. rodikliu ⁴			Be citav. rodiklio ⁵		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta ⁶	Būklė ⁷	Planas	Įvykdyta ⁶	Būklė ⁷
I (2020/2021)	1	1						1	1	Publikuota
II (2021/2022)			1	0				1	0	
III (2022/2023)	1		+ 1 (skola iš II metų)	1	1		Įteikta (gautos pirmos recenzijos)	+ 1 (skola iš II metų)	1	Priimta
IV (2023/2024)	1				1					
Iš viso:	3	1	1	1	2			2	2	

² Nurodomas tarptautinių mokslo renginių, kuriuose pristatyti disertacijos rezultatai, skaičius.

³ Nurodomas nacionalinių mokslo renginių, kuriuose pristatyti disertacijos rezultatai, skaičius.

⁴ Nurodomas publikacijų, kuriuose pateikti pagrindiniai disertacijos rezultatai ir publikuoti Clarivate Analytics Web of Science (CA WoS) referuojamuose ir turinčiuose citavimo rodiklį (Impact Factor) žurnaluose, skaičius ir būklė.

⁵ Nurodomas kitų publikacijų skaičius ir būklė (žurnaluose be citavimo rodiklio arba straipsniai konferencijų medžiagoje).

⁶ Stulpelyje „Įvykdyta“ nurodomi skaičiai tik tuomet, jei publikacija yra priimta ar publikuota.

⁷ Nurodoma publikacijos, pažymėtos stulpelyje „Įvykdyta“, būklė: „Publikuota“, „Priimta“, „Įteikta“, „Įteikta (gautos pirmos recenzijos)“.

Ataskaitinis studijų pusmetis (III: 2022/2023 – I pusmetis)

1.

Egzaminai 2022/2023 (I pusmetis)		
Planas	Įvykdyta	Būklė
Didžiųjų duomenų analitika (2022 m. sausio mėn.)	Didžiųjų duomenų analitika, 2023-02-15	Išlaikyta

Ataskaitinis studijų pusmetis (III: 2022/2023 – I pusmetis)

2.

Dalyvavimas konferencijose 2022/2023 (I pusmetis)

Planas	Įvykdyta	Konferencijos tipas
TVA2022 (2022-11-25, KTU Panevėžys) <i>Disertacijos teorinio tyrimo rezultatų pristatymas konferencijoje</i>	Jurkus R. , Venskus J., Treigys P. „ <i>Laivo tipų įtaka prognozuojant laivo judėjimo trajektoriją naudojant giliuosius rekurentinius neuroninius tinklus</i> “. 22-oji studentų mokslinė konferencija „Technologijų ir verslo aktualijos“ (2022 m. lapkričio 25 d.). KTU Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.	Nacionalinė
ITISE2023* (July 12-14th., 2023, Gran Canaria, Spain) <i>Disertacijos empirinio tyrimo rezultatų pristatymas tarptautinėje konferencijoje</i>		Tarptautinė

* Paruoštas konferencijos pranešimas tema: „Categorical Data Encoding Techniques for Recursive Multi-Step Prediction of Vessel Trajectory“.

Ataskaitinis studijų pusmetis (III: 2022/2023 – I pusmetis)

3.

Publikacijos 2022/2023 (I pusmetis)

Planas	Įvykdyta	Būklė	Publikacijos tipas
TVA2022 (2022-11-25, KTU Panevėžys)	Jurkus R., Venskus J., Treigys P. „Laivo tipų įtaka prognozuojant laivo judėjimo trajektoriją naudojant giliuosius rekurentinius neuroninius tinklus“. 22-oji studentų mokslinė konferencija „Technologijų ir verslo aktualijos“.	<u>Priimta</u> – (žr. 2 priedą) Priėmimo data: 2023-01-04 Publikavimo data: 2023 m. I-II ketv.	P2 - Straipsnis nerecenzuotame konferencijos darbų leidinyje.
Engineering Applications of Artificial Intelligence 		<u>Įteikta</u> (gautos pirmos recenzijos) – (žr. 1 priedą) Įteikimo data: 2022-07-22 Recenzijų gavimo data: 2022-12-19	Turi cituojamumo rodiklį. Web of Science Category Quartile: Q1 Journal Impact Factor: 2021: 7.802

Publikacijų priedai

1 Priedas

[1st revision] Application of Coordinate Systems for Vessel Trajectory Prediction Improvement using a Recurrent Neural Networks

- Reviews completed: 2+
- Review invitations accepted: 2+
- Review invitations sent: 2+

1st revision

Under Review

Last review activity: 17th February 2023

Watch to learn what we're doing behind the scenes

Journal:

Engineering Applications of Artificial Intelligence

Corresponding author:

Robertas Jurkus

First author:

Robertas Jurkus

Date of submission:

22nd July 2022

Manuscript number:

EAAI-22-3177R1

Need more help?

Please visit our [Journal Article Publishing Support Center](#)

2 Priedas

Atsakyti Atsakyti visiems Persiųsti IM

tr 2023-01-04 20:12



šio vartotojo vardu: Studentų konferencija "Techr

Ats.: TVA22 – straipsnis – pastabos/komentaras

Kam Robertas Jurkus

Jeigu kyla problemų dėl šio pranešimo rodymo, spustelėkite čia, kad jis būtų rodomas žiniatinklio naršyklėje.

TVA2022_Jurkus_Venskus_Treigys1.docx
1 MB

Laba diena,

peržiūrėjome jūsų atsiųstą publikaciją dar kartą. Atliktos papildomos korekcijos. Prie šio laiško prisegame galutinį jos variantą.

Patvirtiname, kad jūsų straipsnis priimtas ir bus atspausdintas TVA22 konferencijos pranešimų medžiagoje. Leidinį planuojame išleisti 2023 m. I-II ketvirtį.

Dėkoju, kad dalyvavote studentų mokslinėje konferencijoje, skaitėte pranešimą ir teikėte straipsnį spaudai.

Doktorantūros studijų pasiekimai

Dalyvavimas tarptautinėse konferencijose

Aprašas

1.

R. Jurkus, P. Treigys, J. Venskus: Investigation of Recurrent Neural Network Architectures for Prediction of Vessel Trajectory. In: Information and Software Technologies, Chapter No: 16, Chapter DOI:10.1007/978-3-030-88304-1_16 (2021).

International Conference on Information and Software Technologies (ICIST) 2021
ICIST 2021, 2021 spalio 14-16, KTU, Kaunas

Publikacijos (tik su citavimo rodikliu)

Bibliografinis aprašas

Būklė

1.

EAAI

Įteikta (gautos pirmos recenzijos)

Mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai (1)

Darbo pavadinimas	Atlikimo terminai	Pastabos
<p>Mokslinių tyrimų disertacijos tema apžvalga ir analizė (Lietuvoje ir užsienyje):</p> <ol style="list-style-type: none"> Disertacijos darbo objekto konkretizavimas. Jūros eismo būsenos sąvokos formalizavimas. Jūros eismo būsenos duomenų tyrimas. Giliaisiais rekurentiniais tinklais paremtų architektūrų ir metodologijų nagrinėjimas. Atliktos apžvalgos apibendrinimas ir pateikimas disertacijos analitinės dalies aprašyme. 	<p>2020 m. spalio mėn. – 2021 m. rugsėjo mėn.</p>	<p>Šiame etape analizuoti giliai rekurentiniai neuroniniai tinklai ir atliktas tyrimas su skirtingomis jų architektūromis: fully-connected (simple) recurrent neural network, basic (vanilla), bidirectional, stacked Long Short-Term Memory network, autoencoder, ir gated recurrent unit, siekiant prognozuoti laivo judėjimo trajektoriją jūros eisme. Tyrimo eiga ir rezultatai aprašyti mokslinėje ataskaitoje, apimtis: 15 psl. Trajektorijos prognozės gerinimui atlikti nauji eksperimentai - trajektorijos judėjimo keitimas iš poliarinės koordinatės sistemos į: atstumą ir poslinkio kampą bei Dekarto sistemą (UTM). Rezultatai sisteminami ir rengiamas straipsnis. Paraleliai eksperimentams atliekama mokslinių tyrimų apžvalga Lietuvoje ir užsienyje.</p>
<p>Mokslinio tyrimo vykdymas:</p> <p>2.1. Tyrimo metodikos sudarymas:</p> <ol style="list-style-type: none"> Pagrindžiamas temos aktualumas, nurodoma darbo problema ir suformuluojamas tikslas. Atliekamas uždavinių pasirinkimas bei formulavimas sprendžiamai problemai spręsti. Taikomos metodologijos ar tyrimo metodo pateikimas ir aprašymas. 	<p>2021 m. spalio mėn. – 2021 m. gruodžio mėn.</p>	<p>Darbo aktualumas grindžiamas augančiu jūros eismo srautu (pagal IUMI ataskaitas) ir giliojo mašininio mokymo taikymo galimybėmis, atliekant jūros eismo vertinimą.</p> <p>Keliamas tikslas – laivo eigos prognozė.</p> <p>Sudarytos ir aprašytos 4 metodologijų strategijos eksperimentinėje dalyje, kurios leidžia nustatyti laivo padėties geolokaciją, išskiriant: AIS duomenų panaudojimą su geografinėmis koordinatėmis, delta išvestinių požymių augmentacija, polinės ir Dekarto sistemų taikymą, pastaroji išreiškta universaliaja skersine projekcija (UTM).</p> <p>Mokslinių tyrimų apžvalgos, teorinių ir praktinių žinių taikymas aprašomas mokslinėje publikacijoje, apimtis: 14 psl.</p>
<p>2.2. Teorinis tyrimas:</p> <ol style="list-style-type: none"> Mokslinės ir kitos informacijos analizė ir sisteminimas. Tyrimo metodologijos sudarymas. Erdvės ir laiko duomenų tyrybos metodų taikymas jūros eismo prognozavimui. Giliojo mašininio mokymo taikymas jūros eismo būsenos analizei. 	<p>2021 m. gruodžio mėn. – 2022 m. rugsėjo mėn.</p>	<p>Mokslinės literatūros analizė pateikta mokslinės analizės įvadinėje dalyje.</p> <p>Tyrimo metodologijų taikymas validuojamas Baltijos jūros regione – skirtingais metodais tiriant pozicionavimą erdvėje ir laike.</p> <p>Tyrimo eiga ir rezultatai aprašyti mokslinėje ataskaitoje, apimtis: 17 psl.</p> <p>Papildomai atlikti tyrimai: trajektorijos įvesties ir išvesties ilgio santykio nustatymas; kardinalaus celių didinimo ir sekų maišymo įtaka prognozės tikslumui.</p>

Mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai (2)

	Darbo pavadinimas	Atlikimo terminai	Pastabos
2.	<p>2.3. Empirinis tyrimas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimentinės dalies aprašas. 2. Egzistuojančio metodo realizavimas kuriamo metodo palyginimui. 3. Metodų modifikacijos sukūrimas. 4. Sukurtų modifikacijų eksperimentinis tyrimas ir modifikacijų palyginimas su publikuotais egzistuojančiais metodais. 	2022 m. spalio mėn. – 2023 m. kovo mėn.	<p>Empiriniame tyrime įvertinama skirtingų laivo tipų įtaką jo judėjimo trajektorijai prognozuoti, naudojant giliuosius rekurentinius neuroninius tinklus. Išbandomos kelios skirtingos kategorinių duomenų kodavimo technikos: etikečių (angl. ordinal), fiktyvus (angl. one-hot) ir įterptinis (angl. embedding). Šiame etape naudojami skirtingų laivo tipų duomenys. Papildomai atliekami tyrimai tinklo architektūros lygmenyje – bandant taikyti skirtingas praradimo (angl. loss) funkcijas: MSE, MAE, RMSE, MAPE. Šiomis temomis renkama/nagrinėjama mokslinė literatūra bei rengiami publikacijų straipsniai.</p>
	<p>2.4. Gautų duomenų analizė, apibendrinimas, išvadų parengimas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Teorinio tyrimo apibendrinimas. 2. Empirinio tyrimo apibendrinimas. 3. Rezultatų apibendrinimas, išvadų parengimas. 	2023 m. kovo mėn. – 2023 m. rugsėjo mėn.	
3.	<p>Atskirų daktaro disertacijos dalių (tyrimo metodikos, rezultatų, ginamų teiginių, išvadų, ir kt.) parengimas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tikslų, uždavinių, tyrimo metodikos, ginamųjų teiginių patikslinimas. 2. Analitinės disertacijos dalies parengimas. 3. Teorinės disertacijos dalies parengimas. 4. Eksperimentinės disertacijos dalies parengimas. 5. Bendrųjų išvadų suformulavimas. 	2023 m. spalio mėn. – 2024 m. kovo mėn.	
4.	Daktaro disertacijos parengimas ir svarstymas padalinyje	2024 m. balandžio mėn.	
5.	Daktaro disertacijos gynimas	2024 m. rugsėjo mėn.	

Bendruosius gebėjimus stiprinančios veiklos

MOKSLINĖS INFORMACIJOS IŠTEKLIAI, PAIEŠKA, IR ĮRANKIAI (0,1 ECTS)

MOKSLINIŲ REZULTATŲ PUBLIKAVIMAS PAGAL FORMALAUS VERTINIMO REIKALAVIMUS (0,1 ECTS)

LIETUVOS AKADEMINĖ ELEKTRONINĖ BIBLIOTEKA (eLABa): autoriaus sąsaja (0.15 ECTS)

MOKSLINIŲ TYRIMŲ DUOMENŲ VALDYMO DIRBTUVĖS (0.25 ECTS)

LaTeX (1,25 ECTS)

TRUSTWORTHY AI IN PRACTICE (5 val. ?? ECTS)

AIDA: Trustworthy and ethical AI is currently one of the most discussed topics in relation to responsible development and use of AI systems.

Doktorantūros studijos

Studijų apimtis – ne mažiau nei 33 kreditai (ne mažiau kaip 3 dalykus), 3 kreditai už dalyvavimą bendruosius gebėjimus stiprinančiose veiklose.

Nuolatinės studijos: **30** / **30** ECTS

Studijų dalykai: **4** / **4**

Bendrieji gebėjimai: **3** / **1,85** ECTS (+ AIDA ??)



Mokslinio tyrimo rezultatai (paskutinio pusmečio)

- ❑ Jūros eismo vertinimas – prognozuojant laivo judėjimo trajektoriją;
- ❑ Mokslinės literatūros analizė (giliųjų rekurentinių tinklų ir transporto prognozavimo srityje);
- ❑ Tyrimo duomenų imties papildymas visais laivo tipais esančiais Baltijos jūros regione prie Bornholmo salos;
- ❑ Tyrimų tikslas – įvertinti skirtingų laivo tipų įtaką jo judėjimo trajektorijai prognozuoti;
- ❑ Išbandytos kelios skirtingos (NLP) kategorinių duomenų kodavimo technikos: etikečių (angl. ordinar), fiktyvus (angl. one-hot) ir įterptinis (angl. embedding);
- ❑ Vertinama praradimo (angl. loss) funkcijos įtaka apmokant RNN tinklo architektūrą: MSE, MAE, RMSE, MAPE.



■ Dalykinė sritis

- Tarptautinė jūrų draudimo sąjunga (IUMI) skelbia, kad patiriami nuostoliai dėl įvykusių incidentų, kurių priežastys: prastai apmokyta įgula, įrangos gedimai, oro sąlygos, susidūrimai (~ 10 %)
- 2020 m. jūrų draudimo įmokos buvo 30,0 mlrd. USD t.y. 6,1 proc. daugiau nei 2019 m.
- Pagal 2021 m. verslo sritį kroviniai (angl. cargo) ir toliau sudarė didžiausią dalį: 57,2 proc.
- Laivų tipų klasifikacija:
 - transportiniai;
 - žvejybos;
 - tarnybiniai-pagalbiniai;
 - techniniai.

Problematika

Prognozuojant laivo plaukimo eigą būtų galima įvertinti susidūrimo riziką ar pastebėti neįprastą eismą

Objektas

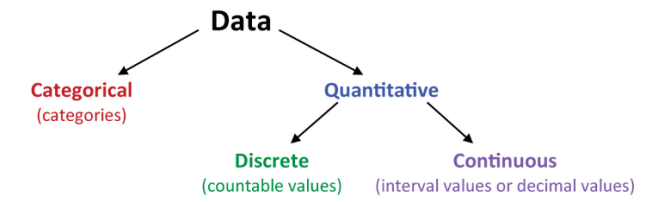
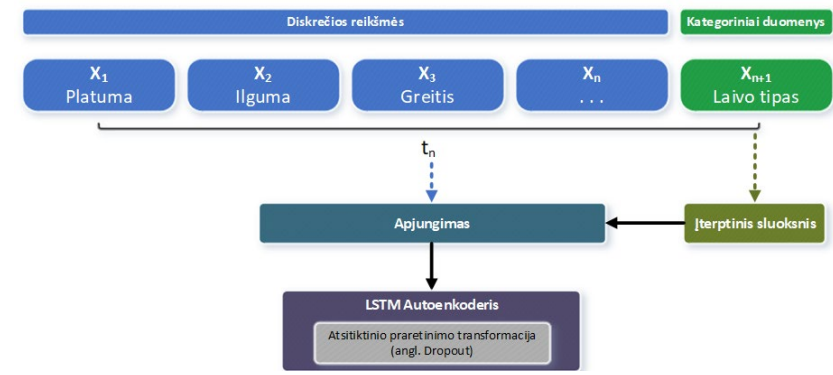
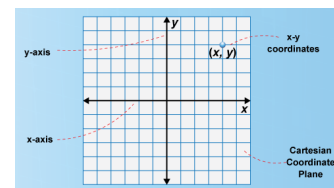
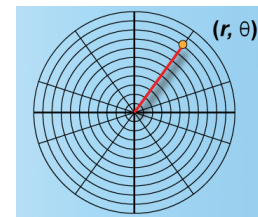
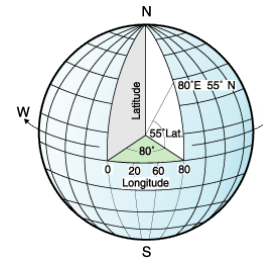
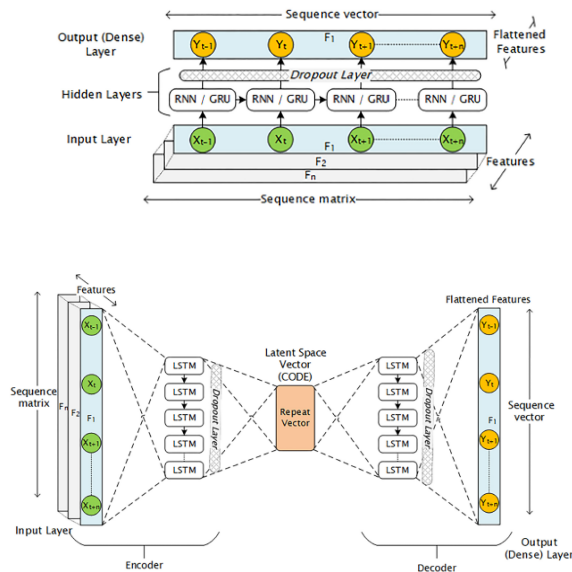
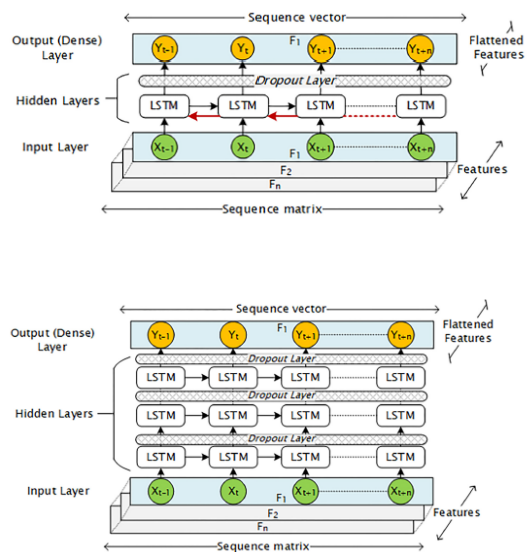
Jūros eismo duomenimis apmokyti gilieji rekurentiniai neuroniniai tinklai (regresinė DI užduotis)

Tikslas

Ištirti giliuosius rekurentinius neuroninius tinklus jūros eismo būsenos stebėsenai – laivo eigos prognozavimui

Tyrimų/Studijų eiga

- Tirtos skirtingos RNN tinklų architektūros; skirtingos koordinatinių sistemų; skirtingai atliekamos prognozės (multi-step: single-shot, recursive); kategoriniai duomenys.



2020/2021
1 Kursas

2021/2022
2 Kursas

2022/2023
3 Kursas

2023/2024
4 Kursas

Vilniaus universitetas

AIS laivo tipų duomenys

- Duomenų šaltinis yra automatinė identifikavimo sistema (AIS).
- Pagrindinės laivo savybės:
 - geografinės koordinatės (platuma, ilguma);
 - greitis (matuojamas mazgais);
 - plaukimo kryptis;
 - laiko eilutės – skirtumas tarp dviejų laiko momentų trajektorijoje (sekundžių tikslumu);
 - platumos ir ilgumos išvestinės (rodančios laiko ir erdvės pokyčius);
 - **laivo tipas.**
- Tyrimai atlikti su 6 mėn. duomenimis (2021–06 iki 2021–12).



Tiriamasis regionas Baltijos jūroje prie Bornholmo salos

Laivų tipai

Nr.	Laivo tipas	Apmokymo / validavimo / testavimo sekų skaičius	Nr.	Laivo tipas	Apmokymo / validavimo / testavimo sekų skaičius
0	Taršą valantys	183 / 34 / 30	13	Pramoginiai	5 885 / 1 197 / 1 225
1	Krovininiai	319 548 / 68 664 / 68 446	14	Uosto priežiūros	584 / 136 / 129
2	Nardymo	771 / 140 / 172	15	Rezerviniai	1 786 / 377 / 374
3	Žemsiurbės	17 014 / 3 694 / 3 559	16	Paieškos ir gelbėjimo	5 370 / 1 196 / 1 183
4	Žvejybos	12 346 / 2 675 / 2 757	17	Burlaiviai	7 270 / 1 538 / 1 580
5	Biriųjų krovinių	11 150 / 2 364 / 2 403	18	Atsarginiai 1	138 / 35 / 35
6	Teisėsaugos	5 851 / 1 261 / 1 239	19	Atsarginiai 2	2 193 / 461 / 462
7	Medicininiai	0 / 0 / 0	20	Tanklaiviai	93 471 / 19 933 / 19 830
8	Kariniai	4 356 / 947 / 917	21	Traukiantys vilkikai	2 096 / 448 / 490
9	Neutralūs	1 743 / 396 / 368	22	Masyvūs vilkikai	1 635 / 355 / 372
10	Kiti tipai	46 856 / 9 901 / 10 068	23	Stumdantys vilkikai	26 645 / 5 785 / 5 831
11	Keleiviniai	78 518 / 16 769 / 16 838	24	Nenustatyti	9 296 / 2 004 / 2 051
12	Locmanų kateriai	5 546 / 1 175 / 1 138	25	Ekranoplanai (WIG)	257 / 53 / 43
Iš viso		Apmokymo (70 %): 660 508	Validavimo (15 %): 141 538		Testavimo (15 %): 141 538

Laivo tipų pasiskirstymas duomenų imtyje

**Vilniaus
universitetas**

Laivų tipai duomenų imtyje

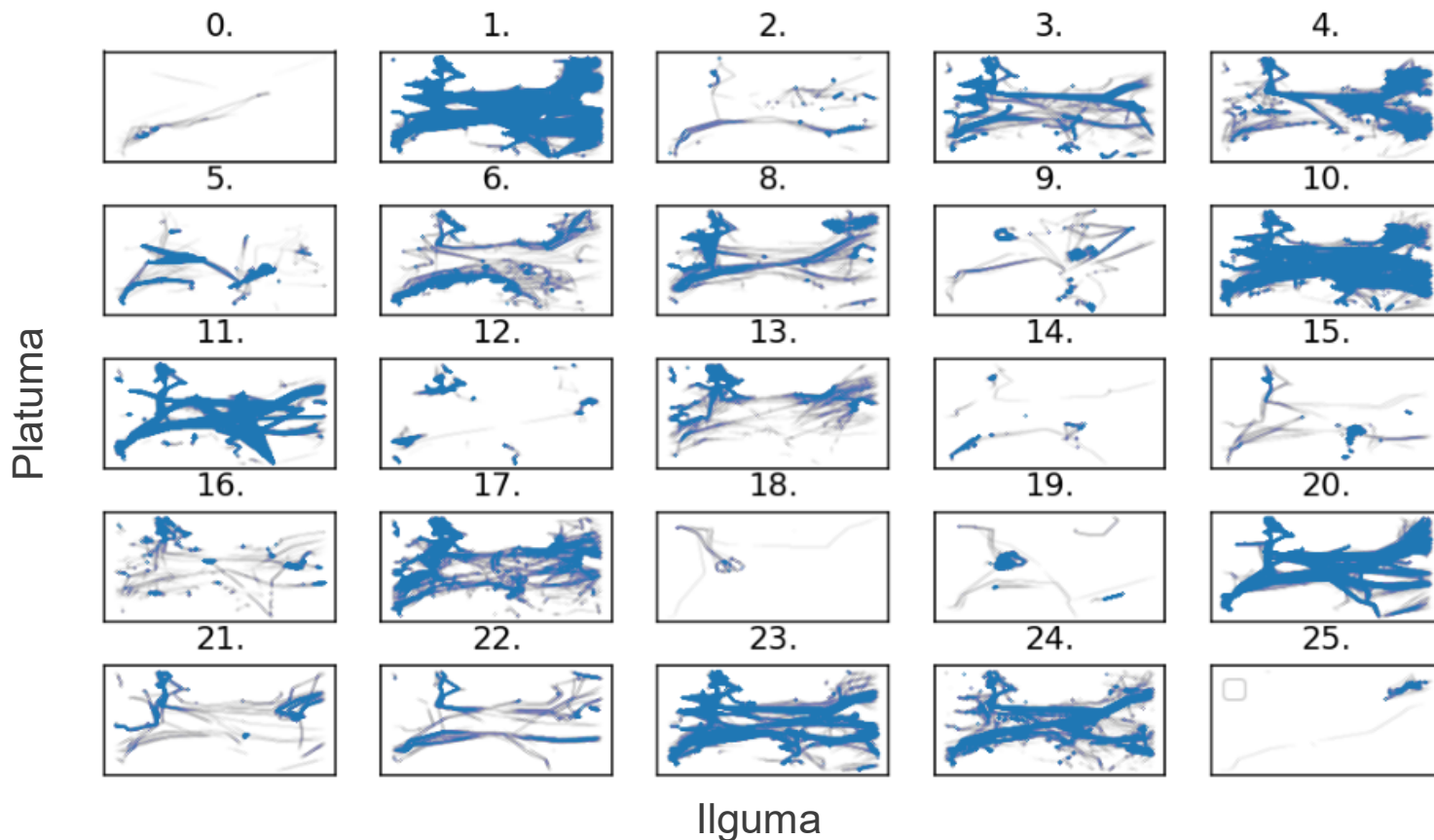
➤ Intensyviausias:

- 1. krovininiai;
- 10. kitų tipų laivai;
- 11. keleiviniai;
- 20. tanklaiviai.

➤ Specifinis:

- 0. taršą valantys;
- 14. uosto priežiūros;
- 18. ir 19. atsarginiai;
- 25. ekranoplanai.

Eismo intensyvumas pagal laivo tipą



■ Kategorinių duomenų transformacijos būdai

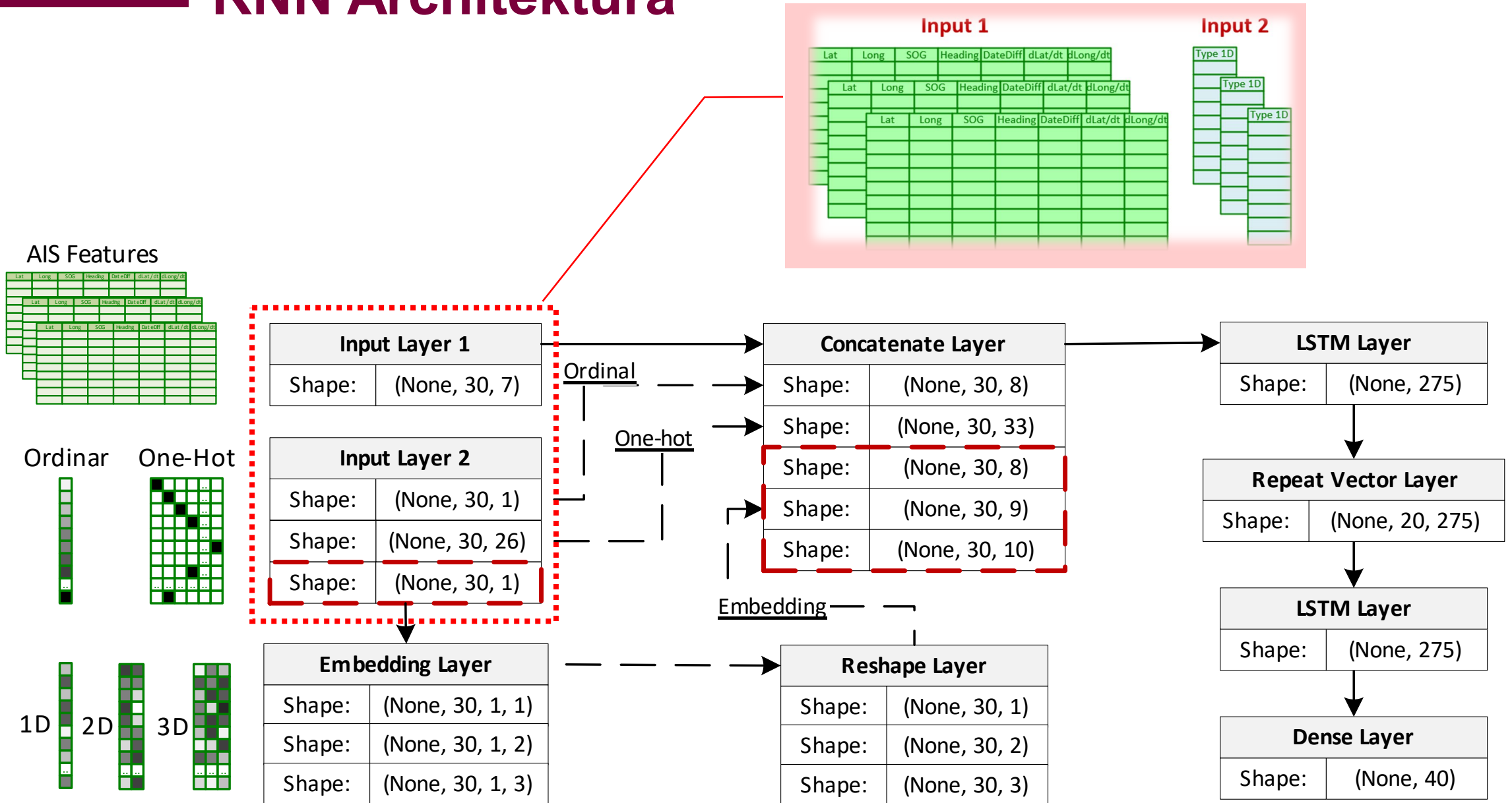
➤ Dviejų tipų kintamieji:

- diskretūs – dažniausiai begalinį skaičių galimų reikšmių, pavyzdžiui, laivo požymius: greitis, judėjimo kryptis, ilgumos ir platumos koordinatės ir kt.;
- kategoriniai – tai atskiri kintamieji, naudojami duomenims skaidyti pagal tam tikras charakteristikas, pavyzdžiui, laivo tipai: krovininiai, keleiviniai, kariniai, žvejybos ir pan.

➤ Įprastai pritaikomos transformacijos:

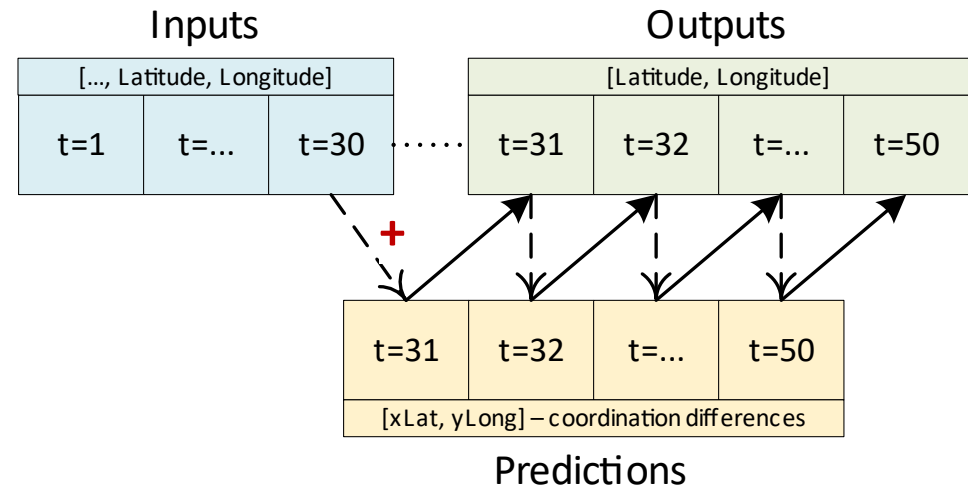
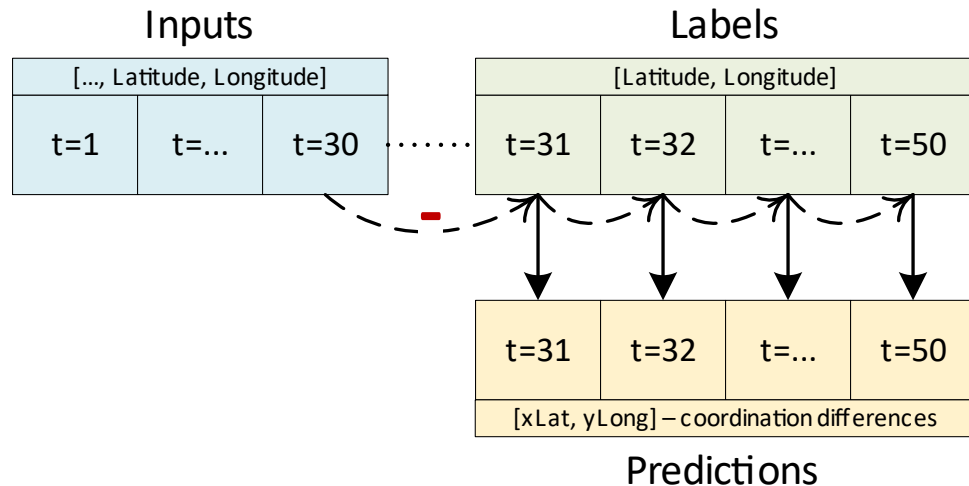
- etikečių kodavimas (angl. *label encoding*), tai procesas, kurio metu kiekviena kategorijos reikšmė konvertuojama į sveikojo skaičiaus reikšmę.
- fiktyvus kodavimas (angl. *one-hot encoding*), tai procesas užkoduojantis kategorijas dvejetainėje sistemoje ir sukuriantis naujus požymius, priskiriant atitinkamai kategorijai vienetą, o kitoms nulį.
- įterptinis kodavimas (angl. *embedding*), tai procesas mažinantis duomenų matmenis ir išsaugantis semantinius kategorijų ryšius. Teigiamus sveikuosius skaičius paverčia fiksuoto dydžio vektoriais.

RNN Architektūra



Rekursinė kelių žingsnių prognozė

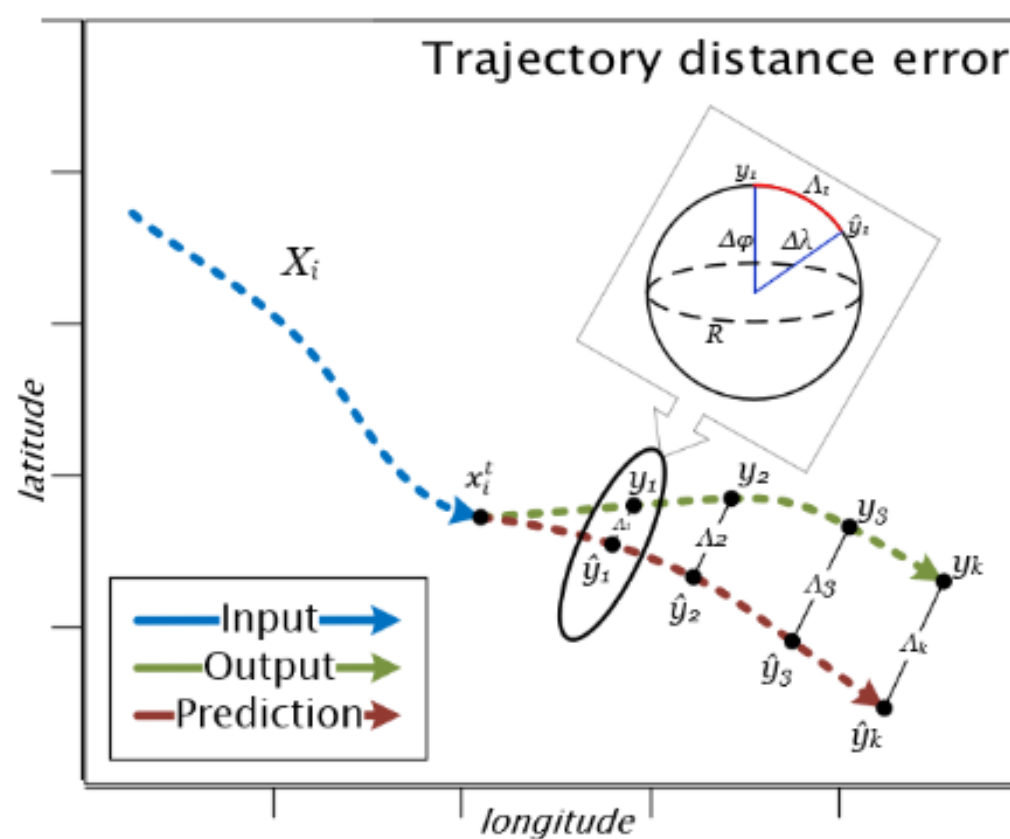
- Recursive Multi-Step Prediction.
- Tinklo prognozė: $[xLat, xLong]$ vektoriai – apskaičiuoti iš trajektorijos įvesties ir išvesties dalių.
- Koordinačių išvestis gaunama iš prognozės sekos $[xLat, xLong]$ rekursiškai.



Išvestinė MAEH funkcija

- MAEH – vidutinė haversinio atstumo absoliučioji paklaida
- Paskaičiuotas tikrosios ir prognozuojamos trajektorijos atstumo paklaida (haversinės funkcijos atstumu):

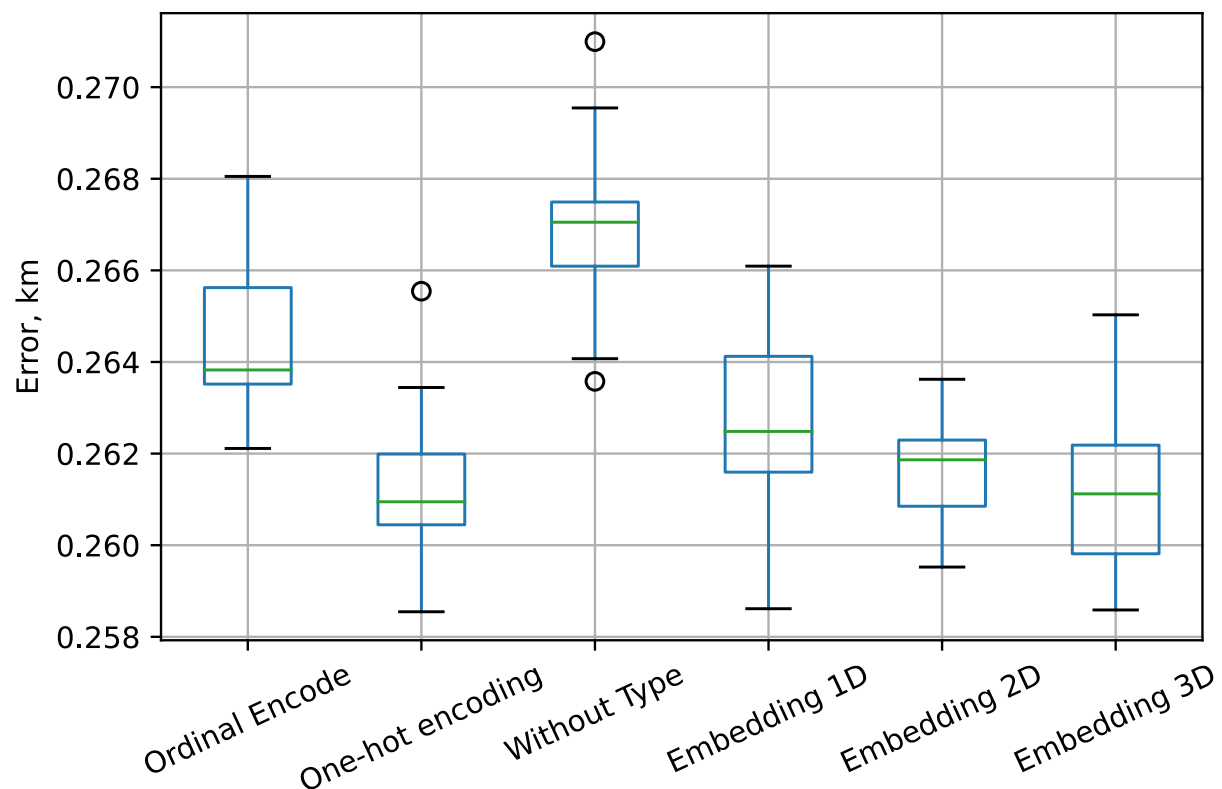
$$MAEH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |havarsine(y_i - \hat{y}_i)|$$



Rezultatai

- Tikslumas pagerėja visomis technikomis.
- Išskirtinai: one-hot ir embedding 2D atvejai.

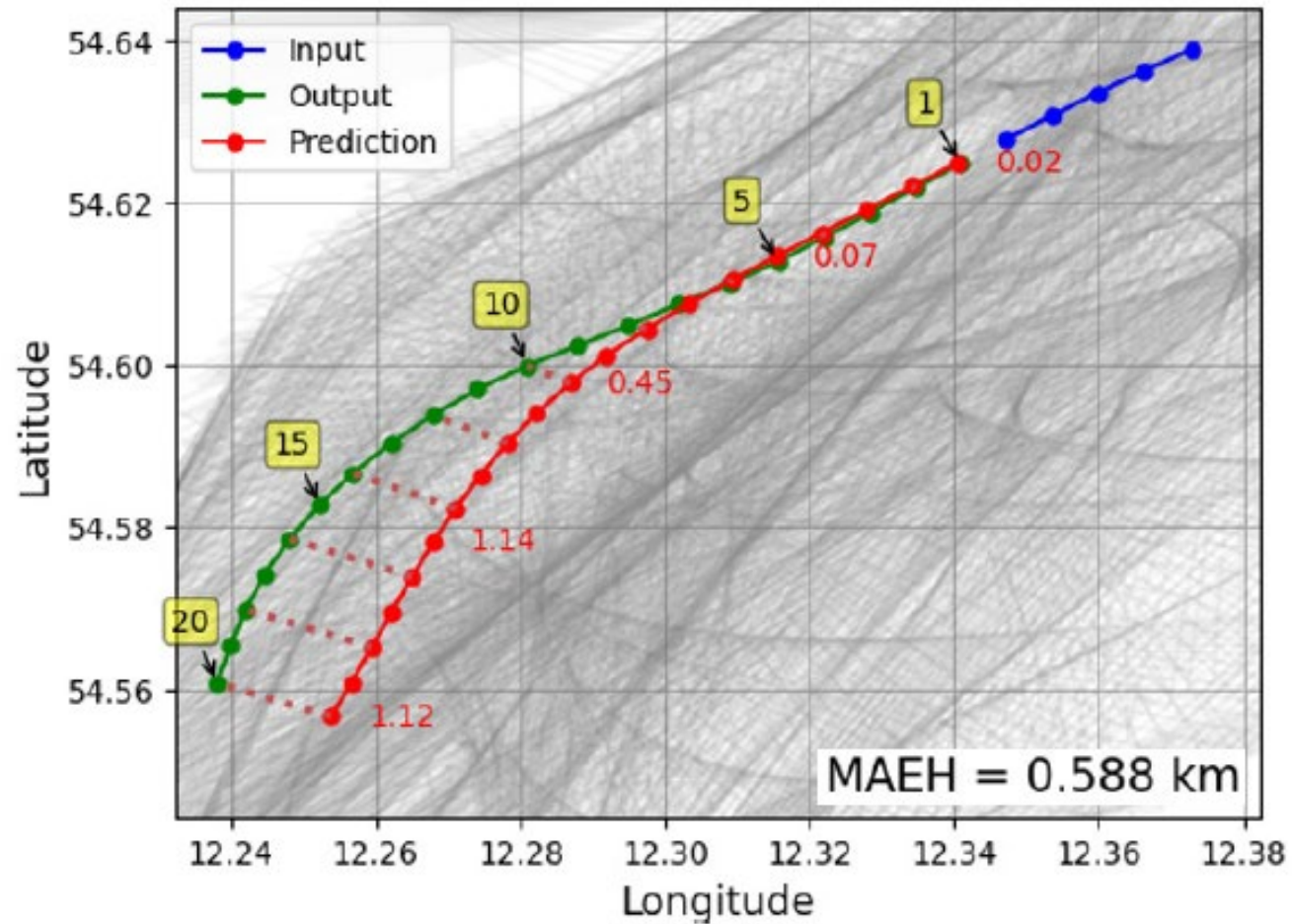
Pakartotinių bandymų MAEH paklaidos



Įterptojo sluoksnio vidurkių paklaidos

Metric	Embed 1D	Embed 2D	Embed 3D
MAEH	0.26252	0.26162	0.26124
MSE	2.51E-05	2.49E-05	2.47E-05
RMSE	0.00488	0.00485	0.00483
MAE	0.002046	0.002039	0.002036
MAPE	0.000110	0.000110	0.000109

Laivo judėjimo prognozė atsitiktinėje trajektorijoje



Mokslinio tyrimo planai

- ❑ Idėja: analizuoti laivų susidūrimo rizikas ir prevencinius modelius;
- ❑ Prognozės tikslumo gerinimas, susijusių architektūrų bei metodologijų analizė;
- ❑ Trajektorijų klasifikacija pagal plaukimo kryptį;
- ❑ Vykdomi kiti studijų plane užsibrėžti tikslai:
 - ❑ Numatyta konferencija ITISE 2023;
 - ❑ Naujos publikacijos rengimas.





Vilnius
universitetas

Ačiū už dėmesį.

Robertas Jurkus

Doktorantas

robertas.jurkus@mif.vu.lt