



**Vilnius
University**

Skaitmeninių signalų tyrimas ir modeliavimas audinio vėžinėms zonoms aptikti skirtinguose MRI modalumuose.

Doktorantas: Aleksas Vaitulevičius

Vadovas: Prof. Povilas Treigys

Mokslo kryptis: N009 Informatika

Studijų laikotarpis: 2021 – 2025 m.

Studijų metai: 2023/2024

- Tyrimo objektas ir tikslas
- Tyrimo uždaviniai
- Visų studijų planas ir jo vykdymo suvestinė
- Ataskaitinio pusmečio planas ir jo įvykdymas
- Informacija apie tarptautinius renginius ir publikacijas, kuriose pateikti pagrindiniai disertacijos rezultatai (straipsniai tik su citavimo rodikliu)
- Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai
- Gauti moksliniai rezultatai
- Kito pusmečio darbo planas

- **Objektas:**
 - Magnetinio rezonanso tomografijos (angl. Magnetic Resonance Imaging MRI) T2W (angl. T2-weighted), ADC (angl. apparent diffusion coefficients) ir DWI (angl. diffusion weighted images) modalumo nuotraukos.
 - Mašininio mokymosi algoritmai vėžinėms zonoms aptikti prostatoje.
- **Tikslas:** Nustatyti vėžinės zonos aptikimo galimybes naudojantis mašininio mokymosi metodais.

- Atlikti literatūros apžvalgą. Šioje apžvalgoje apžvelgti straipsnius, kuriuose yra tiriami vėžinių zonų prostatoje aptikimo metodai arba tarpiniai uždaviniai skirti vėžinių zonų aptikimui. Apžvelgiami straipsniai kuriuose pateikiami tyrimai naudoja T2W, ADC ir/arba DWI MRI modalumus.
- Sukurti naują arba modifikuoti esamą veiksmų seką, kuri, naudodama mašininio mokymosi metodus, aptiktų vėžines zonas prostatoje.
- Empiriniais eksperimentais nustatyti sukurtos/modifikuotos veiksmų sekos parametrus, su kuriais yra pasiekiami aukščiausi tikslumo matai.
- Empiriniais eksperimentais palyginti sukurtos/modifikuotos veiksmų seką su kitais metodais, skirtais vėžinėms zonoms aptikti prostatoje.

Visų studijų planas ir jo vykdymo suvestinė

Studijų metai	Egzaminai	
	Planas	Įvykdyta
I (2021/2022)	2	2
II (2022/2023)	2	2
III (2023/2024)	0	0
IV (2024/2025)		
Iš viso:	4	4

Studijų metai	Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos					
	Tarptautinėse		Nacionalinėse		Su citav. rodikliu			Be citav. rodiklio		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Būklė	Planas	Įvykdyta	Būklė
I (2021/2022)	0	1	1	0				1	2	Publikuota
II (2022/2023)	1	0	0	2				1	0	
III (2023/2024)	1	0			1	1	Priimta			
IV (2024/2025)	1				1					
Iš viso:	3	1	1	2	2	1		2	2	

Ataskaitinio pusmečio planas ir jo įvykdymas

Egzaminai 2023/2024 (II pusmetis)

Planas	Įvykdyta	Būklė

Dalyvavimas konferencijose 2023/2024 (II pusmetis)

Planas	Įvykdyta	Konferencijos tipas

Publikacijos 2023/2024 (II pusmetis)

Planas	Įvykdyta	Būklė	Publikacijos tipas
1	Aleksas Vaitulevičius, Jolita Bernatavičienė, Jurgita Markeviciute, Ieva Naruševičiūtė, Mantas Trakymas and Povilas Treigys “Advancements in Prostate Zone Segmentation: Integrating Attention Mechanisms into the nnU-Net Framework” <i>Machine Learning: Science and Technology</i> .(2024) https://doi.org/10.1088/2632-2153/ad7f24	Priimta: 2024-09-24	IOPScience: <i>Machine Learning: Science and Technology</i> WoS. <i>Impact Factor: 6.3, Q1 (2023)</i>

Informacija apie tarptautinius renginius ir publikacijas

Dalyvavimas tarptautinėse konferencijose

	Aprašas
1.	<p>Autoriai: Vaitulevičius, A., Treigys, P., Bernatavičienė, J., Surkant, R., Markevičiūtė, J., Narusevičiūtė, I., Trakymas, M.</p> <p>Pristatymo pavadinimas: DCE MRI Modality Investigation for Cancerous Prostate Region Detection: Case Analysis</p> <p>Konferencijos pavadinimas: WSCG 2022</p> <p>Data: 2022 metų Gegužės 17-20 dienomis</p> <p>Vieta: Čekija, Pilzenas</p>

Publikacijos (tik su citavimo rodikliu)

Bibliografinis aprašas	Būklė
Aleksas Vaitulevičius, Jolita Bernatavičienė, Jurgita Markeviciute, Ieva Naruševičiūtė, Mantas Trakymas and Povilas Treigys “Advancements in Prostate Zone Segmentation: Integrating Attention Mechanisms into the nnU-Net Framework” <i>Machine Learning: Science and Technology</i> .(2024) https://doi.org/10.1088/2632-2153/ad7f24	Priimta: 2024-09-24

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilnius
University

Darbo pavadinimas	Atlikimo terminai
Atskirų daktaro disertacijos dalių (analizės rezultatų, ginamų teiginių, išvadų ir kt.) parengimas: <ol style="list-style-type: none">Tikslų, uždavinių, tyrimo metodikos, ginamųjų teiginių patikslinimas.Analitinės disertacijos dalies parengimas.Teorinės disertacijos dalies parengimas.Eksperimentinės disertacijos dalies parengimas.Bendrųjų išvadų suformulavimas.	2024 m. gegužė – 2025 m. kovas

Gauti moksliniai rezultatai

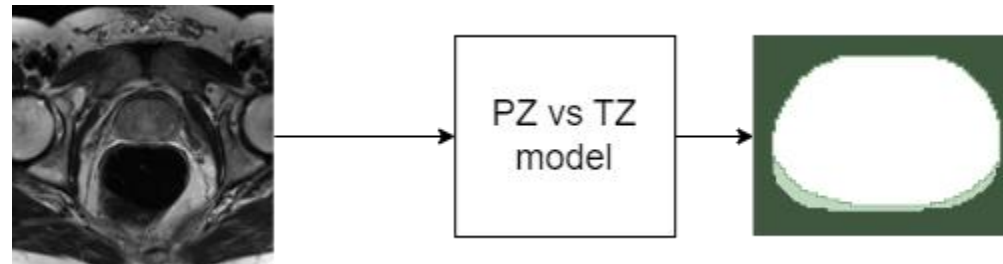
Straipsnis

Advancements in Prostate Zone Segmentation: Integrating Attention Mechanisms into the nnU-Net Framework:

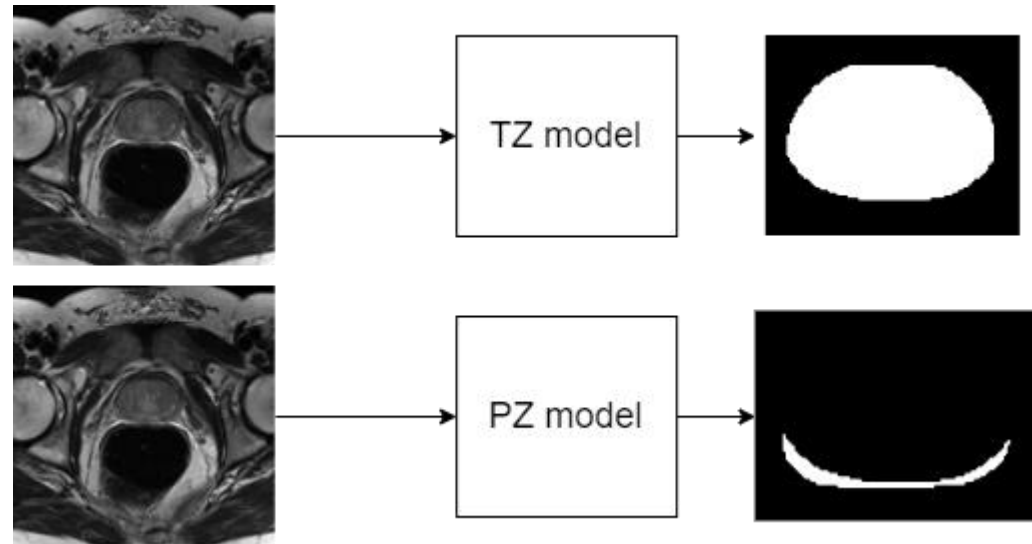
- Tyrimo objektas:
 - Magnetinio rezonanso tomografijos (angl. Magnetic Resonance Imaging MRI) T2W (angl. T2-weighted), ADC (angl. apparent diffusion coefficients) ir DWI (angl. diffusion weighted images) modalumo nuotraukos.
 - Mašininio mokymosi metodai prostatos zonų segmentavimui.
- Tyrimo tikslas: Palyginti mašininio mokymosi metodų tikslumus sprendžiant prostatos zonų segmentavimo uždavinį.

Palyginamos darbu sekos

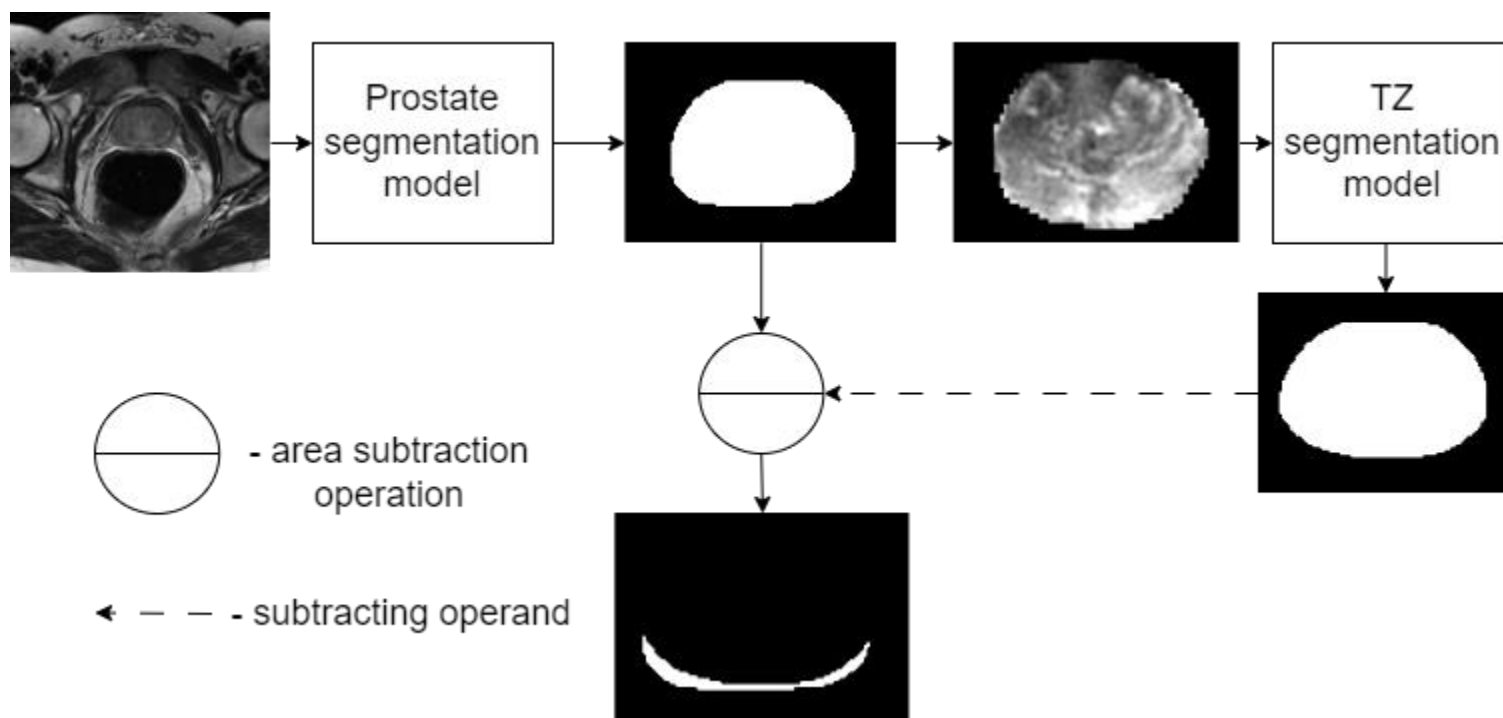
Prostatos zonų segmentavimo darbu sekos: single PZ and TZ segmentation model (SPZTZSM)



Prostatos zonų segmentavimo darbų sekos: separate models for PZ and TZ segmentation (SM4PZTZS)



Prostato zonų segmentavimo darbų sekos: prostate segmentation, TZ segmentation and PZ calculation (PSTZSPZC)



Palyginami mašininio mokymosi metodai

- no-new U-Net su U-Net DNT architektūra (baseline).
- No-new U-Net su Attention U-Net DNT architektūra.

Attention U-Net: Oktay O, Schlemper J, Folgoc L L, Lee M C H, Heinrich M P, Misawa K, Mori K, McDonagh S G, Hammerla N Y, Kainz B, Glocker B and Rueckert D 2018 Attention U-Net: Learning Where to Look for the Pancreas abs/1804.03999 (Preprint 1804.03999)
URL <http://arxiv.org/abs/1804.03999>

No-new U-Net: Isensee F, Jaeger P F, Kohl S A, Petersen J and Maier-Hein K H 2021 nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation *Nature methods* 18 203–211

Tyrimams naudoti duomenys

Duomenis sudaro T2W modalumo MRI nuotraukos.

Duomenų šaltiniai:

- Decathlon challenge – 32 atvejai. **Testavimui**. Antonelli, M., Reinke, A., Bakas, S., Farahani, K., Kopp-Schneider, A., Landman, B.A., Litjens, G., Menze, B., Ronneberger, O., Summers, R.M., et al.: The medical segmentation decathlon. Nature communications 13(1), 4128 (2022)
- ProstateX challenge – 98 atvejai. 10 – **testavimui**, 88 - **apmokymui**. Meyer, A., Schindele, D., Reibnitz, D., Rak, M. M. and Schostak, Hansen, C.: PROSTATEx Zone Segmentations [Data set]. The Cancer Imaging Archive. figshare <https://doi.org/10.7937/TCIA.NBB4-4655> (2020)

Informacija apie statistinio reikšmingumo testus

- **Tikslas:** Nustatyti ar tarp metodų yra **statistiškai reikšmingas skirtumas**.
- Skirtumas tarp metodų yra laikomas statistiškai reikšmingu jeigu testo p-reikšmė yra mažesnė nei 0.05. T.y. pasiklovimo lygis yra 95%.

Naudoti statistiniai testai:

- Friedmann testai – naudojami veiksmų sekoms palyginti.
- Wilcoxon pasirašytų rangų testai – naudojami DNT architektūroms palyginti.

Bendra informacija apie rezultatus:

- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtys: ProstateX (10 atvejų) ir Decathlon atskirai
- Surinkti tikslumo matai: DSC (PZ ir TZ atskirai)

Statistinio reikšmingumo testų rezultatai gauti naudojant ProstateX šaltinio testavimo imtį

- Friedmann testai - naudojami veiksmų sekoms palyginti.
- Wilcoxon pasirašytų rangų testai – naudojami DNT architektūroms palyginti.

test	prostate zone	DNN architecture / workflow	p-value
Friedmann	TZ	Attention U-Net	0.272532
		U-Net	0.272532
	PZ	Attention U-Net	0.406570
		U-Net	0.904837
Wilcoxon signed rank	TZ	SM4TZPZS	0.275391
		SPZTZSM	0.130859
		PSTZSPZC	0.232422
	PZ	SM4TZPZS	0.130859
		SPZTZSM	0.322266
		PSTZSPZC	0.556641

IŠVADA: Tarp lyginamų metodų **NĖRA** statistiškai reikšmingo skirtumo.

Informacija apie matus palyginant veiksmų sekas

- **Tikslas:** nustatyti veiksmų seką pasiekiančią aukščiausią DSC medianą.
- Veiksmų sekos su Kiekviena DNT architektūra palyginamos atskirai.

Bendra informacija apie rezultatus:

- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: ProstateX (10 atvejų) ir Decathlon atskirai
- Surinkti tikslumo matai: DSC (PZ ir TZ atskirai)

Veiksmų sekų palyginimas naudojantis matais surinktais iš ProstateX šaltinio testavimo imtį

- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: ProstateX (10 atvejų)
- Tikslumo matai: DSC
- **IŠVADA:** Tarp lyginamų metodų **NĖRA** reikšmingo skirtumo.

PZ

DNN architecture	workflow	Mean+/-std	Median+/-MAD
Attention U-Net	SM4TZPZS	0.819+/-0.060	0.823+/-0.022
	SPZTZSM	0.825+/-0.052	0.815+/-0.025
	PSTZSPZC	0.819+/-0.055	0.815+/-0.034
U-Net	SM4TZPZS	0.821+/-0.060	0.822+/-0.026
	SPZTZSM	0.827+/-0.050	0.813+/-0.026
	PSTZSPZC	0.821+/-0.058	0.824+/-0.012

TZ

DNN architecture	workflow	Mean+/-std	Median+/-MAD
Attention U-Net	SM4TZPZS	0.919+/-0.037	0.928+/-0.041
	SPZTZSM	0.914+/-0.039	0.923+/-0.041
	PSTZSPZC	0.918+/-0.032	0.922+/-0.024
U-Net	SM4TZPZS	0.918+/-0.037	0.926+/-0.035
	SPZTZSM	0.918+/-0.036	0.927+/-0.036
	PSTZSPZC	0.919+/-0.032	0.925+/-0.029

Statistinio reikšmingumo testų rezultatai gauti naudojant Decathlon šaltinio testavimo imtį

- Friedmann testai - naudojami veiksmų sekoms palyginti.
- Wilcoxon pasirašytų rangų testai – naudojami DNT architektūroms palyginti.

test	prostate zone	DNN architecture / workflow	p-value
Friedmann	TZ	Attention U-Net	0.014504
		U-Net	0.272532
	PZ	Attention U-Net	0.000002
		U-Net	0.000041
Wilcoxon signed rank	TZ	SM4TZPZS	0.004682
		SPZTZSM	0.036826
		PSTZSPZC	0.158855
	PZ	SM4TZPZS	0.543524
		SPZTZSM	0.709644
		PSTZSPZC	0.108073

IŠVADA: Tarp lyginamų **veiksmų sekų YRA** statistiškai reikšmingas skirtumas **PZ** segmentavime.

Posthoc Friedmann testų rezultatai gauti naudojant Decathlon šaltinio testavimo imtį segmentuojant PZ

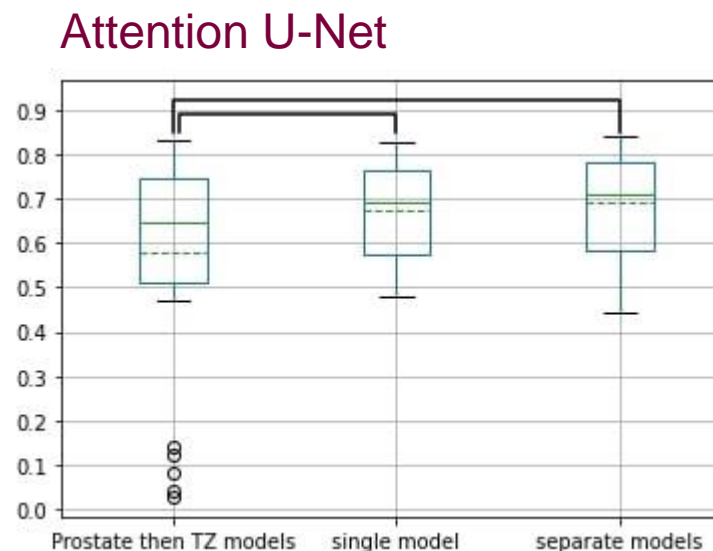
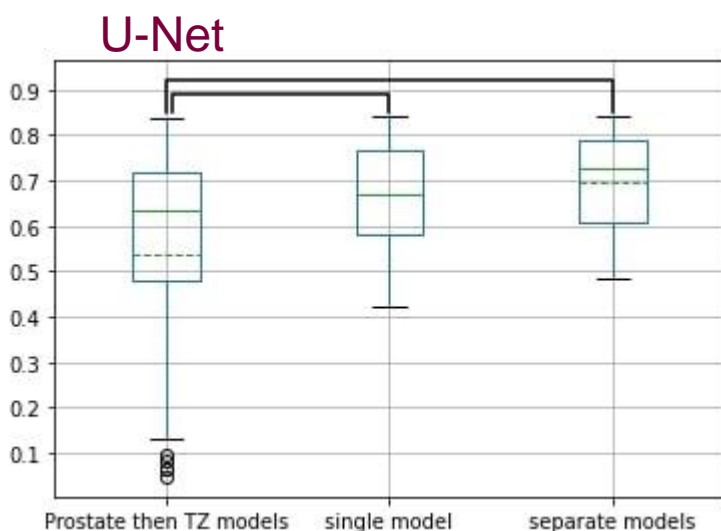
- **Tikslas:** Nustatyti tarp kurių lyginamų **veiksmų sekų** yra **statistiškai reikšmingas skirtumas**.
- Skirtumas tarp veiksmų sekų yra laikomas statistiškai reikšmingu jeigu testo p-reikšmė yra mažesnė nei 0.0333. T.y. pasiklovimo lygis yra 96.667%.

DNN architecture	comparison	p-value
Attention U-Net	SPZTZSM - PSTZSPZC	0.000289
	SM4TZPZS - PSTZSPZC	0.000009
	SPZTZSM - SM4TZPZS	0.068382
U-Net	SPZTZSM - PSTZSPZC	0.000182
	SM4TZPZS - PSTZSPZC	0.000082
	SPZTZSM - SM4TZPZS	0.031113

IŠVADA: Lyginant PSTZSPZC su SM4PZTZS bei SPZTZSM **YRA** statistiškai reikšmingas skirtumas **PZ segmentavime**. Lyginant SM4PZTZS su SPZTZSM – nėra.

Veiksmų sekų palyginimas naudojantis matais surinktais iš Decathlon šaltinio testavimo imtį

- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejų)
- Tikslumo matai: DSC
- **IŠVADA:** SM4PZTZS pasiekia aukščiausia DSC, o žemiausia - PSTZSPZC.



Veiksmų sekų palyginimas naudojantis matais surinktais iš Decathlon šaltinio testavimo imtį

- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejų)
- Tikslumo matai: DSC
- **IŠVADA:** SM4PZTZS pasiekia aukščiausia DSC, o žemiausia - PSTZSPZC.

PZ

DNN architecture	workflow	Mean+/-std	Median+/-MAD
Attention U-Net	SM4TZPZS	0.691+/-0.113	0.709+/-0.143
	SPZTZSM	0.675+/-0.106	0.690+/-0.148
	PSTZSPZC	0.578+/-0.244	0.644+/-0.118
U-Net	SM4TZPZS	0.698+/-0.108	0.725+/-0.177
	SPZTZSM	0.668+/-0.117	0.669+/-0.121
	PSTZSPZC	0.538+/-0.264	0.633+/-0.099

TZ

DNN architecture	workflow	Mean+/-std	Median+/-MAD
Attention U-Net	SM4TZPZS	0.806+/-0.233	0.887+/-0.000
	SPZTZSM	0.803+/-0.215	0.883+/-0.000
	PSTZSPZC	0.771+/-0.268	0.883+/-0.003
U-Net	SM4TZPZS	0.783+/-0.250	0.886+/-0.001
	SPZTZSM	0.773+/-0.258	0.879+/-0.000
	PSTZSPZC	0.782+/-0.251	0.882+/-0.001

Informacija apie matus lyginant DNT architektūras

- **Tikslas:** nustatyti DNT architektūrą pasiekiančią aukščiausią DSC medianą.
- Pateikiami tik SM4PZTZS veiksmų sekos rezultatai

Bendra informacija apie rezultatus:

- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejai)
- Surinkti tikslumo matai: DSC (PZ ir TZ atskirai)

DNT architektūrų palyginimas naudojantis matais surinktais iš Decathlon šaltinio testavimo imtį

- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejų)
- Tikslumo matai: DSC
- **IŠVADA:** tarp lyginamų architektūrų **NĖRA** reikšmingo skirtumo.

prostate zone	DNN architecture	Mean+/-std	Median+/-MAD
TZ	Attention U-Net	0.806+/-0.233	0.887+/-0.000
	U-Net	0.783+/-0.250	0.886+/-0.001
PZ	Attention U-Net	0.691+/-0.113	0.709+/-0.143
	U-Net	0.698+/-0.108	0.725+/-0.177

Išvados

- SM4TZPZS veiksmų seka generalizuojasi tarp duomenų imčių iš skirtingų šaltinių **geriau** negu SPZTZSM. Tačiau skirtumas yra statistiškai nereikšmingas.
- PSTZSPZC veiksmų seka generalizuojasi tarp duomenų imčių iš skirtingų šaltinių **prasčiau** negu SPZTZSM. Šis skirtumas yra statistiškai reikšmingas.
- Skirtumai tarp lyginamų DNT architektūrų yra statistiškai nereikšmingi.
- Metodų palyginimas naudojantis testavimo duomenų imtimi, kurios šaltinis yra tas pats kaip apmokymo, indikuoja, kad tarp lyginamų metodų **nėra** statistiškai reikšmingo skirtumo.

Kito pusmečio darbo planas

- Pateikti praeitų metų tyrimo rezultatus tarptautinei konferencijai
- Atlikti tyrimus su galimomis tyrimų kryptimis:
 - Palyginti veiksmų sekas:
 - Atskiri DNT modeliai vėžiniams audiniams aptikti TZ ir PZ zonose (novel).
 - DNT modelis vėžiniams audiniams aptikti be PZ ir TZ informacijos.
 - DNT modelis vėžiniams audiniams aptikti (PZ ir TZ informacija pateikiama kaip atskiras kanalas).
 - Pasiūlyti matą, kuris apjungtų ekspertų anotacijas ir biopsijų rezultatus.