



**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                  | 0        |       |                    |          |            |
| IV (2024/2025)  | 1                          |          |               |          | 1                  |          |       |                    |          |            |
| Iš viso:        | 3                          | 1        | 1             | 2        | 2                  | 0        |       | 2                  | 2        |            |

# Ataskaitinio pusmečio planas ir jo įvykdymas

## Egzaminai 2023/2024 (I pusmetis)

| Planas | Įvykdyta | Būklė |
|--------|----------|-------|
|--------|----------|-------|

## Dalyvavimas konferencijose 2023/2024 (I pusmetis)

| Planas | Įvykdyta | Konferencijos tipas |
|--------|----------|---------------------|
|--------|----------|---------------------|

## Publikacijos 2023/2024 (I pusmetis)

| Planas | Įvykdyta | Būklė | Publikacijos tipas |
|--------|----------|-------|--------------------|
|--------|----------|-------|--------------------|

# 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 |
|--|------------------------|-------|
|--|------------------------|-------|

# Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Vilnius  
University

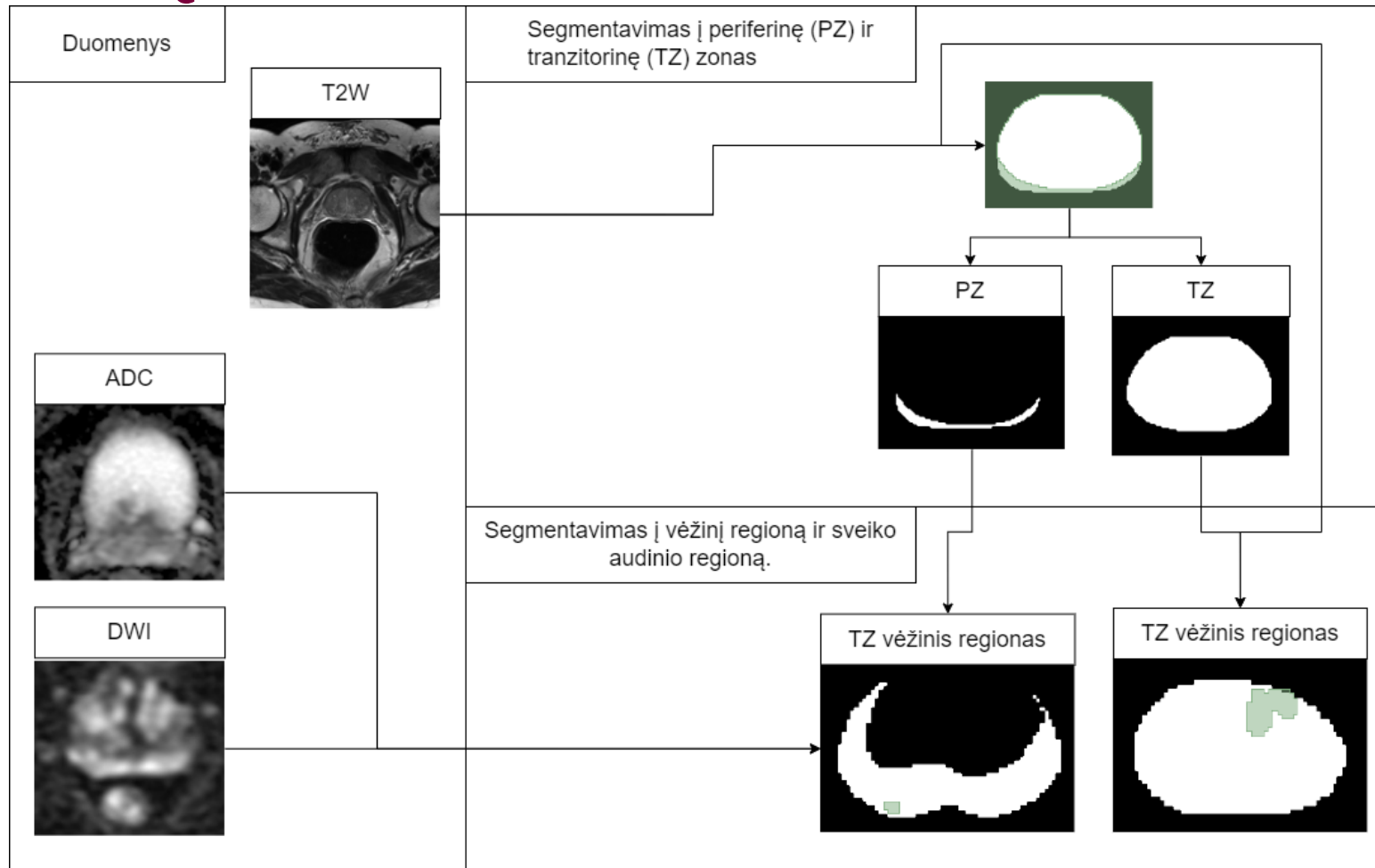
| Darbo pavadinimas   | Atlikimo terminai                  |
|---|------------------------------------|
| 4. Gautų duomenų analizė, apibendrinimas, išvadų parengimas:<br>4.1 Teorinio tyrimo apibendrinimas.<br>4.2 Empirinio tyrimo apibendrinimas.<br>4.3 Rezultatų apibendrinimas, esminių rezultatų išskyrimas, darbo išvadų parengimas. | 2023 m. gruodis – 2024 m. balandis |



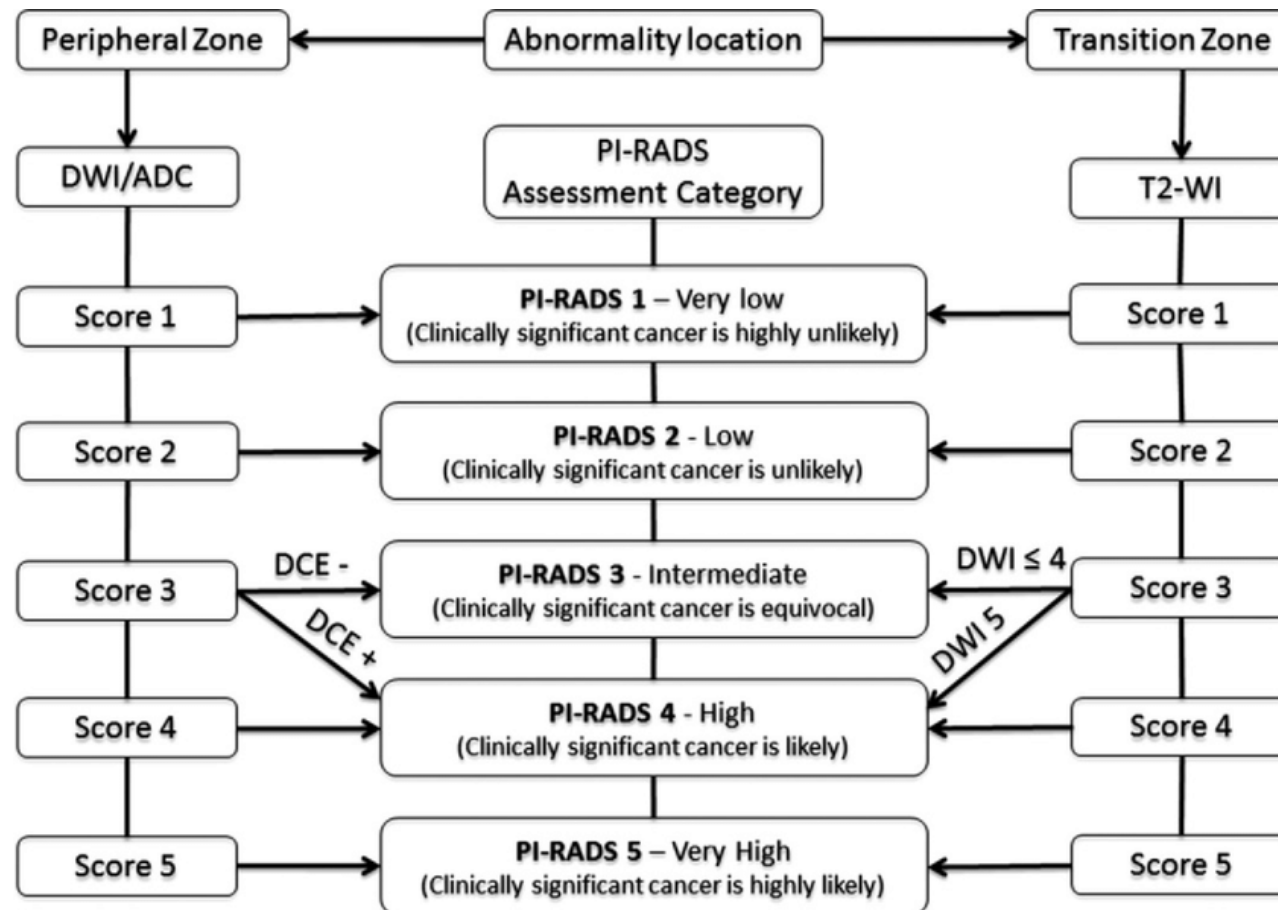
---

# Praeito pusmečio moksliniai rezultatai

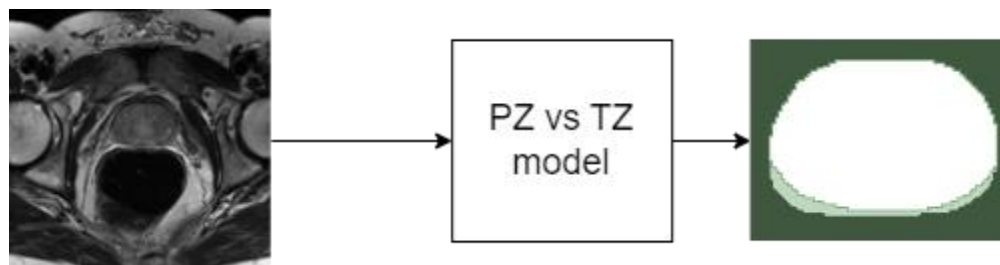
# Tiriama prostatos vėžio aptikimo veiksmų seka



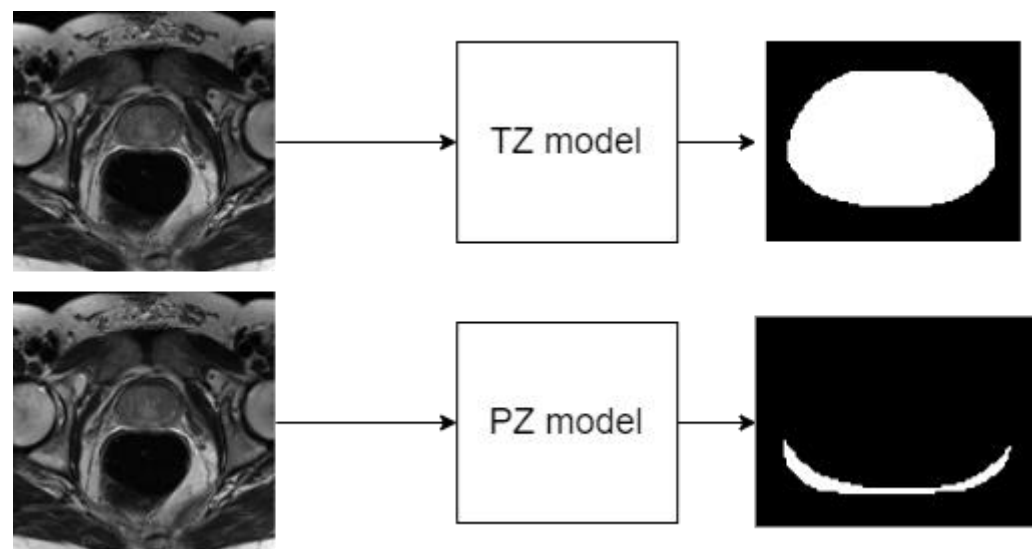
# Motyvacija



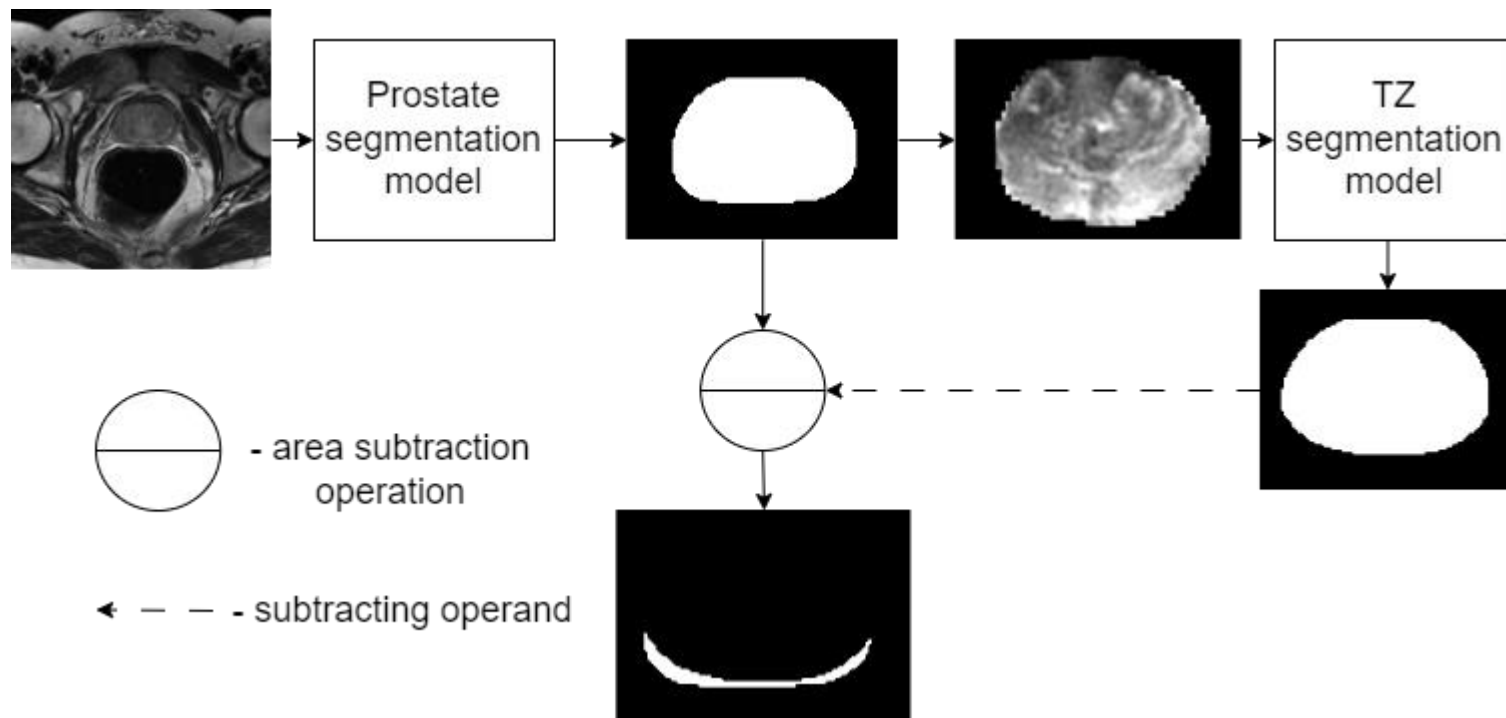
# Prostatos zonų segmentavimo darbu sekos: single model



# Prostatos zonų segmentavimo darbų sekos: separate models



# Prostatos zonų segmentavimo darbų sekos: prostate then TZ models



---

# Šio pusmečio moksliniai rezultatai

# Tiriamos DNT architektūros

Praeitame pusmetyje tirtos DNT architektūros:

- U-Net
- Attention U-Net

Šiame pusmetyje:

- Grid Attention U-Net
- Multi dimensional Attention U-net
- Dual-Attention U-Net



# Tyrimams naudoti duomenys

Duomenis sudaro T2W modalumo MRI nuotraukos.

Duomenų šaltiniai:

- Nacionalinis Vėžio Institutas (NVI) – 15 atvejų. **Nenaudojami.**
- 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 Friedmann 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%.

Bendra informacija apie rezultatus:

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

# Friedmann testai : TZ segmentavimas

Fiksuojama DNT architektūra, lyginamos **veiksmų sekos**: single model, separate models, Prostate then TZ models.

|                                 | W        | ddof1 | Q        | p-unc    |
|---------------------------------|----------|-------|----------|----------|
| <b>comparisonType</b>           |          |       |          |          |
| only on Attention U-Net         | 0.132292 | 2     | 8.466667 | 0.014504 |
| only on Dual-Attention U-Net    | 0.003125 | 2     | 0.200000 | 0.904837 |
| only on Grid Attention U-Net    | 0.084375 | 2     | 5.400000 | 0.067206 |
| only on Mul Dim Attention U-Net | 0.044792 | 2     | 2.866667 | 0.238513 |
| only on U-Net                   | 0.040625 | 2     | 2.600000 | 0.272532 |

**IŠVADA:** Tarp veiksmų sekų (workflows) **NĖRA** statistiškai reikšmingas skirtumas segmentuojant TZ.

# Friedmann testai: TZ segmentavimas

Fiksuojama veiksmų seka, lyginamos **DNT architektūros**: U-Net, Attention U-Net, Grid Attention U-Net, Multi dimensional Attention U-Net ir Dual-Attention U-Net.

|                                 | W        | ddof1 | Q         | p-unc    |
|---------------------------------|----------|-------|-----------|----------|
| <b>comparisonType</b>           |          |       |           |          |
| only on Prostate then TZ models | 0.057083 | 4     | 7.306667  | 0.120543 |
| only on separate models         | 0.077708 | 4     | 9.946667  | 0.041336 |
| only on single model            | 0.135625 | 4     | 17.360000 | 0.001645 |

**IŠVADA:** Tarp DNT architektūrų (models) **NĖRA** statistiškai reikšmingas skirtumas segmentuojant TZ.

# Friedmann testai: PZ segmentavimas

Fiksuojama DNT architektūra, lyginamos **veiksmų sekos**: single model, separate models, Prostate then TZ models.

|                                 | W        | ddof1 | Q       | p-unc    |
|---------------------------------|----------|-------|---------|----------|
| <b>comparisonType</b>           |          |       |         |          |
| only on Attention U-Net         | 0.363281 | 2     | 23.2500 | 0.000009 |
| only on Dual-Attention U-Net    | 0.270508 | 2     | 17.3125 | 0.000174 |
| only on Grid Attention U-Net    | 0.213867 | 2     | 13.6875 | 0.001066 |
| only on Mul Dim Attention U-Net | 0.411133 | 2     | 26.3125 | 0.000002 |
| only on U-Net                   | 0.272461 | 2     | 17.4375 | 0.000163 |

**IŠVADA:** Tarp veiksmų sekų (workflows) **YRA** statistiškai reikšmingas skirtumas segmentuojant PZ.

# Friedmann testai: PZ segmentavimas

Fiksuojiama veiksmų seka, lyginamos **DNT architektūros**: U-Net, Attention U-Net, Grid Attention U-Net, Multi dimensional Attention U-Net ir Dual-Attention U-Net.

|                                 | W        | ddof1 | Q      | p-unc    |
|---------------------------------|----------|-------|--------|----------|
| <b>comparisonType</b>           |          |       |        |          |
| only on Prostate then TZ models | 0.067578 | 4     | 8.650  | 0.070469 |
| only on separate models         | 0.066992 | 4     | 8.575  | 0.072646 |
| only on single model            | 0.158594 | 4     | 20.300 | 0.000436 |

Tarp DNT architektūrų (models) **NĖRA** statistiškai reikšmingas skirtumas segmentuojant PZ

# Informacija apie matus lyginant veiksmų sekas

- **Tikslas:** nustatyti veiksmų seką pasiekiančią:
  - aukščiausia Dice įverčio mediana
  - mažiausia IQR, MAD arba STD.
- Kiekvienam modeliui pateikiami atskirai

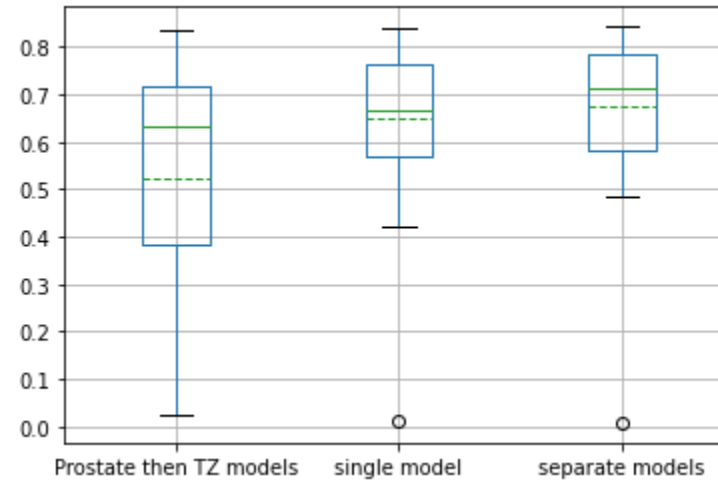
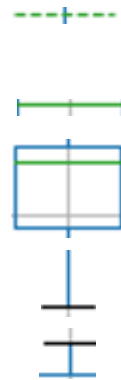
Bendra informacija apie rezultatus:

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

# U-Net

| workflow                   | Mean +/- std      |                   | Median +/- MAD |     |
|----------------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----|
|                            | str               | str               | str            | str |
| " Prostate then TZ models" | "0.5215+/-0.2755" | "0.6319+/-0.098"  |                |     |
| " single model"            | "0.6479+/-0.163"  | "0.6648+/-0.1165" |                |     |
| " separate models"         | "0.6762+/-0.1615" | "0.7118+/-0.1635" |                |     |

- Vidurkis –
- Mediana –
- IQR -
- Q1 - 1.5 IQR –
- Q3 + 1.5 IQR -



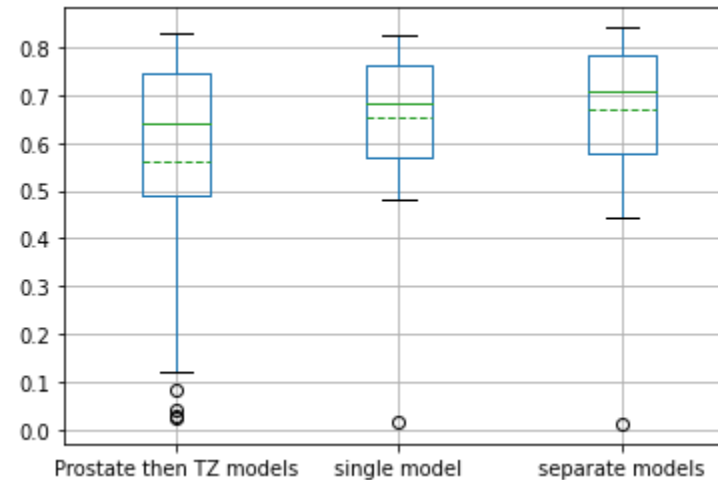
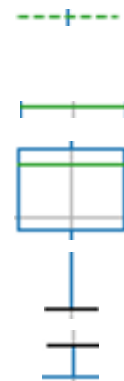
- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejai)
- Tikslumo matai: Dice įverčiai
- **IŠVADA:** tiksliausius rezultatus pasiekia atskiri modeliai



# Attention U-Net

| workflow                   | Mean +/- std      | Median +/- MAD    |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| str                        | str               | str               |
| " Prostate then TZ models" | "0.5602+/-0.259"  | "0.6389+/-0.1127" |
| " single model"            | "0.6545+/-0.156"  | "0.6827+/-0.1409" |
| " separate models"         | "0.6697+/-0.1634" | "0.7076+/-0.1415" |

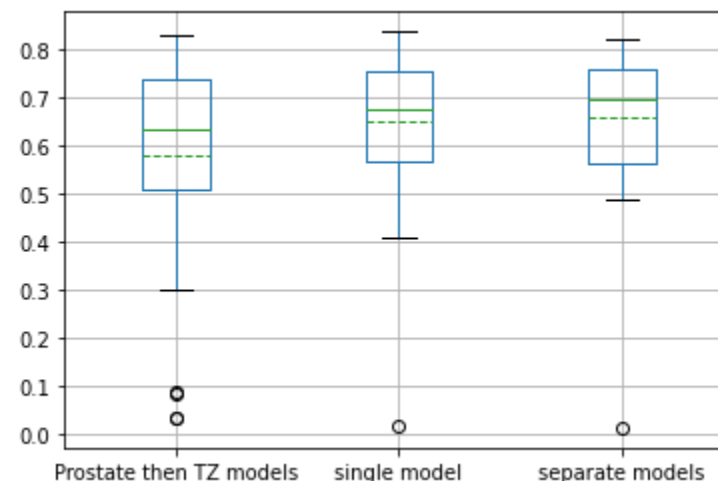
- Vidurkis –
- Mediana –
- IQR -
- Q1 - 1.5 IQR –
- Q3 + 1.5 IQR -



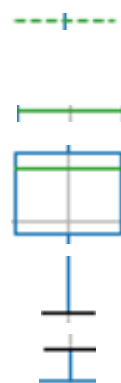
- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejai)
- Tikslumo matai: Dice įverčiai
- **IŠVADA:** tiksliausius rezultatus pasiekia atskiri modeliai

# Grid Attention U-Net

| workflow                   | Mean +/- std      | Median +/- MAD    |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| str                        | str               | str               |
| " Prostate then TZ models" | "0.5786+/-0.2353" | "0.6358+/-0.0956" |
| " single model"            | "0.6529+/-0.1596" | "0.6754+/-0.1293" |
| " separate models"         | "0.6586+/-0.1567" | "0.6957+/-0.1083" |



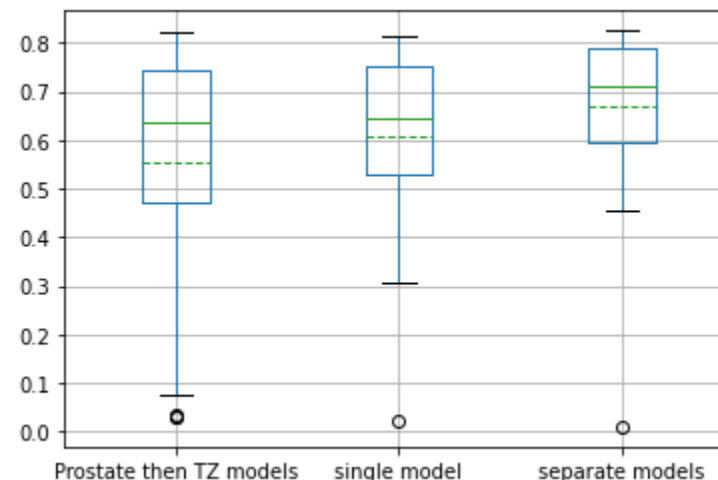
- Vidurkis –
- Mediana –
- IQR -
- Q1 - 1.5 IQR –
- Q3 + 1.5 IQR -



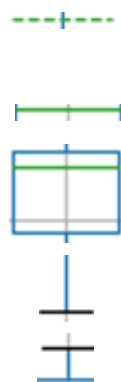
- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejai)
- Tikslumo matai: Dice įverčiai
- **IŠVADA:** tiksliausius rezultatus pasiekia atskiri modeliai

# Mul Dim Attention U-Net

| workflow                   | Mean +/- std      | Median +/- MAD    |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| str                        | str               | str               |
| " Prostate then TZ models" | "0.5556+/-0.2593" | "0.6351+/-0.1008" |
| " single model"            | "0.6091+/-0.1831" | "0.6454+/-0.1055" |
| " separate models"         | "0.6707+/-0.1631" | "0.7094+/-0.1274" |



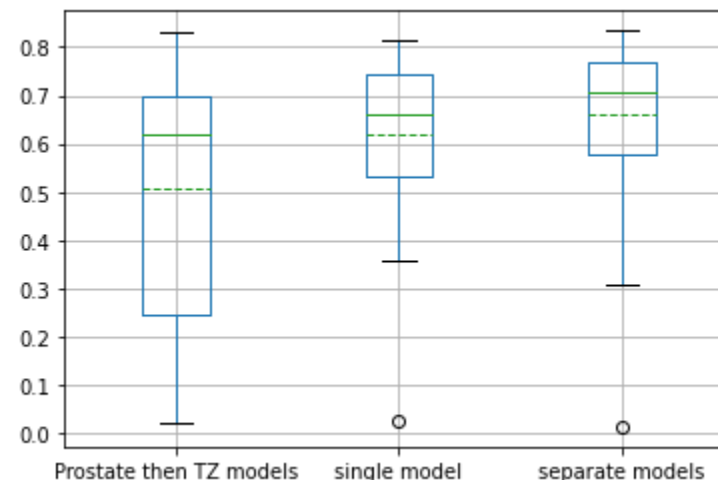
- Vidurkis –
- Mediana –
- IQR -
- Q1 - 1.5 IQR –
- Q3 + 1.5 IQR -



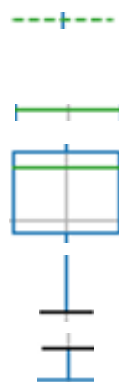
- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejai)
- Tikslumo matai: Dice įverčiai
- **IŠVADA:** tiksliausius rezultatus pasiekia atskiri modeliai

# Dual-Attention U-Net

| workflow                   | Mean +/- std      | Median +/- MAD    |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| str                        | str               | str               |
| " Prostate then TZ models" | "0.5064+/-0.274"  | "0.6189+/-0.0839" |
| " single model"            | "0.6203+/-0.1696" | "0.6597+/-0.0999" |
| " separate models"         | "0.6597+/-0.1714" | "0.7071+/-0.1127" |



- Vidurkis –
- Mediana –
- IQR -
- Q1 - 1.5 IQR –
- Q3 + 1.5 IQR -



- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejai)
- Tikslumo matai: Dice įverčiai
- **IŠVADA:** tiksliausius rezultatus pasiekia atskiri modeliai

# Išvados padarytos lyginant veiksmų sekas

Matuojant DICE įvertį:

- Tiksliausiai rezultatus pasiekia atskirų modelių veiksmų seka (separate models workflow).
- Antra pagal tikslumą veiksmų seka yra vieno modelio veiksmų seka (single model workflow).
- Prasčiausiai rezultatus pasiekia prostatos paskui TZ segmentavimo modelių veiksmų seka (Prostate then TZ models workflow).

# Informacija apie matus lyginant DNT architektūras

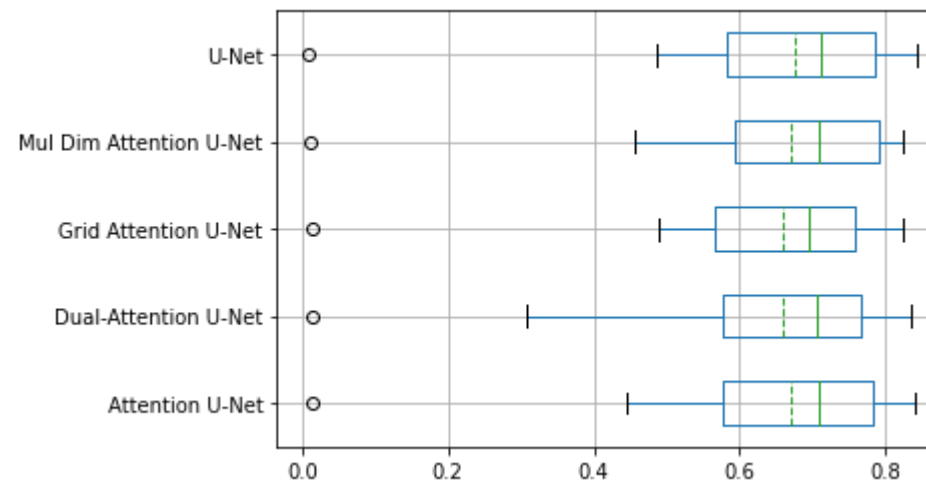
- **Tikslas:** nustatyti DNT architektūrą pasiekiančią:
  - aukščiausia Dice įverčio mediana
  - mažiausia IQR, MAD arba STD.
- Pateikiami tik separate models rezultatai

Bendra informacija apie rezultatus:

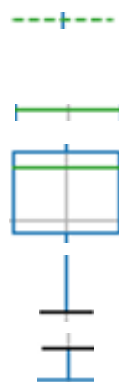
- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon
- Surinkti tikslumo matai: Dice įverčiai (PZ ir TZ atskirai)

# DNT architektūrų palyginimas

| model                     | Mean +/- std      | Median +/- MAD    |
|---------------------------|-------------------|-------------------|
| str                       | str               | str               |
| "Attention U-Net"         | "0.6697+/-0.1634" | "0.7076+/-0.1415" |
| "Dual-Attention U-Net"    | "0.6597+/-0.1714" | "0.7071+/-0.1127" |
| "Grid Attention U-Net"    | "0.6586+/-0.1567" | "0.6957+/-0.1083" |
| "Mul Dim Attention U-Net" | "0.6707+/-0.1631" | "0.7094+/-0.1274" |
| "U-Net"                   | "0.6762+/-0.1615" | "0.7118+/-0.1635" |



- Vidurkis –
- Mediana –
- IQR -
- Q1 - 1.5 IQR –
- Q3 + 1.5 IQR -



- Apmokymo imtis: ProstateX (88 atvejai)
- Testavimo imtis: Decathlon (32 atvejai)
- Tikslumo matai: Dice įverčiai
- **IŠVADA:** tiksliausius rezultatus pasiekia atskiri modeliai

# Išvados lyginant DNT architektūras

- Tiksliausius rezultatus (matuojant Dice įverčius) pasiekia U-Net architektūra naudojantis atskirų modelių veiksmų seka (separate models workflow).
- Tačiau skirtumai tarp lyginamų architektūrų yra statistiškai nereikšmingi.



# Kito pusmečio darbo planas

- Pateikti straipsnį su citavimo rodikliu leidimui apie atliktus tyrimus su prostatos zonų segmentavimu.
- Sukurti naują arba modifikuoti esamą veiksmų seką, kuri, naudodama mašininio mokymosi metodus, aptiktų vėžines zonas prostatoje.