



Mašininio mokymosi ir funkcinių duomenų analizės metodų vystymas prostatos daugiafunkcinių MRT vaizdų analizėje

Doktorantas: Roman Surkant

Vadovas: Dr. Jolita Bernatavičienė

Mokslo kryptis: N009 Informatika

Studijų laikotarpis: 2022–2026 m.

Studijų metai: 2025/2026



Tyrimo objektas, tikslas

- Tyrimo objektas: magnetinio rezonanso tomografijos dinaminio kontrasto sustiprinimo (MRI Dynamic Contrast Enhancement) vaizdų sekos
- Tyrimo tikslas: nustatyti vėžinės zonos aptikimo galimybes naudojantis mašininio mokymosi ir funkcinių duomenų analizės metodais.



Tyrimo uždaviniai

- Atlikti mašininio mokymosi ir funkcinių duomenų analizės analitinę apžvalgą
- Identifikuoti mokslines problemas, aktualias šitam tyrimui
- Sukurti naują arba patobulinti esamus vėžio aptikimo prostatoje metodus, kuriuose taikoma MRI dinaminio kontrasto sustiprinimo vaizdų analizė

Visų studijų planas ir jo vykdymo suvestinė

Studijų metai	Egzaminai	
	Planas	Įvykdyta
I (2022/2023)	2	2
II (2023/2024)	2	2
III (2024/2025)		
IV (2025/2026)		
Iš viso:	4	4

Bendrujų gebėjimų ugdymas (3 iš 3 ECTS):

- Vasaros mokykla „Vilnius University Multidisciplinary Doctoral Summer School“ (3 ECTS)
- Nuotolinis seminaras “GPU Programming: Why, When and How!”

Studijų metai	Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos					
	Tarptautinėse		Nacionalinėse		Su citav. rodikliu			Be citav. rodiklio		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Būklė	Planas	Įvykdyta	Būklė
I (2022/2023)				1						
II (2023/2024)		1	1	1					1	Publikuota
III (2024/2025)	1	1			1	1				
IV (2025/2026)	1				2		Vykdoma			
Iš viso:	2	2	1	2	3	0		0	1	

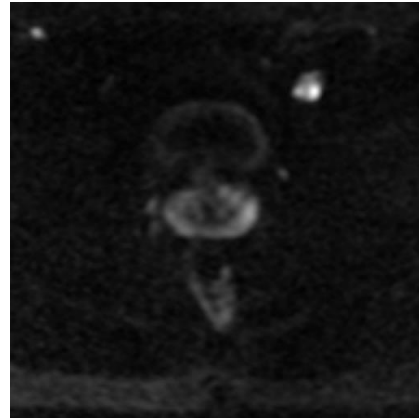
Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

3.	Atskirų daktaro disertacijos dalių (tyrimo metodikos, rezultatų, ginamų teiginių, išvadų, ir kt.) parengimas: 3.1. Tikslų, uždavinių, tyrimo metodikos, ginamųjų teiginių patikslinimas; 3.2. Analitinės disertacijos dalies parengimas; 3.3. Teorinės disertacijos dalies parengimas; 3.4. Eksperimentinės disertacijos dalies parengimas; 3.5. Bendrųjų išvadų formulavimas.	2025 m. spalio mėn. – 2026 m. gegužės mėn.	Straipsnis pateiktas, pataisytas ir priimtas į Electronics žurnala Atlikta radiominių požymių tiriamoji duomenų analizė Paruošti radiomikų duomenys ir neuroninio tinklo modelis abliacijos tyrimui Pradėta eksperimentinė dalis abliacijos tyrimo
----	--	---	--

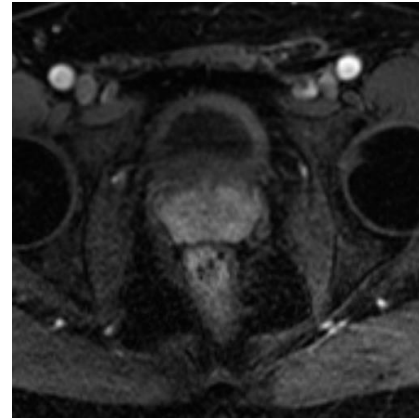
Duomenys



T2w



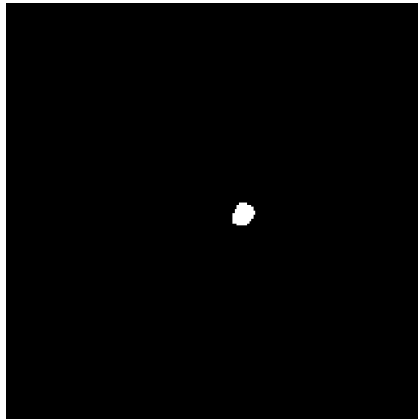
DWI



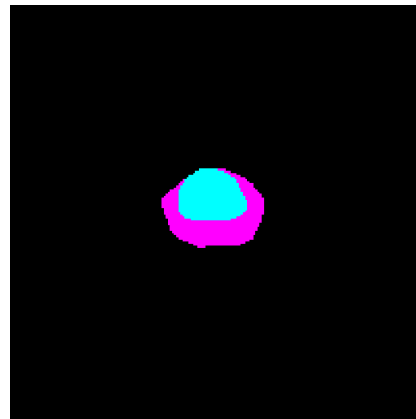
DCE



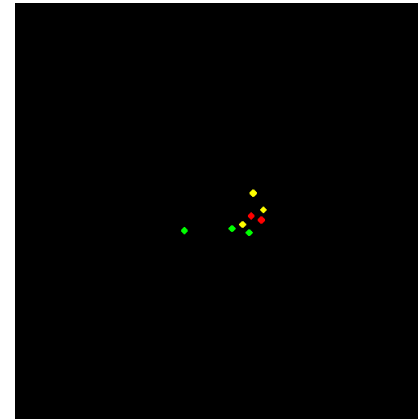
Prostata



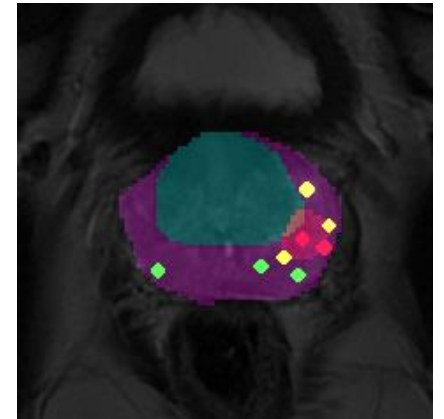
Vėžys



Zonos



Biopsijos



Viskas kartu

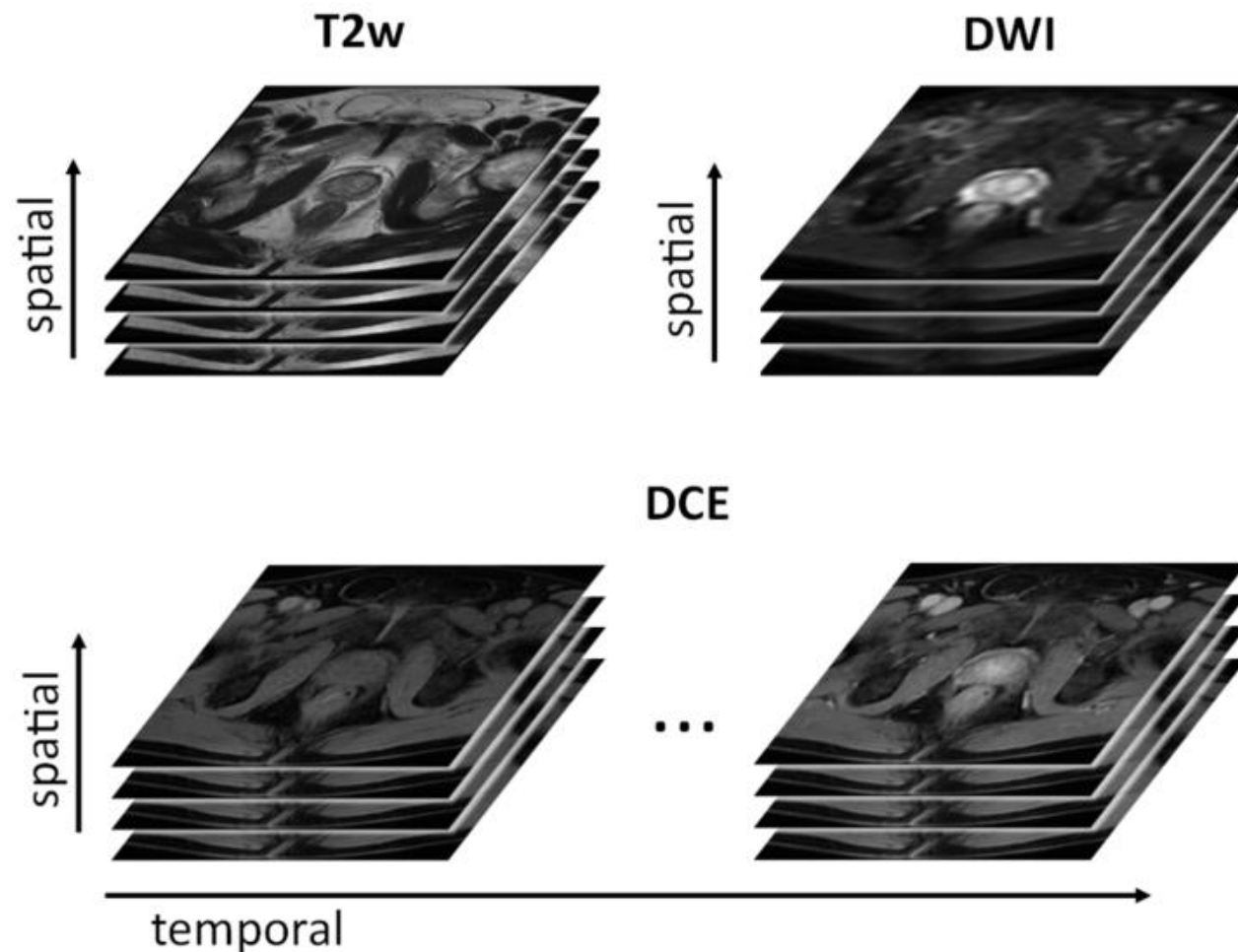
Duomenys

Antrinės vaizdų sekos: T2w, DWI

- T2w, DWI turi 1 ašį: erdvės
- DCE turi 2 ašis: erdvės + laiko

Duomenų netikslumai:

- Radiologų segmentavimo klaidos
- Biopsijų prostatos pjūvio nekonkretiškumas
- MRT vaizdų nestandartizavimas
- Imties dydis: 20 pacientai

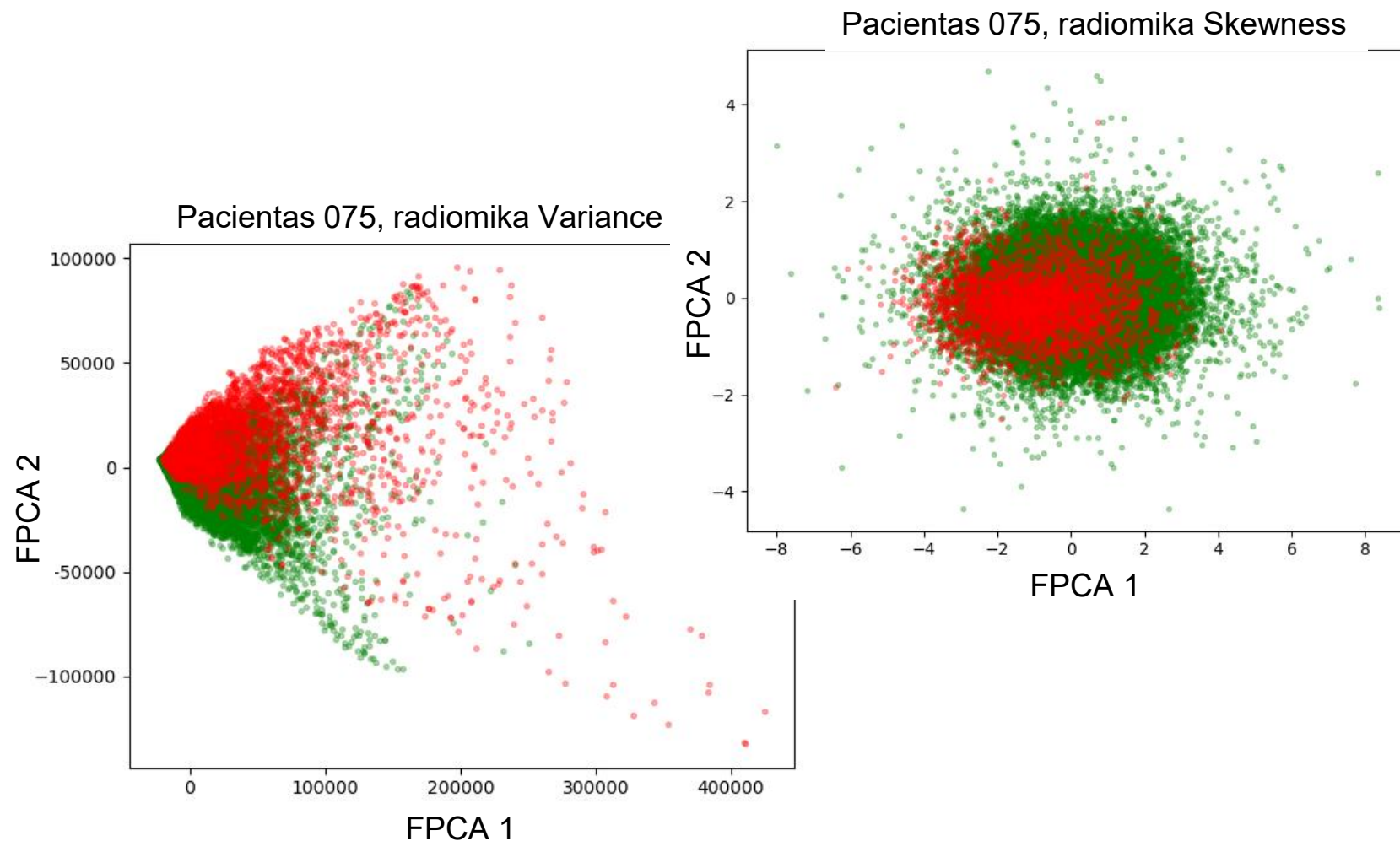


Šio pusmečio moksliniai rezultatai:

Funkcinė pagrindinių komponentų analizė (PCA)

Naudojame funkcinę pagrindinių komponentų analizę (PCA) radiomikų funkcinių kreivių duomenims, kad sumažintume dimensijų skaičių ir kokybiškai įvertintume piktybinių bei gerybinių vokselių atskyrimo signalą.

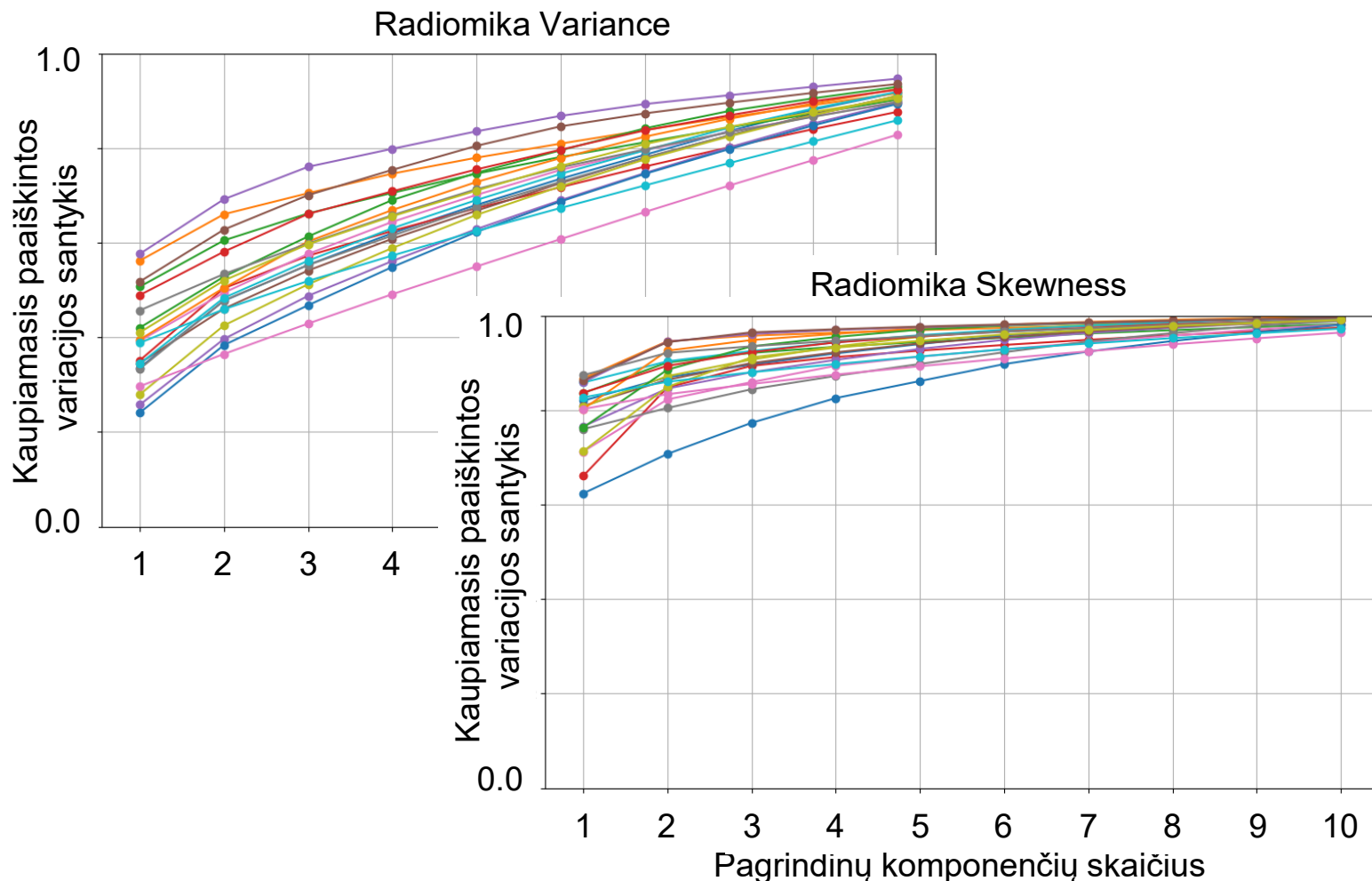
- Pagrindinių komponentų duomenų taškai linę grupuotis
- Daugeliu atvejų piktybinių ir gerybinių taškų klasteriai persidengia



Funkcinė pagrindinių komponentų analizė (PCA)

Kaupiamasis paaiškintos variacijos santykio tiriamoji analizė ir palyginimas tarp pacientų. Kiekviena kreivė – atskiras pacientas.

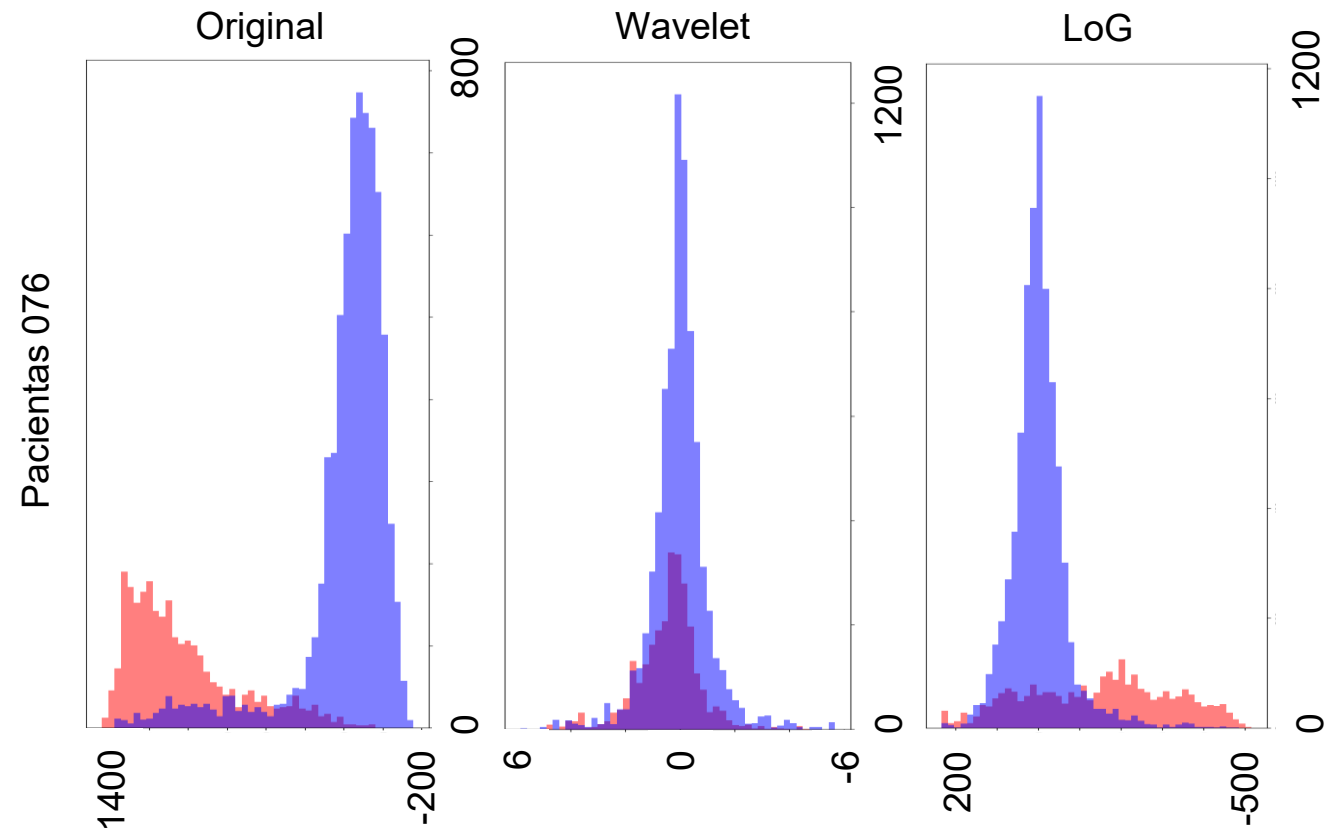
- Kiekvienam radiomikos požymiui beveik visų pacientų paaiškintos variacijos trajektoriją yra panaši
- Tarp skirtingų radiomikos požymių bendros trajektorijos skiriasi



Radiomikų tiriamoji duomenų analizė

Tikslas: išanalizuoti pasiskirstymą ir įvertinti piktybinių bei sveikų audinių signalų persidengimą originaliems radiomikos požymiams ir 2 transformacijoms - wavelet, Laplacian of Gaussian (LoG)

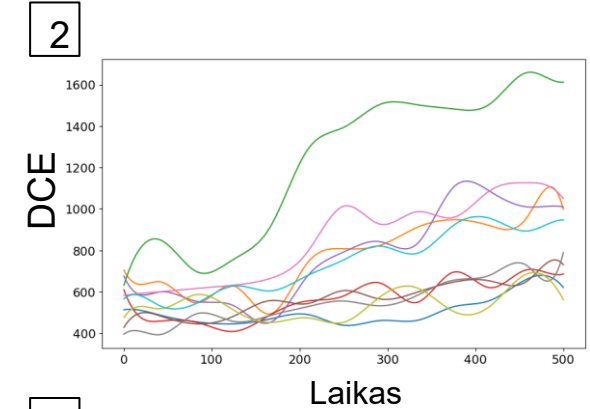
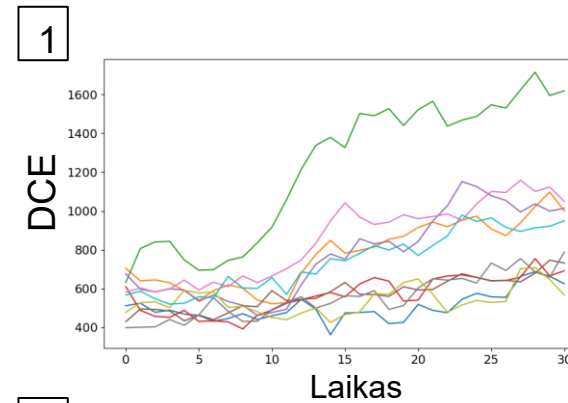
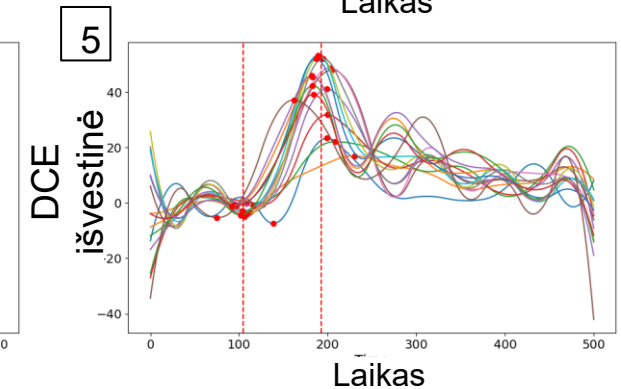
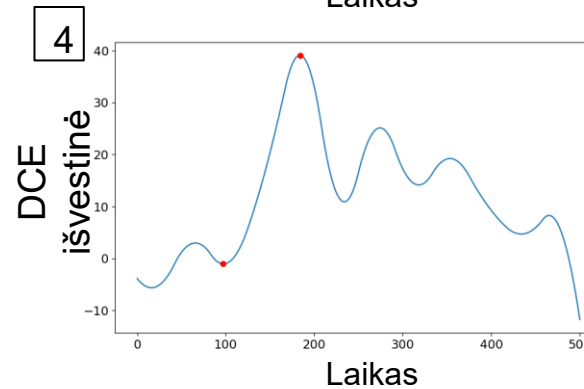
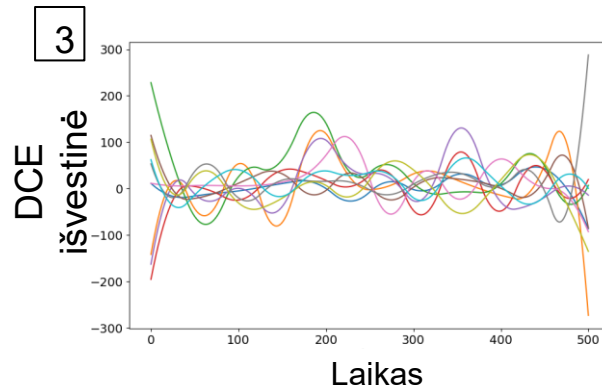
- Daug atvejų, kur tam pačiam pacientui ir radiomikai pasiskirstymai skirtingų transformacijų skiriasi
- Pagrindinis įtarimas - erdvinė informacija yra kritiškai svarbi



Skirtuminio žemėlapiu procesas

DCE MRT yra keturių dimensijų duomenys (3 erdvinės + 1 laiko). Norint sumažinti dimensijų skaičių (pašalinti laiko ašį), naudojama vaizdų atimtis, paremta dviem laiko momentais, kurie pritaikomi pagal kiekvieno paciento DCE signalo elgseną.

1. Diskrečios vokselių intensyvumo kreivė
2. Funkcinės vokselių intensyvumo kreivė
3. Funkcinė pirmosios eilės išvestinė
4. Piko ir kritimo laiko taškai
5. Iš kiekvieno pjūvio pikų ir kritimų taškai, pikų ir kritimų medianos

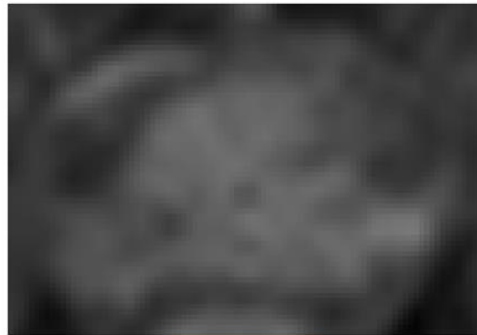


Surkant, R., Markevičiūtė, J., Naruševičiūtė, I., Trakymas, M., Treigys, P., & Bernatavičienė, J. (2026). Diffmap: Enhancement Difference Map for Peripheral Prostate Zone Cancer Localization Based on Functional Data Analysis and Dynamic Contrast Enhancement MRI. *Electronics*, 15(3), 507.

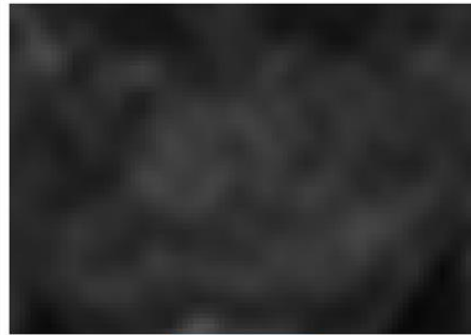
Skirtuminio žemėlapio procesas

MRT DCE vaizdo
segmentas

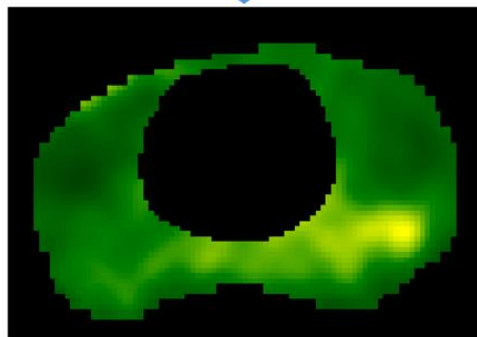
t_1



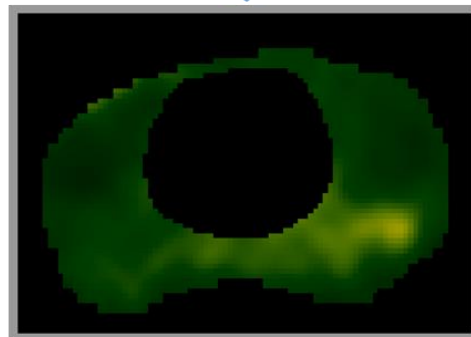
t_0



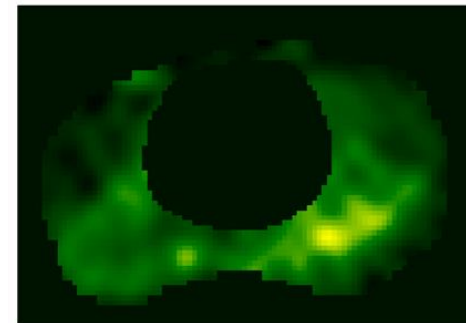
Radiomikos PZ
regionas



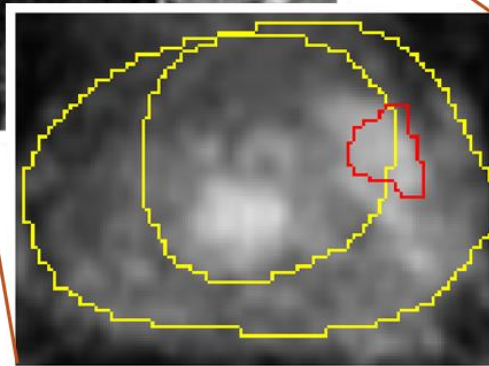
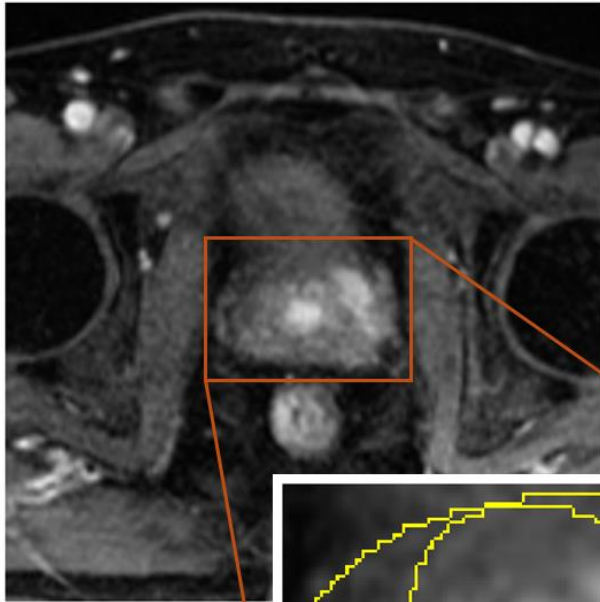
-



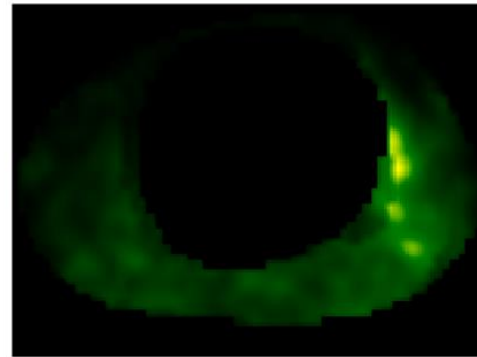
=



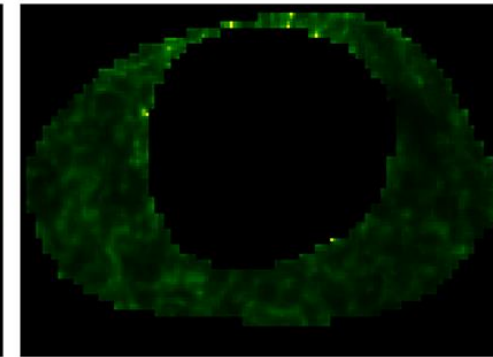
Skirtuminio žemėlapio procesas



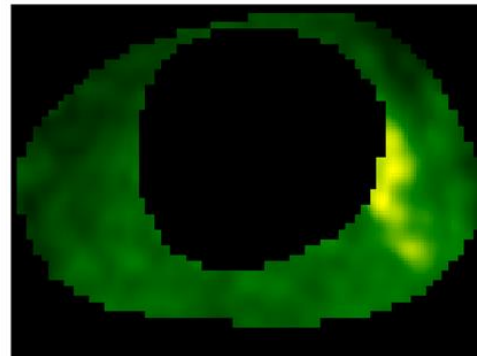
DCE



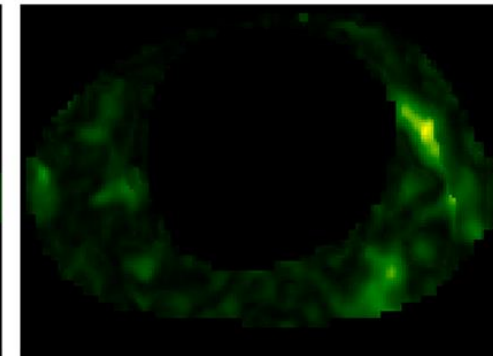
Energy



Uniformity



RootMeanSquared



InterquartileRange



Radiominių požymių reikšmingumo analizė (ablation study)

Užduotis: nustatyti, kurios radiomikos požymiai diagnostiniu požiūriu prisideda labiausiai.

Procesas:

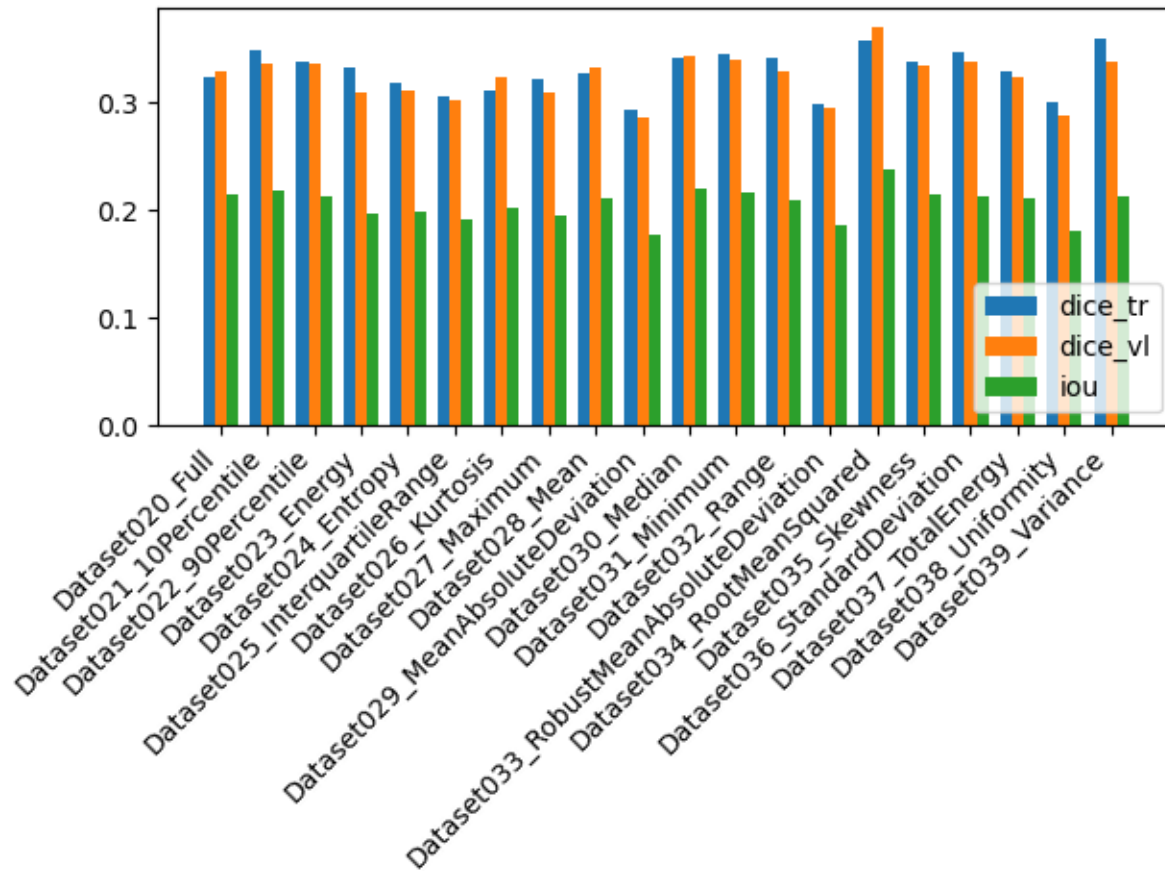
- Apibrėžti požymių erdvę
- Apmokyti nnUNet semantinės segmentacijos DI modelį
- Taikyti „leave-one-out“ kryžminę validaciją (dėl per mažos imties – 20 pacientų)

Požymių reikšmingumo (abliacijos) metodai:

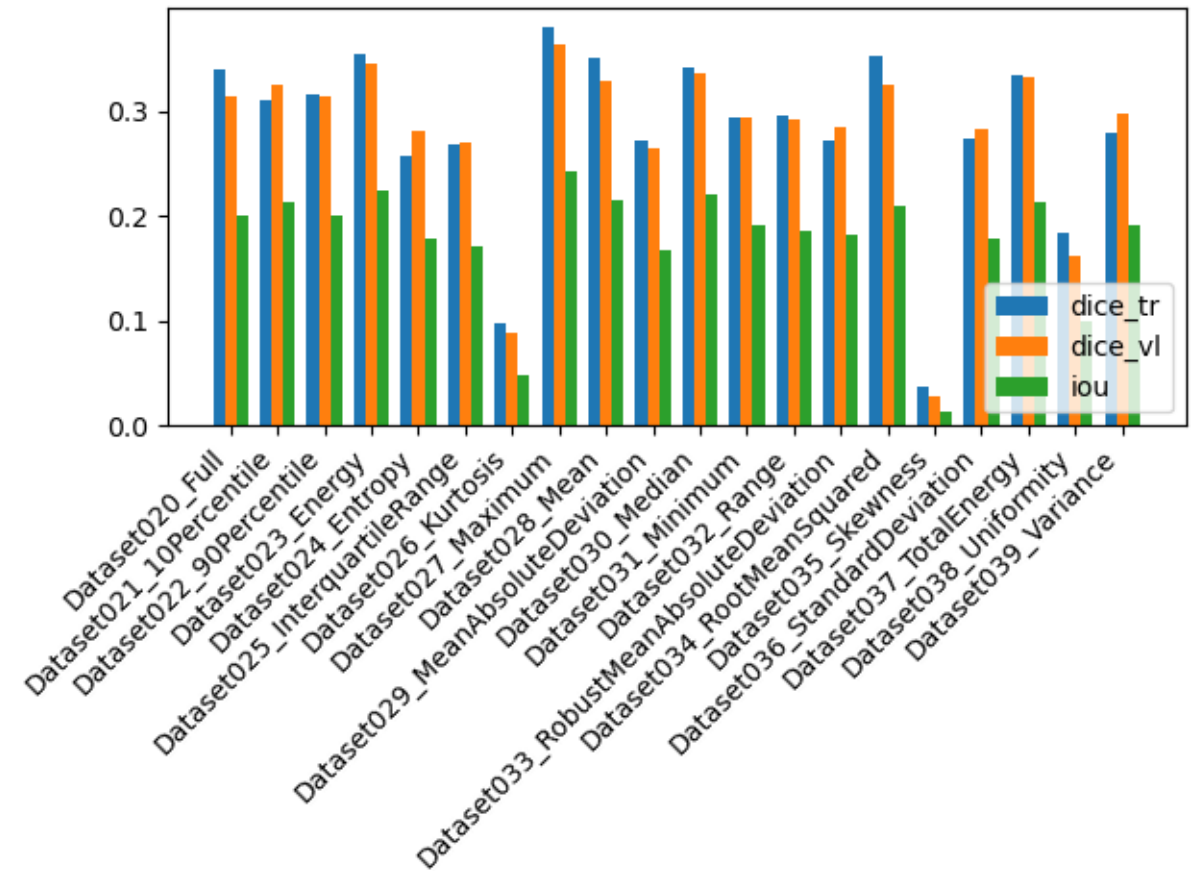
- Nuo viršaus žemyn (top-down): parenkami visi požymiai, pašalinamas vienas, pašalinamas dar vienas ir t. t.
- Nuo apačios į viršų (bottom-up): parenkamas vienas požymis, prie jo pridedamas kitas požymis ir t. t.

Radiominių požymių reikšmingumo analizė (ablation study)

Top-down



Bottom-up



Radiominių požymių reikšmingumo analizė (ablation study)

- Radiominiai požymiai yra labai panašūs tarpusavyje. Pašalinus vieną požymį iš didelės požymių aibės, našumas daugumoje iteracijų reikšmingai nesumažėja. Turėti daug radiominių požymių modelyje nėra prasminga. Norint nustatyti vieną ar kelis svarbiausius radiominius požymius, būtina atlikti abliacijos tyrimą.
- Radiominiai požymiai, laikomi nereikšmingais taikant „iš viršaus į apačią“ metodą, ne visada sutampa su tais, kurie laikomi nereikšmingais pagal „iš apačios į viršų“ metodą.
 - „Iš viršaus į apačią“: pašalinus MeanAbsoluteDeviation, RobustMeanAbsoluteDeviation arba Uniformity, našumas labiausiai sumažėjo (Dice: -0.05, -0.04, -0.05); pašalinus RootMeanSquared, našumas, palyginti su baziniu modeliu (Full, Dice: 0.34), padidėjo (Dice: +0.04).
 - „Iš apačios į viršų“: naudojant tik Kurtosis arba Skewness, pasiektas prasčiausias našumas (Dice: 0.078, 0.023); naudojant tik Maximum ir Energy, našumas buvo didesnis (Dice: 0.38, 0.36) nei bazinio modelio (Full).
- Dėl duomenų kokybės keli pacientai bus pašalinti iš tolesnės analizės.
- Bus atliktas išsamesnis abliacijos tyrimas, orientuotas į „iš viršaus į apačią“ metodą.

Kito pusmečio darbo planas

- Užbaigti abliacijos tyrimą ir ištirti radiomikų diagnostinį naudingumą DI segmentavimo modelyje
- Apibendrinti tyrimų rezultatus ir paruošti abliacijos tyrimų pagrindu mokslinį straipsnį žurnale su citavimo rodikliu.
- Atlikti Funkcinės Duomenų Analizės ir neuroninių tinklų hibridinių modelių literatūros apžvalgą, sukurti hibridinį vaizdų segmentavimo modelį, empiriškai įvertinti jo veikimą taikant MRT dinaminio kontrasto duomenis, parengti mokslinį straipsnį.