Dirbtinio intelekto metodų tyrimas astrofizikinių objektų klasifikavimui ir/arba svarbių savybių nustatymui

Doktorantas: Tomas Mūžas

Darbo vadovas: prof. dr. Tadas Meškauskas

Darbo konsultantas: dr. Andrius Vytautas Misiukas Misiūnas

Doktorantūros studijų laikotarpis: 2022 – 2026 m.

Studijų planas ir jo vykdymo suvestinė

Metai	Egzaminai		Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos		
			Tarptautinės		Nacionalinės		Su citav. rodikl.		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Būsena
I (2022/2023)	2	2	-	1	**-**	**-**	-	-	-
II (2023/2024)	2	**2**	-	-	-	-	-	-	**Pateikta, Reikia korekcijos**
III (2024/2025)	-	-	1	-	-	-	1	-	-
IV (2025/2026)	-	-	1	-	-	-	1	-	-
Iš viso	**4**	**4**	2	1	-	-	2	0	-

2023/2024 m.m. planas ir jo vykdymas

Egzaminai

Planas	Įvykdyta	Būklė
Vaizdų ir duomenų analizė *(FF)* (2023-06-14)	2023-06-14	Išlaikyta
Informatikos ir informatikos inžinerijos tyrimo metodai ir metodika (2023-06-22)	2023-06-22	Išlaikyta
Fundamentalieji informatikos ir informatikos inžinerijos metodai (2024-01-24)	2024-01-24	Išlaikyta
Gilieji neuroniniai tinklai (2024-06-11)	2024-06-11	Išlaikyta

Tyrimo objektas

- Astrofizikinių objektų klasifikavimas ir/ar savybių nustatymas
- profesionalų parengti arba savanorių balsavimu grįsti duomenų rinkiniai
- antžeminių ir kosmoso teleskopų nuotraukos

Tyrimo tikslas

Pasiūlyti naują arba patobulintą astrofizikinių objektų klasifikavimo modelį, paremtą dirbtinio intelekto metodais

Tyrimo uždaviniai

1. Sukurti astrofizikinių objektų duomenų analizės metodiką, apibrėžti kriterijus objektų klasifikavimo ir/ar savybių patikimumui įvertinti. Taip pat parengti metodiką sintetinių duomenų generavimui.
2. Atrinkti patikimų duomenų rinkinius, skirtus modelių apmokymui ir validavimui.
3. Apmokyti skirtingus dirbtinio intelekto modelius naudojant parengtą apmokymo duomenų rinkinį. Skaičiavimus atlikti naudojant paskirstyto skaičiavimo resursus bei grafinius procesorius.
4. Išskirti efektyviausius modelius bei jų parametrus, optimizuoti jų taikymą.

Pagrindiniai galaktikų tipai

Spiralinė

Eliptinė

Nuotraukos gautos iš SDSS DR7

Problemos

- Atlikus literatūros apžvalgą paaiškėjo, kad nors ir kiti autoriai pasiekia puikų tikslumą (95-99%), tačiau **naudojami tik nedideli duomenų rinkiniai (< 150,000)**.

- Cheng et al., apmokę modelį vos su 3,000 nuotraukų, bando klasifikuoti 20 mln. nuotraukų.

- Todėl kyla klausimas, kokio dydžio apmokymo duomenų imtis yra pakankama tiksliai klasifikuoti didelius duomenų kiekius

Duomenų rinkiniai

- Siekiant gauti kuo didesnės apimties duomenų rinkinius, buvo naudojami 5 savanorių balsavimu grįsti Galaxy Zoo (GZ) duomenų rinkiniai – GZ1, GZ2, GZ CANDELS, GZ Hubble, GZ DECaLS.

- Bendras galaktikų kiekis – 1.2 milijono.

- Kadangi ta pati galaktika galėjo būti keliuose rinkiniuose, rinkiniai pradžiai buvo apjungiami pagal koordinates. Tai sumažina bendrą *unikalių* galaktikų skaičių.

Spiral Certainty Index metrika

- Dėl kai kurių galaktikų tipo savanoriai nesutarė, todėl buvo įvesta nauja metrika – *Spiral Certainty Index* (SCI), kuri parodo savanorių užtikrintumą, kad galaktika yra spiralinė.

$$SCI = \frac{P_{spiral}}{P_{spiral} + P_{elliptical}}$$

- SCI reikšmės buvo padalintos į 2, 3 ir 5 intervalus. Šie intervalai gali būti interpretuojami ir fizikine prasme.

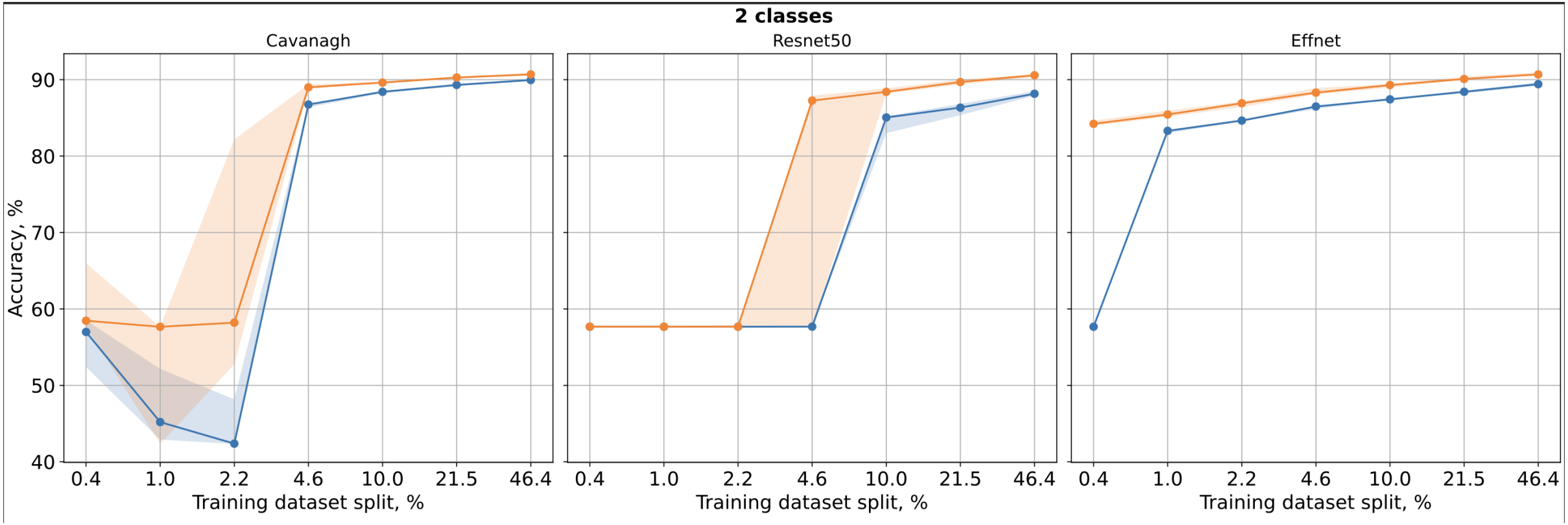
- Apjungiant duomenų rinkinius, buvo užtikrinta, kad tos pačios galaktikos SCI intervalas sutampa visose GZ rinkiniuose. Jei ne – galaktika pašalinama.

- Pagal SCI reikšmes buvo sudaryti 2 (820k galaktikų), 3 (781k) ir 5 (737k) klasių duomenų rinkiniai.

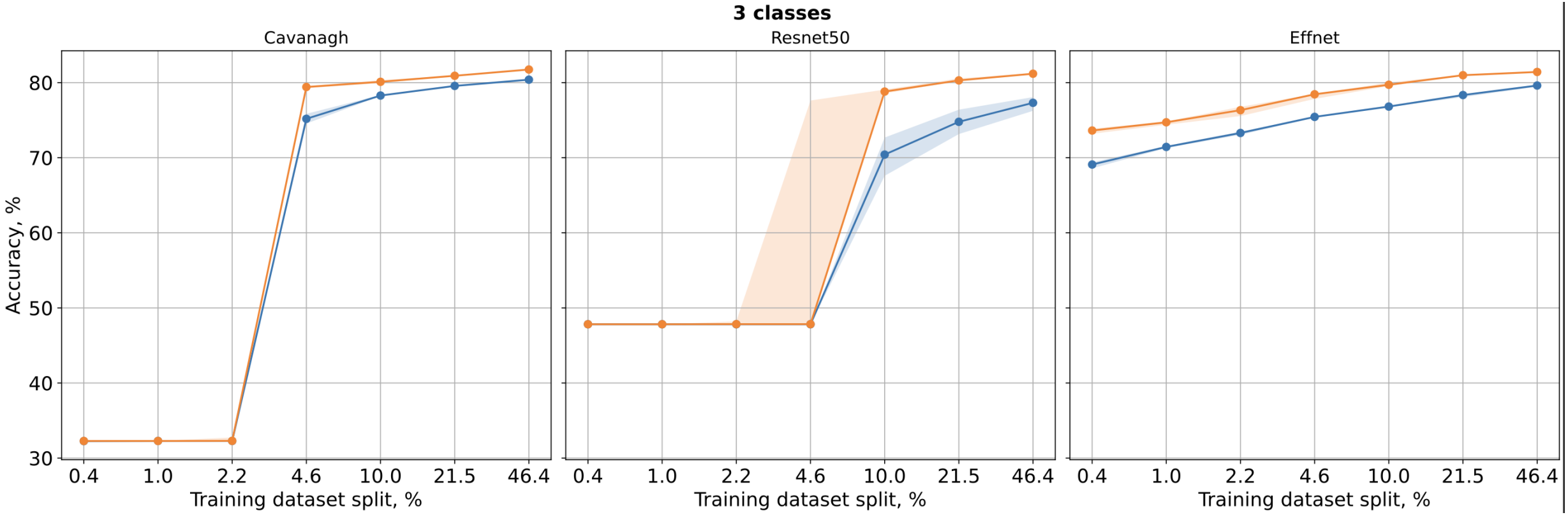
Atlikti darbai

- Apmokymui naudojama tik labai nedidelis kiekis duomenų, visi likę – testavimui
- Apmokymo imtys: 0.4%, 1%, 2.2%, 4.6%, 10%, 21.5%, 46.2% nuo atitinkamo duomenų rinkinio dydžio
- Apmokyti trijų skirtingo sudėtingumo architektūrų modeliai. Buvo vertinama ir standartinių augmentacijų įtaka (pasukimas, apvertimas, priartinimas, triukšmas)
- ***Pagal eksperimentų rezultatus parengtas straipsnis ir pateiktas į „Applied Intelligence“, Springer Nature, Q2 žurnalą. Straipsnis jau buvo recenzuotas ir reikalauja pataisymų.***

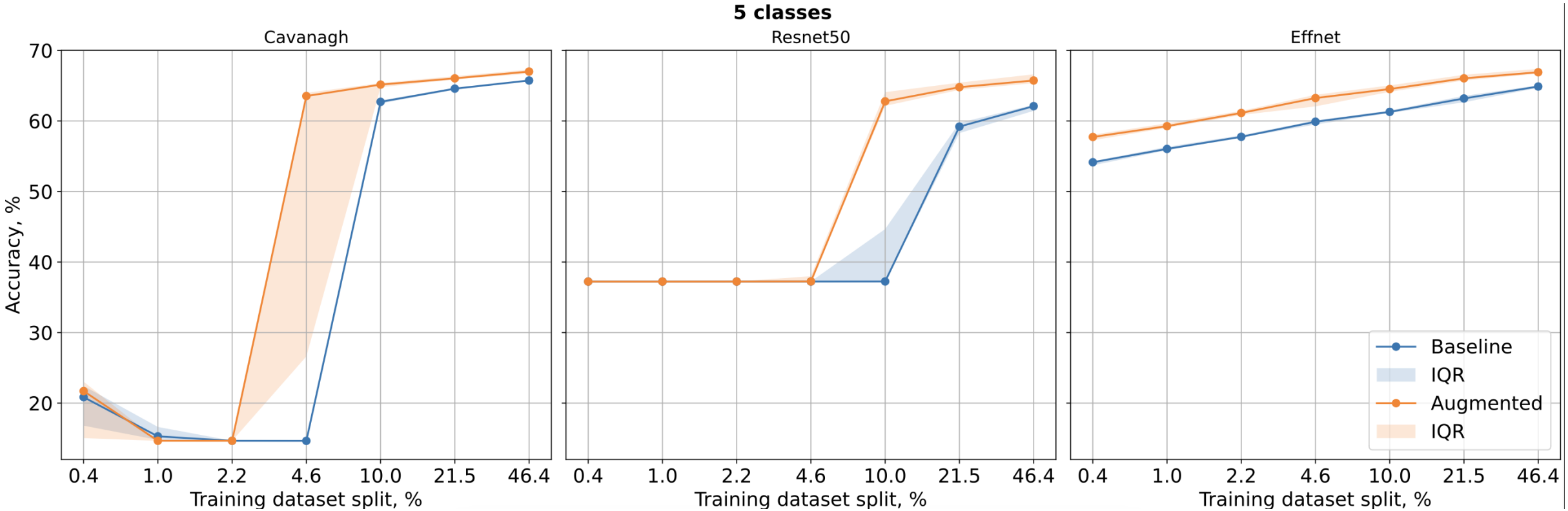
Esminiai rezultatai (2 klasės)



Esminiai rezultatai (3 klasės)



Esminiai rezultatai (5 klasės)



Išvados

- Mūsų atliktuose eksperimentuose, siekiant gauti modelį, gebantį stabilius rezultatus klasifikuojant didelį kiekį galaktikų, reikia bent 72,704 nuotraukų 5 klasėms, 76,800 nuotraukų 3 klasėms, ir 80,896 nuotraukų 2 klasėms, kas atitinka 10% duomenų rinkinio dydžio.
- Visiems modeliams, standartinių augmentacijų technikų taikymas prilygsta apmokymo imties padidinimui 2 ar net daugiau kartų. Ši tendencija stebima visuose – 2, 3 ir 5 klasių – duomenų rinkiniuose.
- Iš visų tirtų modelių, EfficientNetV2S parodė stabiliausius rezultatus – persimokymas įvyko tik naudojant 2 klasių duomenų rinkinį ir mažiausią, 4,096 nuotraukų imtį.

Numatomi darbai

- Pataisyti straipsnį pagal recenzentų komentarus ir jį publikuoti 2024/2025 m. m.
- Sukurti naują CNN sluoksnį, paremtą galaktikų nuotraukų specifika, išbandyti jį kartu su kitais sluoksniais bei palyginti modelių rezultatus su kitų architektūrų modeliais.

Ačiū už dėmesį!