

# Žmogaus emocijų atpažinimo nuotraukose konvoliuciniais neuroniniais tinklais problemos

Ataskaita už 2023/2024 studijų mokslo metų I pusmetį  
Studijų laikotarpis: 2021 m. spalio mėn. 1 d. – 2025 m. rugsėjo mėn.  
30 d.

Doktorantas: Modestas Motiejauskas

Darbo vadovas: prof. habil. dr. Gintautas Dzemyda

2024-03-28

# Studijų / ataskaitinių metų planas ir jo vykdymas

Studijų metai	Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos					
	Tarptautinėse <sup>2</sup>		Nacionalinėse		Su citav. rodikliu <sup>4</sup>			Be citav. rodiklio <sup>5</sup>		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta <sup>6</sup>	Būklė <sup>7</sup>	Planas	Įvykdyta <sup>6</sup>	Būklė <sup>7</sup>
I (2021/2022)	0	0	1	0						
II (2022/2023)	1	1	0	1 (skola iš I metų)				1	0	
III (2023/2024)	1				1					
IV (2024/2025)	1				1					
Iš viso:	3	1			2	0		1		
<b>Dalyvavimas konferencijose 2022/2023 (I pusmetis)</b>										
<b>Planas</b>		<b>Įvykdyta</b>							<b>Konferencijos tipas</b>	
Data Analysis Methods for Software Systems, 2022, Lietuva		Modestas Motiejauskas, Gintautas Dzemyda, On recognizing emotion of sadness in images of a general nature using CNN, 2022-12-01 – 03, Druskininkai, Lietuva							Nacionalinė	
<b>Dalyvavimas konferencijose 2022/2023 (2 pusmetis)</b>										
<b>Planas</b>		<b>Įvykdyta</b>							<b>Konferencijos tipas</b>	
„Numerical Computations: Theory and Algorithms NUMTA-2023“, Italija		Modestas Motiejauskas, Gintautas Dzemyda, „Optimization of EfficientNetV2 Models for Predicting Sadness Emotion“, 2023-06-14 – 20., Calabria, Italija							Tarptautinė	

# Studijų / ataskaitinių metų planas ir jo vykdymas

Egzaminai		
Planas	Ivykdyta	Būklė
Egzamino pavadinimas	Mašininis mokymasis, 2022-02-17	Išlaikytas
Egzamino pavadinimas	Gilieji neuroniniai tinklai, 2022-05-30	Išlaikytas
Egzamino pavadinimas	Informatikos ir informatikos inžinerijos tyrimo metodai ir metodika, 2022-06-30	Išlaikytas
Egzamino pavadinimas	Fundamentalieji informatikos ir informatikos inžinerijos metodai, 2023-01-24	Išlaikytas

# Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

	Darbo pavadinimas	Atlikimo terminai	Pastabos
1.	<p><b>Mokslinių tyrimų disertacijos tema apžvalga ir analizė (Lietuvoje ir užsienyje):</b></p> <p>1.1. Disertacijos tyrimo objekto detalizavimas.</p> <p>1.2. Atlikti konvoliucinių neuroninių tinklų architektūrų pritaikymo emocijų klasifikavimui pagal vaizdus ir garsus analitinę apžvalgą.</p> <p>1.3. Nustatyti (identifikuoti) mokslines problemas, kylančias uždaviniuose, susijusiuose su konvoliucinių neuroninių tinklų taikymu emocijoms atpažinti, o taip pat ir su tam naudojamų tinklų specifika.</p> <p>1.4. Tyrimo tikslo suformavimas.</p>	<p>2021 m. spalio mėn. – 2022 m. kovo mėn.</p> <p>2022 m. balandžio mėn. – 2022 m. rugsėjo mėn.</p>	<p>Pabaigta rengti mokslinės literatūros apžvalga</p> <p>Įvertinti galimi naujesnės kartos (2021 m. paskelbimo) konvoliucinių neuroninių tinklų modeliai nenusileidžia efektyvumu tankiems, dideliems tinklams..</p>

2.	<p>Mokslinio tyrimo vykdymas:</p> <p>2.1. Tyrimo metodikos sudarymas:</p> <p>2.1.1. Tyrimo metodikos iškeltiems uždaviniams spręsti parinkimas;</p> <p>2.1.2. Teorinio ir empirinio tyrimų suplanavimas pagal pasirinktą metodiką.</p> <p>2.2. Teorinis tyrimas:</p> <p>2.2.1. Konvoliucinių neuroninių tinklų, naudojamų žmogaus emocijoms nustatyti, tyrimas.</p> <p>2.2.2. Žmogaus emocijoms nustatyti skirto konvoliucinio neuroninio tinklo funkcionavimo tyrimas ir jo vidinės elgsenos analizė priklausomai nuo skirtingų emocijų. Emocijų vertinimo proceso optimizavimas remiantis gautomis analizės žiniomis.</p> <p>2.3. Empirinis tyrimas:</p> <p>2.3.1. Sudarytų metodų pritaikymas praktinių uždavinių sprendimui.</p> <p>2.3.2. Gautų duomenų analizė, rezultatų apibendrinimas, išvadų parengimas.</p>	<p>2022 m. spalio mėn.</p> <p>2022 m. lapkričio mėn. – 2023 m. rugsėjo mėn.</p> <p>2023 m. spalio mėn. – 2024 m. gegužės mėn.</p> <p>2024 m. birželio mėn. –</p> <p>2024 m. rugsėjo mėn.</p>	<p><b>Pateikti patobulinti Gramo matricos moduliai, kurie apima papildomas aktyvavimo funkcijas, taip pagerinant požymių atpažinimo efektyvumą. Išplėtėme konvoliucinių neuroninių tinklų, ypač EfficientNetV2B2, galimybes, leidžiančias naudoti tiek gilių, tiek negiliųjų sluoksnio požymių atvaizdžius, tokiu būdu gerinant liūdesio atpažinimą emocijų vaizduose.</b></p>
3.	<p>Atskirų daktaro disertacijos dalių (tyrimo metodikos, rezultatų, ginamų teiginių, išvadų, ir kt.) parengimas:</p> <p>3.1. Tikslų, uždavinių, tyrimo metodikos, ginamųjų teiginių patikslinimas;</p> <p>3.2. Analitinės disertacijos dalies parengimas;</p> <p>3.3. Teorinės disertacijos dalies parengimas;</p> <p>3.4. Eksperimentinės disertacijos dalies parengimas;</p> <p>3.5. Bendrųjų išvadų formulavimas.</p>	<p>2024 m. spalio mėn. – 2025 m. gegužės mėn.</p>	
4.	<p>Daktaro disertacijos parengimas ir svarstymas padalinyje</p>	<p>2025 m. birželio mėn.</p>	<p>5</p>
5	<p>Daktaro disertacijos gynimas</p>	<p>2025 m. rugsėjo mėn.</p>	

# Tyrimo objektas, tikslas ir uždaviniai

Šiame darbe yra tiriami vaizdai, kuriuose norima įvertinti emocijas.

Tikslas: Atlikti emocijų klasifikavimą bendro pobūdžio vaizduose.

Uždaviniai:

- Atlikti mokslinės literatūros apžvalgą.
- Nustatyti (identifikuoti) mokslines problemas, kylančias uždaviniuose, susijusiuose su konvoliucinių neuroninių tinklų taikymu emocijoms atpažinti, o taip pat ir su tam naudojamų tinklų specifika.
- Sudaryti tyrimo metodiką.
- Išplėsti tiriamas emocijų kategorijas į šias: džiaugsmas, meilė, liūdesys, nustebimas, sumišimas, pyktis, baimė.

# Mokslinių rezultatų pristatymas

- Įprastai yra išskiriamos šios bazinės emocijos: džiaugsmas, meilė, liūdesys, nustebimas, sumišimas, pyktis, baimė.
- Apsiribota vienos emocijos tyrinėjimu – liūdesio emocijos.
- Pasirėmę Zhang et al (2022)\* autorių tyrimais, išplečiame jų tyrimų darbus, pasinaudoję Gramo matricos struktūra. Mūsų vienas iš tobulinimo aspektų yra Gramo matricos struktūrų suvienodinimas ir lankstesnis išplėtimas.
- Teigiama, kad Gramo matrica gerai fiksuoja žemo lygmens vaizdinius požymius, išlaikydama vaizdo spalvines ir tekstūrines detales, dar daugiau, pašalina vaizdo turinio trukdžius.
  - Siūloma patobulintus Gramo matricos modulius, kurie apima papildomas aktyvavimo funkcijas, taip pagerinant požymių atpažinimo atsparumą.
  - Išplečiame konvoliucinių neuroninių tinklų, ypač EfficientNetV2B2, galimybes, leidžiančias naudoti tiek gilių, tiek negiliųjų sluoksnių požymių atvaizdžius, tokiu būdu gerinant liūdesio atpažinimą emocijų vaizduose.

\*Zhang, H., Liu, Y., Xu, D., He, K., Peng, G., Yue, Y., & Liu, R. (2022). *Learning multi-level representations for image emotion recognition in the deep convolutional network*. 91. <https://doi.org/10.1117/12.2623414>

# Gramo matricų taikymo idėja

- Vienas iš tyrimų teigia, jog gilieji neuroniniai tinklai įprastai remiasi giliai išmokta semantine informacija, ignoruojant negilių išmoktų vizualinių požymių.
- Siūlo požymių išrinkimo (angl. feature extraction) būdą pasinaudojant Gramo matricomis.
- Gramo matricos laikomos tinkamomis nustatant ryšius ir koreliacijas tarp požymio atvaizdžių (angl. feature maps).

\* Zhang, H., Liu, Y., Xu, D., He, K., Peng, G., Yue, Y., & Liu, R. (2022). Learning multi-level representations for image emotion recognition in the deep convolutional network. 91. <https://doi.org/10.1117/12.2623414>



# Gramo matricos išreiškimas

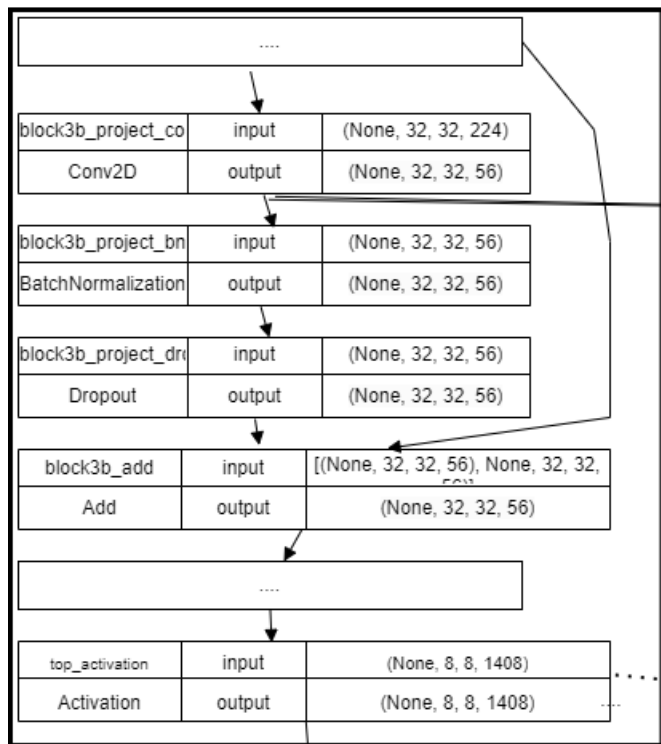
- Požymių atvaizdžiai yra išreikšti taip:
- $F \in \mathbb{R}^{H \times W \times C}$

Gramo matrica randama iš atitinkamo požymių atvaizdžių transformacijos į dvimatę matricą:

$$G = F * F^T \text{ ir } F \in \mathbb{R}^{C \times HW}, F^T \in \mathbb{R}^{HW \times C}$$

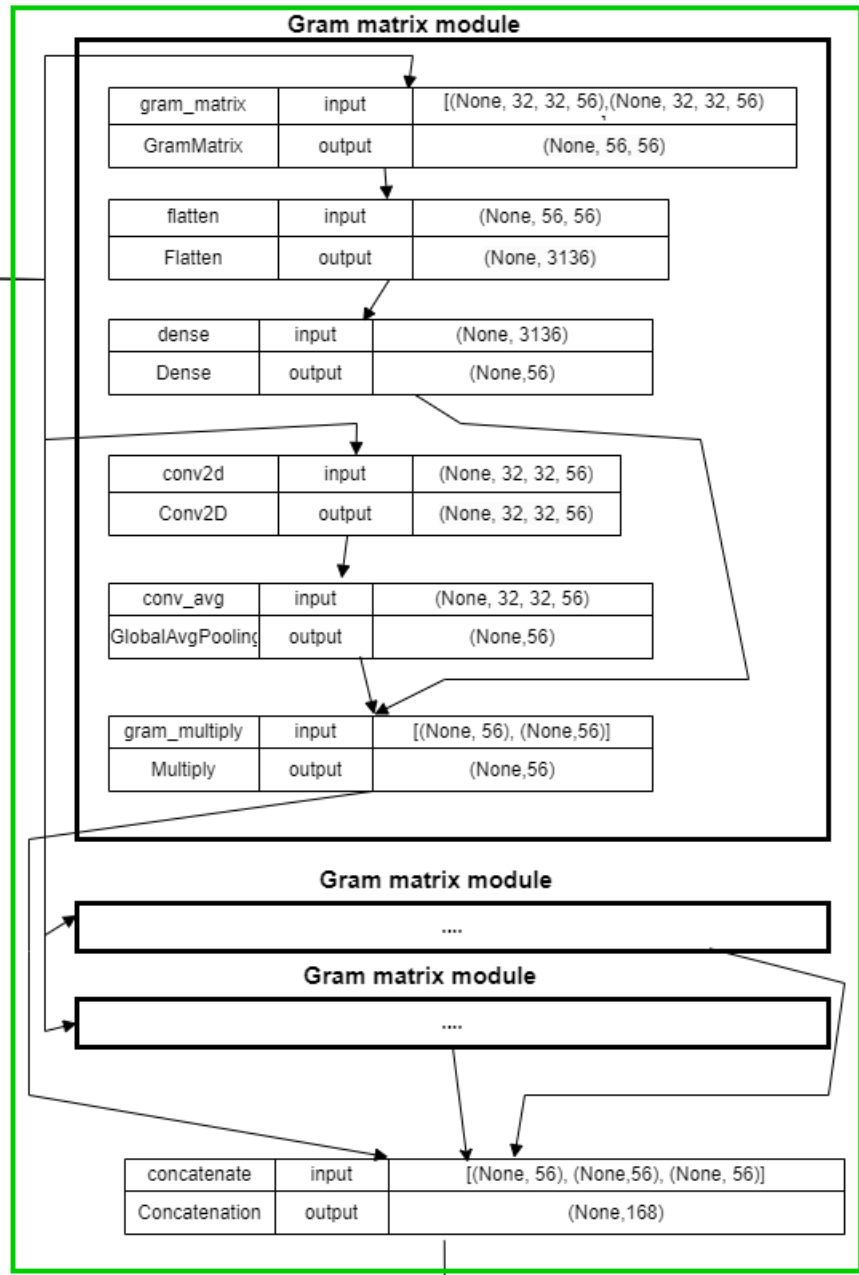
Kiekvienas Gramo matricos elementas yra lygus vidinės sandaugos rezultatui tarp vektorizuotų atvaizdžių.

### Backbone EfficientNetV2B2 CNN



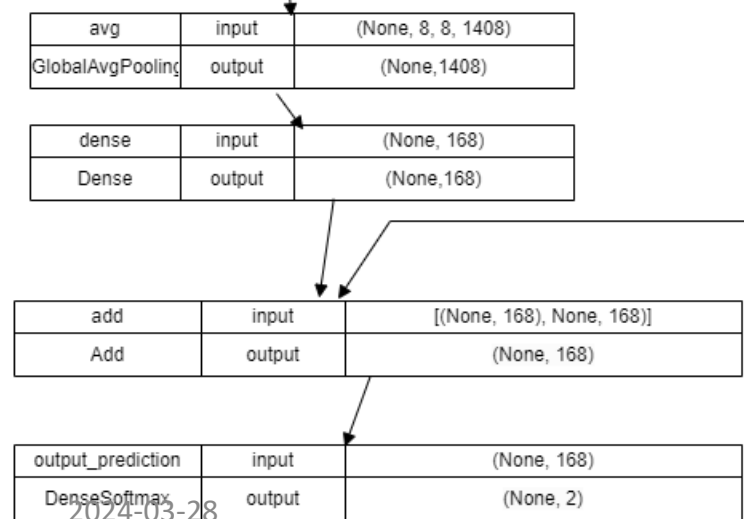
Primary CNN backbone output

### Gram matrix module



### Gram matrix module

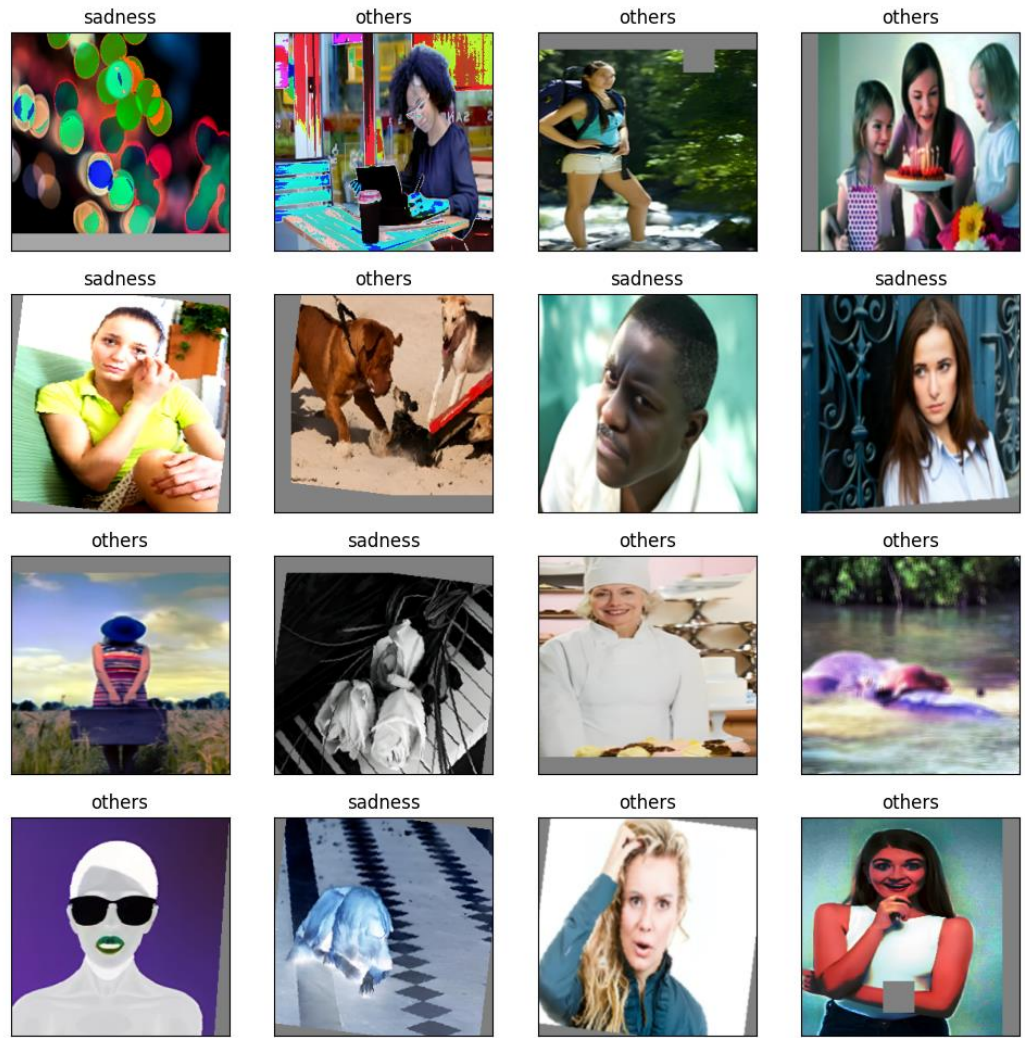
### Gram matrix module



2024-03-28

# Apmokymo eiga

- 61074 paveikslėliai padalinti į 80 % mokymo, 10 % validavimo ir 10 % testavimo poaibius.
- Įvesties paveikslėliai buvo pateikti kaip 256x256 spalvoti paveikslėliai, ir buvo taikomos augmentacijos, siekiant sumažinti persimokymą.
- Naudojama kategorinės kryžminės entropijos nuostolių funkcija, o modelio išvestys yra softmax tikimybės.
- EfficientNetV2 CNN modeliai buvo parinkti kaip atraminiai tinklai dėl mažo parametrų skaičiaus ir gerų rezultatų ImageNet palyginime.
- Vaizdai buvo išskaidyti į 2 kategorijas: paveikslėliai, kuriuose pasireiškia, atspindi liūdesio emocija, ir paveikslėliai, kuriuose – nepasireiškia.



Apmokymui paruošti vaizdai pasinaudojus RandAugment augmentavimo sprendimu, kur  $N = 3$ ,  $M = 7$

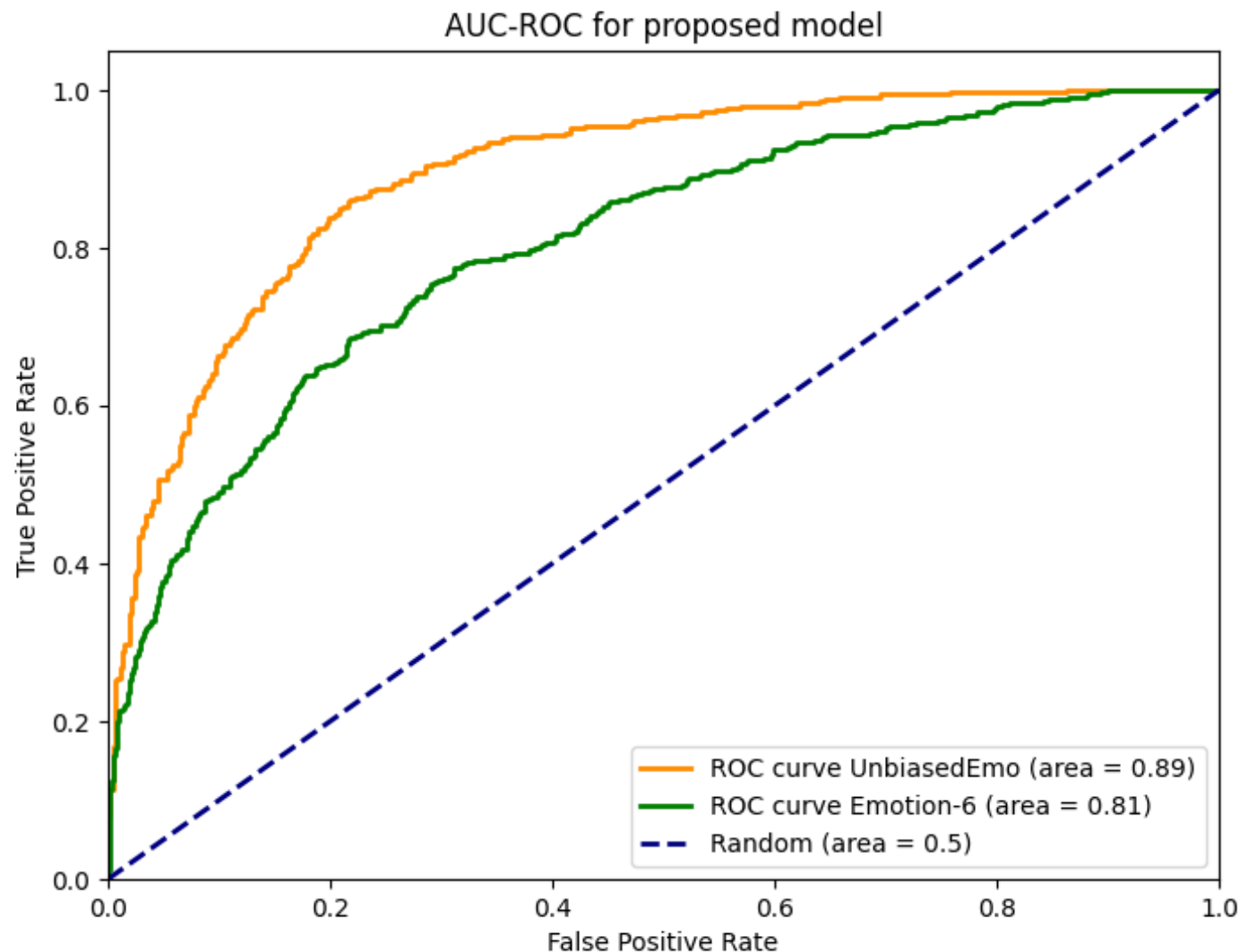
# Rezultatai

Datasets	Proposed (%)	Baseline (%)
Training test set	81,79	81,41
UnbiasedEmo	81,59	80,85
Emotion-6	72,81	69,46

Apmokytų tinklų tikslumo įverčiai skirtinguose emocijų duomenų rinkiniuose

Network	Overall Accuracy (%)	SD
Baseline B2	81.368	0.174
Improved B2 3 modules	81.806	0.177
Improved B2 4 modules	81.826	0.086
Improved B2 2 modules	81.772	0.118
Zhang et al model (*)	81.542	0.238

Siūlomo tinklo struktūros tikslumo įverčiai per 5 bandymus lyginant kartu su ankstesniu modeliu pagal Zhang et al



# Rezultatai

- Sukonstruotas bazinis palyginamasis tinklas – atraminis CNN gražina 81.36 % vidutinį tikslumą.
- Pateiktas siūlomas tinklas išnaudojant Gramo matricių modulius – 81.8 % vidutinį tikslumą.
- Išsikelta statistinė hipotezė, siekiant nustatyti ar gaunamas skirtumas yra statistiškai reikšmingas.
- Su 95 % patikimumu pasiklovimo intervalas tarp tikrosios vidurkio skirtumo esant siūlomo ir bazinio modelio yra – (0.146, 0.726)
- Autorių Zhang et al modelis, kurio idėjomis tyrimas buvo pasiremtas, mūsų problemai per 5 bandymus pateikė 81.54 % vidutinį tikslumą.

# Išvados

- Išplečiant atraminį konvoliucinį neuroninį tinklą – EfficientNetV2B2 su Gramo moduliais pasiekiamas aukštesnis bendras tikslumas.
- Reikalinga atlikti eksperimentų, nustatant optimalesnį modulių kiekį ir atitinkamų sluoksnių išrinkimo iš atraminio tinklo.
- Apmokytas siūlomas modelis pateikia gerus atpažinimo rezultatus nematytuose duomenų rinkiniuose.

# Kito pusmečio darbo planas

- Pabaigti taisyti medžiagą publikacijai iki balandžio pabaigos.
- Išplėsti tiriamas emocijų kategorijas, naudojantis tais pačiais eksperimentiniais metodais.
- Paruošti antrą medžiagą publikacijai į leidinį, turintį cituojamumo rodiklį.
- Pildyti ir ruošti medžiagą galutinei disertacijai.