

Vilniaus universitetas
Duomenų mokslo ir skaitmeninių technologijų institutas



Duomenų mokslo ir
skaitmeninių technologijų
institutas

INFORMATIKOS IR INFORMATIKOS INŽINERIJOS KRYPČIŲ DOKTORANTŲ
ATESTACINĖ KONFERENCIJA
VEIKLOS ATASKAITA UŽ 2024 M. SPALIO 5 D. – 2025 M. KOVO 28 D.

GILIOJO MOKYMOSI METODŲ VYSTYMAS DEPRESIJOS DIAGNOSTIKAI PAREMTAS EEG SIGNALŲ ANALIZE

DOKT. GAJANE MIKALKĖNIENĖ– INFORMATIKA N 009
STUDIJŲ METAI: II

DARBO VADOVAS:

NUO 2023 IKI 2025: VYRESN. M. D. DR. JOLITA BERNATAVIČIENĖ

NUO 2025: DR. TADAS ŽVIRBLIS

DOKTORANTŪROS PRADŽIOS IR PABAIGOS METAI: 2023–2027

Doktorantūros studijų ir mokslinių tyrimų planas

Doktorantūros studijų egzaminų planas

Studijų metai	Egzaminai	
	Planas	Įvykdyta
I (2023/2024)	1	1
II (2024/2025)	3	0
III (2025/2026)		
IV (2026/2027)		
Iš viso	4	

Doktorantūros studijų mokslinių pasiekimų planas

Studijų metai	Dalyvavimas konferencijose				Publikacijos					
	Tarptautinėse		Nacionalinėse		Su citav. rodikliu			Be citav. rodiklio		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Būklė	Planas	Įvykdyta	Būklė
I (2023/2024)			1	1						
II (2024/2025)	0	2	0	1				1	1	Pateikta
III (2025/2026)	1				1			1		
IV (2026/2027)	1				1					
Iš viso	2	2	1	2	2			2		

Doktorantūros studijų ir mokslinių tyrimų plano vykdymo suvestinė (egzaminai, kiti gebėjimai)

Bendrieji gebėjimai 2024/2025 (I pusmetis)		
Planas	Įvykdyta	Būklė
Tinklų modeliai ir algoritmai (2025 m. I ketvirtis)	Neįvykdyta	Ruošiamasi egzaminui bei vyksta konsultavimasis su dėstytoju. Ketinama išlaikyti 2 ketvirčio eigoje.

Dalyvavimas konferencijose

Dalyvavimas konferencijose 2024/2025 (I pusmetis)

Planas	Įvykdyta	Konferencijos tipas
16 tarptautinė mokslinė Lietuvos Neuromokslų Asociacijos konferencija, 2024-11-29, Vilnius, Lietuva.	Mikalkėnienė, Gajane; Rimšelis, Jonas Mindaugas; Bernatavičienė, Jolita. „Impact of data preprocessing on EEG signal classification using adjacency matrices“. 16 tarptautinė mokslinė Lietuvos Neuromokslų Asociacijos konferencija, 2024-11-29, Vilnius, Lietuva.	Tarptautinė
15 tarptautinė konferencija „Duomenų analizės metodai programų sistemoms“, 2024-11-28 – 2024-11-30, Druskininkai, Lietuva.	Rimšelis, Jonas Mindaugas; Mikalkėnienė, Gajane; Bernatavičienė, Jolita. „Comparative evaluation of adjacency matrix applications for EEG signal classification tasks“. 15 tarptautinė konferencija „Duomenų analizės metodai programų sistemoms“, 2024-11-28 – 2024-11-30, Druskininkai, Lietuva.	Nacionalinė

Mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai

Darbo pavadinimas	Atlikimo terminai	Pastabos
2. Mokslinio tyrimo vykdymas:		Vykdoma
2.1. Tyrimo metodikos sudarymas:		Vykdoma
2.1.1. Tyrimo metodikos išskeltiems uždaviniams spręsti parinkimas.	2024 m. III ketvirtis – 2024 m. IV ketvirtis	Vykdoma
2.1.2. Teorinio ir empirinio tyrimų suplanavimas pagal pasirinktą metodiką.	2024 m. III ketvirtis – 2024 m. IV ketvirtis	Vykdoma

Tyrimo objektas ir tikslas

Tyrimo objektas: Giliojo mokymosi algoritmai skirti elektroencefalografijos signalų klasifikavimui.

Tikslas: Sukurti dirbtinių neuronų tinklų modelį elektroencefalogramų klasifikavimui, remiantis funkcinio jungumo skirtumais tarp psichikos sveikatos sutrikimų turinčių pacientų ir sveikų tiriamųjų.

Tyrimo uždaviniai

1. Atlikti išsamią mokslinių tyrimų, susijusių su mašininio mokymosi metodų taikymo galvos smegenų funkcinio jungumo depresijos metu duomenims, apžvalgą ir analizę;
2. Apžvelgti funkcinio jungumo vertinimo metodus, jungumo požymių atrinkimo būdus ir jų poveikį klasifikavimo tikslumui;
3. Apžvelgti psichikos sutrikimų turinčių asmenų funkcinio galvos smegenų jungumo skirtumus lyginant su sveikais asmenimis;
4. Atlikti funkcinio jungumo analizę pasirinktame duomenų rinkinyje;
5. Sukurti giliojo mokymosi metodais grįstą metodiką elektroencefalogramų klasifikavimui psichikos sutrikimų atveju, kuri remtųsi jungumo požymiais;
6. Įvertinti sukurtos metodikos efektyvumą klasifikuojant klinikinius duomenis;
7. Atlikti gautų rezultatų analizę, apibendrinti rezultatus, parengti išvadas ir rekomendacijas.

Gauti moksliniai rezultatai (1)

- Apžvelgti funkcinio jungumo vertinimo metodai ir jų poveikis klasifikavimo tikslumui (2 uždavinys), taip pat buvo apžvelgti psichikos sutrikimų turinčių asmenų funkcinio smegenų jungumo skirtumai lyginant su sveikais asmenimis (3 uždavinys).
- Išvados:
 - (1) smegenų tinklų vizualizavimas remiantis gretimumo matricomis yra efektyvesnis, nei viršūnių jungties (angl. *node-link*) diagramos,
 - (2) dėl EEG signalo nestacionarumo ir erdvinio diskretiškumo vertinant statistinius ryšius tarp smegenų sričių laiko eilučių prasminga pasitelkti grafų teoriją vertinant dinamišką smegenų sąveiką,
 - (3) fazėmis paremti smegenų tinklai leidžia atskirti skirtingas smegenų būsenas, tačiau amplitudė remta koherencija leidžia įvertinti susietumo stiprumą specifiniuose dažniuose,
 - (4) grafais paremti giliojo mokymosi metodai (kaip grafų izomorfiniai konvoliuciniai tinklai ir erdvės-laiko grafų konvoliuciniai tinklai) pasiekia geresnį tikslumą nei paviršutiniško mašininio mokymosi metodai, kurių tikslumas krenta dėl perteklinių požymių,
 - (5) požymių atrinkimas ir dimensiškumo mažinimas yra dažniausi sunkumai klasifikuojant EEG įrašus remiantis funkcinio jungumu dėl požymių pertekliaus,

Gauti moksliniai rezultatai (2)

- (6) iki šiol nėra parinkta efektyviausia funkcinio jungumo metrika (Pearson koreliacija, fazių koherencija, kt.) gretimumo matricoms kurti, kadangi skirtingos metrikos fiksuoja skirtingus smegenų jungumo aspektus,
- (7) modeliai, kurie remiasi erdviniais bei laikiniais EEG požymiais pasiekė aukštesnių rezultatų, nei tie, kurie rėmėsi tik vienu požymių tipu,
- (8) grafais paremti modeliai, ypač vienijantys viršūnių (elektrodų matavimai, pvz., spektrinis tankis) bei jungumų požymius pasiekia aukštesnių rezultatų, nei kiti,
- (9) dažni trūkumai pasitaikantys tyrimuose yra mažas imties dydis (apriboja rezultatų apibendrinamumą), tūrio laidumo poveikis (elektros sklaida, angl. *volume conduction, electrical spread*) gali iškreipti jungumo įverčius nepaisant siekio jį sumažinti,
- (10) standartizavimo trūkumas tyrimuose lemia nenuoseklius rezultatus apie EEG jungumo tendencijas vertinant psichikos sutrikimus.

Gauti moksliniai rezultatai (3)

- Atliekant 4 darbo uždavinį buvo sukurtas jungumo gretimumo matricų pateikimo būdas klasifikavimo modeliui – agreguojant matricas apskaičiuotas iš keturių metrikų (Pearson koreliacija (Corr), fazių fiksavimo vertė (PLV), fazių delsimo indeksas (PLI), menamoji koherencijos dalis (iCoh)). Tyrimo eigoje buvo apmokinti 3 modeliai: atraminių vektorių klasifikatoriai (SVM), atsitiktiniai miškai (RF) bei XGBoost. Naudojami tyrimui duomenys buvo iš 2 duomenų rinkinių: iš Respublikinės Vilniaus psichiatrijos ligoninės (RVPL) depresijos klasifikavimui bei internetu pasiekiamas MMI duomenų rinkinys užsimerkimo/atsimerkimo klasifikavimui.
- Rezultatai:
 - MMI rinkinyje didžiausias tikslumas buvo pasiektas naudojant Corr matricas su svoriais, agreguotas dažnių juostose, su LASSO atrinktomis savybėmis (87 % tikslumas, AUC 91,5 %). RF pranoko kitus klasifikavimo modelius daugelyje dažnių juostų. Be to, LASSO turėjo geresnius rezultatus, nei principinių komponentų analize (PCA) remtas požymių parinkimas.
 - RVPL duomenų rinkiniui didžiausias tikslumas (87,5 %, AUC = 91,5 %) buvo pasiektas naudojant alfa dažnio (8,0–12,0 Hz) binarizuotas matricas, agreguotas pagal požymius, kurie buvo atrinkti naudojant LASSO. Panašiai kaip ir MMI duomenų rinkiniui, RF turėjo geriausias rezultatus naudojant įvairius požymių parinkimo metodus.
 - Vertinant EEG signalo paruošimą, FIR ir IIR filtrų taikymas pagerino MMI duomenų klasifikavimo tikslumą, tačiau neturėjo statistiškai reikšmingo poveikio depresijos nustatymui RVPL duomenų rinkinyje.
 - Šie rezultatai leidžia kelti prielaidą, kad matricos, pagrįstos funkcinio jungumo metrikomis, pvz., Pearson koreliacija ir fazės fiksavimo vertė, kartu su veiksmingais požymių atrinkimo metodais, tokiais kaip LASSO, gali žymiai pagerinti klasifikavimo tikslumą klasifikuojant EEG tiek pagal judesį, tiek pagal psichikos būklę.

Kito pusmečio darbo planas

- Toliau nagrinėti 2 uždavinį taikant kitokius požymių atrinkimo būdus (kaip ElasticNet) su kitais funkcinio jungumo vertinimo metodais (kaip fazių sinchronizacija, fazių perkeltimo entropija ir t.t.), koks jų poveikis klasifikavimo tikslumui, siekiant pagerinti klasifikavimo rezultatus ir sukurti labiau atsparų (angl. robust), geriau apibendrinantį (angl. generalizable) bei didesnę tikslumą pasiekiantį modelį.
- plėsti žinias (tenkinant 3 uždavinį) sekant naujausius tyrimus, kurie tiria psichikos sutrikimų turinčių asmenų funkcinio galvos smegenų jungumo skirtumus lyginant su sveikais asmenimis. Remiantis naujai įgytomis žiniomis planuojama atlikti išsamesnę funkcinio jungumo analizę pasirinktame duomenų rinkinyje (pagal 4 uždavinį).
- Remiantis 4 uždavinio įgyta informacija numatoma įvykdyti 5 užduotį – sukurti giliojo mokymosi metodais grįstą metodiką elektroencefalogramų klasifikavimui psichikos sutrikimų atveju, kuri remtųsi jungumo požymiais.
- Planuojama pabaigti tyrimo metodikos sudarymą (2024 m. III ketvirtis – 2024 m. IV ketvirtis) bei atlikti giliojo mokymosi metodu, naudojamų galvos smegenų funkcinio jungumo depresijos metu duomenims, tyrimą (2024 m. IV ketvirtis – 2025 m. III ketvirtis). Taip pat planuojamas galvos smegenų funkcinio jungumo atpažinimo giliojo mokymosi metodo sukūrimas ir testavimas (2024 m. IV ketvirtis – 2025 m. III ketvirtis).
- Numatytas tyrimo disertacijos tema publikavimas moksliniame leidinyje.
- Privalomojo dalyko „Tinklų modeliai ir algoritmai“ egzaminas “ (egzaminas numatytas 2025 m. I ketvirtį, planuojama įvykdyti iki 2025 m. II ketvirčio pabaigos).

Ačīū už dēmesj!