

OKVIRNI PROGRAM USPOSABLJANJA MLADEGA RAZISKOVALCA (MR)¹

1. OSNOVNI PODATKI

Ime in priimek mentorja:	Božidar Potočnik	Evidenčna številka mentorja pri ARIS (SICRIS) :	15801
E-naslov mentorja:	bozidar.potocnik@um.si	Tel. številka mentorja:	+38622207484
Ime in priimek vodje raziskovalnega programa:	Domen Mongus	Evidenčna številka vodje RP pri ARIS (SICRIS) :	29243
Naziv raziskovalnega programa:	Računalniški sistemi, metodologije in inteligentne storitve	Evidenčna številka RP pri ARIS (SICRIS) :	P2-0041
Članica Univerze v Mariboru (RO UM), kjer bo potekalo usposabljanje:	Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko	Evidenčna številka RO UM pri ARIS (SICRIS) :	0796
Oznaka raziskovalnega področja po klasifikaciji ARIS :	2.07 Računalništvo in informatika	Oznaka raziskovalnega področja po klasifikaciji Ortelius:	9.10 Programming

2. OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA IN CILJEV DOKTORSKE RAZISKAVE²

Izhodišče raziskovalne naloge mladega raziskovalca in njena umestitev v raziskovalni program v katerega je vključen mentor, delovna hipoteza, cilji raziskave in predvideni rezultati s poudarkom na izvirnem prispevku k znanosti:

a. Izhodišča raziskovalne naloge

Raziskovalno delo kandidata/kandidatke bo dopolnjevalo raziskave programske skupine in raziskovalnih projektov Laboratorija za sistemsko programsko opremo na Inštitutu za računalništvo, UM FERI. Usmerjeno bo na področje računalniške obdelave večdimenzionalnih signalov (slik, volumnov), računalniškega vida in globokih računskih modelov (globokih nevronske mreže). Poudarek bo na razvoju novih algoritmov za obdelovanje večdimenzionalnih medicinskih podatkov, še posebej

¹ Izraz *mladi raziskovalec* je zapisan v moški slovnični obliki in je uporabljen kot nevtralen za ženske in moške.

² Raziskovalni in študijski program usposabljanja morata biti skladna z vsebino raziskovalnega programa, katerega član je mentor.

tistih, kjer se globoki računski modeli do sedaj niso izkazali pretirano uspešni. V Laboratoriju za sistemsko programsko opremo se že vrsto let uspešno ukvarjamo z analiziranjem večkanalnih elektromiogramov (EMG), zato bo predvidoma en demonstrator usmerjen tudi na to področje.

Globoke nevronske mreže se nekaj zadnjih let rutinsko uporabljajo za obdelovanje večdimenzionalnih signalov (npr. slik, volumnov, zaporedij slik). V zadnjem obdobju so se kot najuspešnejše izkazale metode, ki temeljijo na modelih pozornosti, npr. arhitektura Transformer. Slednje uporabljajo vsi uspešni veliki jezikovni modeli (LLM). Predvidena raziskava bo zato usmerjena na področje modelov, ki temeljijo na pozornosti.

V zadnjih letih najdemo v literaturi najraznovrstnejše globoke nevronske mreže za obdelovanje večdimenzionalnih podatkov. Pogosto se le-te izkažejo uspešne za določeno izbrano množico podatkov, manj uspešne ali celo neuspešne pa za druge vrste podatkov. Jasno lahko zaznamo t. i. problem teorema NFL (ang. »No Free Lunch Theorem«), ki trdi, da ne obstaja univerzalni optimizacijski algoritem, ki bi bil boljši od vseh drugih pri vseh možnih problemih. Teorem NFL nakazuje, da uspešnost algoritmov variira glede na specifičen reševan problem, ter poudarja potrebo po izbiri najustreznejše računske metode za dano nalogo. Današnji razvoj globokih nevronske mreže tipično temelji na poizkušanju in učenju iz napak (tj. na metodologiji »trial-and-error«).

S to raziskavo želimo narediti korak k bolj sistematičnem snovanju globokih nevronske mreže. Na eni strani želimo nasloviti i) problem snovanja arhitektur globokih nevronske mreže na osnovi značilnosti podatkov, hkrati pa ii) razumeti in zaupati rezultatom, ki jih vračajo takšne nevronske mreže (podpodročje Razložljive umetne inteligence, Explainable Artificial Intelligence - XAI).

b. Delovna hipoteza in metode dela

Mlada raziskovalka oziroma mladi raziskovalec bo razvil_a nove računalniške postopke za sistematično snovanje arhitektur globokih nevronske mreže na osnovi pozornosti. Vpeljal_a bo postopek za kvantitativno analiziranje latentnega prostora podatkov, s čimer bo skušal ovrednotiti in razumeti vnesene spremembe v arhitekturo globoke nevronske mreže. Področje aplikacije raziskave bo segmentacija in razvrščanje raznovrstnih večdimenzionalnih podatkov (predvidoma biomedicinskih podatkov).

Znanstvena metodologija bo predvidoma vključevala, vendar ni omejena na izbrana poglavja s področja digitalne obdelave slik, računalniškega vida, strojnega učenja, globokih nevronske mreže, podatkovnega rudarjenja, analize masovnih podatkov in umetne inteligence.

Pri svojem raziskovalnem delu bo mlada raziskovalka oz. mladi raziskovalec skušal_a dokazati naslednjo delovno hipotezo:

Računalniško podprte globoke nevronske mreže na osnovi pozornosti, zasnovane s pomočjo analiziranja latentnega prostora podatkov, so uspešnejše od obstoječih globokih nevronske mreže, na do sedaj manj uspešno rešenih problemih segmentacije in razvrščanja večdimenzionalnih podatkov.

c. Cilji raziskave in predvideni rezultati

Kandidatov_kin program usposabljanja in raziskovanja bo temeljil na dolgoletnih izkušnjah in znanju naše programske skupine na področju računalniške obdelave biomedicinskih slik in signalov, strojnega učenja, umetne inteligence in bo usmerjen k naslednjim originalnim znanstveno-raziskovalnim ciljem in prispevkom:

- 1.) Zasnova in implementacija novih ali analiza in nadgradnja obstoječih računalniških algoritmov za kvantitativno analiziranje latentnega prostora podatkov;
- 2.) Zasnova in implementacija metodologije za snovanje globokih nevronske mreže na osnovi pozornosti, s pomočjo izsledkov analize latentnega prostora podatkov;
- 3.) Kvantitativno podprta analiza uspešnosti vnašanja sprememb v arhitekturo globoke nevronske mreže, s poudarkom na razložljivosti;
- 4.) Testiranje natančnosti in robustnosti razvitih postopkov za snovanje globokih nevronske mreže na osnovi pozornosti na problemih segmentacije in/ali razvrščanja izbranih večdimenzionalnih (biomedicinskih) podatkov, ki so se do sedaj izkazali za manj uspešno rešene;
- 5.) Prenos znanstveno-raziskovalnih izsledkov v prakso in analiza družbenoekonomskih potencialov naslovljene raziskave.

3. ŠTUDIJSKI PROGRAM

Predvideni študijski program podiplomskega študija v katerega se bo mladi raziskovalec vpisal v študijskem letu 2025/2026:

Računalništvo in informatika (3. stopnja, doktorski študij)

4. OPIS DEL IN NALOG

V času podiplomskega študija bo mlada raziskovalka oz. mladi raziskovalec pridobil_a naprednejša znanja s področja digitalne obdelave slik, računalniškega vida, strojnega učenja, globokih nevronske mreže, podatkovnega rudarjenja, analize masovnih podatkov in umetne inteligence. Prav tako bo pridobil_a izkušnje in znanja za raziskovalno delo in spoznal_a domače in tuje partnerje na omenjenih strokovnih in znanstvenih področjih. Rezultate svojih študij bo predstavil_a na uveljavljenih mednarodnih znanstvenih konferencah na področju obdelave večdimenzionalnih podatkov in biomedicinske tehnike ter v revijah s faktorjem vpliva, ki so na izbranem področju v prvi ali drugi četrtini. Sodeloval_a bo tudi na sejmskih predstavitev, delavnicah in znanstvenih srečanjih, ki jih (so-)organiziramo v okviru programske skupine. S tem se bo naučil_a ustrezno naslavljeni ciljno občinstvo in jasno in jedrnato predstaviti kompleksne znanstvene rezultate. Sodeloval_a bo tudi pri prijavi mednarodnih in nacionalnih projektov in s tem pridobil_a izkušnje za samostojno akademsko kariero. Preko praktičnih izkušenj bo pridobil_a tudi znanje o zaščiti intelektualne lastnine in o sklepanju znanstveno-raziskovalnih oziroma industrijskih pogodb. V skladu s pogodbo bomo omogočili tudi sodelovanje v pedagoškem procesu na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, s tem pa pridobivanje izkušenj iz javnega nastopanja, promocije znanosti in poučevanja.

Študijski program bo razdeljen v štiri sklope

1. leto:

- Uvajanje v raziskovalno, znanstveno in strokovno delo programske skupine;
- Pregled strokovne literature na področju digitalne obdelave večdimenzionalnih signalov in strojnega učenja;
- Pridobivanje naprednih znanj s področja digitalne obdelave večdimenzionalnih signalov, strojnega učenja, globokih nevronske mreže, podatkovnega rudarjenja, analize masovnih podatkov in umetne inteligence;
- Začetek razvoja metod za ocenjevanje in analiziranje latentnega prostora podatkov;
- Začetek razvoja metod za snovanje globokih nevronske mreže na osnovi pozornosti, s pomočjo izsledkov analize latentnega prostora podatkov;
- Priprava člankov za mednarodne znanstvene konference;
- Vzpostavitev mednarodnih in domačih znanstvenih in strokovnih stikov;
- Izpolnitev obveznosti 1. letnika doktorskega študija in pogojev za vpis v 2. letnik.

2. leto:

- Intenzivno raziskovalno delo na doktorski temi;
- Razvoj, implementacija in testiranja računalniških algoritmov za ocenjevanje latentnega prostora podatkov;
- Razvoj, implementacija in testiranja računalniških algoritmov za snovanje globokih nevronske mreže na osnovi pozornosti;
- Sprotno sledenje napredku strokovne literature in stanja tehnike na področju globokih nevronske mreže, digitalne obdelave večdimenzionalnih signalov, strojnega učenja, visokozmogljivih računalniških sistemov;
- Pridobivanje naprednih znanj s področja digitalne obdelave večdimenzionalnih signalov, globokih nevronske mreže, strojnega učenja, podatkovnega rudarjenja, analize masovnih podatkov, umetne inteligence in visokozmogljivostnega ter porazdeljenega računanja;
- Priprava člankov za mednarodne znanstvene konference in revije s faktorjem vpliva;
- Nadaljnja vzpostavitev in utrjevanje mednarodnih in domačih znanstvenih in strokovnih stikov;
- Izpolnitev obveznosti 2. letnika doktorskega študija in pogojev za vpis v 3. letnik.

3. leto:

- Intenzivno raziskovalno, znanstveno in strokovno delo na doktorski temi;
- Iterativni razvoj, implementacija in testiranja računalniških algoritmov za ocenjevanje latentnega prostora podatkov;
- Iterativni razvoj, implementacija in testiranja računalniških algoritmov za snovanje globokih nevronske mreže na osnovi pozornosti;
- Priprava in oddaja vloge za pridobitev disertabilnosti doktorske teme;
- Sprotno sledenje napredku strokovne literature in stanja tehnike na področju doktorske disertacije;
- Priprava člankov za mednarodne znanstvene konference in revije s faktorjem vpliva;
- Nadaljnja vzpostavitev in utrjevanje mednarodnih in domačih znanstvenih in strokovnih stikov;
- Izvajanje ukrepov za zaščito intelektualne lastnine in morebitna priprava patente prijave;
- Sodelovanje v pripravi projektnih prijav;
- Izpolnitev obveznosti 3. letnika doktorskega študija.

4. leto:

- Intenzivno raziskovalno, znanstveno in strokovno delo na doktorski temi;
- Sprotno sledenje napredku strokovne literature in stanja tehnike na področju doktorske disertacije;
- Nadaljnja vzpostavitev in utrjevanje mednarodnih in domačih znanstvenih in strokovnih stikov;
- Priprava, oddaja in zagovor doktorske naloge;
- Priprava člankov za mednarodne znanstvene konference in revije s faktorjem vpliva;
- Sodelovanje v pripravi projektnih prijav;
- Izvajanje ukrepov za zaščito intelektualne lastnine in morebitna priprava patente prijave.

5. ZAHTEVANA STOPNJA IZOBRAZBE

Zaključen študijski program 2. stopnje

6. ZAHTEVANA SMER IZOBRAZBE

Zaključen univerzitetni ali magistrski (2. bolonjska stopnja) študij s področij računalništva ali informatike

7. KLASIUS SRV

17 Sedma raven: Visokošolsko izobraževanje druge stopnje in podobno izobraževanje/visokošolska izobrazba druge stopnje in podobna izobrazba

8. KLASIUS P

481 - Računalniške vede

9. ZAHTEVANA ZNANJA

Računalniška znanja: MS Windows, Word, Excel, Internet, e-pošta

10. ZAHTEVANI POSEBNI POGOJI

Kliknite ali tapnite tukaj, če želite vnesti besedilo.

11. ZAHTEVANI JEZIKI

Znanje slovenskega in angleškega jezika

12. ZAHTEVANE DELOVNE IZKUŠNJE

Kliknite ali tapnite tukaj, če želite vnesti besedilo.

13. PREDVIDENO PODOKTORSKO USPOSABLJANJE

Kliknite ali tapnite tukaj, če želite vnesti besedilo.

Podpis mentorja:

Podpis vodje raziskovalnega programa:

Ime in priimek dekana oz.
pooblaščenec³:

Gorazd Štumberger

Podpis dekana oz. pooblaščenec:

Kraj in datum:

Maribor

5. 02. 2025

Žig:

³ Program usposabljanja podpiše dekan članice, na kateri bo potekalo usposabljanje MR.