

OKVIRNI PROGRAM USPOSABLJANJA MLADEGA RAZISKOVALCA (MR)¹

1. OSNOVNI PODATKI

Ime in priimek mentorja:	Iztok Kramberger	Evidenčna številka mentorja pri ARIS (SICRIS) :	18590
E-naslov mentorja:	Iztok.kramberger@um.si	Tel. štev. mentorja:	02 220 7178
Ime in priimek vodje raziskovalnega programa:	Zdravko Kačič	Evidenčna številka vodje RP pri ARIS (SICRIS) :	06821
Naziv raziskovalnega programa:	Napredne metode interakcij v telekomunikacijah	Evidenčna številka RP pri ARIS (SICRIS) :	P2-0069
Članica Univerze v Mariboru (RO UM), kjer bo potekalo usposabljanje:	Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko	Evidenčna številka RO UM pri ARIS (SICRIS) :	0552-0796
Oznaka raziskovalnega področja po klasifikaciji ARIS :	2.09.02	Raziskovalno področje po EURAXESS klasifikaciji:	Inženirstvo in tehnologija

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:

Raziskovalna naloga bo obravnavala uporabo miniaturiziranih in nizkoenergijskih slikovnih sistemov za vzpostavitev celostne vizualne zavednosti plovil v vesolju ter njihovo uporabo pri določanju orientacije in položaja satelita. V zadnjem desetletju se sateliti vse pogosteje uporabljajo v orbitalnih okoljih, kjer so klasični navigacijski viri, kot so GNSS in konvencionalni inercialni senzorji, omejeni, degradirani ali nedostopni (MEO, GEO, globoko vesolje). Kljub temu večina obstoječih sistemov za določanje orientacije in tirnice še vedno temelji na kombinaciji

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.

specializiranih senzorjev (sončni senzorji, magnetometri, žiroskopi), kar povečuje kompleksnost, porabo energije in ranljivost sistema.

Napredki na področju slikovnih senzorjev z majhnimi odprtinami omogočajo neprekinjeno opazovanje okolja, vključno z neposrednim opazovanjem Sonca brez tveganja za poškodbe tipala. Pri tem pojav t. i. »učinek črnega Sonca« odpira nove možnosti za natančno določanje Sončevega vektorja in oceno kotne hitrosti satelita zgolj na osnovi slikovnih podatkov. Kljub temu celostna uporaba takšnih slikovnih sistemov za avtonomno navigacijo še ni sistematično raziskana, zlasti v smislu dosegljive natančnosti, zanesljivosti in primerjave s klasičnimi pristopi.

Raziskovalno delo se umešča v širši kontekst razvoja avtonomnih navigacijskih metod za vesoljska plovila ter nadgrajuje obstoječe raziskovalne aktivnosti Univerze v Mariboru in industrijsko-raziskovalnega okolja SkyLabs. Naloga je vsebinsko povezana z razvojem miniaturiziranih evropskih sistemov za določanje orientacije (eADCS) ter neposredno naslavlja strateške cilje Evropske vesoljske agencije na področju avtonomije, miniaturizacije in zanesljivosti vesoljskih sistemov.

Raziskava bo razdeljena na tri medsebojno povezane, a vsebinsko samostojne sklope:

(A) Eksperimentalna preučitev vizualne zavednosti v realnih orbitalnih pogojih.

V tem sklopu bo analizirano obnašanje ultra-miniaturiziranih slikovnih tipal v različnih orbitalnih geometrijah in osvetlitvenih pogojih. Poudarek bo na zajemu celotnega vidnega polja, zaznavi Sonca, Zemlje in zvezd ter identifikaciji omejitev, ki izhajajo iz miniaturizacije tipal.

(B) Preučevanje vizualnih navigacijskih metod v kontroliranem laboratorijskem okolju.

V laboratorijskem okolju bodo razvite in validirane metode za oceno Sončevega vektorja, kotne hitrosti, grobe orientacije in grobe lege na osnovi slikovnih podatkov. Omogočena bo izolacija posameznih vplivov, ponovljivost eksperimentov ter preverjanje robustnosti algoritmov.

(C) Analiza, modeliranje in razvoj teoretičnih orodij za vizualno navigacijo.

Ta sklop bo osredotočen na matematično modeliranje slikovnih procesov, analizo napak, fuzijo podatkov ter oceno dosegljive natančnosti vizualno osnovanega določanja orientacije in tirnice v primerjavi s klasičnimi navigacijskimi metodami.

Delovne hipoteze

(H1) Visoko-miniaturizirani slikovni sistemi omogočajo zanesljivo zaznavo Sončevega vektorja in kotne hitrosti satelita na osnovi celotnega vidnega polja, tudi v pogojih neposrednega opazovanja Sonca.

(H2) Vizualno osnovani pristopi omogočajo grobo določanje orientacije in lege satelita z natančnostjo, ki je primerljiva ali dopolnjujoča klasičnim navigacijskim senzorjem, ob hkratnem zmanjšanju velikosti, teže ter električne porabe in povečani redundanci sistema.

Cilji raziskave

Cilji raziskave so razviti celovit eksperimentalni in analitični pristop k vizualni zavednosti satelita, opredeliti meje uporabnosti ultra-miniaturiziranih slikovnih sistemov za avtonomno navigacijo, razviti in ovrednotiti algoritme za določanje orientacije in lege na osnovi slik, oblikovati modele napak in kriterije za oceno zanesljivosti ter prispevati k razvoju novih konceptov avtonomnih navigacijskih sistemov za majhne satelite.

Pričakovani rezultati in izvirni prispevek

Pričakovani rezultati vključujejo razvoj in validacijo vizualno osnovanih navigacijskih metod, vzpostavitev eksperimentalnih in simulacijskih okolij za njihovo preučevanje ter oblikovanje matematičnih modelov za oceno natančnosti in zanesljivosti. Izvirni prispevek raziskave bo v celostni obravnavi vizualne zavednosti kot primarnega ali dopolnilnega vira navigacijskih

informacij, kar bo omogočilo nove pristope k avtonomni navigaciji satelitov v zahtevnih orbitalnih okoljih.

3. ŠTUDIJSKI PROGRAM

Predvideni študijski program podiplomskega študija v katerega se bo mladi raziskovalec vpisal v študijskem letu 2026/2027:

Usposabljanje mladega raziskovalca bo organizacijsko in časovno potekalo skladno s študijskim programom Elektrotehnika doktorske šole Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Podrobnejši program je razviden na:

<https://feri.um.si/studij/programi/tretja-stopnja/dr/e/>

V prvem letu bo mladi raziskovalec opravljal obveznosti po predmetniku prvega letnika, vključno z obveznimi in izbirnimi predmeti ter seminarskimi nalogami, ki zagotavljajo poglobljena znanja s področja elektrotehnike, signalnega procesiranja, senzorike in raziskovalne metodologije. Sočasno se bo vključil v raziskovalno delo raziskovalne skupine in v raziskovalne aktivnosti v okviru projekta »Attitude and Orbit Determination based on Visual Awareness« za Evropsko vesoljsko agencijo (ESA), kjer bo izvajal preliminarne raziskave na izbranem raziskovalnem področju. V tem obdobju bo opravljena poglobljena študija znanstvene literature, opredeljeni bodo ključni raziskovalni izzivi ter pripravljeni prvi pregledni znanstveni članki.

V drugem letu bo mladi raziskovalec opravljal obveznosti po predmetniku drugega letnika, s poudarkom na izbirnih predmetih in individualnem raziskovalnem delu. V tem obdobju bo natančno definiral raziskovalni problem in hipoteze ter se posvetil intenzivnemu raziskovalnemu delu. Rezultate raziskav bo objavjal v obliki izvirnih znanstvenih člankov v mednarodnih revijah in na konferencah z recenzijskim postopkom. Raziskovalno delo bo nadaljeval tudi v okviru ESA projekta, ki bo služil kot relevantno eksperimentalno in aplikativno okolje za preverjanje raziskovalnih metod. Poleg tega bo rezultate raziskovanja predstavljal na domačih in mednarodnih znanstvenih dogodkih ter aktivno vzpostavljaj strokovne in raziskovalne povezave.

V tretjem letu bo mladi raziskovalec zaključil vse preostale študijske obveznosti in pripravil dispozicijo doktorske disertacije. Raziskovalno delo bo usmerjeno v konsolidacijo doseženih rezultatov, poglobljeno analizo hipotez ter oblikovanje celovitega znanstvenega prispevka doktorske naloge.

Četrto leto bo namenjeno preverjanju postavljenih znanstvenih hipotez, dokončni potrditvi disertabilnosti doktorskega dela, pripravi in oddaji doktorske disertacije ter njenemu zagovoru. V tem obdobju bo mladi raziskovalec nadalje krepil mednarodne raziskovalne povezave in diseminacijo rezultatov raziskovanja.

4. OPIS DEL IN NALOG

Naloge izhajajo iz opisa programa dela iz točke 3.

5. ZAHTEVANA STOPNJA IZOBRAZBE

Raven VII (7) - Magistrska izobrazba (magister/magistrica), 2. bolonjska stopnja

6. ZAHTEVANA SMER IZOBRAZBE

Elektronika

7. KLASIUS SRV

17003 – Magistrsko izobraževanje (druga bolonjska stopnja)

8. KLASIUS P

0714 – Elektronika in avtomatizacija

9. ZAHTEVANA ZNANJA

Znanja s področja elektronike in signalnega procesiranja

10. ZAHTEVANI POSEBNI POGOJI

/

11. ZAHTEVANI JEZIKI

Angleščina, slovenščina

12. ZAHTEVANE DELOVNE IZKUŠNJE

/

13. PREDVIDENO PODOKTORSKO USPOSABLJANJE

/

Podpis mentorja:

Iztok

Kramberger

Digitalno podpisal Iztok
Kramberger
Datum: 2026.02.05 11:21:23
+01'00'

Podpis vodje raziskovalnega programa:

— 

Digitalno podpisal

ZDRAVKO KAČIČ

Datum: 2026.02.05
14:13:53 +01'00'

Ime in priimek dekana oz.
pooblaščen osebe³:

red. prof. dr. Gorazd Štumberger

Podpis dekana oz. pooblaščen osebe:

Gorazd Štumberger

Digitalno podpisal Gorazd Štumberger
Datum: 2026.02.06 08:23:18 +01'00'

Barbara
Ojsteršek

Kraj in datum:

Kliknite ali tapnite tukaj, če želite
vnesti besedilo.

Kliknite ali
tapnite
tukaj, če
želite vnesti
datum.

Žig:

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