

UCG

Univerzitet Crne Gore

Univerzitet Crne Gore
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

81000 Podgorica, Dž. Vašingtona bb, tel. (020) 245 839, fax: (020) 245 873
Ž.R. 510-255-51, PIB: 02016702 302, PDV: 30/31-03951-6



Broj: 02/1-503/1
Datum: 09.05.2022.

UNIVERZITET CRNE GORE

- Odboru za doktorske studije -

- Senatu -

O V D J E

U prilogu dostavljamo Odluku Vijeća Elektrotehničkog fakulteta sa sjednice od 05.05.2022. godine i **obrazac D1**, sa pratećom dokumentacijom, za kandidata MSc **Ivana Martinovića**, na dalje postupanje.



DEKAN,
Prof. dr Saša Mujović





Broj: 02/1-503
Datum: 05.05.2022

Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore, u vezi sa članom 35 Pravila doktorskih studija, Vijeće Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici, na sjednici od 05.05.2022. godine, donijelo je

ODLUKU

Daje se pozitivno mišljenje i prihvata Izvještaj Komisije za ocjenu prijave doktorske disertacije: „**Primjena vještačke inteligencije za automatsku analizu fluoroskopskih rendgenskih snimaka**“, kandidata MSc Ivana Martinovića.

-VIJEĆE ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA-



DEKAN,

Prof. dr Saša Mujović

Dostavljeno:

- Odboru za doktorske studije,
- Senatu,
- u dosije,
- a/a.





OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	MSc Ivan Martinović
Fakultet	Elektrotehnički fakultet
Studijski program	Elektrotehnika
Broj indeksa	5/2020
Podaci o magistarskom radu	Magistarski rad pod nazivom „Implementacija fleksibilnog sistema za kontrolu kvaliteta proizvodnje na primjeru fabrike biorazgradljive ambalaže“ kandidat je odbranio u novembru 2020. godine na Elektrotehničkom fakultetu, Univerziteta Crne Gore. Srednja ocjena na magistarskim studijama je 10.00.
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	Primjena vještačke inteligencije za automatsku analizu fluoroskopskih rendgenskih snimaka
Na engleskom jeziku	Application of artificial intelligence for automated analysis of fluoroscopic X-rays
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	05.05.2022. god.
Naučna oblast doktorske disertacije	Vještačka inteligencija, Biomedicinski inženjering
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Elektrotehnički fakultet Podgorica, Univerzitet Crne Gore	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
<p>Javna odbrana polaznih istraživanja doktorske disertacije radnog naslova „Primjena vještačke inteligencije za automatsku analizu fluoroskopskih rendgenskih snimaka“ održana je 05.04.2022. godine u Svečanoj sali tehničkih fakulteta u vremenu od 15:30h do 17:00h.</p> <p>Kandidat je obrazložio temu, objasnio njen praktični značaj, ukazao na saradnju u realizaciji sa različitim privrednim subjektima u zemlji i inostranstvu (Glosarij d.o.o.-Podgorica, Ericsson Nikola Tesla-Zagreb), kao i akademskim i naučnim osobljem sa drugih univerzitetskih jedinica iz inostranstva (Univerzitet Toronto, Univerzitet Pitsburg) i predstavio ostvarene rezultate do sada sprovedenih istraživanja. Takođe, kandidat je predočio Komisiji planove i ciljeve budućih istraživanja.</p> <p>Nakon izlaganja pripremljene prezentacije od strane kandidata, članovi Komisije su dali komentare i ukazali kandidatu na potencijalne pravce budućeg istraživanja. Usmena odbrana polaznih istraživanja je završena kroz diskusiju na pitanja postavljena od strane Komisije, koja je kandidat uspješno odgovorio.</p>	
B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE	
B1. Obrazloženje teme	
Primjena vještačke inteligencije u medicini predstavlja jednu od najaktuelnijih istraživačkih oblasti. Iako njena primjena u medicini može biti različita, npr. primjena u robotici u svrhu njege pacijenata, posebno se izdvaja upotreba iste u radiologiji. Radiologija predstavlja granu medicine koja se bavi	

diagnostikom. Diagnostika se sastoji od vizuelizacije ljudskog tijela ili njegovih djelova sa ciljem da se uoče patološke promjene koje bi se pravovremeno liječile. Vještačka inteligencija u radiologiji između ostalog omogućava automatsku analizu medicinskih snimaka što se koristi kao pomoć ljekarima u uspostavljanju dijagnoze. Potrebno je napomenuti da je ova tehnika svoju primjenu našla u skoro svim dijagnostičkim modalitetima. Neke od primjera aplikacija baziranih na vještačkoj inteligenciji su: segmentacija medicinskih slika, studije funkcionisanja mozga i diagnostika neuroloških bolesti. U cilju stvaranja aplikacija razvijene su različite metode među kojima je najpoznatija deep learning metoda. Osnovna zakonitost je da sistemi sa većim setom podataka pokazuju bolje performanse u odnosu na sisteme koji raspolažu sa malom količinom podataka. Ograničenje u pogledu količine dostupnih podataka predstavlja jedan od najvećih izazova. Iako se tokom godine generiše veliki broj radioloških snimaka samo se manji dio njih iskoristi za treniranje sistema baziranih na vještačkoj inteligenciji. Takođe je značajno napomenuti da su se u tom pogledu napravili određeni pomoci kreiranjem baza podataka kao što su: ADNI koja se odnosi na podatke vezane za Alchajmerovu bolest i NIH baza podataka rendgenskih snimaka pluća. Postojanje algoritama sa dobrim performansama nije dovoljno ukoliko oni nemaju praktičnu upotrebu. Glavni izazov u ovom dijelu je zakonska barijera koja se javlja prilikom uključivanja sistema za automatsku analizu medicinskih slika u kliničku primjenu. Medicina je vrlo osjetljiv sistem gdje je prag tolerancije na greške veoma nizak. Prema tome bilo koji sistem koji se uključuje u medicinsku upotrebu treba da prođe zahtjevna klinička ispitivanja. Ovako postavljen uslov ne odgovara sistemima bazirani na vještačkoj inteligenciji jer je nakon svakog novog unošenja podataka neophodno ponoviti zahtjevna ispitivanja. U Crnoj Gori ova oblast istraživanja je na samom začetku što ovu temu čini jedinstvenom i inovativnom.

B2. Cilj i hipoteze

Cilj ove doktorske teze biće razvoj metoda vještačke inteligencije za automatsku analizu fluoroskopskih rendgenskih snimaka. Očekuje se da će ovo istraživanje rezultirati stvaranjem softverskog rješenja (modela) koje će u mnogome poboljšati rad ljekara. Ovo je od izuzetnog značaja jer će se na ovaj način povećati mogućnost ranog/blagovremenog otkrivanja različitih poremećaja, kao i omogućiti jasnije shvatanje samog procesa gutanja. U svrhu toga je neophodna i analiza funkcionisanja najsavremenijih fluoroskopskih uređaja radi sagledavanja cjelokupnog procesa, od načina dobijanja fluoroskopskih snimaka pa do njihove obrade.

Nulte, to jeste polazne hipoteze ove disertacije su:

H0₁- Napredni algoritmi zasnovani na dubokom učenju su potrebni kako bi se detektovalo pomjeranje hoidne kosti tokom gutanja.

H0₂- Bolus može biti detektovan i praćen tokom svakog gutanja koristeći napredne metode dubokog učenja.

H0₃- Otvaranje i zatvaranje gornjeg ezofagealnog sfinktera tokom gutanja se može detektovati naprednim metodama dubokog učenja.

B3. Metode i plan istraživanja

Naučna metoda koja će omogućiti inicijalizaciju samog procesa istraživanja biće metoda prikupljanja podataka. Podaci će se sakupljati uz pomoć naučne i stručne literature. Ovi izvori informacija će omogućiti prikupljanje podataka o stanju i perspektivi u oblasti koja je od interesa. Takođe treba naglasiti da će suradnik prikupljanja podataka uključivati iskustveni izvor informisanja. Prije svega ovo se odnosina na informacije koje ćemo dobiti od domaćih i inostranih ljekara. Ovo je veoma značajno jer je krajni cilj projekta da se pomogne u prepoznavanju raznih fizioloških događaja tokom gutanja.

Nakon prikupljanja potrebnih podataka pristupit će se metodi analize, gdje će se prikupljene informacije analizirati u cilju stvaranja što boljih algoritama baziranih na vještačkoj inteligenciji.

Kako će se predloženi projekat sastojati od više definisanih ciljeva, metodom klasifikacije istraživanja će se usmjeriti u više pravca. Nakon sprovedenih istraživanja metodom sinteze će se omogućiti stvaranje jedinstvenog modela baziranog na algoritmima vještačke inteligencije. Osnovni motiv za realizaciju pomenutog modela jeste prikaz automatske analize fluoroskopskih snimaka tokom procesa gutanja. Kako bi se uvjerali da je naš model odgovorio zahtjevima neophodno je analizirati performanse modela. Metode koje će nam to omogućiti su komparativna i statistička metoda. Cilj ovog istraživanja je primjena vještačke inteligencije u automatskoj analizi fluoroskopskih snimaka tokom gutanja. Takođe, jedan od ciljeva je korišćenje algoritama vještačke inteligencije u prepoznavanju anatomije vrata i glave tokom gutanja.

Kako bi se ovaj projekat u potpunosti realizovao i ostvarili glavni ciljevi potrebno je pravilno isplanirati tok istraživanja. Iako je veoma nezahvalno planirati tok naučnog istraživanja, zbog mogućnosti suočavanja sa problemima, ali isto tako i mogućnosti javljanja novih ideja, u nastavku su izloženi ključni koraci u procesu istraživanja:

- Sticanje neophodnih teorijskih znanja kroz polaganje predviđenih ispita na studijskom programu kao i kroz komunikaciju sa saradnicima na projektu.
- Upoznavanje sa načinom funkcionisanja uređaja za dobijanje rendgenskih snimaka sa posebnim osvrtom na one uređaje koji omogućavaju stvaranje fluoroskopskih snimaka.
- Stvaranje relevantne baze fluoroskopskih snimaka koji će se koristiti tokom stvaranja algoritma baziranih na vještačkoj inteligenciji.
- Stvaranje algoritama baziranih na vještačkoj inteligenciji sa konkretnom primjenom u medicini kroz analizu procesa gutanja.
- Provjera realizovanog modela kroz testiranja u realnim uslovima.

Veoma značajan dio istraživanja na ovom projektu čini vrijeme koje će biti provedeno u partnerskim institucijama. Prije svega ovo se odnosi na saradnju sa Univerzitetom u Pittsburgu i Univerzitetom Toronto. Prof. dr Ervin Sejdić koji će biti predstavnik pomenutih institucija i koji je ujedno komentor na ovom doktorskom istraživanju. Činjenica da je Prof. dr Ervin Sejdić jedan od vodećih naučnika u svijetu u biomedicinskom inženjeringu govori da će rad sa njim i boravak na Univerzitetu Pittsburg i Univerzitetu Toronto omogućiti istraživanje na najaktuelnijim temama. Pored pomenutih Univerziteta suradnik na ovom projektu biće jedna od najboljih naučno istraživačkih kompanija na Balkanu kompanija Ericsson Nikola Tesla Zagreb. Boravak u ovoj kompaniji biće iskorišćen za unapređenje teorijskih i praktičnih znanja iz oblasti vještačka inteligencija. Takođe, veoma veliki značaj projektu doprinijeće institucije iz Crne Gore. Klinički centar Crne Gore će sa svojim resursima omogućiti pristup rendgenskim snimcima koji će se koristiti kao podaci za algoritme vještačke inteligencije. Veoma je bitno napomenuti da će se u procesu sakupljanja snimaka poštovati sva pravila vezana za zaštitu podataka pacijenata. Kako bi znanje stečeno tokom istraživanja bilo sveobuhvatno određeni vremenski period je potrebno posvetiti upoznavanju sa načinom funkcionisanja aparata koji omogućavaju dobijanje fluoroskopskih snimaka. U ovom dijelu veliku podršku će pružiti kompanija Glosarij koja će sa svojim iskusnim kadrom i zavidnom instalacionom bazom medicinskih uređaja omogućiti sticanje neophodnih znanja.

B4. Naučni doprinos

Glavni naučni doprinos ovog istraživanja je razvoj novih, originalnih metoda automatske analizi fluoroskopskih rendgenskih snimaka baziranih na vještačkoj inteligenciji. Očekivani doprinosi predloženih metoda su poboljšanje rada ljekara i jasnije shvatanje samog procesa gutanja. Rezultati koji će biti postignuti u ovom istraživanju biće prepoznati globalno kroz planirane publikacije u najboljim svjetskim časopisima sa visokim faktorom uticaja. Ovo istraživanje će rezultirati u popularizaciji istraživačke oblasti u Crnoj Gori, kao i formiranjem nacionalne baze medicinskih

snimaka koji bi se koristili u naučne svrhe. Potrebno je napomenuti da će se na osnovu postignutih rezultata kreirati inovacija koja će svoju primjenu naći u privrednom sektoru.

B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja

Pokrovitelj ovog dokorskog istraživanja je Ministarstvo nauke Crne Gore kroz program stipendiranja doktorskih istraživanja na crnogorskim Univerzitetima.

Mišljenje i prijedlog komisije

Nakon usmenog izlaganja kandidata na javnoj odbrani polaznih istraživanja, diskusije nakon izlaganja, a imajući u vidu i priloženu dokumentaciju (PD obrazac), Komisija je dala **pozitivnu ocjenu** polaznih istraživanja kandidata MSc Ivana Martinovića. Komisija je predložila Vijeću Elektrotehničkog fakulteta, kao i Senatu Univerziteta Crne Gore, da prihvate ovaj Izvještaj i odobre nastavak rada na doktorskoj disertaciji.

Komisija je sa zadovoljstvom konstatovala da su u dosadašnjem toku istraživanja na doktorskoj disertaciji radnog naslova „Primjena vještačke inteligencije za automatsku analizu fluoroskopskih rendgenskih snimaka“ već ostvareni rezultati, koji svojim obimom i kvalitetom ukazuju na ozbiljnost istraživanja.

Prijedlog izmjene naslova

/

Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora

/

Planirana odbrana doktorske disertacije

2024. godina

Izdvojeno mišljenje

Nije bilo izdvojenih mišljenja






Napomena

/

ZAKLJUČAK

Predložena tema po svom sadržaju odgovara nivou doktorskih studija	DA	NE
Tema je originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije	DA	NE
Kandidat može na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljeni cilj i dokaže hipoteze	DA	NE

Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata


Prof. dr Ljubiša Stanković, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore	
Prof. dr Milena Đukanović, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore	
Prof. dr Ervin Sejdić, University of Toronto - Edward S. Rogers Sr. Department of Electrical & Computer Engineering, Canada	
Prof. dr Goran Nikolić, Medicinski fakultet Univerziteta Crne Gore	
Prof. dr. sc. Sven Lončarić, Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska	

U Podgorici, 13.04.2022. godine



05.05.2022.

DEKAN



PRILOG

PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA	
Prof. dr Ljubiša Stanković, predsjednik	U kojim časopisima ćete publikovati rezultate postignute tokom doktorskog istraživanja?
	Koje ste metode vještačke inteligencije koristili u dosadašnjem radu?
Prof. dr Milena Đukanović, mentor	Zašto ste se baš odlučili za primjenu self-supervised metode prilikom realizacije algoritma za detekciju hioidne kosti?
	Šta vidite kao glavni izazov prilikom realizacije algoritama čiji dataset čine medicinski podaci?
Prof. dr Ervin Sejdić, komentor	Radeći na razvoju self-supervised learning metode kod analize fluoroskopskih snimaka, koje algoritme planirate da odaberete za pretext task, a koje za downstream task?
Prof. dr Goran Nikolić, član	Budući da ova doktorska disertacija pored naučnog doprinosa ima ogromni i praktični doprinos, u kojoj zdravstvenoj ustanovi planirate da izvršite proces testiranja algoritma u realnim uslovima?
Prof. dr. sc. Sven Lončarić, član	Na koji način planirate da obezbijedite označavanje dataset-a neophodnog za treniranje i testiranje algoritama vještačke inteligencije?
PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	



UNIVERZITET CRNE GORE
ObrazacD1: Ocjena podobnosti doktorske teze i kandidata

ZNAČAJNI KOMENTARI	



UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
ELEKTROTEHNIKA
Broj dosijea: 5/2020

Na osnovu člana 165 stava 1 Zakona o opštem upravnom postupku ("Službeni list RCG", broj 60/03.), člana 115 stava 2 Zakona o visokom obrazovanju ("Službeni list CG", broj 44/14.) i službene evidencije, a po zahtjevu studenta Martinović Vladimir Ivan, izdaje se

UVJERENJE O POLOŽENIM ISPITIMA

Student **Martinović Vladimir Ivan**, rođen **03-08-1995** godine u mjestu **Cetinje**, opština **Cetinje**, Republika **Crna Gora**, upisan je studijske **2020/2021** godine, u **I** godinu studija, kao student koji se **samofinansira** na **doktorske akademske studije**, studijski program **ELEKTROTEHNIKA**, koji realizuje **ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET - Podgorica** Univerziteta Crne Gore u trajanju od **3 (tri)** godine sa obimom **180 ECTS** kredita.

Student je položio ispite iz sljedećih predmeta:

Redni broj	Semestar	Naziv predmeta	Ocjena	Uspjeh	Broj ECTS kredita
1.	1	ISTORIJA IDEJA I TEORIJA U ELEKTROTEHNICI	"A"	(odličan)	8.00
2.	1	METODOLOGIJA NAUČNO-ISTRAŽIVAČKOG RADA	"A"	(odličan)	8.00
3.	1	PROJEKTOVANJE MIKROKONTROLERSKIH SISTEMA (N.K.)	"A"	(odličan)	8.00
4.	1	RAČUNARSKE PERIFERIJE I INTERFEJSI (N. K.)	"A"	(odličan)	8.00
5.	2	VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA	"A"	(odličan)	8.00

Zaključno sa rednim brojem **5**.

Ostvareni uspjeh u toku dosadašnjih studija je:

- srednja ocjena položenih ispita "A" (**10.00**)
- ukupan broj osvojenih ECTS kredita **40.00** ili **66.67%**
- indeks uspjeha **6.67**.

Uvjerjenje se izdaje na osnovu službene evidencije, a u svrhu ostvarivanja prava na: (dječji dodatak, porodičnu penziju, invalidski dodatak, zdravstvenu legitimaciju, povlašćenu vožnju za gradski saobraćaj, studentski dom, studentski kredit, stipendiju, regulisanje vojne obaveze i slično).

Broj:
Podgorica, 11.10.2021 godine



SEKRETAR,
Referent Studentske službe
Slavka Petrović