

VIJEĆU PRIRODNO-MATEMATIČKOG FAKULTETA

Predmet: Ocjena podobnosti doktorske teze i kandidata

U skladu sa članom 35, stav 2, Pravila doktorskih studija, Komisija za ocjenu podobnosti doktorske teze i kandidata koju je imenovao Senat Univerziteta Crne Gore na sjednici održanoj 24. 6. 2021. god. (br. 859/2) u sastavu

1. **Dr Vladimir Božović**, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore (naučna oblast: algebra, diskretna matematika)
2. **Dr Marijan Marković**, docent Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore (naučna oblast: funkcionalna analiza, kompleksna analiza)
3. **Dr Goran Popivoda**, docent Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore (naučna oblast: teorija vjerovatnoće, matematička statistika)
4. **Dr Siniša Stamatović**, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, komentor (naučna oblast: teorija vjerovatnoće, matematička statistika)
5. **Dr Božidar Popović**, docent Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, mentor (naučna oblast: teorija vjerovatnoće, matematička statistika)

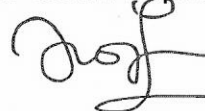
podnijela je Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta **Izveštaj sa javne odbrane polaznih istraživanja doktorske disertacije i Ocjenu podobnosti teme doktorske disertacije (Obrazac D1)** kandidata **mr Anđele Mijanović**.

Komisija za doktorske studije PMF-a je na sjednici održanoj 12. 7. 2021. godine, zaključila da dostavljeni Izveštaj sadrži sve elemente propisane Pravilima doktorskih studija i Vodičem za doktorske studije i prosljeđuje ga na razmatranje Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta.

Podgorica, 19. 7. 2021. god.

ZA KOMISIJU ZA DOKTORSKE STUDIJE

Doc. dr Goran Popivoda



OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	Mr Anđela Mijanović
Fakultet	Prirodno-matematički fakultet
Studijski program	Matematika
Broj indeksa	1/19
Podaci o magistarskom radu	(Analiza rekorda u atletici primjenom teorije ekstremnih vrijednosti, Slučajni procesi, Prirodno – matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, 2018, srednja ocjena (10))
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	Višedimenzionalna logistička raspodjela specifikovana svojom karakterističnom funkcijom - doprinos teoriji i praksi
Na engleskom jeziku	Multivariate logistic distribution specified by its characteristic function – contribution to the theory and practice
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	
Naučna oblast doktorske disertacije	Matematika (Matematička statistika)
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Prirodno-matematički fakultet	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
U petak 9. jula 2021. godine u 15 časova u Sali 227 Prirodno-matematičkog fakulteta, doktorandkinja Anđela Mijanović pristupila je odbrani polaznih istraživanja doktorske teze pod nazivom „Višedimenzionalna logistička raspodjela specifikovana svojom karakterističnom funkcijom - doprinos teoriji i praksi“ u prisustvu komisije u sastavu: 1. dr Vladimir Božović, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta UCG 2. dr Marijan Marković, docent Prirodno-matematičkog fakulteta UCG 3. dr Goran Popivoda, docent Prirodno-matematičkog fakulteta UCG 4. dr Siniša Stamatović, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta UCG (komentor) 5. dr Božidar Popović, docent Prirodno-matematičkog fakulteta UCG (mentor). Kandidatkinja je tridesetominutnom izlaganju motivisala svoje istraživanje, izložila poznate rezultate na kojima su bazirana njena istraživanja, a zatim predstavila svoje rezultate do kojih je došla u toku svojih polaznih istraživanja. Dobijeni rezultati se odnose na: određivanje tačne raspodjele linearne kombinacije n nezavisnih logističkih slučajnih promjenljivih, izrada numeričkog algoritma za izračunavanje tačnih vrijednosti Fox H funkcije. Poslednji algoritam je implementiran u softveru MATHEMATIKA. Na kraju kandidatkinja je pokazala kako se linearna kombinacija n nezavisnih logistički raspodijeljenih slučajnih promjenljivih primjenjuje u analizi portfolia. Nakon izlaganja, komisija je pristupila ispitivanju kandidata. Pitanja su se odnosila na preciziranje pojmova i rezultata koji su navedeni u izlaganju, uz analizu mogućnosti njihove primjene u	

finasijama. Komisija smatra da je kandidatkinja detaljno i tačno predstavila, kako dosadašnje, tako i novodobnije rezultate iz ove oblasti i da je precizno odgovorila na postavljena pitanja. Samim tim, komisija je jednoglasno donijela odluku da je kandidatkinja uspješno odbranila polazna istaživanja za izradu doktorske disertacije. Odbrana je završena u 16h i 15 minuta.

B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

B1. Obrazloženje teme

Proučavanje kopula funkcija i njihova primjena počela je pedesetih godina XX vijeka kada je Sklar objavio rad u kome je formulisao i dokazao teoremu kojom se višedimenzionalne apsolutno-neprekidne raspodjele na jedinstven način povezuju sa kopula funkcijama (u nastavku kopula). U slučaju diskretnih raspodjela jedinstvenost ne važi, pa ćemo ovdje i u nastavku pominjanjem raspodjele misliti na raspodjele apsolutno neprekidnog tipa. Kopule su veoma važno oruđe u proučavanju zavisnih slučajnih promjenljivih. Isti slučaj je sa zavisnošću u odnosu na kvadrant. Naime, mjere zavisnosti kao što su Spearman ro, Kendalov tau ili Džinijev koeficijent se efektivnije proučavaju ukoliko imamo poznatu kopulu. S druge strane poznavanje kopula omogućava i proučavanje zavisnosti na repu raspodjele (engl. tail dependence). Dakle, kopule omogućavaju fleksibilniji pristup proučavanju višedimenzionalnih raspodjela. S druge strane kopula nalaze i praktičnu primjenu u gotovo svim ostalim naukama.

Logistička raspodjela koristi se u mnogim oblastima kao što su logistička regresija, logit modeli, neuronske mreže. Osim primjene u fizici, sportskom modeliranju sve veću primjenu ima i u finansijama. Logistička raspodjela ima deblji rep od normalne raspodjele pa je dosljednija realnim podacima i daje bolji uvid u vjerovatnoću ekstremnih događaja.

Proučavanje raspodjele linearne kombinacije slučajnih veličina koje imaju logističku raspodjelu i konstrukcija odgovarajuće kopule potrebno je radi boljeg modeliranja brojnih događaja iz oblasti finansija.

B2. Cilj i hipoteze

S obzirom na to da višedimenzionalnoj logističkoj raspodjeli nije posvećena dovoljna pažnja u literaturi (izuzimajući nekoliko sporadnih slučajeva u kojima je razmatrana dvodimenzionalna standardna logistička raspodjela [10], [12], [13], [14]) mi ćemo uvesti uopštenu dvodimenzionalnu raspodjelu preko njene karakteristične funkcije. S tim u vezi nameću se sljedeći ciljevi istraživanja:

- određivanje gustine i funkcije raspodjele slučajnog vektora (X_1, X_2) , gdje X_i ima logističku raspodjelu $\text{Log}(m_i, \sigma_i^2)$, $m_i \in R$, $\sigma_i > 0$, $i = \overline{1, 2}$, kada je višedimenzionalna logistička raspodjela specifikovana svojom karakterističnom funkcijom;
- dizajniranje algoritma za numeričko određivanje dvodimenzionalne logističke raspodjele iz odgovarajuće karakteristične funkcije;
- konstrukcija odgovarajuće kopula funkcije;
- dizajniranje algoritma za numeričko računanje kopula funkcije i mjera zavisnosti kao što su Spearman ro, Kendalov tau;
- određivanje funkcije raspodjele i gustine linearne kombinacije n nezavisnih logističkih slučajnih promjenljivih;
- dizajniranje algoritma za numeričko računanje Fox-H funkcije;
- određivanje raspodjele linearne kombinacije n zavisnih logističkih slučajnih promjenljivih;
- primjena dobijenih rezultata na realnim podacima u finansijama.

Postavljene hipoteze su:

- gustinu slučajnog vektora (X_1, X_2) datu izrazom

$$\frac{1}{4\pi^2} \iint_{-\infty}^{+\infty} e^{-i(t_1 z_1 + t_2 z_2)} \varphi(t_1, t_2) dt_1 dt_2,$$

gdje je $\varphi(t_1, t_2) = 2 e^{i(t_1 m_1 + t_2 m_2)} B(1 - i \sigma_1 t_1, 1 - i \sigma_2 t_2, 1 + i \sigma_1 t_1 + i \sigma_2 t_2)$, je moguće numerički invertovati;

- upotrebom odgovarajućeg algoritma moguće je konstruirati kopula funkciju;
 - linearna kombinacija n nezavisnih logističkih slučajnih promjenljivih ima raspodjelu koja se može izraziti u obliku specijalne funkcije;
 - Fox-H funkcija se može numerički interpretirati;
- finansijski problem se može modelovati linearnom kombinacijom zavisnih logističkih slučajnih promjenljivih.

B3. Metode i plan istraživanja

Prvi korak u istraživanju je određivanje karakteristične funkcije $\varphi(t_1, t_2)$, $t_1, t_2 \in R$, za dvodimenzioni slučajni vektor (X_1, X_2) , gdje $X_i : \text{Log}(m_i, \sigma_i^2)$, $m_i \in R, \sigma_i > 0$, $i = \overline{1, 2}$. Nakon toga slijedi primjena metoda za invertovanje odgovarajuće karakteristične funkcije u cilju dobijanja gustine i funkcije raspodjele slučajnog vektora. Gustina slučajnog vektora (X_1, X_2) data je izrazom

$$\frac{1}{4\pi^2} \iint_{-\infty}^{+\infty} e^{-i(t_1 z_1 + t_2 z_2)} \varphi(t_1, t_2) dt_1 dt_2.$$

Jasno je da se prethodni integral u slučaju kada je

$$\varphi(t_1, t_2) = 2 e^{i(t_1 m_1 + t_2 m_2)} B(1 - i \sigma_1 t_1, 1 - i \sigma_2 t_2, 1 + i \sigma_1 t_1 + i \sigma_2 t_2),$$

ne može riješiti analitički. Ovaj problem nam otvara mogućnost da se invertovanje Furijeove transformacije treba uraditi numerički. U literaturi ne postoje numerički algoritmi za invertovanje višedimenzionalnih karakterističnih funkcija. Rješenje ovog problema omogućuje proučavanje ne samo dvodimenzionalne logističke raspodjele, već i drugih raspodjela specifikovanih na ovaj način. Algoritam za numeričko računanje funkcije raspodjele i funkcije gustine dvodimenzionalne logističke raspodjele iz odgovarajuće karakteristične funkcije imaće sljedeće korake:

Korak 1: Generiše se matrica $X = (x_1, x_2)$ čiji su elementi vektori dimenzija $(N \times 1)$. U elementima matrice X će se računati vrijednosti za funkciju raspodjele/funkciju gustine slučajnog vektora (X_1, X_2) ;

Korak 2: Generisanje karakteristične funkcije

$$\varphi(t_1, t_2) = e^{i(t_1 m_1 + t_2 m_2)} \Gamma(1 - i \sigma_1 t_1) \Gamma(1 - i \sigma_2 t_2) \Gamma(1 + i \sigma_1 t_1 + i \sigma_2 t_2),$$

gdje se za numeričko izračunavanje gama funkcije koristi Lanczos aproksimacija.

Korak 3: Numeričko izračunavanje marginalnih funkcija raspodjele i funkcija gustine slučajnog vektora (X_1, X_2) definisanih sa

$$pdf_{X_1}(x_1) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \text{Re}(e^{-itx_1} cf_{X_1}(t)) dt,$$

$$cdf_{X_1}(x_1) = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \text{Im}g\left(\frac{e^{-itx_1} cf_{X_1}(t)}{t}\right) dt,$$

gdje je $cf_{X_1}(t)$ marginalna karakteristična funkcija za slučajnu promjenljivu X_1 , definisana sa $cf_{X_1}(t) = \varphi(t_1, 0)$. Funkcija raspodjele i funkcija gustine slučajne promjenljive X_2 definiše se na isti način, s tim da se generiše u vrijednostima vektora x_2 .

Korak 4: Numeričko izračunavanje dvodimenzionalne funkcije raspodjele i funkcije gustine definisanih sa

$$cdf_{X_1, X_2}(x) = \frac{cdf_{X_1}(x_1) + cdf_{X_2}(x_2)}{2} - \frac{1}{4} - \frac{1}{2\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \text{Re}\left(\frac{e^{-ix't} \varphi(t)}{t_1 t_2}\right) dt_1 dt_2,$$

$$pdf_{X_1, X_2}(x) = \frac{1}{2\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \text{Re}(e^{-ix't} \varphi(t)) dt_1 dt_2,$$

gdje je x' oznaka za transponovanu matricu X .

U radovima [5] i [6] data su neka pravila za numeričko invertovanje višedimenzionalne karakteristične funkcije, što će biti osnova za dalji razvoj odgovarajućeg algoritma. Numeričku integraciju zasnovaćemo na primjeni tapeznog pravila. Algoritam će biti implementiran u MATLAB-u i omogućiće proučavanje slučajnog vektora čija je raspodjela specifikovana karakterističnom funkcijom. Primjenom pomenutog algoritma dobićemo odgovarajuće funkciju raspodjele i gustine.

Dalje, primjenom Sklar teoreme iz [7] dobijeni algoritam ćemo dalje proširiti tako da, pored funkcije raspodjele i gustine, računa i odgovarajuću kopulu. Algoritam za generisanje dvodimenzionalne logističke kopule imaće sljedeće korake:

Korak 1: Generisanje nizova $U = (U_1, U_2, \dots, U_n)$ i $V = (V_1, V_2, \dots, V_m)$ slučajnih brojeva iz intervala $(0,1)$;

Korak 2: Primjena metoda inverzne transformacije za generisanje vrijednosti iz marginalnih raspodjela X_1 i X_2 , pri čemu je $X_1 = F^{-1}(U)$ i $X_2 = G^{-1}(V)$, gdje su $F(x_1)$ i $G(x_2)$ marginalne funkcije raspodjele slučajnog vektora (X_1, X_2) .

Korak 3: Generisanje kopula funkcije $C(U, V) = H(F^{-1}(U), G^{-1}(V))$, gdje je $H(x_1, x_2)$ funkcija raspodjele slučajnog vektora (X_1, X_2) .

U [7] je data veza između Kendal tau koeficijenta i kopula funkcije, gdje se vrijednost za Kendal tau može dobiti znajući očekivanu vrijednost za kopula funkciju. Za računanje Spearmanovog ro koeficijenta koristimo marginalne raspodjele kopula funkcije. Odgovarajući algoritam za računanje pomenutih mjera zavisnosti sadržiće sljedeće korake:

Korak 1: Generisanje vrijednosti za Kendal tau koeficijent τ_C definisan sa

$$\tau_C = 4 \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C(U_i, V_j)}{n * m} - 1;$$

Korak 2: Generisanje vrijednosti za Spearmanovog ro koeficijent ρ_C definisan sa

$$\rho_C = 12 \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m F(x_i^1) G(x_j^2)}{n * m} - 3;$$

Na taj način za odgovarajuću kopulu imaćemo i njene Kendal tau i Spearman ro koeficijente. Korišćenjem Fréchet-Hoeffding granica za kopula funkciju moći ćemo izvesti i granice u kojima će se kretati spomenuti koeficijenti mjera zavisnosti. [11].

Sljedeći korak bio bi generisanje slučajnih brojeva iz logističke raspodjele primjenom karakteristične funkcije. Taj postupak takođe će biti posebno implementirati u MATLAB-u. Ovo bi bilo prvi put u savremenoj literaturi da se omogući generisanje slučajnih brojeva iz raspodjele

specifikovane svojom dvodimenzionalnom karakterističnom funkcijom, do sada u literaturi postoji samo postupak za jednodimenzionalnu karakterističnu funkciju. [8]-[9]

U radu [3] slučajni vektor iz logističke raspodjele je predstavljen preko Gausovog slučajnog vektora i Kolmogorov-Smirnov slučajne promjenljive. Koristeći rezultate iz tog rada kao i naša algoritamska rješenja bićemo u mogućnosti da uporedimo efikasnost dvije različite metode.

U radu [2] proučavali smo linearnu kombinaciju nezavisnih logističkih slučajnih promjenljivih. Pokazali smo da se raspodjela linearne kombinacije izražava u obliku Fox H funkcije. Za dalji rad neophodno nam je bilo da razvijemo algoritam za numeričko računanje vrijednost Fox H funkcije.

Dalji postupak podrazumjeva nalaženje raspodjele za linearnu kombinaciju dvije zavisne logističke slučajne promjenljive. Kako do sada nije bilo softverskih rješenja za izračunavanje dvodimenzionalne logističke raspodjele, dobijeni rezultat omogućio široku primjenu.

Biće potrebno pronaći realne podatke iz oblasti finansija koji će u najboljoj mjeri pokazati značaj našeg istraživanja.

B4. Naučni doprinos

Višedimenzionalna logistička raspodjela koju proučavamo u ovoj disertaciji pojavljuje se prvi put u literaturi. Raspodjela je određena svojom karakterističnom funkcijom. Da bi se odredila odgovarajuća funkcija raspodjele i funkcija gustine potrebno je odrediti inverznu Furijeovu transformaciju. S obzirom da je analitičko invertovanje nemoguće, razvijen je algoritam za numeričko invertovanje višedimenzionalne karakteristične funkcije. Ovaj algoritam se prvi put javlja u literaturi. Sada smo u mogućnosti da proučavamo logističku kopulu koja će nam kasnije omogućiti i široku praktičnu primjenu dobijenih teorijskih rezultata.

Višedimenzionalna logistička raspodjela i logistička kopula omogućiti će i proučavanje linearne kombinacije logističkih slučajnih promjenljivih. Treba napomenuti da se linearne kombinacija slučajnih promjenljivih koristi u analizi portfolia [15]. Prvi korak biće proučavanje linearne kombinacije nezavisnih logističkih slučajnih promjenljivih, čija se tačna raspodjela izražava u obliku Fox H funkcije [2]. U tom cilju razvili smo i algoritam za numeričko izračunavanje vrijednosti Fox H funkcije, koji se javlja prvi put u literaturi.

Razmatranje linearne kombinacije zavisnih logističkih slučajnih promjenljivih otvoriće mogućnost za modelovanje brojnih finansijskih problema.

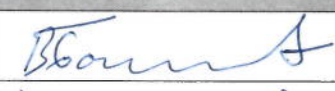
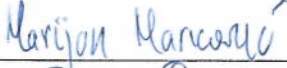
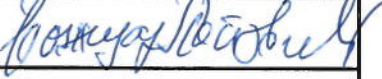
B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja

Predstavljeno istraživanje ne iziskuje značajna finansijska sredstva i izvjesno je da će ono biti završeno u vremenskom roku predloženom za završetak disertacije. Istraživanje se ocjenjuje izvodljivim. Takođe se očekuje da kandidatkinja bude uključena u projekte u okviru kojih će dobiti dio finansijskih sredstava potrebnih za uspostavljanje bliske saradnje sa istraživačima koji se bave istom ili sličnom oblašću matematičke statistike.

Literatura

1. Božidar V. Popović, Andjela Mijanović, Viktor Witkovsky, *Distribution of a linear combination of generalized logistic random variables and its application*, Journal of Statistical Computation and Simulation (u procesu recenzovanja)
2. Božidar V. Popović, Andjela Mijanović, Ali I. Genc, *On linear combination of generalized logistic random variables with an application to financial returns*, Applied Mathematics and

Computation 381:125314, September 2020 3. Balakrishnan, N., Ma Chunsheng, Wang Renxiang, <i>Logistic vector random fields with logistic direct and cross covariances</i>, Journal of Statistical Planning and Inference 109—118, 2015 4. N. Balakrishnan, A. Stepanov, <i>On the Use of Bivariate Mellin Transform in Bivariate Random Scaling and Some Applications</i>, <u>Methodology and Computing in Applied Probability</u>, 16: 235-244, 2014 5. Shephard, N.G., <i>Numerical integration rules for multivariate inversions</i>, <u>Journal of Statistical Computation and Simulation</u>, 39: 37-46., 1991 6. Shephard, N.G., <i>From Characteristic Function to Distribution Function: A Simple Framework for the Theory</i>, <u>Econometric Theory</u>, 7: 519-529, 1991 7. Roger B. Nelsen, <i>An introduction to copulas</i>, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 978-0-387-28659-4, 2006 8. Barabesi, L.; Pratelli, L., <i>Universal methods for generating random variables with a given characteristic function</i>, <u>Journal of Statistical Computation and Simulation</u>, 85: 1679-1691, 2015 9. Luc Devroye, <i>On the computer generation of random variables with a given characteristic function</i>, <u>Computers & Mathematics with Application</u>, 7: 547-552, 1981 10. Chin Diew Lai, N. Balakrishnan, <i>Continuous Bivariate Distributions: Second Edition</i>, Springer-Verlag New York, 978-0-387-09613-1, 2009 11. Zhang, Zhiqiang, Yang, Xiaoyi, <i>Constructing Copulas on the Parabolic Boundary of Kendall's Tau-Spearman's Rho Region</i>, 2010 First ACIS International Symposium on Cryptography, and Network Security, Data Mining and Knowledge Discovery, E-Commerce and Its Applications, and Embedded Systems, 2010 12. Barry C. Arnold, <i>Distributions with Logistic Marginals and/or Conditionals</i>, IMS Lecture Notes--Monograph Series, 28: 15-32, 1996 13. Henrick J. Malik and Bovas Abraham, <i>Multivariate Logistic Distributions</i>, The Annals of Statistics, 1: 588-590, 1973 14. Mir M Ali, N.N Mikhail, M.Safiul Haq, <i>A class of bivariate distributions including the bivariate logistic</i>, Journal of Multivariate Analysis, 8:405-412, 1978 15. David R. Anderson, Dennis J. Sweeney, Thomas A. Williams, <i>Essentials of Modern Business Statistics</i>, South-Western College Pub, 2018
Mišljenje i prijedlog komisije
Komisija smatra da je predmet istraživanja kandidatkinje matematički sadržajan i perspektivan. Takođe, komisija je mišljenja prezentovani novi rezultati predstavljaju doprinos u izučavanju višedimenzionalnih raspodjela. Očekujemo da ovaj stav bude potvrđen publikovanjem dobijenih rezultata u referentnim naučnim časopisima. Komisija smatra da je kandidatkinja Anđela Mijanović uspješno odbranila polazna istraživanja svoje doktorske disertacije.
Prijedlog izmjene naslova
(po potrebi predložiti izmjenu naslova)
Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora
(titula, ime i prezime, ustanova)
Planirana odbrana doktorske disertacije
Ljetnji semestar studijske 2022/2023

Izdvojeno mišljenje		
(popuniti ukoliko neki član komisije ima izdvojeno mišljenje) Ime i prezime _____		
Napomena		
(popuniti po potrebi)		
ZAKLJUČAK		
Predložena tema po svom sadržaju odgovara nivou doktorskih studija.	DA	
Tema je originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije.	DA	
Kandidat može na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljeni cilj i dokaže hipoteze.	DA	
Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata		
Prof. dr Vladimir Božović, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora		
Doc. dr Marijan Marković, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora		
Doc. dr Goran Popivoda, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora		
Prof. dr Siniša Stamatović, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora		
Doc. dr Božidar Popović, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Crna Gora		
U Podgorici, DEKAN _____ MP _____		

PRILOG

PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA	
Prof. dr Vladimir Božović	Zašto ste se odlučili za primjenu trapeznog pravila prilikom numeričkog rješavanja dvostrukog integrala?
Doc. dr Marijan Marković	Sa kojim poteškoćama ste se srelili prilikom analitičkog rješavanja $\frac{1}{4\pi^2} \iint_{-\infty}^{+\infty} e^{-i(t_1 z_1 + t_2 z_2)} \varphi(t_1, t_2) dt_1 dt_2,$ gdje je $\varphi(t_1, t_2) = 2 e^{i(t_1 m_1 + t_2 m_2)} B(1 - i \sigma_1 t_1, 1 - i \sigma_2 t_2, 1 + i \sigma_1 t_1 + i \sigma_2 t_2)$?
Prof. dr Siniša Stamatović	Da li se prilikom numeričkog rješavanja prethodnog integrala može dati ocjena greške? Lanczos aproksimacija za Gamma funkciju – kratko pojašnjenje o metodi aproksimacije za Gamma funkciju?
Doc. dr Goran Popivoda	Kako motivirate korišćenje Fox H funkcije?
Doc. dr Božidar Popović	S obzirom da ste najavili da ćete dobijene rezultate primijeniti na nekim realnim podacima da li ste imali u vidu razvoj nekog statističkog testa kojim bi se računale distance između empirijske i teorijske dvodimenzionalne karakteristične funkcije?
PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	

ZNAČAJNI KOMENTARI