

11.09.2014. године
Београд,
04-03-11/120

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука
Београд
Студентски трг бр 1

У прилогу дописа достављамо извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата Дарка Ковачевића, са пратећом документацијом.

Докторска дисертација и извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата Дарка Ковачевића стављени су на увид јавности и у предвиђеном року није било примедби на изложену докторску дисертацију.

С поштовањем,

Секретар факултета

Гордана Алексић Славински, дипл. Правник

Факултет организационих наука

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

04-03-11/120

(Број индекса)

Веће научних области техничких наука
(назив стручног већа коме се захтев упућује, сходно чл 75.
Статута Универзитета у Београду и чл.7. ст. 1. овог
Правилника)

11.09.2014. године

(Датум)

Београд

Студентски трг бр.1

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходо члану 68. ст. 3. Закона о универзитету («Службени гласник РС» бр. 20/98), дате сагласности на Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата

Дарко (Оливера) Ковачевић

(име, име једног родитеља и презиме)

Кандидат Дарко (Оливера) Ковачевић пријавио је докторску дисертацију под називом:

(име, име једног родитеља и презиме)

Фази каузални системи раног упозорења

Универзитет је дана 09.06.2014. године својим актом под 612062636/2014 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила

Фази каузални системи раног упозорења

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Дарко (Оливера) Ковачевић

(име, име једног родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 18.07.2014. године, одлуком Факултета под 3/63-9 у саставу:

име и презиме члана комисије	звање	научна област
1. др Братислав Петровић	ред. проф. ФОН-а	Управљање системима
2. др Ненад Младеновић	ред. проф. ФОН-а	Операциона истраживања
3. др Милан Мартић	ред. проф. ФОН-а	Операциона истраживања
4. др Весна Богојевић Арсић	Ред. проф. ФОН-а	Финансијски менаџмент
5. др Драган Радојевић	Научни саветник Института Михајло Пупун	Меко рачунарство и рачунарска интелигенција

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 27.08.2014. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Извештај Комисије са предлогом,
2. Акт Наставно-научног већа Факултета о усвајању Извештаја,
3. Примедбе дате у току стављања Извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

Проф. др Милан Мартић

Поводом предлога Већа студијског програма докторских академских студија, а на основу члана 56. Статута Факултета, на седници Наставно-научног већа одржаној 27.8.2014. године, једногласно је донета следећа

ОДЛУКА

Прихвата се Извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидата Дарка Ковачевића, под насловом »ФАЗИ КАУЗАЛНИ СИСТЕМИ РАНОГ УПОЗОРЕЊА« и даје се на увид јавности.

На основу добијене Одлуке Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације од 09.06.2014. године, број: 61206-2636/2014, одобрена је израда докторске дисертације под насловом »ФАЗИ КАУЗАЛНИ СИСТЕМИ РАНОГ УПОЗОРЕЊА«

Кандидат Дарко Ковачевић је објавио следеће радове који га квалификују да може да одбрани докторску дисертацију:

1. Darko Kovačević, Nenad Mladenović, Bratislav Petrović, Pavle Milošević, *DE-VNS: Self-adaptive Differential Evolution with crossover neighborhood search for continuous global optimization*, Computers & Operations Research, Available online 2 January 2014, doi:10.1016/j.cor.2013.12.009. ISSN: 0305-0548 (M21, IF2012: 1.909)
2. Pavle Milošević, Bratislav Petrović, Dragan Radojević, Darko Kovačević, A software tool for uncertainty modeling using Interpolative Boolean algebra, Knowledge-Based Systems, Volume 62, May 2014, Pages 1-10, doi:10.1016/j.knosys.2014.01.019. ISSN: 0950-7051 (M21, IF2012: 4.104)

Председник Наставно-научног већа

Проф. др Милан Мартић

Доставити:

- Стручном сараднику за ПДС
- Секретару органа управљања и стручних органа
- Архиви

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Darka Kovačevića

Odlukom Naučno-nastavno veća Fakulteta organizacionih nauka 05-01 br. 3/63-9 od 21.7.2014. godine imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Darka Kovačevića pod naslovom:

„Fazi kauzalni sistemi ranog upozorenja“

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Kandidat Darko Kovačević upisan je na doktorske studije na Fakultetu organizacionih nauka 2008. godine. Pošto je položio sve ispite predviđene nastavnim planom i programom, Darko Kovačević je prijavio pristupni rad za izradu doktorske disertacije 23.8.2013. Komisija za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene doktorske disertacije formirana je 28.8.2013. Kandidat je pristupni rad odbranio 26.12.2013. Odluka o usvajanju izveštaja Komisije o naučnoj zasnovanosti prijavljene doktorske disertacije doneta je 21.5.2014. br. 3/45-10. Odlukom Univerziteta u Beogradu od 9.6.2014. br. 61206-2636/2014 daje se saglasnost na predlog teme doktorske disertacije Darka

Kovačevića pod nazivom „Fazi kauzalni sistemi ranog upozorenja“. Odlukom Nastavno-naučnog veća Fakulteta organizacionih nauka od 21.5.2014 br. 3/45-10 odobrena je izrada doktorske disertacije, a za mentora je imenovan prof. dr Bratislav Petrović, redovni profesor Fakulteta organizacionih nauka. Mentor je 14.7.2014. izvestio Nastavno-naučno veće Fakulteta organizacionih nauka da je Darko Kovačević završio izradu doktorske disertacije. Naučno-nastavno veće Fakulteta organizacionih nauka je imenovalo Komisiju za ocenu završene doktorske disertacije 21.7.2014, odluka 05-01 br. 3/63-9.

1.2. Naučna oblast disertacije

Doktorska disertacija pripada oblasti tehničkih nauka i području organizacionih nauka. Uža naučna oblast kojom se bavi disertacija je Teorija sistema, Fazi logika i Operaciona istraživanja.

Ime i prezime mentora: dr Bratislav Petrović

Zvanje: redovni profesor

Spisak radova koji kvalifikuju mentora za vođenje doktorske disertacije:

1. Milošević, P., Petrović, B., Radojević, D., Kovačević, D.: A software tool for uncertainty modeling using Interpolative Boolean algebra, Knowledge-Based Systems, Vol 62, 2014, pp. 1-10. ISSN:0950-7051, DOI:10.1016/j.knosys.2014.01.019 IF2012: 4,104 (M21)
2. Kovacević, D., Mladenović, N., Petrović, B., Milosević, P.: DE-VNS: Self-adaptive Differential Evolution with crossover neighborhood search for continuous global optimization, Computers & Operations Research, 2014. ISSN:0305-0548, DOI:10.1016/j.cor.2013.12.009 IF2012: 1,909 (M21)
3. Minić, T., Petrović, B., Ilić, O.: A New Approach to Integral Information System of a Company for Business and Sustainable Development, Amfiteatru Economic, Vol 15, Special No 7, 2013, pp. 769-783. ISSN(print):1582-9146 / ISSN(on-line):2247-9104, IF2012: 0,953 (M22)
4. Koskić, S., Skatarić, D., Petrović, B.: ~~Convergence Proof for Recursive Solution of Linear-Quadratic Nash Games for Quasi-Singularly Perturbed Systems~~, Dynamics of Continuous, Discrete and Impulsive Systems, Vol 9, No 2, 2002, pp. 317-333. ISSN(print):1492-8760 / ISSN(on-line):1918-2538, IF2002: 0,711 (M22)
5. Spaić, R., Ilić, R., Dragović, M., Petrović, B.: Generation of Dose-Volume Histograms Using Monte Carlo Simulations on a Multicellular Model in Radionuclide Therapy, Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals, Vol 20, No 3, 2005, pp. 320-324. ISSN(print):1084-9785 / ISSN(on-line):1557-8852, DOI:10.1089/cbr.2005.20.320 IF2005: 1.669 (M22)

6. Petrović, B., Gajić, Z.: The Recursive Solution of Linear Quadratic Nash Games for Weakly Interconnected Systems, Journal of Optimization Theory and Applications, Vol 56, No 3, 1988, pp. 463-477. ISSN:0022-3239, DOI:10.1007/BF00939553 IF1988: 0,428 (M21)

7. Dragović, I., Turajlić, N., Radojević, D., Petrović, B.: Combining Boolean Consistent Fuzzy Logic and Ahp Illustrated on the Web Service Selection Problem, International Journal of Computational Intelligence Systems, Vol 7, Supp 1, 2014, pp. 84-93. ISSN(print):1875-6891 / ISSN(on-line):1875-6883 IF2013: 0,451 (M23)

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Darko Kovačević je rođen 12. decembra 1975. godine u Kraljevu. Diplomirao je na Elektrotehničnom fakultetu, Univerziteta u Beogradu 2005. godine na odseku za Telekomunikacije gde je stekao i master diplomu iz oblasti Telekomunikacija. Doktorske studije upisuje 2008. godine na smeru Upravljanje sistemima.

Posle diplomiranja zaposlio se u Narodnoj banci Srbije gde radi do danas. Poslovnu karijeru započeo je u Sektoru za kontrolu poslovanja banaka na poslovima izrade analiza i informacija o bankama i unapređenju izveštajnog sistema Narodne banke Srbije. Od jula 2007. do jula 2011. radi na poslovima ocene rizika bankarskog sektora Republike Srbije, postaje član tima Narodne banke Srbije za saradnju sa FSSP misijom i postaje član grupe za implementaciju BASEL II standarda. 2009. godine inicira i rukovodi projektom izgradnje metodologije stres testova bankarskog sektora Republike Srbije, koji je definisan kao strateški cilj Narodne banke Srbije. U okviru ovog projekta sarađuje sa eminentnim svetskim ekspertima iz ove oblasti kao i sa predstavnicima Međunarodnog monetarnog fonda i Evropske centralne banke. Prva faza projekta je uspešno završena 2010. godine i postaje sastavni deo analize rizika u bankarskom sektoru.

U toku 2010. godine inicira projekat Makroekonomskog kreditnog rizika, u kojem predlaže metodologiju ocene kreditnog rizika u zemljama u tranziciji, metodologiju za ocenu uzročnosti u makroekonomskim sistemima i kritički se osvrće na nedostatke BASEL II metodologije ocene rizika na primeru bankarskog sektora Republike Srbije. Rad na ovom projektu rezultovao je naučnim radom pod nazivom *"Proposition of macroeconomic credit risk modeling: From stability to supervision – two sides of the same coin Case of Serbia"* koji je na svetskom takmičenju naučnih radova koje svake druge godine održava Banka za međunarodna poravnanja, ušao u najuži izbor za nagradu. Rad se našao na petom mestu od ukupno deset radova koji su ušli u najuži izbor.

Od jula 2011. godine do danas radi u Sektoru za finansijsku stabilnost kao glavni kvantitativni analitičar i vršilac dužnosti direktora odeljenja za razvoj i primenu kvantitativnih modela na poslovima planiranja i koordinacije razvijanja metodologija za analizu i procenu rizika u finansijskom sektoru. Takođe rukovodi i koordinira aktivnosti vezane za razvoj metodologija za ocenu sistemskog rizika i rukovodi razvijanjem mrežnih modela izloženosti bankarskog sektora. U

ovom periodu započinje Projekat sistema ranog upozorenja sistemske krize i pojedinačnih finansijskih institucija koji postaje osnov za predloženu doktorsku disertaciju.

U periodu od 2011. do 2013. godine rukovodi sa pet predpristupnih projekata Evropske Unije koji se odnose na kvantitativnu ocenu finansijske stabilnosti. Ovi projekti su ocenjeni od strane Evropske centralne banke najvišom mogućom ocenom.

Svoj rad, kako profesionalni tako i naučni, predstavljao je na velikom broju konferencija i ekspertske posete vodećim evropskim finansijskim institucijama iz oblasti koje obuhvataju kvantitativne finansije, stres testove, teorije mrežnog modelovanja finansijskih sistema, sisteme ranog upozorenja za finansijske institucije, ocene sistemskih rizika, signala ranog upozorenja sistemske krize, primene fazi logike u investicionom odlučivanju, globalne optimizacije.

Takođe, Darko Kovačević je odslušao jednogodišni kurs za sticanje licence Professional Risk Management – PRMIA – Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu. Stekao je više sertifikata iz oblasti bankarstva, upravljanja rizicima i finansijske stabilnosti.

Oblasti naučno-istraživačkog rada i interesovanja Darka Kovačevića su: sistemi ranog upozorenja, modeli ocene rizika u finansijama, teorija kauzalnosti, modelovanje, analiza i upravljanje finansijskim sistemima, veštačka inteligencija, teorija globalne optimizacije, teorija odlučivanja itd. Član je Udruženja inženjera elektrotehnike Srbije (UDIES).

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Darka Kovačevića, pod naslovom „Fazi kauzalni sistemi ranog upozorenja“ je obima 403 strana, sadrži 86 slika i grafičkih prikaza, 61 tabelu i 315 literaturnih navoda. Sadrži 6 poglavlja, kao i dela koji se odnosi na korišćenu literaturu. Struktura disertacije je sledeća:

UVOD

Struktura disertacije

Cilj istraživanja u doktorskoj disertaciji

Očekivani naučni doprinos

1. IZBOR PROMENLJIVIH U KAUZALNIM SISTEMIMA

- 1.1 Neophodnost izbora promenljivih u složenim sistemima
- 1.2 Mere asocijacija promenljivih
- 1.3 Kauzalni sistemi
- 1.4 Metode za ocenu kauzalnih relacija
- 1.5 Predložena modifikacija Hiemstra-Jones-ovog testa
- 1.6 Simulacija funkcija kauzalnih relacija
- 1.7 Rezultati u slučaju stacionarnih serija
- 1.8 Rezultati u slučaju nestacionarnih serija
- 1.9 Zaključak poglavlja

2. FAZI LOGIČKI SISTEMI

- 2.1. Uvod u fazi logičke sisteme
- 2.2. Osnovni elementi klasičnih fazi logičkih sistema
- 2.3. Svojstva operatora agregacije
- 2.4. Predložena realizacija agregacije funkcija pripadnosti
- 2.5. Indukcija fazi pravila iz podataka
- 2.6. Pristup prepoznavanje obrazaca potprostora
- 2.7. Zaključak poglavlja

3. INDUKCIJA FAZI PRAVILA KORIŠĆENJEM EVOLUTIVNIH ALGORITAMA

- 3.1. Uvod
- 3.2. Pregled induktora koji koriste Evolutivne Algoritme za indukciju fazi pravila
- 3.3. Osnove globalne optimizacije
- 3.4. Pristup diferencijalne evolucije korišćenjem mehanizma pretrage promenljivih okolina parametra ukrštanja DE-VNS
- 3.5. Numerički rezultati
- 3.6. Zaključak poglavlja

4. STUDIJE SLUČAJA

- 4.1. Usporedna analiza predloženog pristupa na realnim i simuliranim podacima
- 4.2. Determinante kretanja kursa evra u odnosu na dolar
- 4.3. Rani signali prelomnih tačaka kretanja kursa valutnog para EURUSD korišćenjem Prepoznavanja obrazaca potprostora - SPR
- 4.4. Analiza performansi predloženog pristupa u zavisnosti od redukcije skupa pravila i preferencije ka riziku korisnika

5. ZAKLJUČAK

6. DODACI

Dodatak 1. Grafikoni ROC krive posmatranih metoda za ocenu kauzalnosti u slučajevima stacionarnih i nestacionarnih serija.

Dodatak 2. Ocena maksimalne verodostojnosti za dvostranu stepenu funkciju raspodele verovatnoće

Dodatak 3. Parametri i deskriptivna statistika korišćenih prediktora

Dodatak 4. Odlike ne-redukovanog sistema ranog upozorenja stabilnog trenda i prelomnih tačaka kursa valutnog para EURUSD jedan sat unapred

Dodatak 5. Odlike prelomnih tačaka redukovanog sistema ranog upozorenja kursa valutnog para EURUSD jedan sat unapred

Dodatak 6. Odlike sistema ranog upozorenja umerenog rizika trenda i prelomnih tačaka kursa valutnog para EURUSD jedan sat unapred

Dodatak 7. Odlike sistema ranog upozorenja minimalnog rizika stabilnog trenda i prelomnih tačaka kursa valutnog para EURUSD jedan sat unapred

LITERATURA

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Četiri problema predstavljaju okosnicu ove disertacije i predstavljaju funkcionalne celine koje su detaljno obrađene. Prvi problem se odnosi na ocenu velikog skupa ulaznih promenljivih u cilju izdvajanja onih koje mogu pomoći u objašnjavanju neke pojave odnosno posledice. Po definiciji sistema ranog upozorenja, osim poteškoća u određivanju uzročno posledičnih veza sistema, posebna pažnja je posvećena pitanju sa kojim kašnjenjem se javlja posledica, nakon poremećaja u sistemu. Drugi problem u sistemima ranog upozorenja predstavlja indukcija pravila ponašanja iz dostupnih podataka, a da se pri tome uzima u obzir skup pravila koja su iskustveno definisana. Treći problem se odnosi na samu potvrdu modela od strane domenskog eksperta, koji nužno ne mora da ima bilo kakva znanja o matematičkom modelu sistema ranog upozorenja. Četvrti problem je ocena samog sistema koji se može sastojati od čak nekoliko stotina parametara koje je neophodno definisati i vrednovati. Iz tog razloga, potrebno je definisati pristupe kojima je, sa velikom sigurnošću, moguće oceniti parametre modela, kako bi došli do što kvalitetnijeg matematičkog modela sistema ranog upozorenja.

U prvom poglavlju doktorske disertacije dat je pregled metoda izbora promenljivih koje se koriste u problemima klasifikacije u širokoj naučnoj oblasti indukcije iz podataka. Na osnovu koncepata statističkog zaključivanja razmatrane su prednosti i nedostaci postojećih pristupa merenja asocijacija između promenljivih, koji predstavljaju jednu od osnovnih tema ove doktorske disertacije. U ovom poglavlju je predložen novi pristup koji se zasniva na primeni jezgarnih normi u okviru generalizovanih korelacionih integrala kako bi se otklonili pojedini nedostaci u vezi sa postojećim pristupom Hiemstra- Jones i pristupom Diks-Panchenko. Predloženi pristup je upoređen sa konvencionalnim i novim metodama ocene kauzalnosti. Na najvećem skupu kauzalnih relacija do sada, po kandidatovom saznanju, predstavljena je prednost predloženog pristupa nad postojećim pristupima u slučajevima stacionarnih serija. Pored toga, pokazana je i robustnost predloženog pristupa u slučajevima nestacionarnih serija, kod kojih ostali pristupi gube na tačnosti.

U drugom poglavlju pažnja je usmerena na drugi i treći prethodno navedeni problem koji su rešavani korišćenjem fazi logike u okviru koje je predložen pristup agregacije funkcija pripadnosti koji u potpunosti zadovoljava aksiome Bulove algebre. Dat je kompletan analitički okvir opisivanja funkcija pripadnosti koji koristi nemonotone konveksne funkcije, takođe u Bulovom okviru. Predložena je nova mera asocijacije funkcija pripadnosti korišćenjem empirijskih fazi kopula. Dokazano je da empirijska fazi kopula zadovoljava sve Bulove aksiome. U nastavku je izložen novi pristup koji koristi rešetkasto pretraživanje za izbor obrazaca i fazi izvođenje pravila na osnovu strukture koja je predložena u radu Kolari-a. Najuočljivije razlike u odnosu na druge metode su ograničavanje kompletne pretrage u izboru obrazaca, struktura pravila, optimalni skup obrazaca i sposobnost ocene u uslovima dinamičke promene izlazne klasne promenljive. U okviru predloženog pristupa, definisan je novi indeks važnosti odlike koji je korišćen pri indukciji pravila iz dostupnih podataka, kao i nova funkcija prilagođenosti.

Četvrti problem je detaljno obrađen u trećem poglavlju ove disertacije. Indukcija pravila konvencionalnih sistema pomoću Evolutivnih algoritama ima dugu istoriju. Ovi algoritmi oponašaju biološku evoluciju ili način na koji biološki subjekti komuniciraju u prirodi. Posebno interesovanje

vlada za globalnu optimizaciju numeričkih problema „crne kutije“ sa realnim vrednostima na koje se analitičke metode ne mogu primeniti. Značajan broj radova posvećen je upoređivanju različitih optimizacijskih pristupa. Takva poređenja su se ranije bazirala na numeričkim referentnim problemima, ali se poslednjih godina poređenja vrše i na problemima iz stvarnog života, naročito u inženjerstvu i biologiji. U trećem poglavlju je predstavljen novi metod za rešavanje neprekidnih multimodalnih optimizacionih problema. Ovaj metod, nazvan DE-VNS, zasniva se na primeni Pretrage promenljivih okolina - VNS u okviru Diferencijalne evolucije - DE. U okviru ovog poglavlja izvršena je numerička uporedna analiza predloženog pristupa sa vrhunskim varijantama DE algoritama, kao i mnogim drugim pristupima, na osnovu koje su ocenjene performanse predloženog pristupa.

U četvrtom poglavlju je predstavljena sveobuhvatna studija slučaja koja prikazuje funkcionalne celine predložene metodologije sistema ranog upozorenja. Svrha ovog poglavlja je da po koracima provede čitaoca, na praktičnom primeru, kroz sve fundamentalne celine koje definišu ovaj sistem. Na osnovu simuliranih i realnih serija podataka, upoređene su performanse različitih klasifikatora sa predloženim pristupom Prepoznavanja obrazaca potprostora. U istom poglavlju određene su determinante kretanja kursa evra u odnosu na dolar na osnovu metodologije ocene kauzalnih relacija predložene u prvom poglavlju. U nastavku poglavlja je predstavljen sistem ranog upozorenja pojave prelomnih tačaka kretanja valutnog para EURUSD i definisani su neredukovan, redukovani sistem ranog upozorenja i režim pojačanog praćenja, kao i analiza performansi predloženog sistema u zavisnosti od redukcije skupa pravila i preferencije ka riziku korisnika.

Na kraju, u petom poglavlju, dati su zaključci doktorske disertacije, diskutovane prednosti i nedostaci funkcionalnih celina predloženog sistema ranog upozorenja i predloženi mogući pravci unapređenja predstavljene metodologije. Posebna pažnja je posvećena analizi naučnog doprinosa i ciljeva disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Tema kojom se bavi doktorska disertacija je savremena i veoma atraktivna, kako u naučnom tako i u praktičnom smislu. U doktorskoj disertaciji predstavljena je nova metodologija sistema ranog upozorenja koja se može primeniti na čitav spektar realnih problema od prirodnih katastrofa do primena u finansijama. Tema dobija na značajnosti imajući u vidu nedavna dešavanja na polju globalnih klimatskih promena i finansijskih kriza. Upravo bi metodologija predložena u ovoj doktorskoj disertaciji bila od pomoći donosiocima odluka kako bi blagovremeno reagovali i formirali strategije za ublažavanje i prevenciju mogućih rizika. Naučna oblast sistema ranog upozorenja formalizovana je tek nedavno, 2006 godine, te je tema ove disertacije veoma aktuelna. Ova metodologija je jedna od prvih u domaćoj naučnoj literaturi, ako ne i jedina, koja obrađuje na sveobuhvatan način sve funkcionalne celine sistema ranog upozorenja.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U ovoj doktorskoj disertaciji su korišćeni mnogobrojni relevantni izvori. Najveća pažnja je posvećena publikacijama iz oblasti koje predstavljaju funkcionalne celine predložene metodologije Sistema ranog upozorenja i obuhvataju literaturu iz oblasti kauzalnosti i kognicije, redukovanja ulaznih prostora, statističkih testova ocene kauzalnih relacija, teorije fazi skupova i sistema, teorije verovatnoće sa posebnim akcentom na teoriju kopula, metoda i heuristika globalne optimizacije. Bitan segment odnosi se i na teoriju i metode klasifikacije te primene u raznim finansijskim problemima. Veliki broj korišćenih izvora publikovan je na vodećim konferencijama i časopisima iz navedenih oblasti kojkoji su publikovani od strane vodećih svetskih izdavača (Elsevier, Springer, Prentice-Hall, Wiley, Taylor&Francis).

U izradi ove disertacije referencirano je 315 izvora relevantnih za obradu ove teme.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Tokom izrade ove disertacije korišćene su sledeće naučne metode:

Metode prikupljanja i analize postojećih naučnih rezultata i dostignuća za svaku funkcionalnu celinu predložene metodologije sistema ranog upozorenja. Pružen je i kritički osvrt na postojeće metode i detaljno predstavljene prednosti i nedostaci.

U nastavku svake funkcionalne celine dati su predlozi unapređenja, odnosno predloženi novi pristupi kojima se otklanjaju pojedini nedostaci postojećih pristupa. Dodatno, za svako unapređenje pružen je striktan analitičko-matematički okvir kojim se pokazuje opravdanost predloženog unapređenja.

Unapređenja predstavljena u ovoj disertaciji su upoređena sa postojećim pristupima kroz detaljne uporedne analize. Na osnovu relevantnih i referentnih serije podataka izvedeni su zaključci o performansama predloženih unapređenja.

Praktična provera postavljenih zadataka i doprinosa ove disertacije detaljno je obrađena u zasebnom poglavlju, gde je pokazana praktična primena sistema ranog upozorenja na realnom problemu i gde se čitaoc na praktičnom problemu postupno po koracima upoznaje sa svim napred navedenim celinama koje čine jedan sistem ranog upozorenja.

Korišćena literatura, mnogobrojni referentni izvori ukazuju na adekvatan istraživački pristup. U analizama su korišćeni referentni problemi koji doprinose potvrdi zaključaka koji su predstavljeni u ovoj disertaciji.

Na osnovu navedenog, može se zaključiti da primenjene naučne metode i tehnike odgovaraju po značaju, strukturi i primeni temi doktorske disertacije i predstavljenom istraživanju.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Predloženu metodologiju sistema ranog upozorenja odlikuje visoka primenljivost u automatizovanim i polu automatizovanim sistemima gde je poželjna interpretabilnost dobijenih rezultata i validacija rezultata od strane domenskih eksperata koji nužno ne moraju posedovati znanja o primenjenom matematičkom modelu. Predloženi sistem ranog upozorenja pruža mogućnost ukazivanja na mogući uzrok pojave određenog događaja u vidu verbalnih, lako shvatljivih pravila. Upravo navedene osobine predložene metodologije čine ovaj sistem veoma primenljivih u širokom spektru naučnih i praktičnih oblasti jer omogućava implementaciju iskustvenih pravila domenskih eksperata. U doktorskoj disertaciji detaljno je analizirana primena predloženog sistema ranog upozorenja na jednom od najkompleksnijih realnih problema u visokofrekventnom trgovanju valutnim parovima. Ovaj praktični problem je složen zbog izrazite nelinearnosti sistema i visoke dimenzionalnosti ulaznog prostora promenljivih. Osim režima ocene mogućeg događaja i uzroka koji mogu dovesti do njega, sistem odlikuje i režim pojačanog praćenja što je od izrazitog značaja u sistemima u kojima je izražen trošak pogrešne klasifikacije događaja. Takođe, režim pojačanog praćenja, u uslovima oskudnih resursa, može ukazati na objekte kojima treba posvetiti posebnu pažnju i pružiti dovoljno vremena za formiranje efektivne i blagovremene rezolucione strategije. Iz ovih razloga sistem se može primeniti u uslovima kada su rezolucione strategije skupe i/ili dugotrajne ili u uslovima ograničenih raspoloživih resursa, na primer u oblasti elementarnih nepogoda ili finansijskih kriza gde je formiranje rezolucione strategije veoma zahtevno (proaktivna evakuacija stanovništva ili promena monetarne i fiskalne politike jedne zemlje).

Praktične primene predloženog sistema ranog upozorenja je veoma jednostavno proširiti i na oblasti medicine ili na probleme socijalnih mreža. Takođe, sistem je veoma adaptibilan jer može, u uslovima nedovoljnih podataka, veći značaj dati iskustvenim pravilima domenskih eksperata, dok sa druge strane može i biti potpuno automatizovan ukoliko ne postoje deterministička iskustvena pravila problema te sistem na osnovu dostupnih podataka može naći svoja pravila. Računska efikasnost predložene metodologije omogućava primenu u problemima koji zahtevaju rešenja u realnom vremenu.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat Darko Kovačević je u dosadašnjem, kako naučno istraživačkom tako i profesionalnom radu, pokazao izrazitu sposobnost i posvećenost. Svoj naučni i profesionalni rad prikazao je na velikom broju naučnih skupova i seminara vodećih međunarodnih finansijskih institucija. Tokom rada na disertaciji objavio je, kao autor ili koautor, zavidan broj radova u vrhunskim međunarodnim i vodećim nacionalnim časopisima. Kao istraživač, rukovodio je većim brojem predpristupnih projekata u ime Narodne banke Srbije iz oblasti finansijske stabilnosti i ocene rizika u bankarskom sektoru u saradnji sa eminentnim svetskim stručnjacima iz pomenutih oblasti, koji su od strane Evropske centralne banke ocenjeni sa najvišom ocenom. Takođe, tokom doktorskih studija, u više navrata bio je mentor mlađim kolegama u Narodnoj banci Srbije sa kojima je u saradnji ostvario odlične rezultate.

Na osnovu dosadašnjih ostvarenih rezultata i zalaganja u naučno istraživačkom i profesionalnom radu, zaključujemo da je kandidat sposoban da se u potpunosti samostalno bavi naučno istraživačkim radom.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Rezultati istraživačkog procesa u doktorskoj disertaciji kandidata Darka Kovačevića sadrže više značajnih naučnih doprinosa:

- predlaganje unapređenja postojećeg pristupa ocene nelinearne kauzalnosti koja pokazuje značajno bolje rezultate od postojećeg pristupa,
- na najvećem skupu funkcija zavisnosti do sada korišćenih (30 funkcija kauzalnih relacija), po kandidatovom saznanju, pokazana je prednost predloženog pristupa nad ostalim pristupima u slučajevima stacionarnih i nestacionarnih vremenskih serija,
- prikaz statističkog ponašanje predloženog pristupa ocene nelinearne kauzalnosti u funkciji dužine vremenske serije za stacionarne i nestacionarne procese, njegova dužinska efikasnost i stabilnost,
- viševrednosna realizacija operatora agregacije fazi funkcija pripadnosti korišćenjem empirijskih fazi kopula,
- striktni matematički dokaz da je predložena realizacija operatora agregacije u potpunosti u Bulovom okviru,
- striktni matematički aparat i neophodne teoreme na osnovu kojih se dokazuje mogućnost korišćenja nemonotonih konveksnih funkcija fazi pripadnosti u agregaciji, a koja zadržava svojstva Bulove algebre,
- predložen novi indeks važnosti odlike u cilju ocene značajnosti odlike u problemima klasifikacije,
- predlaganje novog pristupa globalne multimodalne optimizacije koji se zasniva na primeni mehanizma Pretrage promenljivih okolina – VNS na parametar ukrštanja Diferencijalne evolucije,
- sveobuhvatna uporedna analiza predloženog pristupa globalne optimizacije sa velikim brojem Evolutivnih algoritama na osnovu koje se pokazuje očita prednost predloženog pristupa u odnosu na ostale korišćene pristupe,

- predlaganje novog pristupa za indukciji fazi pravila iz podataka pod nazivom Prepoznavanja obrazaca potprostora,
- sveobuhvatna uporedna analiza predloženog pristupa za indukciju fazi pravila sa velikim brojem pristupa za klasifikaciju, koja pokazuje visoku tačnost predloženog pristupa i odličnu mogućnosti generalizacije podataka,
- primena predložene metodologije sistema ranog upozorenja na problem tržišta valuta, koje se smatra za jedan od najkompleksnijih problema za ocenu i predviđanje, sa detaljnim objašnjenjem uticaja subjektivne preferencije rizika korisnika i režima pojačanog praćenja,
- praktičan doprinos se ogleda u realizaciji sistema ranog upozorenja, koji odlikuje visoka primenljivost u automatizovanim i polu automatizovanim sistemima, gde je poželjna interpretabilnost dobijenih rezultata, validacija rezultata od strane domenskih eksperata i subjektivna preferencija korisnika,
- društveni doprinos se ogleda u mogućnosti za unapređenje ove naučne oblasti i raznim praktičnim primenama.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Sprovedeni eksperimenti i sveobuhvatnost uporednih analiza tokom ove doktorske disertacije su potvrdili postavljene polazne zadatke. Disertacija sadrži celovit prikaz oblasti funkcionalnih celina predloženog sistema ranog upozorenja koji se odnosi na teoriju kauzalnosti, teoriju fazi logičkih sistema i načina indukovanja pravila iz dostupnih podataka. Predložene novine su detaljno obrađene i upoređene sa postojećim pristupima na osnovu čega su doneti validni zaključci. Sama primena predloženog sistema ranog upozorenja je, na osnovu sveobuhvatne studija slučaja koje je kandidat predstavio, objašnjena na detaljan i sveobuhvatan način. Uporedne analize sadrže referentne pristupe i probleme koji svojim obimom zadovoljavaju sve standarde naučnog eksperimenta. Mogući pravci unapređenja, koje je kandidat predložio u zaključcima oblasti predstavljaju svrsishodno proširenje predstavljene metodologije koji bi, u daljem samostalnom istraživačkom radu kandidata, mogli značajno unaprediti i pružiti dodatni naučni doprinos u ovoj oblasti.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Darko Kovačević je, u saradnji sa drugim autorima, objavio više naučnih radova u međunarodnim časopisima, kao i u zbornicima radova sa domaćih i međunarodnih konferencija a koji su u direktnoj vezi sa temom ove doktorske disertacije.

Radovi u časopisima međunarodnog značaja (M20):

Darko Kovačević, Nenad Mladenović, Bratislav Petrović, Pavle Milošević, *DE-VNS: Self-adaptive Differential Evolution with crossover neighborhood search for continuous global*

optimization, Computers & Operations Research, Available online 2 January 2014, doi:10.1016/j.cor.2013.12.009. ISSN: 0305-0548 (**M21, IF2012: 1.909**)

Pavle Milošević, Bratislav Petrović, Dragan Radojević, **Darko Kovačević**, A software tool for uncertainty modeling using Interpolative Boolean algebra, Knowledge-Based Systems, Volume 62, May 2014, Pages 1-10, doi:10.1016/j.knosys.2014.01.019. ISSN: 0950-7051 (**M21, IF2012: 4.104**)

Radovi na konferencijama od međunarodnog značaja (M30):

Darko Kovačević, Petar Sekulić, Aleksandar Rakićević, “*Consistent Interpolative Fuzzy Logic and Investment Decision Making*”, (2011), Prva godišnja konferencija mladih srpskih ekonomista – Narodna banka Srbije.

Darko Kovačević, Bratislav Petrović, Pavle Milošević, “*Estimating Differential Evolution crossover parameter with VNS approach for continuous global optimization*”, (2012), EURO Mini Conference XXVIII on Variable Neighbourhood Search, Pages 257-264. ISSN: 978-86-7680-260-9

Darko Kovačević, Pavle Milošević, Bratislav Petrović, “*Continuous DE-VNS for Solving Very Large Optimization Problems*“, (2012), EURO Mini Conference XXVIII on Variable Neighbourhood Search, Book of Abstracts, Pages 3-4.

Darko Kovačević, Pavle Milošević, Bratislav Petrović, “*Continuous DE-VNS for Solving Very Large Optimization Problems*“, (2013), XI Balkan Conference on Operational Research, Book of Abstracts, Pages 10-11. ISBN: 978-86-7680-279-1

Radovi u časopisima nacionalnog značaja (M50):

Darko Kovačević, Bratislav Petrović, Pavle Milošević, *Estimating Differential Evolution crossover parameter with VNS approach for continuous global optimization*, Electronic Notes in Discrete Mathematics, Volume 39, 1 December 2012, Pages 257-264, doi:10.1016/j.endm.2012.10.034. ISSN: 1571-0653

Darko Kovačević, Nenad Mladenović, Bratislav Petrović, Pavle Milošević, *A Comparative Study of Solving Nonlinear Continuous Multidimensional Global Optimization Problems*, 2013, Les Cahiers du GERAD. ISSN: 0711-2440

Radovi na konferencijama od nacionalnog značaja (M60):

Aleksandar Rakićević, Vladimir Dobrić, **Darko Kovačević**, “*Investiciono odlučivanje zasnovano na Logičkoj agregaciji finansijskih pokazatelja*“, (2010), XXXVII Simpozijum o operacionim istraživanjima, Pages 455-458. ISBN: 978-86-335-0299-3

Ana Poledica, Vladimir Dobrić, **Darko Kovačević**, “*Predviđanje kretanja tržišnih indeksa korišćenjem veštačkih neuronskih mreža*“, (2011), XXXVIII Simpozijum o operacionim istraživanjima, Pages 421-424. ISBN: 978-86-403-1168-7

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Sistemi ranog upozorenja pružaju blagovremene i pouzdane signale koji omogućavaju subjektima izloženim riziku da preduzmu mere kako bi izbegli ili smanjili rizik i pripremili efektivan odgovor. Naučna oblast sistema ranog upozorenja je formalizovana nedavno te je, iz tog razloga, tema ove disertacije veoma aktuelna i atraktivna. U doktorskoj disertaciji predstavljena je nova metodologija sistema ranog upozorenja koja dobija na značaju imajući u vidu nedavna dešavanja na polju globalnih klimatskih promena i finansijskih kriza.

Ciljevi istraživanja koji su postavljeni u ovoj doktorskoj disertaciji odnose se na identifikaciju različitih funkcionalnih celina sistema ranog upozorenja, identifikaciju prednosti i nedostataka, uporednih analiza sa postojećim pristupima i ispitivanje mogućnosti za unapređenje kao i predlaganju unapređenja. Pri izboru predmeta istraživanja pošlo se od činjenice da većina postojećih pristupa ne ispunjava sve funkcionalnosti koje jedan sistem ranog upozorenja treba da zadovolji što je dovelo do osnovnog cilja ove doktorske disertacije - predlaganje nove metodologije sistema ranog upozorenja. Doprinos predložene metodologije se ogleda u realizaciji sistema ranog upozorenja koji odlikuje visoka primenljivost u automatizovanim i polu automatizovanim sistemima gde je poželjna interpretabilnost dobijenih rezultata, validacija rezultata od strane domenskih eksperata i subjektivna preferencija korisnika,

U disertaciji je predstavljeno više rezultata na osnovu iscrpnih eksperimenata tokom istraživanja, a koji se mogu koristiti za unapređenja ove naučne oblasti. Predloženo je unapređenje postojećeg pristupa ocene nelinearne kauzalnosti u smislu problema izbora skupa prediktora koji je naznačajniji za posmatrani problem. U cilju indukcije pravila ponašanja sistema ranog upozorenja predložena je mera agregacije funkcija pripadnosti koja rešava problem redundantnih i parcijalno sadržanih prediktora, kao i indeks za ocenu značajnosti obrazaca koji omogućava pronalaženje optimalnog skupa pravila. U cilju ocene parametara sistema, kojih u generalnom slučaju može biti i nekoliko stotina, predložen je nov pristup globalne multimodalne optimizacije koji se zasniva na primeni mehanizma Pretrage promenljivih okolina – VNS na parametar ukrštanja Diferencijalne evolucije. Takođe, predložena metodologija sistema ranog upozorenja primenjena je na problem tržišta valuta, koje se smatra za jedan od najkompleksnijih problema za ocenu i predviđanje, sa detaljnim objašnjenjem uticaja subjektivne preferencije rizika korisnika i režima pojačanog praćenja.

Kandidat je u dosadašnjem, kako naučno istraživačkom tako i profesionalnom radu, pokazao izrazitu sposobnost i posvećenost. Svoj naučni i profesionalni rad prikazao je na velikom broju naučnih skupova i seminara vodećih međunarodnih finansijskih institucija. Tokom rada na disertaciji objavio je, kao autor ili koautor, zavidan broj radova u vrhunskim međunarodnim i nacionalnim časopisima.

Na osnovu svega navedenog, sa zadovoljstvom predlažemo Naučno-nastavnom veću da se doktorska disertacija pod naslovom “Fazi kauzalni sistemi ranog upozorenja” kandidata Darka Kovačevića prihvati, izloži na uvid javnosti i odobri njena usmena odbrana.

U Beogradu, 25.08.2014. godine

ČLANOVI KOMISIJE

.....
Prof. dr Bratislav Petrović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

.....
Prof. dr Nenad Mladenović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

.....
Prof. dr Milan Martić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

.....
Prof. dr Vesna Bogojević Arsić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

.....
Dr Dragan Radojević, naučni savetnik
Institut Mihajlo Pupin