

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата дипл. инж. електротехнике Јіана Јаггоуј за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 5047/11-1 од 7.12.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јіана Јаггоуј, дипл. инж. електротехнике, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме

„Анализа перформанси когнитивних телекомуникационих система са контролисаним нивоом интерференције и несавршеном проценом стања у каналу”

„Performance analysis of cognitive telecommunication systems with controlled interference level and imperfect channel knowledge”

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јіана Јаггоуј рођена је 27.06.1987. године у Сирији. Основну школу и гимназију завршила је у Хомсу са одличним успехом. Електротехнички и телекомуникациони факултет Универзитета у Хомсу завршила је и дипломирала на Одсеку за електронику и телекомуникације 2009. године, са просечном оценом 73.89%. Урадила је дипломски рад под називом “Study and implementation of automatic gain control circuits working door with a safety system using the DTMF signals”. Радила је као IT супервизор за студенте четврте године на смеру математике и као IT наставник у средњој школи “Хотел Манаџемент”. Волонтирала је у организацији “Faith and light” за људе са специјалним потребама. Матерњи језик је арапски, говори течно енглески и српски језик и има основно знање француског и немачког језика.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Докторске студије уписала је школске 2011. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Телекомуникације, где је положила све испите и урадила све обавезе предвиђене планом и програмом докторских студија.

Списак положених испита:

1. Случајни процеси у телекомуникацијама (оцена: 10, 9 ЕСПБ).
2. Савремене технике контроле грешака у телекомуникацијама (оцена: 10, 9 ЕСПБ).
3. Просторно-временска обрада сигнала (оцена: 10, 9 ЕСПБ).
4. Принципи модерних телекомуникација (оцена: 9, 9 ЕСПБ).
5. Нумеричка анализа (оцена: 10, 9 ЕСПБ).
6. Савремене радио-технологије (оцена: 10, 9 ЕСПБ).
7. Увод у научни рад (оцена: 10, 6 ЕСПБ).
8. Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала (оцена: 10, 9 ЕСПБ).
9. Специјалне функције (оцена: 10, 9 ЕСПБ).
10. Когнитивне радио мреже (оцена: 10, 9 ЕСПБ).

У оквиру предмета на докторским студијама урадила је задатке који покривају различите области телекомуникација, а који подразумевају проучавање литературе, познавање теорије, израду програма којима су имплементирани разни алгоритми битни за функционисање телекомуникационих система.

Конкретно, активности по предметима су следеће:

- *Случајни процеси у телекомуникацијама*: проучавање литературе, провера теоријског знања, израда програма у софтверском пакету Матлаб за прорачун перформанси телекомуникационог система у коме су примењени просторно временски кодови.
- *Савремене технике контроле грешака у телекомуникацијама*: проучавање литературе, израда програма у софтверском пакету Матлаб за декодовање кодова са малом густином провера парности (*Low Density Parity Check, LDPC*).
- *Просторно-временска обрада сигнала*: предавања, консултације, израда програма у софтверском пакету Матлаб за анализу примене антенских низова у телекомуникационим системима коришћењем техника вештачке интелигенције (*Partical Swarm Optimization, PSO*).
- *Принципи модерних телекомуникација*: проучавање литературе, консултације, семинарски рад о дефиницији и концепту широкопојасног “*UWB - Ultra Wide Band*” система, предности UWB-а и његове примене; анализа когнитивних радио система, системи који примењују UWB концепт.
- *Нумеричка анализа*: проучавање литературе, провера теоријског знања и вежбе.
- *Савремене радио-технологије*: проучавање литературе, семинарски рад на тему моделовања канала у MIMO системима.
- *Увод у научни рад*: проучавање начина за припрему рада за објављивање у научном часопису и приказ истраживања на научним конференцијама. Припремање за писање докторске тезе, као и семинара о проблему који истражује, успешно комуницирање са редакторима и рецензентима научних часописа.
- *Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала*: похађање предавања о карактеристикама сложених просторно-временских сигнала и издвајању доминантних компонената сигнала, израда семинарских радова и презентација о PCA (*Principal Component Analysis*) и DFA (*Detrended Fluctuation Analysis*) анализама сигнала као и фракталној и мултифракталној анализи сигнала и њиховим применама.
- *Специјалне функције*: проучавање литературе, провера теоријског знања и семинарски рад везан за примену специјалних функција у телекомуникационим системима.
- *Когнитивне радио мреже*: предавања, консултације, проучавање литературе, семинарски рад везан за методе читавања спектра у когнитивном радију. Трансформација кратких таласа (*Wavelet*) и њихове апликације у читавању спектра применом детекције ивица (*Edge detection*).

Окосницу истраживачког рада у вези са докторском тезом чини студија вероватноће прекида рада у 'underlay' приступу когнитивних радио мрежа и извођење математичког израза за ергоични капацитет и вероватноћу прекида везе секундарног линка у когнитивним радио мрежама у присуству споропроменљивих флукуација нивоа примљеног сигнала. Радови из ове области, чији је први аутор, прихваћени су и презентовани на једној међународној и једној националној конференцији, један рад објављен је у часопису међународног значаја. Један рад публикован је у домаћем часопису.

1.2.1. Objavljeni radovi

Радови публиковани у часописима међународног значаја (M23):

- [1.1] J. Jarrouj, V. Blagojevic, P. Ivanis, "Outage Probability of SINR for Underlay Cognitive Radio Systems in Nakagami Fading," *Frequenz*, vol. 68, no. 11 – 12, pp. 563 – 572, Nov. 2014. (ISSN online: 2191- 6349, ISSN print: 0016- 1136, DOI: 10.1515/freq-2014-0029, October 2014).

Радови публиковани у часописима домаћег значаја (M52):

- [1.2] J. Jarrouj, V. Blagojević, P. Ivaniš, "Statistical Properties of SIR for Spectrum Sharing Systems in Nakagami Fading," *Telekomunikacije*, No. 12, pp. 102-110, Nov, 2013.

Радови саопштени на међународним научним скуповима (M33):

- [1.3] J. Jarrouj, V. Blagojević, P. Ivaniš, "Analysis of SIR for spectrum sharing system with OSTBC in Nakagami fading," in Proc. *Telecommunications Forum (TELFOR)*, pp. 287-290, Nov, 2013.

Радови саопштени на научним скуповима националног значаја (M63):

- [1.4] J. Jarrouj, V. Blagojević, P. Ivaniš, "Outage probability of SIR for spectrum sharing system in Nakagami fading," in Proc. *ETRAN* 2013, N0.3, pp. 1-5, 2013.

1.2.2. Извештај са јавне усмене одбране предложене теме докторске дисертације

Јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације одржана је 21.12.2015. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, пред комисијом у саставу:

- др Весна Благојевић, доцент, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет
- др Марија Малнар, доцент, Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет
- др Ненад Цакић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

Усмена одбрана је почела у 12:30 часова, а завршена је у 13:30 часова.

На усменој одбрани су били присутни сви чланови Комисије.

Одбрану је отворио председник Комисије доц. др Весна Благојевић упознавши присутне са хронологијом пријаве теме, одлуком Наставно-научног већа, основним подацима о кандидату и основним подацима о пријављеној теми докторске дисертације.

Кандидат је у трајању од 30 минута изложио у најсажетијем облику област и предмет истраживања, актуелност истраживања, постојећа решења са критичким освртом, као и предлог метода за процену перформанси когнитивних радио система са контролисаним нивоом интерференције у разним пропагационим условима. Биће приказани резултати како за случају кооперативног, тако и некооперативног сценарија.

Доц. Весна Благојевић поставила је кандидату питања из области когнитивних радио система. Доц. Марија Малнар поставила је питања из области радио комуникација. Проф. Ненад Цакић је поставио питања из области специјалних функција. Кандидат је успешно одговорио на сва питања која су му чланови Комисије поставили.

По завршеној одбрани, Комисија се повукла на већање и једногласно донела следећи закључак:

Комисија је закључила да је кандидат Јана Јагоцј на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добила оцену „задовољно“. Комисија предлаже да ментор докторске дисертације буде др Предраг Иваниш, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства кандидата Јана Јагоцј, Комисија је стекла увид у способност кандидата за научно-истраживачки рад, као и његове могућности, да током израде предложене докторске дисертације, оствари резултате који могу бити верификовани од стране како домаће тако и међународне научне заједнице.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања предложене теме докторске дисертације је анализа перформанси когнитивног система са адаптивном контролом снаге у условима изражене интерференције која потиче од лиценцираних радио система. У тези ће бити разматрани когнитивни радио системи код којих когнитивни (секундарни) корисници емитују сигнал истовремено са лиценцираним (примарним) корисницима, у истом тренутку и у истом опсегу учестаности. Код овог начина рада, који је у теорији когнитивних система познат као '*underlay*' концепт, параметри система се оптимизују тако да интерференција коју когнитивни корисници праве на улазу лиценцираних пријемника буду испод унапред прописане границе. Овај захтев се обично постиже адаптивном контролом снаге когнитивних предајника, за чију имплементацију је потребно познавање стања у каналу на страни секундарног предајника. Иако се на овај начин постиже неометани рад лиценцираног система, при овој анализи често се занемарује утицај сметње која потиче од лиценцираног система, а која деградира перформансе когнитивног система.

У претходно објављеним истраживањима обично је подразумевано да је познавање стања у каналу идеално, што у пракси није могуће јер се тренутно појачање канала мења услед присуства фединга у каналу. Чак и ако је естимација идеално обављена, она ће секундарном предајнику (који на основу ње адаптира снагу) бити достављена са извесним закашњењем. Утицај кашњења при достављању информације о стању канала на перформансе система већ је анализиран у литератури, али је и у тим случајевима уведена идеалистичка претпоставка да је процена тренутног појачања идеална као и да се пренос процењене информације о стању канала до предајника обавља са савршеном тачношћу. Поред тога, обично се подразумева да постоји кооперација између лиценцираног и когнитивног корисника што у реалности веома често није случај.

Циљ истраживања је реалнија процена перформанси когнитивног радио система у коме информација о стању канала није савршено прецизно доступна секундарном предајнику. Притом ће бити претпостављено да у каналу делује Накагамијев фединг и бели Гаусов шум, а посебно ће бити размотрен утицај сметњи које лиценцирани и когнитивни корисник генеришу међусобно. Биће претпостављено да је предајна снага примарних предајника константна, док се предајна снага секундарних корисника адаптира у складу са доступном информацијом о стању у каналу. Притом ће бити размотрена два сценарија. У једном ће бити подразумевано да постоји кооперација између лиценцираних и когнитивних корисника, па се сматра да је секундарном предајнику доступна закаснела информација о стању у каналу. У другом сценарију биће подразумевано да ове кооперације нема, па се адаптација снаге обавља само на основу статистичких параметара канала, а не на основу процењене тренутне вредности појачања канала.

Предложена тема докторске дисертације припада актуелној и значајној области бежичних телекомуникација, о чему говори већи број радова из ове области публикованих у најзначајнијим часописима у протеклих неколико година, наведених у наставку.

- [2.1] J. Mitola III, J. G. Q. Maguire, "Cognitive radio: making software radios more personal," *IEEE Personal Communications*, vol. 6, no. 4, pp. 13-18, August 1999.
- [2.2] A. Ghasemi, and E.S. Sousa, "Fundamental Limits of Spectrum-Sharing in Fading Environments," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 6, no. 2, February 2007, pp. 649-658.
- [2.3] L. Musavian, and S. Aissa, "Capacity and Power Allocation for Spectrum Sharing Communications in Fading Channels," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 8, no. 1, January 2009, pp. 148-156.
- [2.4] D. Li, "Performance Analysis of MRC Diversity for Cognitive Radio Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 61, no. 2, February 2012, pp. 849-853.
- [2.5] V. Blagojević, and P. Ivaniš, "Ergodic Capacity of Spectrum Sharing Cognitive Radio with MRC Diversity and Nakagami Fading," in *Proc. IEEE WCNC 2012*, Paris, France, Apr. 2012, pp. 2797-2801.
- [2.6] V. Blagojevic, and P. Ivanis, "Ergodic Capacity of Spectrum Sharing Systems with OSTBC in Nakagami Fading," *IEEE Communications Letters*, vol. 16, no. 9, September 2012, pp. 1500-1503.
- [2.7] H. Kim, H. Wang, S. Lim, D. Hong. "On the impact of outdated channel information on the capacity of secondary user in spectrum sharing environments," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 11, no 1, pp. 284-295, January 2012
- [2.8] H.A. Suraweera, P.J. Smith and M. Shafi, "Capacity Limits and Performance Analysis of Cognitive Radio with Imperfect Channel Knowledge," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 59, no. 4, May 2010, pp. 1811-1822.
- [2.9] M.R. Mili, and K.A. Hamdi, "Minimum BER Analysis in Interference Channels," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 12, no. 7, July 2013, pp. 3191-3201.
- [2.10] K. Tourki, K.A. Qaraqe, and M-S Alouini, "Mean Value-Based Power Allocation and Ratio Selection for MIMO Cognitive Radio Systems," in *Proc IEEE ICC 2013 - Cognitive Radio and Networks Symposium*, Budapest, June 2013.

Joseph Mitola је 1999. године предложио концепт у коме когнитивни и лиценцирани корисници могу да коегзистирају, под условом да су когнитивни корисници свесни окружења и имају способност реконфигурабилности [2.1]. Адаптивна контрола снаге као техника којом се ово може постићи предложена је у реду [2.2], где су први пут анализирани и перформансе оваквог 'underlay' система.

Анализа перформанси 'underlay' система у случају када је максимална снага предајника ограничена дата је у раду [2.3], док је могућност побољшања перформанси когнитивног система размотрена у радовима [2.4] и [2.5], респективно за случајеве када у каналу делује Рејлијев и Накагамијев фединг. Додатно побољшање перформанси применом вишеантенских система и на предаји и у пријемнику анализирано је у раду [2.6].

Утицај кашњења при достављању информације о стању у каналу секундарном предајнику на капацитет когнитивног линка размотрен је у раду [2.7]. Генералнија анализа утицаја несавршене информације о стању у каналу на перформансе система дата је у раду [2.8], али је она ограничена на канале са Рејлијевим федингом. Утицај интерференције коегзистирајућег система на вероватноћу грешке у когнитивном линку дат је у раду [2.9]. Адаптација снаге на основу средње вредности појачања и њен утицај на перформансе вишеантенског система размотрена је у раду [2.10]. Анализа дата у том раду представља редак покушај процене перформанси когнитивног радио система у случају када не постоји коегзистенција између примарних и секундарних корисника.

3. Полазне хипотезе

У овом истраживању полази се од следећих претпоставки (хипотеза):

- 1) Лиценцирани и когнитивни корисници могу да коегзистирају истовремено и у истом опсегу учестаности, тако да рад лиценцираних корисника не буде ометан у значајној мери. Ово се може постићи адаптивном контролом снаге секундарних предајника, али је цена која се притом плаћа ограничена брзина комуницирања на секундарном линку. Ова брзина се може повећати ако се примене вишеантенске технике, а на овај начин се могу побољшати и перформансе система.
- 2) Да би когнитивни систем са адаптивном контролом снаге успешно функционисао, неопходно је да се секундарном предајнику достави прецизна информација о тренутном стању канала. Посебно је значајна информација о тренутном појачању у каналу у опсегу учестаности од значаја. У реалним условима, услед флуктуација појачања, предајнику је могуће доставити само закаснелу процену тренутног појачања. У случају када између лиценцираних и когнитивних корисника не постоји сарадња (некооперативни режим рада), снагу секундарног предајника могуће је подешавати само на основу статистичких параметара канала. При процени перформанси система од интереса су и кооперативни и некооперативни режим рада.
- 3) Иако је при дизајну когнитивних система приоритет обезбедити неометан рад лиценцираних корисника, од интереса је испитати и утицај сметње који лиценцирани корисник прави когнитивном. Ова сметња деградира перформансе когнитивног линка, а ниво погоршања перформанси зависи од пропагационих услова и дизајна параметара система.
- 4) Од великог значаја је да се одреде прецизни изрази на основу којих се може брзо израчунати капацитет и вероватноћа грешке на когнитивном линку. Уколико су ови изрази представљени у затвореној форми, на основу њих се могу оптимизовати параметри система тако да се остваре најбоље перформансе у датим условима.

4. Научне методе истраживања

У овом истраживању издвојени су следећи општи методи анализе перформанси когнитивних радио система:

- 1) Општа теорија анализе бежичних телекомуникационих система, базирана на алатима статистичке теорије телекомуникација.
- 2) Примена теорије специјалних функција у циљу извођења изрази у затвореној форми, који омогућавају израчунавање изрази за капацитет, вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке.
- 3) Коришћење математичких алата који омогућавају одређивање прецизних асимптотских изрази и једноставних апроксимативних изрази, којима се могу описати перформансе система у важним специјалним случајевима.
- 4) Аналитички метод процене перформанси уз коришћење алата нумеричке анализе, која омогућава израчунавање компактних изрази датих у интегралној форми.
- 5) Монте Карло симулациона анализа когнитивних радио система.

У вези са остваривањем предвиђеног истраживања, очекује се процена перформанси когнитивних система са контролисаним нивоом интерференције, за различите услове пропагације и различит степен познавања информације.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани допринос докторске дисертације је процена перформанси когнитивних радио система са адаптивном контролом снаге у случају када лиценцирани и когнитивни корисник праве сметњу један другом и када прецизна информација о стању у каналу није доступна.

- Основни допринос представљаће процена перформанси когнитивног радио система са контролисаним нивоом интерференције у разним пропагационим условима и то у случају како кооперативног, тако и некооперативног сценарија.
- У раду ће бити изведени нови изрази за ергоични капацитет, вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке. Изведени изрази ће бити генерални, биће дати у затвореној форми и важиће за разне пропагационе услове и разне нивое познавања стања у каналу. Такође ће бити изведени једноставни асимптотски и апроксимативни изрази, који ће важити у специјалним случајевима. Сви изведени изрази биће потврђени Монте Карло симулацијом.
- На основу изведених израза биће укратко размотрено како се може извршити оптимизација параметара система са контролисаним нивоом интерференције. На доступној хардверској платформи за софтверски дефинисани радио биће процењене перформансе система у неким једноставним случајевима, за случај када се и на линку лиценцираног корисника и на линку когнитивног корисника емитује сигнал добијен ортогоналним фреквенцијским мултиплексирањем.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања ове докторске дисертације може се поделити у неколико корака:

- 1) Проучавање основних библиографских извора о когнитивним радио системима, посебно онима заснованим на контролисаном нивоу интерференције. Преглед математичких модела случајних процеса који се могу јавити у каналу - временске и спектралне карактеристике фединга, ко-каналне интерференције и шума.
- 2) Разматрање поступака којима се обезбеђује делимично познавање стања у каналу и анализа могућности примене ове информације при адаптивној контроли снаге предајника.
- 3) Математичка анализа перформанси когнитивног линка у наведеним условима, за различите пропагационе сценарије и различита ограничења при раду предајника, у случају када постоји или не постоји могућност кооперације између лиценцираних и когнитивних корисника.
- 4) Упоредна анализа са решењима која су описана у отвореној доступној литератури.
- 5) Препознавање и установљење могућих даљих праваца истраживања.

Структура предложене тезе пратиће наведени план истраживања. Поред уводног прегледа когнитивних радио система са контролисаним нивоом интерференције, централни део рада садржаће преглед перформанси система у различитим условима. У раду ће бити изведени изрази за ергоични капацитет, вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке и сви изведени изрази е бити верификовани независним симулационим поступком. У завршном делу рада биће размотрена могућност верификације дела резултата уз помоћ хардверске платформе погодне за практичну имплементацију когнитивног радио система.

7. Закључак и предлог

На основу претходно изложеног, Комисија сматра да кандидат **Jiana Jarrouj**, дипломирани инжењер електротехнике, испуњава све законске, формалне и суштинске услове као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом оцене подобности кандидата и теме на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Тема дисертације је актуелна, делови истраживања су већ верификовани у међународној јавности, и по оцени Комисије даје могућности кандидату да оствари научни допринос.

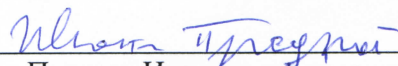
Комисија констатује да тема припада научној области **Телекомуникација** за коју је **Електротехнички факултет Универзитета у Београду** матичан, и при томе за ментора докторске дисертације предлаже **ванредног професора др Предрага Иваниша** запосленог на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Комисија има задовољство и част да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације кандидату Jiana Jarrouj под насловом „Анализа перформанси когнитивних телекомуникационих система са контролисаним нивоом интерференције и несавршеном проценом стања у каналу”.

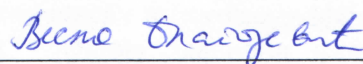
Како је кандидат страни држављанин, дисертација ће бити написана и брањена на енглеском језику, под насловом „**Performance analysis of cognitive telecommunication systems with controlled interference level and imperfect channel knowledge**”.

У Београду, 22.12.2015. године

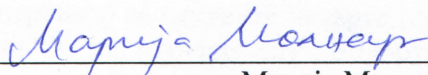
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Предраг Иваниш, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Весна Благојевић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Марија Малнар, доцент
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет



др Ненад Цакић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет