

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
БЕОГРАД

ПРИМЉЕНО: 08 MAY 2014			
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
	836		

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Дејана С. Вујића.

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду бр. 929/3 донетој на 771. седници одржаној 25.02.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Дејана С. Вујића под насловом

Модел радио-мреже за приступ у случају великих скупова

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала, као и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат је тему под насловом „Модел радио-мреже за приступ у случају великих скупова“ пријавио 30.10.2013. године, када је Комисија за трећи степен разматрала предлог теме. Научно-наставно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду је на 768. седници одржаној 05.11.2013. године именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Мирослав Л. Дукић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Предраг Н. Иваниш, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Горан З. Марковић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет), др Александар М. Нешковић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Милан Љ. Јанковић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет) и др Дејан Д. Драјић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

Извештај комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације је усвојен на 769. седници Наставно-научног већа ЕТФ одржаној 04.12.2013. године. Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предложену тему докторске дисертације на седници одржаној 16.12.2013. године.

Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену 10.02.2014. године, а Наставно-научно веће ЕТФ је на 771. седници одржаној 25.02.2014. године именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Мирослав Л. Дукић, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Предраг Н. Иваниш, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Горан З. Марковић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет), др Александар М. Нешковић, ванредни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Милан Љ. Јанковић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет) и др Дејан Д. Драјић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

Кандидат је маја 2006. године одбранио магистарску тезу на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација припада научној области Техничких наука - електротехнике, а у ужем смислу научној области Телекомуникације. За ове области матичан је Електротехнички факултет. Именовани ментор дисертације је др Мирослав Л. Дукић, редовни професор на Електротехничком факултету Универзитета у Београду због значајних научних доприноса у области теме докторске дисертације, како у широј у области бежичних телекомуникационих система, тако и у специфичној области система мобилних комуникација, пропагације радио-сигнала и система проширеног спектра са кодним мултиплексом, којом се бави предметна дисертација.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Дејан С. Вујић рођен је у Београду, Република Србија, 17.09.1975. године. Основне студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је у школској 1994/1995 години, а завршио их у новембру 2000. године на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику (ЕТА), на смеру Телекомуникације, са просечном оценом 8.05 током студија. Дипломски рад одбранио је новембра 2000. године, и тиме стекао звање дипломираног инжењера електротехнике. Последипломске студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је школске 2000/2001 године, на смеру Телекомуникације, успешно их завршивши 2006. године, са просечном оценом 10.00 током студија. Магистарски рад, под руководством ментора проф. др Мирослава Л. Дукића одбранио је маја 2006. године, и тиме стекао звање магистра електротехничких наука за област телекомуникација.

У целокупном периоду након завршетка основних студија па до данас запослен је на Електротехничком факултету у Београду. Од новембра 2000. године започео је сарадњу са Катедром за телекомуникације Електротехничког факултета у Београду, при чему је најпре запослен у звању стручног сарадника. Јуна 2001. године изабран је за асистента-приправника при Катедри за телекомуникације Електротехничког факултета у Београду, а новембра 2006. године унапређен је у звање асистента при Катедри за телекомуникације. Током свог ангажовања на Електротехничком факултету у Београду, учествовао је у извођењу наставе и раду у лабораторији у оквиру више предмета из области телекомуникација, на основним и мастер студијама.

Кандидат је као истраживач учествовао у реализацији 4 пројеката технолошког развоја финансираних од стране Министарства Републике Србије надлежног за област науке и технолошког развоја у периоду 2002 - 2014 године. Осим тога, кандидат је учествовао у реализацији већег броја научно-стручних студија и пројеката из шире или уже области тема докторске дисертације. Мр Дејан Вујић учествовао је као пројектант сарадник или одговорни пројектант у реализацији већег броја (више од 100) стручних и научних пројеката, студија, консултантских и других стручних послова изведених од стране Електротехничког факултета у Београду и других домаћих и иностраних компанија, како у земљи тако и у иностранству (Црна Гора, Велика Британија, Пољска, Катар, Мексико) чије теме се могу сврстати у ужу и ширу област теме доктората.

У току свог досадашњег научно-истраживачког рада Дејан С. Вујић је био аутор/коаутор 2 рада у часопису са SCI листе, 4 рада на конференцијама од међународног значаја, 4 рада у часописима од националног значаја, 1 рад по позиву на конференцији од националног значаја и 8 радова на конференцијама од националног значаја. Аутор је 1 прегледа књиге објављене у магазину са SCI листе, као и предавања по позиву на међународном скупу које није штампано у целини. Коаутор је 6 помоћних уџбеника и других публикација од којих су 4 са ISBN а 2 без, као и већег броја практикума за потребе извођења наставе у Лабораторији за телекомуникације Електротехничког факултета у Београду.

У децембру 2004. године положио је стручни испит за дипломиране инжењере електротехнике, за стручну област Телекомуникационих система и мрежа, а маја 2005. године стекао је Лиценцу одговорног пројектанта за област телекомуникационих система и мрежа при Инжењерској комори Србије (лиценца 353). Од августа 2012. године поседује лиценцу овлашћеног извођача радова за област телекомуникационих система и мрежа (лиценца 453). Члан је међународног удружења за инжењерство и технологију (IET, некадашњи IEE), као и Друштва за телекомуникације. Ангажован је као рецензент у оквиру конференције од међународног значаја TELFOR.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на 152 стране куцаног текста и садржи 29 слика, 16 табела и 54 библиографске референце. Дисертација садржи насловну страну, кратак резиме на српском и енглеском језику, садржај, листе слика и табела, 8 поглавља, списак скраћеница, списак коришћене литературе, биографију аутора и одговарајуће прилоге о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије и начину коришћења рада, у складу са правилима Универзитета у Београду. Наслови поглавља докторске дисертације су:

1. Увод,
2. Анализа капацитета радио-приступне мреже,
3. Симулациони модел и резултати симулације капацитета мреже,
4. Функција трошка,
5. Пример анализе капацитета,
6. Понашање корисника и кретање групе,
7. Категоризација скупа,
8. Закључак.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Дисертација се бави категоризацијом великих скупова, утврђивањем трошковног модела за процену капацитета радио-приступне мреже на великим скуповима и ризика од потенцијалног преоптерећења мреже. Дисертација садржи две велике целине. Прву целину чини анализа капацитета радио-интерфејса и ресурса за обраду сервиса у основном опсегу учестаности. Другу целину чини анализа ризика преоптерећења радио-приступне мреже услед понашања корисника.

Прво поглавље представља уводно поглавље у ком се дефинише проблем капацитета приступне радио-мреже на великим скуповима и приказују резултати истраживања у постојећој литератури. Потом се дефинише предмет истраживања приказаног у дисертацији. Друго поглавље се бави анализом капацитета радио-интерфејса у UMTS радио-приступној мрежи. Анализирају се буџет радио-линка, блокада и капацитет радио-интерфејса, и вероватноћа блокаде елемената за обраду сигнала у основном опсегу учестаности. Анализира се међусобна повезаност и утицај ове две врсте блокаде. У трећем поглављу приказани су симулациони модел радио-приступне мреже и резултати симулације капацитета. На основу спроведене анализе и приказаних резултата дефинише се могућа уштеда у потребним ресурсима мреже, уз услов да се задржи идентичан или мало лошији квалитет сервиса за крајње кориснике. Предлог функције трошка, пратећа објашњења и мотиви за њено креирање изложени су у четвртном поглављу. Сврха предложене функције је утврђивање капацитета мреже који је критичан са становишта додавања нове опреме и значајног

повећања трошкова изградње мреже. Предложена функција утврђује границе постојећег капацитета уз изабрану структуру опреме (пре свега контролера радио-мреже) у циљу минимизације инвестиције уз исту или сличну доступност сервиса за крајње кориснике. Пето поглавље приказује два примера анализе капацитета радио-приступне мреже на великим скуповима и то за кошаркашку салу и простор намењен окупљању посетилаца Олимпијског парка, на Олимпијским играма у Лондону 2012. године.

Шестим поглављем започиње приказ резултата анализе ризика преоптерећења радио-приступне мреже на великом скупу. У овом поглављу дат је преглед литературе и модела за анализу понашања групе и појединца (пешака). Поред приказа модела дефинишу се начини категоризације група и приказују конкретне вредности појединих параметара групе и њихово понашање на различитим скуповима. У седмом поглављу приказан је предложени модел понашања посетилаца Олимпијског парка који су уједно и корисници UMTS мреже у Олимпијском парку. Дат је предлог поделе скупова у зависности од динамике скупа и потребно образложење за примењену поделу. Дефинишу се параметри тежинске функције којом се описује постојећи ризик преоптерећења мреже и приказују примери анализе и то поново за случај кошаркашке сале и простора намењеног окупљању посетилаца у Олимпијском парку. На крају, врши се поређење предложеног модела са изабраним моделом из литературе.

Последње, осмо поглавље представља закључак. У оквиру закључка приказани су сажето резултати примењених анализа, истакнуте могућности примене предложених метода анализе и резултата, као и правци могућих даљих истраживања стања радио-приступне мреже на великим скуповима.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација се бави стално актуелним проблемом анализе капацитета мобилне радио-приступне мреже са специфичним освртом на планирање у случају великих скупова. Примери таквих скупова и мрежа су спортски догађаји попут олимпијада, светских шампионата, спортских дешавања попут фудбалских, кошаркашких и других утакмица, као и музички концерти и музички фестивали. Имајући у виду да мобилни оператори имају више десетина па и стотина оваквих скупова у својим мрежама, да се примењују различите технологије за пружање сервиса посетиоцима ових скупова, предлог истраживања се може сматрати савременим и актуелним.

Постојећа литература садржи врло мало података и анализа дешавања на оваквим скуповима, иако су они врло чести. У оквиру дисертације изложен је оригинални приступ процене квалитета радио-приступне мреже на великим скуповима, уз релативну оцену трошка изградње такве мреже и компромиса између трошка изградње и квалитета сервиса који се обезбеђује корисницима. Оваква функција до сада није представљена у научној литератури, као ни анализа капацитета која се специфично односи на пример великог скупа какве су Олимпијске игре. Такође, предложена категоризација великих скупова према њиховој динамици није раније предложена у литератури.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидат је истражио постојећу релевантну литературу и коректно навео радове који су у вези са темом дисертације. Наведено је укупно 54 библиографских референци. Наведена литература садржи најновије радове релевантне за проблематику истражену у дисертацији, при чему је кандидат Дејан С. Вујић аутор или коаутор 4 рада.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације састојала се у следећем:

- Анализирана је постојећа литература у области планирања радио-приступних мрежа у микро окружењу и унутар објеката. При томе, посебно је анализирана постојећа литература са становишта предмета истраживања дисертације и дефинисани су проблеми који нису до сада анализирани у литератури. Такође, анализирани су и проблеми и изабрани математички модели кретања пешака и групе са посебним освртом на велике скупове;
- На основу дефинисаног предмета истраживања, претпостављени су почетни услови и спроведена је анализа капацитета радио-приступне мреже на великом скупу у циљу утврђивања потребног броја сектора и капацитета контролера радио-мреже. Као основа за димензионисање коришћени су подаци о реалној опреми произвођача. Примењена је Monte Carlo симулација са моделованим пропагационим условима и одговарајућом архитектуром радио-приступне мреже у циљу утврђивања капацитета радио-интерфејса и капацитета ресурса за обраду сигнала у основном опсегу учестаности. Развијен је посебан саобраћајни профил корисника који присуствују великим скуповима;
- Дефинисана је функција трошка која узима у обзир потребан број сектора, као и укупан капацитет радио-приступне мреже коју опслужује контролер радио-мреже. Monte Carlo симулацијом капацитета радио-приступне мреже утврђено је понашање функције трошка. На примеру Олимпијских игара у Лондону демонстрирана је употреба дефинисане функције и истакнуте могућности њене примене;
- Извршена је категоризација великих скупова на основу динамике догађаја који посетиоци прате. Развијен је алгоритам за утврђивање ризика преоптерећења радио-приступне мреже на великом скупу на основу модела понашања корисника, брзине кретања посетилаца (корисника) и релативног положаја објекта у ком се скуп одржава. Предложени алгоритам је примењен на једном објекту и отвореном простору у оквиру Олимпијског парка у Лондону, у циљу демонстрације предложеног алгоритма и начина категоризације скупова.

Примењена методологија у потпуности одговара стандардима научно-истраживачког рада и у сагласности је са циљевима дефинисаним на почетку израде дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати који су изложени у овој докторској дисертацији односе се на процену капацитета у радио-приступној мрежи као и на потенцијални ризик преоптерећења мреже у случају великих скупова. Ово је стално присутна тема повезана са планирањем мрежа мобилних комуникација и може се сматрати актуелном и широко применљивом. Предложена анализа ризика преоптерећења приступне радио-мреже на великим скуповима може се применити при анализи више врста великих скупова (спортских догађаја, музичких концерата и слично) и представља јединствени ауторски приступ у решавању ове проблематике. У оквиру докторске дисертације изложена је детаљна анализа врста скупова и понашања посетилаца скупова. Предложена категоризација скупова представља, такође, оригинално решење које се може применити на разне врсте великих скупова. Треба истаћи чињеницу да тема ове докторске дисертације, анализа капацитета приступне радио-мреже у оквиру мрежа мобилних телекомуникација у случају великих скупова, практично није обрађивана у литератури.

Проблем анализе приступне радио-мреже на великим скуповима први пут је свеобухватно анализиран у оквиру докторске дисертације, као и у објављеним радовима, који су проистекли из истраживања кандидата при изради дисертације, и представљају значајан допринос у смислу сагледавања реалних могућности примене приступних радио-мрежа на великим скуповима.

Приказани резултати потврђени су у случају Олимпијских игара у Лондону 2012. године, као и у случају планирања приступних радио-мрежа у мрежи мобилне телефоније на познатим фудбалским стадионима у Великој Британији, где су предложени алгоритми и методе анализе били примењени.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је приликом израде дисертације показао систематичност у раду, способност за препознавање отворених питања у научној литератури, као и зрелост при анализи и решавању проблема. При томе, треба истаћи да је тема докторске дисертације из области планирања приступних радио-мрежа у мрежама мобилне телефоније, стално актуелна због захтева да поменуте мреже буду ефикасне (оптимално коришћење ресурса за кориснички саобраћај), економичне и поуздане (у смислу доступности сервиса крајњим корисницима). Неки од добијених резултата представљају нова или прилагођена решења за проблеме анализе капацитета приступних радио-мрежа на великим скуповима. Дисертација обухвата и анализу проблема, посебно у смислу реалних услова примене, са примером Олимпијских игара у Лондону 2012. године, на које до сада није постојао осврт у доступној литератури. Доприноси дисертације у овој области су оригинални, савремени и потврђују способност кандидата за самосталан истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси, изложени у овој докторској дисертацији, огледају се у развоју новог приступа и решења проблема капацитета приступних радио-мрежа на великим скуповима. Конкретни научни доприноси остварени у дисертацији су следећи:

- Анализа капацитета приступне радио-мреже на великим скуповима. Ова анализа обухвата здружену анализу капацитета радио-интерфејса и ресурса за обраду сигнала у основном опсегу учестаности.
- Развој и дефинисање функције трошка којом се нумерички и објективно оцењује економичност и сложеност предложеног решења капацитета приступне радио-мреже на великом скупу. На основу предложене функције трошка могуће је проценити могућност компромиса између уштеде у потребним ресурсима и задржавања квалитета мреже који крајњи корисници очекују.
- Предложена је категоризација (карактеризација) великих скупова на основу динамике догађаја на скупу. Постојећа категоризација до сада није била примењивана када је у питању пружање телекомуникационих сервиса на великим скуповима.
- Предложен је оригиналан поступак за утврђивање ризика потенцијалног преоптерећења приступне радио-мреже на великим скуповима. Предложени алгоритам зависи од динамике скупа, релативног положаја скупа и времена одржавања скупа. Предложени алгоритам не зависи од конкретно коришћене технологије у приступној радио-мрежи, због чега има применљивост и у приступним радио-мрежама које примењују најновије технологије.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у циљеве истраживања, усвојене полазне претпоставке и остварене резултате констатујемо да је кандидат успешно одговорио на сва значајна питања из проблематике која је анализирана у дисертацији. Предложена решења у области планирања приступних радио-мрежа на великим скуповима, и то у облику предлога оригиналних метода категоризације великих скупова, анализе ризика преоптерећења приступних радио-мрежа на великим скуповима, и анализе капацитета мрежа на великим скуповима представљају значајан научни допринос у области дизајна приступних радио-мрежа у мрежама мобилних комуникација. Анализом резултата истраживања приказаних у дисертацији констатујемо да су приказани оригинални и савремени резултати.

4.3. Верификација научних доприноса

У току истраживачког рада у области теме докторске дисертације кандидат Дејан С. Вујић објавио је два рада у међународним часописима са SCI листе, један у широј области планирања приступних радио-мрежа, при чему је кандидат првопотписани аутор на једном од радова. Поред тога, из области теме докторске дисертације кандидат је у последње три године презентовао три рада на конференцијама од међународног значаја. У претходном периоду, кандидат је одбранио магистарску тезу са темом из шире области анализе радио-приступних мрежа.

Категорија M21:

1. Branka Jokanović, **Dejan S. Vujić**: “WiMAX Experience in Serbia and Montenegro”, IEEE Microwave Magazine, April 2009, Vol. 10, No. 2, pp. 28-32, DOI: 10.1109/MMM.2009.932217 (impact factor 0.896 за 2009, 1.444 за петогодишњи период). ISSN: 1527-3342

Категорија M23:

1. **Dejan S. Vujić**, Jelena D. Čertić: „UMTS RAN Capacity Analysis for Special Events“, Wireless Personal Communications, January 2014, DOI: 10.1007/s11277-014-1617-2 (impact factor 0.428 за 2012, 0.50 за петогодишњи период). ISSN: 0929-6212

Категорија M33:

1. **Dejan S. Vujić**: “In-Building Design Based on Building Information Model”, TELFOR 2013, Belgrade, Serbia, November 2013, pp.232-235, DOI: 10.1109/TELFOR.2013.6716215, ISBN: 978-1-4673-2984-2.
2. **Dejan S. Vujić**: “On Indoor to Outdoor Radio Access Network Planning in Mobile Systems”, TELSIKS 2013, Niš, Serbia, October 2013, Vol.2, pp.623-626, DOI: 10.1109/TELSKS.2013.6704455, ISBN: 978-1-4799-0899-8.
3. **Dejan S. Vujić**: “Big Events Capacity Analysis of the UMTS RAN”, TELSIKS 2011, Niš, Serbia, October 2011, Vol. 2, pp. 681-685, DOI: 10.1109/TELSKS.2011.6143203, ISBN: 978-1-4577-2018-5.

Категорија M72:

1. **Дејан С. Вујић**: ”Техно-економска анализа фиксне бежичне мреже засноване на стандарду IEEE 802.16d (WiMAX)”, Магистарска теза, ЕТФ, Београд, мај 2006 године, ментор проф. др Мирослав Л. Дукић.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата мр Дејана С. Вујића под насловом „Модел радио-мреже за приступ у случају великих скупова“ у целини је написана у складу са образложењем

наведеним у пријави теме и садржи све елементе који се захтевају важећим Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду

У дисертацији је анализиран капацитет приступне радио-мреже на великим скуповима са посебним освртом на потенцијалне уштеде приликом планирања мреже уз задржавање истог или мало лошијег квалитета мреже. У циљу утврђивања везе између уштеде и квалитета развијен је одговарајући симулациони модел и креирана функција трошка за потребе објективне, нумеричке оцено постигнуте уштеде. Такође, извршена је оригинална категоризација великих скупова према динамици догађаја који се одржавају и развијена је функција за анализу ризика потенцијалног преоптерећења приступне радио-мреже на великом скупу изазваног понашањем корисника, односно посетилаца скупа. Дефинисане функције трошка и ризика потврђене су у реалним условима, на Олимпијским играма у Лондону 2012. године и познатим спортским објектима у Великој Британији.

Резултате проистекле из истраживања спроведеном у оквиру докторске дисертације кандидат је објавио у међународном часопису са SCI листе и презентовао стручној јавности на конференцијама од међународног и националног значаја.

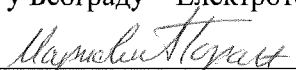
На основу увида у докторску дисертацију и објављене радове кандидата, Комисија констатује да дисертација „Модел радио-мреже за приступ у случају великих скупова“ кандидата мр Дејана С. Вујића садржи оригиналне научне доприносе.

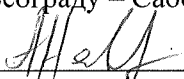
На основу претходног, Комисија констатује да је кандидат мр Дејан С. Вујић, дипломирани инжењер електротехнике, испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да се овај реферат прихвати, и у складу са законском процедуром упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање и давање одобрења кандидату да приступи усменој одбрани.

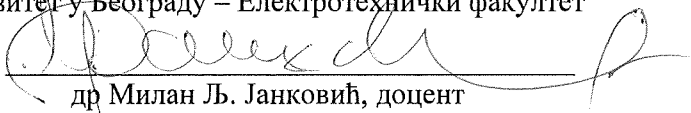
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

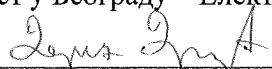

др Мирослав Л. Дукић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


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


др Горан З. Марковић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет


др Александар М. Нешковић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Милан Љ. Јанковић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Дејан Д. Драјић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет