

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ  
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 14 · Поштански фах 73  
18000 Ниш · Србија  
Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399  
E-mail: einfo@elfak.ni.ac.rs; http://www.elfak.ni.ac.rs  
Текући рачун: 840-1721666-89; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ  
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 14 · P.O. Box 73  
18000 Niš - Serbia  
Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399  
E-mail: einfo@elfak.ni.ac.rs  
http://www.elfak.ni.ac.rs

ДЕКАН

18.06.2021. године

О Б А В Е Ш Т Е Њ Е  
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата дипл. инж. Слободана Влајкова под насловом „Пројектовање вишенивоских констелација сигнала за комуникационе системе са ограниченом снагом“ и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу, и могу се погледати до **18.07.2021. године**.

Примедбе на наведени извештај достављају се декану Електронског факултета у Нишу у напред наведеном року.

Председник Наставно-научног већа  
ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

*Декан*  
*Проф. др Драган Манчић*



## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

### ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Влајков, Аца Слободан	
Датум и место рођења	05.02.1989. године, Пирот, Србија	ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ
<b>Основне студије</b>		
Универзитет	Универзитет у Нишу	Примљено 18.06.2021 Број
Факултет	Електронски факултет	
Студијски програм	Телекомуникације	07/03-015/21-004
Звање	Дипломирани инжењер електротехнике за телекомуникације	
Година уписа	2008.	
Година завршетка	2013.	
Просечна оцена	9,12	

### Магистер студије, магистарске студије

Универзитет	/
Факултет	/
Студијски програм	/
Звање	/
Година уписа	/
Година завршетка	/
Просечна оцена	/
Научна област	/
Наслов завршног рада	/

### Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет
Студијски програм	Електротехника и рачунарство
Година уписа	2013.
Остварен број ЕСПБ бодова	469.5.
Просечна оцена	10

### НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Пројектовање вишенивоских констелација сигнала за комуникационе системе са ограниченом снагом
Име и презиме ментора, звање	др Александра Јовановић, ванредни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	НСВ број 8/20-01-010/20-022, 22.12.2020. године у Нишу

### ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	116
Број поглавља	6
Број слика (шема, графикона)	55
Број табела	19
Број прилога	/

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА  
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p><b>Aleksandra Ž. Jovanović, Ivan B. Djordjevic, Zoran H. Perić, Slobodan A. Vlajkov</b>, „Circularly symmetric companding quantization-inspired hybrid constellation shaping for APSK modulation to increase power efficiency in Gaussian-noise-limited channel”, <i>IEEE Access</i>, 2020, vol. 9, pp. 4072 – 4083, doi:10.1109/ACCESS.2020.3047681.</p> <p>У овом раду је разматрано како побољшати ефикасност по снази дводимензионалне APSK (amplitude phase shift keying) констелације у каналу са адитивним белим Гаусовим шумом. Предложен је нов метод хибридног пробабилистички-геометријског обликовања APSK констелације заснован на инверзном моделу оптималне компандинг квантизације за кружно-симетричне изворе. Предложен метод обликовања даје констелације код којих је мања густина вишевероватних прстенова и код којих је на периферији констелације већа густина прстенова него што је у центру констелације, што је омогућило смањивање вероватноћа грешке по симболу SER (symbol error rate) и тиме бољу ефикасности по снази. Такође је извршена емпиријска оптимизација предложене APSK констелације у погледу вероватноће грешке по симболу за задат однос сигнал-шум SNR (signal-to-noise ratio). Зависност SER од SNR је теоријски прорачунага применом изведене апроксимативне формуле за некодовану APSK констелацију у каналу са адитивним белим Гаусовим шумом. Тачност добијених резултата потврђена је симулацијом. Предложена APSK констелација у ефикасности по снази надмашује традиционалне APSK констелације. Тако, за SER једнак <math>10^{-6}</math>, добитак у ефикасности по снази износи 2.35 dB, 2.23 dB и 1.64 dB у поређењу са стандардизованим 4+12-APSK, 4+12+16-APSK, 4+12+16+28-APSK констелацијама, респективно. То значи да је применом предложене APSK констелације могуће смањити снагу сигнала за трећину у односу на снагу када се примењује традиционална APSK констелација, чиме се остварује значајно мања потрошња енергије и боља ефикасност по снази.</p>	M21
2	<p><b>Slobodan A. Vlajkov, Aleksandra Ž. Jovanović, Zoran H. Perić</b>, „Approach in companding-quantization-inspired PAM constellation design”, <i>IET Communications</i>, 2018, vol. 12, no. 18, pp. 2305-2314, doi:10.1049/iet-com.2018.5439</p> <p>У овом раду предложен је један ефикасан метод за пројектовање PAM (pulse amplitude modulation) констелације са неједнаковероватним и нееквидистантним констелационим тачкама. Метод је инспирисан линеаризованом оптималном компандинг скаларном квантизацијом, на основу које је развијено геометријско и пробабилистичко обликовање констелације. Применом метода констелационе тачке PAM констелације се групишу у два униформна подскупа. Сваки од ових подскупова карактерише да су констелационе тачке једнаковероватне и екивидистантне у оквиру подскупа, док су број тачака у подскуповима, растојања између суседних тачака и вероватноће констелационих тачака различити у различитим подскуповима. Заправо, пројектовање PAM констелација је обављено тако што су дефинисане две класе део по део линеарних функција којима је успостављена веза између део по део униформне констелације и конвенционалне униформне PAM констелације (слично као у компандинг квантизацији између репрезентационих нивоа на улазу и излазу компресора). Једна класа функција је одређена директно на основу аналогије са линеаризованом оптималном компандинг скаларном квантизацијом (сличан приступ, са подједнаким бројем тачака по подскуповима, примењиван је у литератури), док је друга класа функција одређена на основу аналогије са моделом који је инверзан моделу линеаризоване оптималне компандинг скаларне квантизације, што представља нов приступ у пројектовању констелација. Применом ових функција, полазећи од униформне PAM констелације, једноставно се одређују, односно пројектују две врсте део по део униформних PAM констелација: PAM констелације код којих је густина вишевероватних тачака већа и PAM констелације код којих је густина вишевероватних тачака мања. У раду је испитивано и понашање предложених модела у односу на број тачака у подскуповима, након чега је за сваку од предложених класа функција одређена оптимална алокација тачака у погледу вероватноће грешке. Ове констелације, са само два подскупа и две различите вероватноће констелационих тачака, значајно надмашују у погледу вероватноће грешке и ефикасности по снази конвенционалну униформну PAM констелацију и друге познате део по део униформне PAM констелације. У раду су такође изведени изрази за средњу енергију по биту и вероватноћу грешке по симболу за некодоване предложене PAM констелације у каналу са белим Гаусовим шумом. Ове формуле омогућавају једноставну процену перформанси део по део униформних PAM констелација са два подскупа. Тачност формула верификована је кроз слагање теоријских и резултата добијених вршењем симулација.</p>	M22
3	<p><b>Slobodan A. Vlajkov, Aleksandra Ž. Jovanović, Zoran H. Perić</b>, „Comparative analysis of ML and MAP detectors for PAM constellation in AWGN channel”, <i>Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics</i>, 2020, vol.33, no.2, pp. 217-226, doi:10.2298/FUEE2002217V.</p> <p>Познато је да се, у случајевима када су вероватноће констелационих тачака различите, са “maximum a posteriori” (MAP) детектором постиже најмања вероватноћа грешке, али и да је овај детектор веома сложен. У овом раду је испитивано да ли је могуће под одређеним условима сличну вероватноћу грешке остварити и користећи једноставнији “maximum likelihood” (ML) детектор. У том циљу извршена је компаративна анализа вероватноће грешке по симболу горе поменутих детектора уколико је PAM констелација са екивидистантним и неједнаковероватним констелационим тачкама. Анализа је извршена за различите расподеле вероватноћа констелационих тачака и различите вредности односа сигнал-шум (SNR) у каналу. Показано је који од детектора може бити адекватно решење за одређену расподелу констелационих тачака и одређену вредност SNR-а. Поред тога, анализа је показала да неуниформна расподела вероватноћа констелационих тачака не смањује обавезно вероватноћу грешке.</p>	M24
4	<p><b>Zoran H. Perić, Aleksandra Ž. Jovanović, Slobodan A. Vlajkov</b>, „Comparative analysis of various PAM constellations”, in <i>Proc. of XIII International Conference on Systems, Automatic Control and Measurements (SAUM 2016)</i>, pp. 27-30, Niš, Serbia, November 9-11. 2016.</p>	M33

	<p>У овом раду је приказана компаративна анализа различитих PAM констелација. Посматране су конвенционална PAM констелација и PAM констелације пројектоване применом техника пројектовања које се користе у скаларној квантизацији. Такође су анализирани део по део униформне констелације добијене линеаризацијом функција коришћених у пројектовању. Модели су упоређивани у погледу вероватноће грешке и комплексности, након чега су изведени закључци о предностима и недостацима предложених констелација.</p>	
5	<p><b>Slobodan A. Vlajkov, Aleksandra Ž. Jovanović, Zoran H. Perić, „Improvement of energy efficiency of PAM constellation by applying optimal companding quantization in constellation design”, in Proc. of 55th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2020), pp. 155-158, Niš, Serbia, September 10-11. 2020, doi:10.1109/ICEST49890.2020.9232834.</b></p> <p>У овом раду је разматрано како побољшати ефикасност по снази конвенционалне PAM констелације са еквидистантним и једнаковероватним констелационим тачкама у каналу са адитивним белим Гаусовим шумом. Примењено је геометријско и пробабилистичко обликовање констелације успостављањем аналогије са део по део униформном скаларном квантизацијом добијеном линеаризацијом оптималне компресорске карактеристике за Гаусов извор. Одређена је оптимална вредност <math>x_{\max}</math> параметра у погледу вероватноће грешке, односно у погледу ефикасности по снази предложене део по део униформне PAM констелације. Показано је да оптимална <math>x_{\max}</math> вредност зависи од броја подскупова <math>L</math>, али не и од укупног броја тачака и односа сигнал-шум. Резултати такође показују да се са повећањем броја подскупова <math>L</math> вероватноћа грешке смањује, при чему се повећава комплексност констелације. Поред тога, добитак у ефикасности по снази добијен удвостручавањем вредности <math>L</math> опада како се <math>L</math> повећава. Ови закључци указују на то да треба бити пажљив при одабиру параметара који дефинишу предложену део по део униформну PAM констелацију.</p>	M33
6	<p><b>Slobodan A. Vlajkov, Aleksandra Ž. Jovanović, Zoran H. Perić, „The influence of compression parameter <math>\mu</math> on the energy efficiency of PAM constellation based on <math>\mu</math>-law companding quantization”, in Proc. of 55th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2020), pp. 159-162, Niš, Serbia, September 10-11, doi:10.1109/ICEST49890.2020.9232782.</b></p> <p>У овом раду акценат је на примени технике компандинг квантизације са квазилогаритамском карактеристиком компресије у пројектовању PAM констелације. Уочено је да постојање параметра <math>\mu</math> који одређује степен компресије омогућава софистицирано геометријско и пробабилистичко обликовање констелација. Један од задатака у раду био је утврдити које вредности <math>\mu</math> параметера доводе до жељене ефикасности по снази. Показано је да PAM констелације са вредностима за <math>\mu</math> већим од 5 не представљају добра решења. С друге стране, PAM констелације са вредностима параметра <math>\mu</math> мањим од 5 надмашује конвенционалну PAM констелацију (са еквидистантним и једнаковероватним тачкама) у погледу ефикасности по снази. У поређењу са конвенционалном 16-PAM констелацијом, добитак у ефикасности по снази иде до 4,2 dB за вероватноћу грешке по симболу једнаку <math>10^{-6}</math>. То значи да је могуће смањити снагу сигнала за више од половине задржавајући исту вероватноћу грешке. Ако је сложеност констелације ограничена на два подскупа, добитак у ефикасности по снази је такође значајан и износи 3 dB.</p>	M33
7	<p><b>Zoran H. Perić, Aleksandra Ž. Jovanović, Slobodan A. Vlajkov, Milan Ž. Tančić, „Analiza i projektovanje kvazilogaritamskog kvantizera za gama izvor”, u Zborniku X konferencije Digitalna obrada govora i slike (DOGS 2014), str. 99-102, Novi Sad, oktobar 2014.</b></p> <p>У овом раду је извршена асимптотска анализа и пројектовање квазилогаритамског компандинг квантизера за гама извор. Грануларна дисторзија је одређена аналитички, док је дисторзија прекорачења одређена нумерички коришћењем Симпсоновог правила. Испитан је утицај ширине и броја сегмената у Симпсоновом правилу на тачност израчунавања дисторзије прекорачења. У раду је, за различите вредности амплитуде максималног оптерећења квантизера утврђено и понашање односа сигнал-шум квантизације када се варијанса улазног сигнала мења у широком опсегу.</p>	M63

**НАПОМЕНА:** уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

### ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА

У Извештају о испуњености критеријума за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата дипл. инж. Слободана Влајкова, број 07/03-015/21-001 од 16.04.2021. године, Комисија за оцену испуњености критеријума на Електронском факултету у Нишу установила је да кандидат дипл. инж. Слободан Влајков **ИСПУЊАВА** све предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације. Наиме, дипл. инж. Слободан Влајков доставио је Факултету доказ да је првопотписани аутор рада у часопису са SCI листе, као и да је првопотписани аутор рада у часопису који издаје Универзитет у Нишу.

### ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Докторска дисертација кандидата дипл. инж. Слободана Влајкова изложена је на 116 страна и подељена је на 6 поглавља. Садржи 55 слика, 19 табела и 72 библиографске јединице.

Након уводног дела дисертације, у коме су описани мотивација, предмет и циљ истраживања, у другом поглављу дате су основе PAM констелације. Дефинисани су основни параметри и структура констелације.

Посебна пажња је посвећена и детекцији симбола на пријему, односно обрађени су ML и MAP детектор за више различитих PAM констелација са еквиливантним и неједнаковероватним констелационим тачкама.

У трећем поглављу дисертације су презентоване основе квантизације, с обзиром да методе обликовања констелације које су предложене у дисертацији заснивају се на аналогiji између репрезентационих нивоа и констелационих тачака. Садржину овог поглавља чини опис основних принципа квантизације, параметара квантизације, као и опис основних типова квантизера и компандинг технике. Такође су дефинисане компресорске карактеристике коришћене у обликовању констелација, као и линеаризација компресорских функција којом се сложеност констелације смањује.

У четвртном поглављу презентовано је научно истраживање везано за једнодимензионалне констелације. Ово поглавље је подељено на три секције у којима су обрађене PAM констелације пројектоване на основу аналогije са:

- линеаризованом квазилогаритамском компандинг квантизацијом
- линеаризованом оптималном компандинг квантизацијом за Гаусов извор
- моделом инверзним са линеаризованом оптималном компандинг квантизацијом за Гаусов извор

У прве две секције просторну расподелу констелационих тачака карактерише већа густина тачака у области већих вероватноћа. Вршена је оптимизација ових PAM констелација у погледу ефикасности по снази. Конкретно, будући да се линеаризацијом компресорских карактеристика добијају део по део униформне PAM констелације, анализирано је како број подскупова утиче на перформансе констелације када је број констелационих тачака у подскуповима исти. Такође је анализиран утицај амплитуде максималног оптерећења на вероватноћу грешке како би се одредила оптимална вредност овог параметра. У трећој секцији овог поглавља, предложен је нов приступ у пројектовању PAM констелације. Новина се огледа у успостављању аналогije са моделом који је инверзан оптималној компандинг квантизацији чиме је остварена мања густина констелационих тачака у области већих вероватноћа. Извршена је оптимизација ових констелација за случај када је број подскупова два и када се констелација користи за модулатију сигнала који се преноси кроз канал са белим Гаусовим шумом. Одређена је оптимална амплитуда максималног оптерећења и оптимална алокација тачака по подскуповима.

У петом поглављу описани су доприноси и истраживање везано за дводимензионалне констелације. Обрађена је APSK констелација и обликовање APSK констелације инспирисано дводимензионалном кружно-симетричном квантизацијом. У овом поглављу предложен је нов метод обликовања APSK констелације заснован на успостављању аналогije са моделом који је инверзан са кружно-симетричном квантизацијом, чиме су добијене констелације које карактерише већа густина констелационих прстенова на ободу констелације него што је око центра констелације где је вероватноћа емитовања констелационих тачака већа. Геометријско обликовање констелације је дефинисано радијалном компресорском карактеристиком оптималне компандинг квантизације за кружно-симетричне изворе, док је пробабилистичка функција обликовања одређена успостављањем аналогije са вероватноћама излазних нивоа у моделу инверзном компандинг квантизацији. У циљу даљег поправљања перформанси по питању ефикасности по снази, вршена је оптимизација броја констелационих прстенова и одређивање радијуса који дефинише круг унутар кога су констелационе тачке распоређене по прстеновима. Сва испитивања су вршена под претпоставком да је у каналу доминантан адитиван бео Гаусов шум.

Шесто поглавље је Закључак у коме су наведени главни доприноси дисертације. Сумиране су методе пројектовања развијене у дисертацији, као и побољшања у ефикасности по снази остварена предложеним методама пројектовања.

На крају дисертације су дати списак коришћене литературе који садржи 72 библиографске јединице и биографија аутора.

## ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације (до 200 речи)

Увидом у Извештај о научној заснованости теме докторске дисертације дипл. инж. Слободана Влајкова, Комисија закључује да су циљеви наведени приликом пријаве теме успешно реализовани. Остварени циљеви су излистани у наставку.

Постојање сличности у просторној представи констелација и квантизације је био мотив да се пројектовање нових вишенивоских PAM и APSK констелација не обави преко оптимизације метрике канала или минималног еуклидског растојања, већ применом техника из теорије квантизације у обликовању констелација. У једном делу докторске дисертације различити модели квантизације су директно преликани на моделе констелација успостављањем аналогije између констелационих тачака и излазних нивоа квантизера. Оваквим приступом су пројектоване констелације код којих је густина вишевероватних нивоа већа. Са становишта квантизације, ово је пожељна карактеристика јер смањује средње квадратну грешку. Међутим, са становишта модулатије и вероватноће грешке, пожељне особине у погледу густине констелационих тачака и њихових вероватноћа су супротне. Због тога је у дисертацији предложен и потпуно нов концепт пројектовања констелације којим се технике за пројектовање квантизације користе у обликовању констелација на сасвим другачији начин, чиме је остварена подела простора инверзна подели која карактерише квантизацију. Применом поменутих метода и приступа у дисертацији су пројектоване вишенивоске PAM и APSK констелације ефикасније по снази од

постојећих констелација у литератури, чиме је испуњен примарни циљ дисертације.

Смањена је имплементациона комплексност констелација линеаризацијом функција за уобличавање констелација, што је такође био један од циљева дисертације.

Представљена је идеја за развој QAM констелација код којих би се модулација носиоца у квадратури обављала коришћењем PAM констелација развијених у дисертацији.

Изведени су аналитички изрази за процену вероватноће грешке PAM и APSK констелација у каналима са адитивним белим Гаусовим шумом. Изведене формуле су корисне јер омогућавају једноставну процену перформанси констелација предложених у дисертацији.

Извршена је оптимизација параметара предложених PAM и APSK констелација чиме је остварена још боља ефикасност по снази констелација.

Реализоване су симулације за проверу ефикасности предложених констелација. Резултати симулација су потврдили тачност теоријских резултата добијених аналитички.

#### Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације (до 200 речи)

Према оцени Комисије, најзначајнији доприноси докторске дисертације дипл. инж. Слободана Влајкова су:

- Установљена је расподела вероватноћа констелационих тачака са којом се може постићи добитак у ефикасности по снази PAM констелације када се пробабилистички обликује.
- Развој ефикасних по снази неуниформних и део по део униформних PAM констелација на основу аналогије са линеаризованом квазилогаритамском компандинг квантизацијом. У односу на конвенционалну униформну констелацију, са предложеном неуниформном констелацијом се, за вероватноћу грешке по симболу  $10^{-6}$ , остварује добитак у ефикасности по снази и до 4.2 dB, уколико је број констелационих тачака 16, односно до 2.5 dB уколико је број тачака 32. Са једноставнијим решењем ове констелације, добијеним успостављањем аналогије са линеаризованом компандинг квантизацијом чија компресорска карактеристика има свега 2 линеарна сегмента, добитак у ефикасности по снази износи 3 dB за 16 констелационих тачака и 1.7 dB за 32 констелационе тачке.
- Развој ефикасних по снази неуниформних и део по део униформних PAM констелација на основу аналогије са линеаризованом оптималном компандинг квантизацијом Гаусовог извора. За овај тип констелација са два подскупа одређена је и оптимална алокација тачака по подкуповима чиме је додатно побољшана ефикасност по снази констелације.
- Развој новог концепта хибридног пробабилистички-геометријског обликовања констелације са којим се, супротно досадашњим концептима, постиже мања густина нивоа који су више вероватни што смањује вероватноћу грешке и поправља ефикасност по снази.
- Развој методе за хибридно обликовање део по део униформне PAM констелације са два подскупа на основу новог концепта. Уколико је циљана вероватноћа грешке по симболу  $10^{-6}$ , нов концепт пројектовања, у односу на концепт пројектовања директно на основу аналогије са квантизацијом, остварује добитак у ефикасности по снази од 1.3 до 2.5 dB, у зависности од броја констелационих тачака.
- Развој методе за хибридно обликовање APSK констелације на основу новог концепта, заснованог на инверзном моделу оптималне компандинг квантизације за кружно-симетричне изворе. Предложена APSK констелација у ефикасности по снази надмашује традиционалне APSK констелације. Тако, за вероватноћу грешке по симболу  $10^{-6}$ , добитак у ефикасности по снази износи 2.35 dB, 2.23 dB и 1.64 dB у поређењу са стандардизованим 4+12-APSK, 4+12+16-APSK, 4+12+16+28-APSK констелацијама, респективно. Коначно, компаративна анализа  $M$ -арне QAM и предложене APSK констелације показује да су предложене APSK констелације ефикасније по снази, при чему је добитак значајнији код констелација са мањим бројем тачака.
- Резултати остварени у дисертацији у развоју вишенивоских ефикасних по снази констелација су значајни и због тога што се могу даље надограђивати. Тако је једна од идеја, изнета у дисертацији, развити нове QAM констелације користећи за модулацију носиоца у квадратури PAM констелације предложене у дисертацији.
- С обзиром да су остварена значајна побољшања у ефикасности по снази вишенивоских PAM и APSK констелација, предложене констелације се могу користити у комуникационим системима са ограниченом снагом у којима доминира бео Гаусов шум.

Резултати приказани у докторској дисертацији су публиковани у релевантним научним часописима и зборницима конференција, чиме су остварени доприноси препознати и од стране шире научне заједнице.

#### Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

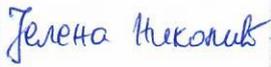
Кандидат дипл. инж. Слободан Влајков је током докторских студија и израде докторске дисертације показао висок степен иницијативе и самосталности. Ово потврђују публиковани радови у којима је кандидат првопотписани аутор. Радови су објављени у реномираном научном часопису категорије M22, часопису који издаје Универзитет у Нишу, као и у зборнику међународне конференције.

**ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)**

На основу прегледа докторске дисертације, Комисија закључује да докторска дисертација дипл. инж. Слободана Влајкова садржи оригиналне научне доприносе у пројектовању једнодимензионалних (РАМ) и дводимензионалних (АРСК) констелација сигнала за комуникационе системе са ограниченом снагом, као што су оптичке комуникације, сателитске комуникације, бежичне комуникације, комуникације са више предајних и пријемних антена. Како се савременим дигиталним комуникационим системима преноси огромна количина података, остварени резултати у развоју ефикасних по снази вишенивоских констелација сигнала за пренос података су значајни како са научног, тако и са инжењерског становишта.

Имајући у виду значај теме и научне резултате дисертације, чланови Комисије предлажу Наставно-научном већу Електронског факултета Универзитета у Нишу да усвоји Извештај о оцени докторске дисертације „Пројектовање вишенивоских констелација сигнала за комуникационе системе са ограниченом снагом” дипл. инж. Слободана Влајкова, као и да одобри јавну одбрану ове докторске дисертације.

**КОМИСИЈА**

Број одлуке НСВ о именовану Комисије		8/20-01-004/21-024
Датум именовања Комисије		07.06.2021. године
Р. бр.	Име и презиме, звање	Потпис
1.	др Зоран Перић, редовни професор Телекомуникације <small>(Ужа научна област)</small>	председник 
	Електронски факултет у Нишу, Универзитет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
2.	др Јелена Николић, ванредни професор Телекомуникације <small>(Ужа научна област)</small>	члан 
	Електронски факултет у Нишу, Универзитет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
3.	др Горан Т. Ђорђевић, редовни професор Телекомуникације <small>(Ужа научна област)</small>	члан 
	Електронски факултет у Нишу, Универзитет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
4.	др Никша Јаковљевић, ванредни професор Телекомуникације и обрада сигнала <small>(Ужа научна област)</small>	члан 
	Факултет техничких наука у Новом Саду, Универзитет у Новом Саду <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
5.	др Александра Јовановић, ванредни професор Телекомуникације <small>(Ужа научна област)</small>	ментор, члан 
	Електронски факултет у Нишу, Универзитет у Нишу <small>(Установа у којој је запослен)</small>	

Датум и место:

17.06.2021., Ниш.....