



**ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Булевар краља Александра 73
Поштански фах 895, 11001 Београд
Телефон (011) 3218-501
Телефакс (011) 3370-223

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА

У прилогу дописа достављамо Вам материјал за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији Милана Стојковића, дипл. грађ.инж. под насловом:

**„ ДУГОРОЧНЕ ПРОМЕНЕ У СТОХАСТИЧКОЈ СТРУКТУРИ ХИДРОЛОШКИХ
ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА“**

Прилог:

1 примерак обрасца 04

1 примерак реферата о оцени и одбрани

1 примерак одлуке о прихватању реферата о оцени и одбрани

1 примерак докторске дисертације

CD

копија Извода из матичне књиге венчаних

Сви прилози прослеђени на e-mail

ШЕФ СЛУЖБЕ ЗА СТУДЕНТСКА ПИТАЊА

Тамара Вукша, дипл.педагог

1/14
септембар 2015.

Образац 4
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Студентски трг бр.1
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
Молимо да, сходно члану 47.ст.5 тач.4.Статута Универзитета у Београду („Гласник
Универзитета”, број 162/11-пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на
реферат о урађеној докторској дисертацији:

Кандидат **МИЛАН /Станиша/ СТОЈКОВИЋ**, дипл. грађ.инж.

Студент докторских студија на студијском програму **грађевинарство**

Пријавио је докторску дисертацију под насловом:

**„ ДУГОРОЧНЕ ПРОМЕНЕ У СТОХАСТИЧКОЈ СТРУКТУРИ ХИДРОЛОШКИХ
ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА“**

Универзитет је дана **01.07.2014. године** својим актом под **бр.61206-2662/2-14** дао
сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**„ ДУГОРОЧНЕ ПРОМЕНЕ У СТОХАСТИЧКОЈ СТРУКТУРИ ХИДРОЛОШКИХ
ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА“**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата образована је на седници
одржаној **09.07. 2015.године** одлуком Факултета **бр. 109/8-14 у саставу:**

1. Ван. проф. др Јасна Плавшић, дипл. грађ.инж./научна област
Хидрологија/Грађевински факултет Београд
2. Ван.проф. др Јован Деспотовић, дипл. грађ. инж./научна област
Хидрологија/Грађевински факултет Београд
3. Доц.др Драгутин Павловић, дипл. грађ. инж./научна област
Хидрологија/Грађевински факултет Београд
4. Ван.проф.др Весна Јевремовић, дипл.мат./Математички факултет Универзитета у
Београду/

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану
докторске дисертације на седници одржаној дана **24.09.2015. године**.

В. Д. ДЕКАНА ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Бранко Божић, дипл. геод.инж.

Одлуком Наставно-научног већа бр. 109/8-14 од 10.7.2015. именовани смо за чланове комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милана Стојковића, дипл. инж. грађ., под насловом

ДУГОРОЧНЕ ПРОМЕНЕ У СТОХАСТИЧКОЈ СТРУКТУРИ ХИДРОЛОШКИХ
ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА

После прегледа достављене докторске дисертације, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Увод

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Милан Стојковић пријавио је предметну дисертацију 28.02.2014. На седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета од 10.03.2014. одређена је комисија за подобност теме и кандидата докторске дисертације, одлуком број 109/2. Комисија је поднела извештај Наставно-научном већу Грађевинског факултета дана 09.04.2014. Дана 15.05.2014. извештај комисије је прихваћен на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одлуком број 109/4. Наставно-научно веће Грађевинског факултета одобрило је рад на дисертацији на основу сагласности Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду од 01.07.2014.

Кандидат је предао урађену докторску дисертацију Студентској служби Грађевинског факултета Универзитета у Београду 29.06.2015.

1.2 Научна област дисертације

Тема дисертације припада научној области Грађевинарства, а ужој научној области Хидрологија, за коју је матичан Грађевински факултет Универзитета у Београду.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Милан С. Стојковић је рођен 18.09.1984. у Лесковцу где је завршио основну школу и гимназију природно-математичког смера. Грађевинско-архитектонски факултет у Нишу, хидротехнички смер, уписао је 2003. године. Дипломирао је 2009. године са општом просечном оценом 8.71. По завршетку редовних студија, школске 2009/2010. уписао је докторске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду.

Током 2009. године започео је радни однос у Институту за водопривреду „Јарослав Черни”. У 2010. години по одлуци Научног већа Института изабран је у звање истраживача сарадника, а 2013. године је реизабран у исто звање. У периоду од 2010. до 2015. године био је ангажован на пројектима технолошког развоја Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: „Оцена утицаја климатских промена на водне ресурсе Србије (ТР 37005) ” и „Развој система за подршку оптималном одржавању високих брана у Србији (ТР 37013)”. Поред учешћа у научним пројектима, био је ангажован на изради хидролошких модела и хидролошких студија у Србији и околине.

2 Опис дисертације

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација Милана Стојковића под насловом „Дугорочне промене у стохастичкој структури хидролошких временских серија” садржи седам поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Преглед метода за утврђивање структуре хидролошких временских серија
4. Резултати и дискусија анализе временских серија: примери већих река у Србији
5. Модел за краткорочне пројекције годишњих и сезонских протицаја
6. Модел за дугорочне пројекције месечних протицаја
7. Закључна разматрања

Поред основног текста, дисертација садржи списак литературе (осмо поглавље) и два прилога (Табеларни прилози и Графички прилози), резиме на српском и енглеском језику, списак слика, списак табела и списак ознака. Дисертација има укупно 328 страна, 59 слика и 27 табела. Списак литературе садржи 189 библиографских јединица. У два прилога на укупно 124 стране дати су табеларни и графички прикази нумеричких резултата прорачуна. Дисертација је обликована у складу са упутством Сената Универзитета у Београду и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије дисертације, формирање образаца изјава и ауторских лиценци.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном, поглављу најпре се разматрају осмотрене промене климатских чинилаца и дугорочне пројекције промена падавина и температура на сливу Дунава до краја 21. века као мотивација за предмет ове дисертације. На крају поглавља приказани су предмет и циљеви дисертације који се састоје од предлога нових методолошких оквира за одређивање краткорочних и дугорочних пројекција хидролошких временских серија.

У другом поглављу дат је преглед литературе у пет потпоглавља. У првом и другом потпоглављу приказани су методолошки приступи за анализу структуре и моделирање временских серија. У трећем и четвртном потпоглављу приказани су резултати из литературе у вези са осмотреним трендовима и вишегодишњом периодичношћу протока на простору Европе. У последњем потпоглављу приказане су пројекције хидролошких временских серија из студија спроведених на европском континенту.

Преглед метода за утврђивање структуре временских хидролошких серија временских серија које су коришћене у дисертацији дат је у трећем поглављу. Најпре су дате основне поставке и класификација временских серија. Објашњен је појам стационарности серија и приказане су методе за њено утврђивање. У оквиру потпоглавља о хомогености временских серија разматрани су тестови једнакости средњих вредности, једнакости варијанси и једнакости расподела, као и тестови нормалности података као предуслов за примену параметарских тестова хомогености. За избор подсерија за које се тестира хомогеност временске серије коришћена је интегрална крива стандардизованих одступања заједно са *bootstrap* анализом којом се идентификује преломна тачка у серији. Како је за тестирање хомогености коришћено више тестова, разматрана је асимптотска релативна ефикасност појединих тестова. У следећем потпоглављу приказана је декомпозиција хидролошких временских серија на тренд, периодичну компоненту, стохастичку компоненту и случајну компоненту (или грешку моделирања), која је примењена у овој дисертацији. У наредним потпоглављима (3.5 до 3.7) разматране су појединачне компоненте серија (тренд, периодичност и стохастичка компонента) и дате су методе њихове анализе. За тестирање присуства тренда примењен је непараметарски Mann-Kendall тест, који је спроведен на целим серијама и на деловима серија краћих дужина (тзв. мулти-временска анализа тренда), и параметарско тестирање нагиба линеарног тренда. Поред тога, разматран је и композитни тренд састављен од линеарног тренда у покретним временским прозорима. За утврђивање и моделирање дугорочне периодичности временских серија коришћене су методе дискретног и континуалног спектра. Серије су углачане регресионом методом LOESS (*locally weighted scatterplot smoothing*) због лакшег утврђивања вишегодишње периодичности. За утврђивање значајности хармоника коришћен је Фишеров тест и релативни кумулативни

периодограм, док је за тестирање заостале периодичности резидуала коришћен тест заснован на Колмогоров-Смирнов статистици. На крају потпоглавља о периодичности, приказан је Хурстов коефицијент као показатељ нагомилавања сушних или водних година и начин његовог одређивања. За моделирање стохастичке компоненте приказани су стационарни ауторегресиони модели (AR, MA, ARMA). Затим је описан начин формирања ауторегресионих модела (идентификација, естимација, избор, верификација) и њихова примена за прогнозу временских серија.

У четвртном поглављу приказани су резултати анализе серија годишњих и сезонских протока за део слива Дунава кроз Србију (на профилима станица на рекама Дунав, Сава, Тиса, Велика Морава и Лим) током заједничког периода осматрања 1931-2012. После испитивања стационарности применом Dickey-Fuller теста закључено је да највећи број серија годишњих и сезонских протока није стационаран. На основу интегралне криве стандардизованих одступања годишњих протока очекивано је утврђено да је у оквиру периода 1931-2012. до значајне промене дошло почетком 80-тих година 20. века. Анализа хомогености је потврдила да су протоци значајно мањи у подсеријама од почетка 80-тих до 2012. године. Параметарски и непараметарски тестови присуства тренда су показали опадајуће трендове годишњих протока на свим рекама осим Тисе. Према непараметарском Mann-Kendall тесту, ниједан тренд није статистички значајан на прагу од 5%, док је параметарски тест је показао значајан опадајући линеарни тренд годишњих протока на Сави код Сремске Митровице и на Дунаву код Богојева, где су и трендови смањења пролећних и летњих протока такође значајни. Анализа непараметарског тренда спроведена тзв. мулти-временским приступом показала је да дужина и положај (тј. почетак) подсерије у целој временској серији утиче на правац и интензитет тренда, а да на правац тренда утиче и вишегодишња периодичност. Утицај периодичности је уочљив и у композитном тренду са покретним временским прозором од 30 година који карактерише дугогодишња линеарна и хармонијска компонента. Анализа периодичности у годишњим протоцима показала је неколико група значајних хармоника (8-10, 12-14, 16, 20, 27 и 40 година), а у сезонским и неке краће периоде хармоника (4-6 година). Поред тога, за разматране серије годишњих и сезонских протока утврђено је да се Хурстов коефицијент креће у интервалу 0.509–0.795, на основу чега се може закључити да разматране серије имају дугу меморију. Стохастичка компонента серија годишњих и сезонских протока добијена уклањањем тренда и периодичне компоненте моделирана је линеарним ауторегресионим моделима AR(6) и AR(7). Резидуали модела представљају случајне временске серије (на основу тестова случајности), при чему резидули за 24 од укупно 30 серија прате нормалну расподелу.

У петом поглављу приказан је модификовани TIPS (*Tendency, Intermittency, Periodity, Stochasticity*) модел, предложен као модификација познате методе TIPS коју је развио В. Јевђевић. Модел је намењен серијама годишњих и сезонских протока и краткорочним прогнозама ових серија, при чему се под „краткорочном“ прогнозом подразумева прогноза од неколико временских корака (година) унапред. Модел се састоји од детерминистичког и стохастичког дела. Детерминистички део описује дугорочне промене и састоји се из линеарног тренда и вишегодишње периодичне компоненте, док су краткорочне промене представљене стохастичком компонентом. Модификовани TIPS модел је примењен за моделирање серија годишњих и сезонских протока на шест речних профила у Србији. Детерминистичка компонента модела годишњих протока објашњава 34%-54% варијансе осмотреног процеса за поједине хидролошке станице, стохастичка компонента објашњава од 30% до 40% варијансе, док необјашњена варијанса износи од 36% до 17%. У моделу сезонских протока детерминистичка компонента објашњава 20%-50% осмотрене варијансе, стохастичка компонента 21%-56% варијансе, а необјашњена варијанса износи од 3% до 43%, при чему је необјашњена варијанса по правилу најмања у јесењој сезони и највећа у зимској. У највећем броју серија грешка моделирања представља случајну серију која прати нормалну расподелу. Краткорочне пројекције годишњих протока су утврђене за ближи будући период 2013-2015 и показале су добро слагање са осмотреним протоцима током 2013. године на већим рекама (Дунав, Сава, Тиса) где релативна грешка износи од 3% до 5%, док су одступања већа за нешто мање реке (Велика Морава и Лим).

У шестом поглављу, које представља централан допринос дисертације, приказан је предложени модел за дугорочне пројекције месечних протока SDTS (*Stochastic Decomposition of Time Series*) у условима климатских промена који се заснива на линеарном ауторегресионом моделу са трансфер функцијама који улазне серије (пројекције климатских величина) претвара у протоке.

После уводног потпоглавља, приказана је анализа осетљивости месечних протока на падавине, температуре и индекс северно-атлантске осцилације (NAO), а као улазне величине за модел задржане су падавине и температуре. У следећем потпоглављу 6.3 дате су теоријске основе модела временских серија са трансфер функцијама, његове идентификације методом *prewhitening* и примене. У потпоглављу 6.4 описан је предложени модел и његове компоненте. Детерминистички део модела чине композитни тренд, вишегодишња периодична компонента и унутаргодишња периодична компонента. За стохастички део користи се модел трансфер функција са два улазна процеса (падавине и температуре), док остатак чини потпуно случајна компонента. У потпоглављу 6.5 објашњава се примена предложеног модела SDTS за дугорочне пројекције протока са климатским сценаријима. За пројекције компоненти композитног тренда и вишегодишње периодичности, предложени модел се допуњује додатним моделом. Овај додатни, помоћни модел (у дисертацији назван „иницијални“) је заснован на трансфер функцијама примењеним на разлике првог реда стандардизованих процеса падавина и температура. Улога овог додатног модела је да се формирају дугорочне пројекције годишњих протока на основу пројекција годишњих падавина и температура из којих се одређују две компоненте (композитни тренд и вишегодишња периодичности) предложеног модела SDTS у будућности, уз прелазак са годишњег на месечни временски корак. Унутаргодишња периодична компонента се екстраполује у будућност уз претпоставку да ће промена унутаргодишње расподеле протока у будућности пратити промену унутаргодишње расподеле падавина. Стохастичка компонента се пројектује у будућност на основу пројекција падавина и температура из климатских сценарија.

Предложена методологија примењена је серије месечних протока на Великој Морави до Љубичевског моста и на Лиму до Пријепоља. Распоживи подаци о месечним протоцима, падавинама и температурама обухватају период 1951-2012. Падавине и температуре са више метеоролошких станица су осредњене по сливовима и као такве коришћене као улаз у модел. Резултати су приказани у потпоглављу 6.7. Модел формиран на основу осматрања објашњава 86% тј. 76% варијансе осматраних месечних протока на Лиму тј. на В. Морави, у чему највећи удео има унутаргодишња периодична компонента (47% тј. 50%). Грешка моделирања месечних протицаја представља случајну серију која на реци Лим прати нормалну расподелу, док на Великој Морави има израженију асиметрију.

Резултати дугорочних пројекција добијених применом предложене методологије за период до 2100. године указују на могуће смањење годишњих протока од око 13% према климатском сценарију А1В и од 6-8% према сценарију А2 у односу на период 1961-1990. Такође се може очекивати смена сушних и водних вишегодишњих циклуса, а најизраженији сушни циклуси би се очекивали крајем 21. века. Резултати показују да се може очекивати и значајно смањење летњих и јесењих протока и благо повећање зимских протока.

У седмом поглављу дата су закључна разматрања у којима се резимирају предмет и циљеви дисертације, методолошки оквир предложених модела за краткорочне и дугорочне хидролошке пројекције, резултати њихове примене, а дат је и критички осврт и смернице за даља истраживања.

3 Оцена дисертације

3.1 Савременост и оригиналност

Утицај климатских промена на водне ресурсе је једна од најважнијих тема у савременој хидрологији, хидротехници и водопривреди. Велика неизвесност везана за пројекције будуће климе и промене у расположивим количинама вода оправдано ставља ово научно поље у врх друштвеног значаја. За разлику од интензивног истраживања промена климатских чинилаца, њихов утицај на хидролошки режим је много мање изучен и јасан. Са данашњим стањем науке и технологије, постоје два приступа за анализу и предвиђање промена хидролошког режима у будућности. Први приступ је заснован на анализи и екстраполацији трендова који се детектују у осматраним хидролошким низовима. У другом приступу, за процену промена хидролошког режима под претпоставком важења неког сценарија промене будуће климе користе се резултати климатског моделирања као улаз у детерминистичке хидролошке моделе. Оба приступа имају недостатке. Док екстраполација тренда идентификованог на кратким низовима није

оправдана у дужим временским периодима (нпр. до краја 21. века), у другом приступу се користе детерминистички модели који су калибрисани за другачије услове на сливу него што се може очекивати у будућности, чиме се уноси додатна неизвесност.

Ослањајући се на анализу временских серија као важну дисциплину у стохастичкој хидрологији, ова дисертација предлаже нови приступ за оцену утицаја климатских промена на хидролошки режим, у коме се пројекције климе користе као улаз у стохастичке моделе утицаја на профилима водотока. У докторској дисертацији су развијени оригинални стохастички хидролошки модели засновани на декомпозицији временских серија и предложена је методологија примене тих модела за дугорочне пројекције хидролошког режима.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је цитирано 189 библиографских јединица. Највећи број референци су радови у међународним часописима, књиге и монографије домаћих и међународних издавача и студије у којима је утврђен утицај климатских промена на водне ресурсе на простору југоисточне Европе. Цитирани чланци су објављени у водећим хидролошким часописима као што су *Water Resources Research*, *Journal of Hydrology*, *Hydrology and Earth System Sciences*, и представљају најцитиране радове из области анализе варијабилности хидролошких режима. Монографска издања су махом везана за анализу временских серија, укључујући теоријске класике (Box & Jenkins, *Time Series Analysis*) и примену у области хидрологије чији је пионир проф. Вујица Јевђевић.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су предложене методологије за формирање стохастичких модела за краткорочне и дугорочне пројекције годишњих, сезонских и месечних протицаја. Краткорочне пројекције представљају прогнозу хидролошког процеса за неколико наредних годишњих корака. За разлику од њих, дугорочне пројекције дају пројекције водних ресурса до краја 21. века. Предложени модели и методологија се заснивају на анализи временских серија, која представља важан сегмент стохастичке хидрологије и која омогућава анализу временски зависних хидролошких података. Кандидат је развио своје моделе кроз декомпозицију разматраних временских серија на детерминистичку и стохастичку компоненту и случајну временску серију, по узору на методу TIPS коју је 1984. године предложио проф. Јевђевић. У том смислу, кандидат је користио верификоване приступе за развој предложене методологије.

У дисертацији су примењене различите методе из теорије вероватноће, математичке статистике и теорије случајних процеса. Највећи део примењених метода односи се на моделирање стохастичке компоненте временских серија ауторегресионим моделима према класичном приступу Бокса и Џенкинса, који обухвата идентификацију модела кроз анализу аутокорелационе и парцијалне аутокорелационе функције, оцену параметара модела, верификацију модела кроз тестирање случајности и нормалности резидуала и прогнозу моделом. Идентификација детерминистичких компоненти обухватила је анализу тренда помоћу линеарне регресије, тестирање значајности тренда параметарским и непараметарским тестовима, као и анализу периодичности из дискретног и непрекидног спектра. За потребе анализе периодичности, кандидат је углачао улазне серије непараметарском регресионим техником LOESS. Поред тога, коришћени су и други статистички тестови за тестирање различитих хипотеза о расположивим подацима (хомогеност, стационарност, случајност, нормалност).

3.4 Применљивост остварених резултата

Развијена методологија намењена је прогнозама хидролошког режима на годишњем и сезонском нивоу, као и и пројекцијама хидролошких режима под утицајем климатских промена на месечном нивоу. Као таква, она представља погодан алат за унапређење управљања водним ресурсима на неком сливу.

Резултати дисертације показују да прогнозе годишњих и сезонских протока модификованим TIPS моделом за један годишњи корак унапред имају релативно малу неизвесност, тако да ова метода може имати примену у изради краткорочних планова управљања у водопривреди и

хидроенергетици. У овим привредним гранама су важне годишње пројекције протицаја на основу којих се дефинише годишњи план управљања водопривредним системима.

Предложени модел SDTS може се користити у изради стратегија за адаптацију на климатске промене у сектору водопривреде, хидроенергетике и заштите животне средине, што је од значаја с обзиром на мали број студија које се баве утицајима климатских промена на водне ресурсе у Србији. Дугорочне прогнозе и пројекције протока такође могу да буду основа за оптимизацију рада водопривредних система и њихово прилагођавање на очекиване водне дефиците током лета и јесени, као и на вишкове током зимских месеци.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде дисертације кандидат је овладао применом техника за анализу временских серија и статистичким алатима који су неопходни за ове анализе. Показао је способност сагледавања проблема и формулисања хипотеза, осмишљавања поступка за тестирање постављених хипотеза, анализе добијених резултата и извођења закључака. Комисија сматра да је кандидат стекао способност за самостални научни рад, а да ту способност може даље да унапреди побољшањем критичког начина размишљања и начина презентације резултата свог рада.

4 Остварени научни допринос

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Основни научни доприноси ове дисертације су:

- Развијена је методологија за процену утицаја климатских промена на хидролошки режим помоћу модела временских серија и на основу климатских сценарија. Овакав приступ до сада није примењен у доступној релевантној литератури.
- Развијена методологија се састоји од од два модела временских серија („иницијални“ на годишњем нивоу и главни, SDTS, на месечном нивоу) који се сукцесивно примењују, од којих главни модел SDTS има оригиналну структуру. Оба модела се заснивају на вези између отицаја и главних покретача – падавина и температура – која се описује моделима трансфер функција, што јесте један од признатих приступа у хидрологији, али је у дисертацији први пут примењен за потребе пројекција отицаја на основу пројекција падавина и температура из климатских сценарија.
- Оваква двостепена методологија омогућава валидну екстраполацију свих компоненти временских серија у будућности јер не користи просту екстраполацију тренда у далеку будућност, већ користи дугу меморију процеса отицаја идентификовану у осмотреним серијама.

Поред ових основних доприноса, кандидат је дао допринос и кроз предлог модификације TIPS методологије проф. Јевђевића који је оригинално намењен месечним протоцима. Модификација у овој дисертацији се састоји у томе што се за потребе моделирања годишњих и сезонских протока вишегодишња периодична компонента модела идентификује на углачаним серијама уместо на оригиналним, чиме се уклањају осцилације високе фреквенције и олакшава препознавање значајних хармоника. Међутим, резултати примене овог модела на изабраним станицама су показали да су прогнозе помоћу разматраног модела поуздане само у првом временском (годишњем) кораку, а не у даљим, што ограничава примену предложеног модела.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

У оквиру веома актуелне проблематике климатских промена још увек нема научног консензуса о најбољим приступима за процену утицаја климатских промена на водне ресурсе. Досадашња пракса се ослања на два приступа: екстраполацију трендова и симулације отицаја детерминистичким хидролошким моделима. Приступ са екстраполацијом трендова трпи велике критике у научној литератури јер се углавном ради са линеарним трендовима чије продужавање за више деценија у будућност није оправдано са гледишта стохастичке природе процеса отицаја. С друге стране, коришћење детерминистичких модела у спречи са метеоролошким улазима из климатских сценарија има значајне предности, али и мане да се таквим приступом не могу увек

узети у обзир и друге будуће промене осим климатских. Из тог разлога овај други приступ обично даје промене у протоцима које су пресликане промене у падавинама. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације предлажу сличан приступ у коме се детерминистички модели замењују стохастичким, а задржава се методолошки приступ да се утицај процењује на основу падавина и температура. На овај начин се моделом обухватају не само промене у климатским улазима тј. падавинама и температурама, већ се узима у обзир и стохастичка структура самих протока.

Предложена методологија за дугорочне пројекције утицаја се састоји од два модела временских серија, што је резултат кандидатове перцепције процеса у периоду расположивих осматрања. Основни модел SDTS је најпре замишљен као модел којим се серије месечних протока декомпонују на део који одговара спорим променама (тренд и вишегодишња периодичност), део који описује сезонски циклус унутар године, и коначно стохастички део који зависи од падавина и температура као део који одсликава брже процесе на сливу. При томе се тренд формира из самих података као покретни композитни тренд у преклапајућим интервалима од 30 година и не може се као такав екстраповати изван периода осматрања. Остале компоненте модела се могу екстраповати у будућност на основу једначина модела чији су параметри одређени у периоду осматрања. Оваква поставка модела је довела кандидата до потребе да формира додатни модел којим се омогућава добијање генералне тенденције протока, и то на годишњем нивоу, с обзиром да се унутаргодишње варијације уносе сезонском компонентом. Поред тога, та генерална тенденција је условљена тенденцијама у падавинама и температурама који су производ климатског моделирања, па је у ту сврху кандидат допунио методологију моделом за годишње утицаје са трансфер функцијама које описују везу годишњих протока са годишњим падавинама и температурама. Дисертација се не бави квалитетом овог модела (што би могло да буде предмет наредних истраживања), већ његове резултате користи само за формирање композитног тренда из пројектованих годишњих протока стварајући тиме прву неопходну компоненту главног модела SDTS. Поред овога, у екстраполацији сезонске компоненте такође је исправно узето у обзир да ће под утицајем климатских промена доћи до промене унутаргодишње расподеле протока (топлије и водније зиме, сушнија лета), што је унето у пројекције уз претпоставку да ће та промена пратити промену у унутаргодишњој расподели падавина.

Предложени модел SDTS се може даље развијати тако што би се могао формирати за више локација узимањем у обзир и крос-корелације између хидролошких станица.

4.3 Верификација научних доприноса

Током израде докторске дисертације кандидат је објавио око 20 радова у међународним и домаћим часописима, као и на научним скуповима међународног и националног значаја. Кандидат је из области докторске дисертације до сада публиковао два рада у часописима са SCI листе:

Stojković M., Ilić A., Prohaska S., Plavšić J. 2014. Multi-Temporal Analysis of Mean Annual and Seasonal Stream Flow Trends, Including Periodicity and Multiple Non-Linear Regression, *Water Resources Management*, 28 (12): 4319–4335. (M21 IP=2.600)

Stojković M., Prohaska S., Plavšić J. 2015. Stochastic structure of annual discharges of large European rivers, *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 63 (1): 63-70. (M22 IP=1.555)

5 Закључак и предлог

У докторској дисертацији Милана Стојковића под насловом „Дугорочне промене у стохастичкој структури хидролошких временских серија“ предложена је методологија за анализу унутрашње структуре хидролошких временских серија за потребе процене утицаја климатских промена на водне ресурсе. Предложена методологија се заснива на методама анализе временских серија и стохастичким моделима са трансфер функцијама којима се узима у обзир веза између падавина, температура и утицаја. Тиме се омогућава примена развијене методологије за процену утицаја климатских промена на хидролошки режим на основу падавина и температура добијених из климатских модела за поједине климатске сценарије. Овакав приступ је нов у

односу на досадашње приступе у анализи утицаја климатских промена на количине вода и веома је актуелан како у научном, тако и у практичном погледу.

На основу свега изнетог, Комисија констатује да докторска дисертација под насловом „Дугорочне промене у стохастичкој структури хидролошких временских серија” кандидата Милана Стојковића представља оригиналан и вредан научни допринос у области стохастичке хидрологије, хидротехнике и водопривреде. Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај и сходно томе упути захтев Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду за давање сагласности за јавну одбрану дисертације.

У Београду, 30. јула 2015. године

Комисија:

Ванр. проф. др Јасна Плавшић, дипл. грађ. инж.
Универзитет у Београду – Грађевински факултет

Ванр. проф. др Јован Деспотовић, дипл. грађ. инж.
Универзитет у Београду – Грађевински факултет

Ванр. проф. др Весна Јевремовић, дипл. математ.
Универзитет у Београду – Математички факултет (у пензији)

Доц. др Драгутин Павловић, дипл. грађ. инж.
Универзитет у Београду – Грађевински факултет



ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Булевар краља Александра 73
11001 Београд,
П. фах 39-42
Телефон (011) 321-86-06, 337-01-02
Телефакс (011) 337-02-23
Е пошта dekanat@grf.bg.ac.rs

На основу члана 58. став 2. тачка 23. Статута Грађевинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној дана 16.09.2015. године, донело је

ОДЛУКУ

Прихвата се извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Милан Стојковић, дипл.инж.грађ.**, под насловом:

„ ДУГОРОЧНЕ ПРОМЕНЕ У СТОХАСТИЧКОЈ СТРУКТУРИ ХИДРОЛОШКИХ ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА“

Процедура стицања научног степена доктора наука спровешће се у складу са Законом о високом образовању ("Сл.гласник РС", бр.76/05,100/07-аутентично тумачење, 97/08 и 44/10 и 93/12), општим актом Универзитета и Правилником о докторским студијама Грађевинског факултета у Београду.

Веће научних области грађевинско - урбанистичких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној **01.07.2014.** године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

У току израде докторске дисертације објављени су следећи радови у научним часописима са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

1. Stojković, M., Ilić, A., Prohaska, S., Plavšić, J., Title: Multi-temporal analysis of mean annual and seasonal stream flow trends, including periodicity and multiple non-linear regression Journal: Water Resources Management Volume 28, Issue 12, 2014, Pages 4319-4335 DOI: 10.1007/s11269-014-0753-5
2. Stojković, M., Prohaska, S., Plavšić, J., Title: Stochastic structure of annual discharges of large European rivers Journal: Journal of Hydrology and Hydromechanics Volume 63, Issue 1, 2015, Pages 63-70 DOI: 10.1515/johh-2015-0009

Одлука је донета једногласно.

в.д. ДЕКАНА ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Бранко Божић, дипл.инж.геод.

Доставити:

- Универзитету
- Студентској служби
- архиви
- именованом