

ПРЕДМЕТ: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Ђурице Марковића

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 22/4-2 од 01.02.2016. именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Ђурице Марковића, дипл. грађ. инж., под насловом:

### НЕПАРАМЕТАРСКО ГЕНЕРИСАЊЕ СТОХАСТИЧКИХ ХИДРОЛОШКИХ ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА

После прегледа достављене дисертације, Комисија подноси Наставно-научном већу Грађевинског факултета следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. УВОД

#### 1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Ђурица Марковић, дипл. грађ. инж., поднео је 12.11.2013. молбу Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду за одобрење израде докторске дисертације под насловом „Непараметарско генерисање стохастичких хидролошких временских серија”. Одлуком Наставно-научног већа бр. 462/3 од 29.11.2013. именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата докторске дисертације у саставу: доц. др Јасна Плавшић, проф. др Јован Деспотовић, доц. др Зоран Радић, доц. др Милош Станић са Грађевинског факултета у Београду, и доц. др Борислава Благојевић са Грађевинско-архитектонског факултета Универзитета у Нишу. Комисија је поднела извештај који је прихваћен на седници Наставно-научног већа 20.12.2013. За ментора је именована доц. др Јасна Плавшић. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду дало је сагласност за израду ове докторске дисертације 04.03.2014. (одлука бр. 61206-6447/2-14).

Кандидат је предао завршену дисертацију Студентској служби Грађевинског факултета 22.01.2016. На седници одржаној 28.01.2016. Наставно-научно веће Грађевинског факултета именовало је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: в. проф. др Јасна Плавшић, в. проф. др Јован Деспотовић, в. проф. др Милош Станић и доц. др Драгутин Павловић са Грађевинског Факултета у Београду, и доц. др Борислава Благојевић са Грађевинско-архитектонског факултета Универзитета у Нишу (одлука бр. 22/4-2 од 01.02.2016).

#### 1.2 Научна област дисертације

Тема дисертације припада научној области техничко-технолошких наука Грађевинарство, односно ужој научној области Хидрологија за коју је матичан Грађевински факултет.

#### 1.3 Биографија кандидата

Мр Ђурица Марковић, дипл. грађ. инж., рођен је 05.05.1968. године у Приштини. Основну школу завршио је у Приштини. Прва два разреда средње школе завршио је у гимназији „Иво Лола Рибар” у Приштини а трећи и четврти разред средњег образовања завршио је у средњој грађевинској школи „Штјефан Бечови” у Приштини 1986. године. Уписао је Грађевинско-архитектонски факултет Универзитета у Приштини школске 1986/87. године. Студије је завршио 1992. године са просечном оценом 7,46. Дипломски рад је одбранио из предмета „Снабдевање водом и канализација насеља” под називом „Идејни пројекат канализације за

град Подујево” са оценом 10 (десет) и стекао стручни назив дипломираног грађевинског инжењера хидротехничког смера.

Последипломске студије уписује 1994. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду. Након одслушаних последипломских студија, положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом факултета са просечном оценом 9,36. Стекао је академски степен магистара наука 2008. године, одбранивши магистарску тезу под називом „Оптимално управљање расподелом воде из акумулације помоћу генерисаних хидролошких низова”.

По завршетку редовних студија, од 1992. до 1996. године радио је у приватном предузећу Coming у Приштини. Од 1996. године је запослен на Грађевинско-архитектонском факултету Универзитета у Приштини (данас у склопу Факултета техничких наука Универзитета у Приштини са седиштем у Косовској Митровици). Ради као асистент на предметима: Хидротехника, Рачунарско цртање у грађевинарству, Примена табеларних прорачуна, Технике презентације 3 - 2D технике и Технике презентације 4 - 3D технике. Био је ангажован и на предметима: Механика 1, Механика 2 и Механика и отпорност материјала, Рачунарска графика и Принципи СААД-а.

На матичном факултету учествовао је и учествује у научно-истраживачким пројектима Министарства науке Србије и у ТЕМПУС пројектима. Као члан Комисије за акредитацију на Факултету техничких наука у Косовској Митровици учествовао је у припреми акредитационих програма за област Грађевинарство, у акредитационим циклусима 2008 и 2013. године.

Упоредо са радом на факултету, био је ангажован на разним пројектима у припреми, пројектовању, тендерисању, извођењу, техничкој контроли и пријему објеката. Члан је Инжењерске коморе Србије. У току професионалне каријере учествовао је у тимовима за пројектовање и за вршење надзора изградње великог броја хидротехничких објеката.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1 Садржај дисертације**

Докторска дисертација под насловом „Непараметарско генерисање стохастичких хидролошких временских серија” садржи 6 поглавља: Увод, Временске серије и стохастички модели, Генерисање хидролошких низова, Приказ модела за генерисање прекидних и непрекидних временских серија, Резултати примене методологије на одабраним примерима и Закључак. Дисертација садржи и резиме (на српском и на енглеском језику), списак коришћене литературе, попис слика и табела, прилоге и биографију кандидата. Текст дисертације је написан на 239 страна, садржи 59 слика и 28 табела, док су прилози приказани на 97 страна.

Структура дисертације и текст су обликовани у складу са упутством Сената Универзитета у Београду од 14.12.2012. године и са посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије дисертације.

### **2.2 Кратак приказ појединачних поглавља**

У дисертацији је најпре представљена тема истраживања и образложен је њен значај, затим су систематично изложени методологија и резултати, и на крају су изведени закључци и дате препоруке за даље истраживање.

У уводном поглављу је представљена тема истраживања, где је описан значај и примена дугачких синтетичких низова у хидротехници и водопривреди. Приказани су циљеви и задаци истраживања, хипотезе и укратко је изложена структура дисертације.

Друго поглавље посвећено је прегледу временских серија и стохастичких модела и њиховој примени у хидрологији, хидротехници и водопривреди за генерисање синтетичких хидролошких низова. У првом потпоглављу дата је систематизација хидролошких модела уз дефинисање разматраног модела у датој систематизацији. У следећем потпоглављу приказан је историјски развој модела за стохастичко генерисање синтетичких хидролошких низова, од првих покушаја моделирања хидролошких серија, преко наглог развоја различитих стохастичких модела, до данашњих модела који се базирају на непараметарским методама. Поред тога, дат је и кратак осврт развоја модела за стохастичко генерисање падавина и метеоролошких величина, код којих се такође често примењују непараметарске методе. На крају овог потпоглавља укратко су описане карактеристике модела на којем је засновано истраживање у овој дисертацији. У

последњем потпоглављу дати су основни појмови везани за временске серије, њихове особине и њихово моделирање.

У трећем поглављу под насловом „Генерисање хидролошких низова” прво је наведен значај синтетичких хидролошких низова у хидротехници, а нарочито при пројектовању и управљању водопривредним системима. Затим су описане методе и принципи генерисања временских серија са посебним освртом на значајне краткорочне и дугорочне карактеристике хидролошких серија. У следећем потпоглављу описане су особине које се очекују од случајних низова генерисаних методом Монте Карло. Посебна пажња је посвећена непараметарским кернел расподелама које су коришћене у предложеној методологији, а нарочито оптималном избору ширине језгра, од кога зависе резултати генерисања. У петом потпоглављу описана је примена модела временских серија за генерисање хидролошких низова. Прво је описан приступ Бокса и Џенкинса као традиционални метод за серије са временском зависношћу; затим је разматрано укључивање сезонске периодичне компоненте, и на крају су приказани модели дисагрегације. У шестом потпоглављу су описане најчешће коришћене непараметарске методе за моделирање временских серија: *bootstrap*, KNN (*K nearest neighbour*) и *wavelet* методе.

У четвртном поглављу дат је приказ предложеног модела за генерисање прекидних и непрекидних временских серија. У уводном делу овог поглавља дефинисане су карактеристике које успешан модел за генерисање хидролошких величина треба да има. Затим су дате основне поставке модела, при чему су две основне претпоставке да подаци представљају стационарне низове и одражавају природне хидролошке режиме. У трећем потпоглављу је описана структура модела, приказана је организација података и примена логаритамске трансформације података и описана су три главна корака методологије: 1) независно генерисање парцијалних низова случајних бројева (низова за месеце, недеље, дане у години) методом Монте Карло из непараметарских расподела осмотрених низова, 2) уношење циљне (осмотрене) корелационе структуре у независне низове применом непараметарског алгоритма са пермутовањем података, и 3) претварање парцијалних низова у временске серије додатним пермутацијама за постизање комплетне корелационе структуре. У преостала три потпоглавља детаљно су описана три главна корака у методологији и алгоритми за постизање жељених особина низова. Кроз ове кораке су описане и све карактеристике модела које су развијене у оквиру докторске дисертације.

Резултати добијени описаном методологијом су дати у петом поглављу са применом на два скупа података, један из Србије (три хидролошке станице на сливу реке Студенице и падавине на станици Краљево) и један из Канаде (седам хидролошких станица и четири падавинске станице у сливу реке Олдман у Канади). У првом потпоглављу, након приказа улазних података, дати су резултати тестирања хомогености, случајности и нормалности улазних низова. У другом потпоглављу су дата прелиминарна разматрања везана за примену непараметарских кернел расподела у генерисању случајних низова у циљу одређивања најповољније ширине језгра. Затим су приказани резултати генерисања само низова протока (модел 1) за оба скупа података и за различите временске дискретизације (дневна, недељна и месечна), док је у последњем потпоглављу приказани резултати генерисања низова протока и падавина (модел 2), такође за оба скупа података и за различите временске дискретизације. За оба модела детаљно је приказано поређење карактеристика осмотрених и генерисаних низова у погледу основних статистика, расподела низова, корелационе структуре, особина изведених годишњих (средњих и екстремних) вредности и вишегодишњих особина.

У шестом, закључном, поглављу истакнуте су главне одлике предложене методологије за непараметарско генерисање хидролошких серија и резимирани су добијени резултати, а затим су дати закључци и препоруке за даља истраживања.

Након Закључка, дат је списак цитиране литературе са 119 библиографских јединица. У 4 прилога, на 97 страница, графички и табеларно су приказани резултати анализа спроведених у оквиру дисертације.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1 Савременост и оригиналност**

Генерисање хидролошких временских серија се спроводи због формирања дугачких низова података који по својим статистичким и стохастичким особинама одражавају осмотрене

низове, али које садрже и податке који указују на екстремније услове од оних који се могу наћи у осмотреним низовима. На тај начин, дугачки синтетички низови омогућавају да се водопривредни објекти и системи пројектују уз већу обезбеђеност система. Поред пројектовања, синтетичке серије се користе и за потребе дефинисања водопривредних циљева и њихове провере у процесу управљања водопривредним објектима и системима, где су, поред екстремних података, значајни и подаци о дуготрајним сушним периодима када конфликти међу корисницима воде долазе до изражаја.

Тема дисертације је изузетно савремена, иако први покушаји формирања синтетичких хидролошких низова датирају из раног 20. века. Ова област је доживела нагли развој 70-тих година прошлог века са почетком примене приступа Бокса и Џенкинса за моделирање хидролошких серија (модели ARMA и сродни модели), док је у новије време, са развојем рачунарских технологија и метода вештачке интелигенције, у овој области дошло до квалитативног помака. Развијају се и користе непараметарски приступи којима се покушава да се отклоне недостаци традиционалног моделирања приступом Бокса и Џенкинса, док се тежи ка развоју универзалних модела за генерисање више величина на више мерних места и са више временских корака (*multi-variate, multi-site, multi-temporal methodology*). Свеобухватни преглед литературе у дисертацији указује да:

- не постоји општеприхваћена методологија за стохастичко генерисање временских серија;
- не постоји методологија која успешно генерише хидролошке серије и са краткорочним и дугорочним карактеристикама.

У оквиру ове докторске дисертације развијен је модел за стохастичко генерисање који се заснива на савременом непараметарском приступу који је предложио Ilich (2009, 2014) и којим се омогућава генерисање синтетичких хидрометеоролошких серија које задржавају све краткорочне и дугорочне карактеристике осмотрених серија. Овај приступ користи непараметарске расподеле за генерисање низова случајних података, а затим више непараметарских алгоритама за преслагање елемената унутар низова, чиме се постиже жељена корелациона структура низова и друге карактеристике. Коришћењем овог приступа, у овој дисертацији развијена је оригинална методологија за генерисање и унапређен је приступ Ilicha (2009, 2014). Оригинални доприноси овом приступу огледају се у следећем:

- генерисање се врши уз претходну логаритамску трансформацију осмотрених података, без било какве потребе за корекцијама осмотрених података, нпр. при појави изузетака,
- генерисање дугачких серија у делу расподеле вероватноће изван осмотрених података се врши према оригиналном алгоритму базираном на идеји екстраполације непараметарских расподела,
- на крају другог корака методологије уведено је додатно минимално преслагање података за обезбеђење екстремних годишњих појава у генерисаним серијама, уз задржавање свих коефицијената корелације добијених у другом кораку,
- на крају трећег корака предложено је додатно минимално преслагање генерисаних података за постизање очекиваних вишегодишњих варијација као што је нагомиланање сушних или водних година.

### 3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру ове дисертације цитирано је 119 библиографских јединица. Већину референци чине радови објављени у врхунским међународним часописима, пре свега *Water Resources Research*, *Water Resources Management*, *Journal of Hydrology*, *Hydrology and Earth System Sciences*, *Hydrological Sciences Journal*, *ASCE Journal of Hydrologic Engineering* и *ASCE Journal of Hydraulic Engineering*. Од тога, 49 цитираних референци је објављено после 2000. године. Кандидат је кроз преглед литературе у дисертацији обухватио најважније ауторе и публикације из области стохастичког генерисања хидролошких низова, почевши од V. Yevjevicha, J. Salasa, Voxa & Jenkinsa, до савремених аутора у које спадају A. Sharma, U. Lall, B. Rajagopalan, N. Ilich, S. Simonovic и други.

### 3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Генерисање хидролошких низова базира се на методама теорије вероватноће, математичке статистике и теорије случајних процеса, укључујући методе генерисања случајних бројева, корелационе анализе, прилагођавања емпиријских расподела теоријским и тестирања статистичких хипотеза.

У овој дисертацији хидролошки низови су детаљно анализирани применом различитих статистичких тестова како би се стекао увид у карактеристике парцијалних низова (дневних, недељних, месечних) за које је требало формирати непараметарске расподеле вероватноће.

Генерисање парцијалних низова је подразумевало примену методе Монте Карло за узорковање случајних вредности из непараметарских расподела разматраних парцијалних низова. Овде је нарочита пажња посвећена оптималном избору ширине језгра непараметарске кернел функције расподеле и усвојен је образац за одређивање ширине језгра који представља оптималну равнотежу између потребе да се што ближе прати емпиријска расподела с једне стране, и потребе да се изглади густина расподеле са друге стране. На овај начин је обезбеђена могућност примене методологије на различите типове података. За екстраполацију непараметарских функција расподеле изван распона осматрених вредности развијен је оригиналан алгоритам који се заснива на примени опште расподеле екстремних вредности (GEV) за оцену интервала поверења података. Ова расподела је изабарана као расподела којом се крајеви расподеле могу добро репродуковати.

За постизање корелационе структуре осматрених података у низовима случајних података у другом кораку методологије коришћен је познати алгоритам Иман-Коновера (Iman and Conover, 1982). Поред тога, за постизање жељене корелационе структуре за задату дискретизацију у трећем кораку методологије коришћени су и оптимизациони алгоритми којима се истовремено подешава и корелациона структура на годишњем нивоу.

За потребе поступка генерисања направљени су скрипти у програмском окружењу MATLAB, уз потпуну аутоматизацију процеса генерисања.

Све методе које су коришћене у оквиру овог истраживања су адекватне и примењене су сврсисходно у циљу тестирања постављених хипотеза, где се посебно наглашава савременост примењених непараметарских метода.

### 3.4 Применљивост остварених резултата

Предложена методологија за генерисање низова тежи ка универзалном хидролошком моделу, репродукујући основне статистике осматрених величина и њихову просторну и временску зависност. Методологијом је могуће добити исти квалитет резултата независно од временског корака (дневни, недељни, месечни или сезонски) у погледу репродуковања свих особина процеса садржаних у осматреним подацима. Поред тога, методологија се може сматрати општом јер не зависи од врсте података (не морају се посебно оцењивати параметри за сваку станицу, за друге хидролошке величине, или за различити корак дискретизације). При томе се постиже и верна репродукција корелационе и аутокорелационе структуре осматрених величина практично до било ког реда, а води се рачуна и о прелазу из једне године у другу подешавањем корелације на крају и на почетку године, чиме се у потпуности репродукује и аутокорелациона функција за разматрану временску дискретизацију као и дугорочне карактеристике временске серије. Посебна пажња је дата развоју методологије за генерисање прекидних серија као што су падавине, али и серије са нултим протоцима. У овом случају посебно се моделирају учесталост појаве падавина и висина падавина. Тиме је постигнут постављени циљ да се формира модел за генерисање и прекидних и непрекидних серија.

Дугачки низови генерисани овом методологијом могу највише да послуже у планирању и управљању акумулацијама са вишегодишњим изравнањем, али и за анализу сложених вишенарменских водопривредних система у којима је неопходно размотрити утицаје екстремних догађаја као што су дуготрајне суше. Иако се методологија заснива на основној претпоставци о стационарности серија, репродукција вишегодишњих водних и сушних циклуса из осматрених серија, или постављање захтева за екстремнијим условима, омогућава водопривредне анализе у условима значајнијих промена у хидролошком режиму на сливовима, укључујући и климатске промене.

### 3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Способности које је кандидат испољио током израде ове дисертације показују да поседује квалитете потребне за самостални научни рад. Кроз анализу постојећих радова из области стохастичког генерисања хидролошких серија кандидат је показао способност критичког сагледавања објављених истраживања и синтезе њихових резултата. Кроз самостални научни рад током израде дисертације кандидат је показао способност сагледавања проблема и формулисања хипотеза, затим осмишљавања поступка за тестирање постављених хипотеза, избора адекватних метода и техника које би при томе требало користити, као и непристрасне анализе добијених резултата и извођења закључака. Кандидат је показао способност организације истраживања и систематичност у прикупљању и обради великог броја улазних података и у приказу и анализи добијених резултата.

Поред наведеног, кандидат је у највећој мери самостално припремао радове који су објављивани током израде дисертације, чиме је показао научну зрелост.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1 Приказ остварених научних доприноса

Дисертација мр Ђурице Марковића бави се актуелним проблемом генерисања дугачких хидролошких временских серија и даје оригиналан научни и практични допринос кроз потврђивање и унапређење методологије Ilich (2009, 2014) за непараметарско стохастичко генерисање хидрометеоролошких низова. Имајући у виду приказане резултате, научни допринос овог истраживања обухвата:

- систематизацију досадашњих знања о генерисању хидролошких низова и временских серија,
- увођење логаритамске трансформације при генерисању података и потврђивање почетних очекивања о ефикасности ове трансформације при генерисању,
- развој оригиналног алгорита за екстраполацију непараметарских функција расподеле у делу расподеле изван осмотрених података,
- побољшање методологије за обезбеђење екстремних годишњих појава у генерисаним серијама,
- побољшање методологије за постизање очекиваних карактеристика вишегодишњих варијација у серијама хидролошких величина, чиме се репродукује осмотрена цикличност сушних или водних периода.

### 4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Истраживачки рад кандидата мр Ђурице Марковића кроз предложени модел за непараметарско стохастичко генерисање доприноси превазилажењу ограничења ранијих стохастичких модела за генерисање хидролошких временских серија који могу да дају добре резултате или са краткорочним или са дугорочним карактеристикама, јер резултати показују да предложени модел добро репродукује све стохастичке карактеристике разматраних серија без обзира на временски корак (од дневног до сезонског) и на ниво агрегације података (нпр. са дневних на годишње).

Истраживањем је показано да се логаритамска трансформација може успешно користити уз примену непараметарских кернел расподела, иако је Ilich (2009) нагласио да неки од постојећих модела за генерисање стохастичких модела имају ограничени успех у примени логаритамске трансформације на средње месечне податке.

Развијени оригинални алгорита за екстраполацију непараметарске расподеле омогућава да се, уз коришћење логаритамске трансформације, подједнако добро генеришу серије протока и падавина у хидролошки хомогеном региону. Тиме је добијен општи модел који може да генерише и прекидне и непрекидне временске серије.

Применом алгорита за постизање циљне корелационе структуре садржане у осмотреним подацима подешавају се аутокорелације низова за било који помак, што је значајно боља особина у односу на моделе временских серија према приступу Бокса и Џенкинса у којима се корелација подешава само до идентификованог реда ARMA и сродних модела. У предложеном моде-

лу истовремено се подешава и крос-корелација између мерних места, чиме су потврђене постављене хипотезе да се предложена методологија може несметано применити на више мерних места, и то не само за исте хидролошке величине (протоке), већ и за разнородне величине (протоци и падавине). Ово је потврђено и кроз чињеницу да оба примењена модела (модел 1 са протоцима и модел 2 са протоцима и падавинама) дају скоро исте резултате у погледу корелационе структуре протока.

Иако је стационарност процеса једна од основних претпоставки на којој се заснива предложена методологија, не може се занемарити чињеница да хидрометеоролошке серије исказују и сложено вишегодишње (циклично) понашање које се огледа у сменама водних и сушних периода. У оквиру дисертације, у предложеној методологији је укључен и модул развијен за подешавање вишегодишњих особина серија, које су исказане кроз годишње распоне серија, вишкове, дефиците, пресецања и њихово трајање током година. Резултати су показали да се споменуте вишегодишње карактеристике временских серија усклађују са осматраним уз минимално додатно преслагање вишегодишњих сегмената, не нарушавајући значајно претходно подешене параметре.

### 4.3 Верификација научних доприноса

У оквиру овог истраживања кандидат је објавио један рад у часопису са SCI листе и неколико радова у часописима од националног значаја и на националним научним скуповима:

*Радови у међународном часопису (M21):*

**Marković Đ.,** Plavšić J., Ilich N., Ilić S. (2015) Non-parametric Stochastic Generation of Streamflow Series at Multiple Locations, *Water Resources Management*, 29(13): 4787-4801, doi: 10.1007/s11269-015-1090-z (IF2014 = 2.600)

*Радови у часописима националног значаја:*

**Марковић Ђ.,** Станић М., Плавшић Ј., Секулић Г. (2008) Ефекти примене правила управљања при расподели воде из вишенаменске акумулације, *Водопривреда*, 40: 201-213, (M51)

**Марковић Ђ.,** Плавшић Ј., Станић М., Секулић Г. (2011) Непараметарске функције расподеле у хидрологији, *Водопривреда*, 43: 13-22 (M52)

**Марковић Ђ.,** Станић М., Плавшић Ј., Секулић Г. (2013) Управљање расподелом воде из акумулације, *Грађевински календар*, стр. 477-535 (M53)

*Саопштења са скупа националног значаја штампано у целини (M63):*

Секулић Г., **Марковић Ђ.** (1996) Прогноза квалитета будућих акумулација на територији Косова и Метохије, Зборник радова водовод и канализација „Вик” 97”, Шабац, стр. 9-13.

Секулић Г., **Марковић Ђ.,** Ђокић В. (1998) Кинетика фитопланктона и фактори који на њу утичу, Зборник радова „Заштита вода 98”, Котор, стр. 449-455.

**Марковић Ђ.** (1998) Извештај о стању евакуационих органа на акумулацијама „Грачанка” и „Батлава”, Зборник радова са 12. Саветовања Југословенског друштва за хидрауличка истраживања, Суботица, стр. 345-348.

**Марковић Ђ.,** Секулић Г. (2009) Заштита квалитета воде кроз оптимално управљање, Међународни симпозијум Заштита животне средине у индустријским подручјима, Факултет техничких наука, Косовска Митровица, стр. 231-238.

**Марковић Ђ.,** Маричић Н., Новковић Ђ., Арсић Н., Анђелковић Љ. (2010) Оптималан избор локације машинске зграде мале ХЕ на Чечевској реци, 2. регионална конференција Индустријска енергетика и заштита животне средине, Златибор.

Новковић Ђ., Маричић Н., **Марковић Ђ.,** Анђелковић Љ. (2010) Оптимизација пречника турбинског цевовода деривационе мини ХЕ, 2. регионална конференција Индустријска енергетика и заштита животне средине, Златибор.

Маричић Н., **Марковић Ђ.,** Новковић Ђ., Арсић Н., Анђелковић Љ. (2010) Ревитализација мале ХЕ на Чечевској реци, 2. Симпозијум Одрживи развој и климатске промене, Ниш, стр. 49-54.

**Марковић Ђ.,** Плавшић Ј., Станић М., Секулић Г. (2012) Стохастичко генерисање логаритамски трансформисаних хидролошких серија на више хидролошких станица, Саветовање СДХИ и СДХ 2012, Горњи Милановац, стр. 342-355.

**Марковић Ђ.,** Плавшић Ј., Илић С. (2015) Неки аспекти при непараметарском генерисању хидролошких серија података, Саветовање СДХИ и СДХ 2015, Вршац, стр. 904-914.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У докторској дисертацији под насловом „Непараметарско генерисање стохастичких хидролошких временских серија“ развијен је модел којим се генеришу хидрометеоролошке серије на више мерних места, који је применљив на различите хидрометеоролошке величине и њихове серије са различитом временском дискретизацијом и који верно репродукује све статистичке и стохастичке карактеристике временских серија, укључујући аутокорелационе и крос-корелационе функције до произвољног реда за основни временски корак и за агрегиране податке на годишњем нивоу, како у смислу средњих вредности, тако и у погледу екстрема. Поред тога, упркос претпоставки о стационарности, модел репродукује и дугорочне особине серија као што је цикличност. Развијени модел представља даљи развој алгоритма за генерисање дугачких хидрометеоролошких серија који је предложио Pich (2009, 2014). Методологија приказана у дисертацији представља вредан научни допринос у области хидрологије, посебно у стохастичкој хидрологији, а од великог је практичног значаја за сложене анализе вишенаменских водопривредних система са системима акумулација у којима су потребне дугачке серије природног хидролошког режима.

На основу свега изнетог, Комисија констатује да докторска дисертација под насловом „Непараметарско генерисање стохастичких хидролошких временских серија“ представља оригиналан и значајан научни допринос у области генерисања стохастичких хидролошких временских серија. Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцену докторске дисертације кандидата мр Ђурице Марковића, дипл. грађ. инж., и да сходно томе упути захтев Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду за давање сагласности за јавну одбрану дисертације.

Београд, 17.2.2016.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



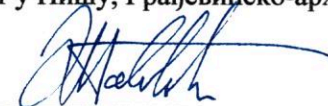
В. проф. др Јован Деспотовић, дипл. грађ. инж.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет



В. проф. др Милош Станић, дипл. грађ. инж.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет



Доц. др Борислава Благојевић, дипл. грађ. инж.  
Универзитет у Нишу, Грађевинско-архитектонски факултет



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