

14.06.2016.			
бр. од	б. р. о.	име	број
01-238/31-3			

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ  
УНИВЕРЗИТЕТА У НИШУ**

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену и одбрану урађене докторске дисертације под називом “Вишекритеријумска оптимизација избора мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини”, кандидата мр Дарка Михајлова, дипл. инж. машинства.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета заштите на раду у Нишу бр. 03-271/6 од 09. 06. 2016. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације мр Дарка Михајлова, дипл. инж. маш., под насловом: “Вишекритеријумска оптимизација избора мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини”. Након прегледа урађене докторске дисертације подносимо Наставно-научном већу Факултета заштите на раду у Нишу следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. УВОД**

**1.1 Наслов и обим дисертације**

Докторска дисертација кандидата мр Дарка Михајлова, дипл. инж. маш., под насловом „Вишекритеријумска оптимизација избора мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини“, написана је на 200 страна латиничним писмом. Дисертација садржи седам глава, литературу и прилог.

**1.2 Научна област дисертације**

Дисертација под насловом „Вишекритеријумска оптимизација избора мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини“ припада научној области *Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду* и ужој научној области *Физичке опасности у радној и животној средини*.

### 1.3 Биографски подаци о кандидату

Дарко Михајлов је рођен у Нишу 14. 11. 1969. године.

Основну школу „Вожд Карађорђе“ и гимназију „Светозар Марковић“ завршио је у Нишу као носилац Вукових диплома.

Дипломирао је на Машинском факултету у Нишу 1997. године са просечном оценом 8,32 на тему “Пројектовање хоризонталне двострујне центрифугалне пумпе за транспорт хемијски чисте воде“.

Магистарску тезу на тему “Примена вибродијагностике у превентивном одржавању ротационих машина” одбранио је на Факултету заштите на раду у Нишу 2009. године.

Од 1998. године ради на Факултету заштите на раду у Нишу као сарадник у Лабораторији за буку и вибрације, а од 2000. године као асистент, укључен у део реализације наставе из групе предмета који обрађују буку у животној и радној средини, вибрације машинских система и проблеме у класичној механици.

Дарко Михајлов је аутор и коаутор већег броја радова објављених на научним скуповима домаћег и међународног значаја из области буке и вибрација. Такође, учествовао је у реализацији четири пројекта Министарства за науку, технологије и развој Републике Србије у области основних истраживања и технолошког развоја.

Истраживачки рад му је оријентисан на буку у животној и радној средини, као и на вибрације техничких система.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1 Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Дарка Михајлова по садржају и форми задовољава стандарде за докторску дисертацију. Садржи седам глава, литературу и прилог. Наслови глава докторске дисертације су:

1. Увод,
2. Индикатори буке у животној средини,
3. Извори буке у урбаним срединама,
4. Статистичка анализа узорака у функцији истраживања,
5. Вишекритеријумска оптимизација у функцији истраживања,
6. Избор оптималне мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини и
7. Закључак.

На крају су дати списак коришћене литературе, попис слика, попис табела и прилог са експерименталним резултатима мониторинга буке на обрађиваним локацијама.

Коришћена терминологија и појмови у докторској дисертацији из области буке у животној средини су уређени и дефинисани актуелним стандардима из дате области.

## 2.2 Кратак приказ појединих глава дисертације

У уводном делу су дефинисани предмет, циљ и очекивани резултати истраживања, истакнути су значај и актуелност спроведених истраживања. Дати су преглед и анализа актуелног стања у подручју истраживања, као и оправданост за даљим истраживањима у тој области. На крају је изложена структура истраживања у докторској дисертацији.

У другој глави, која се односи на индикаторе буке у животној средини, изложена је актуелна правна регулатива из области буке у животној средини која прописује и ближе дефинише индикаторе буке, као и њихову примену. Наведене су познате методе за одређивање вредности индикатора буке у животној средини и релевантни национални прописи у области истраживања. Посебна пажња је посвећена значају индикатора буке у процени штетних ефеката буке у животној средини на здравље становништва.

Будући да друмски саобраћај представља доминантни извор буке и основни чинилац вредности индикатора буке у урбаним срединама, трећа глава обрађује изворе буке у животној средини са посебним освртом на друмски саобраћај и мере за контролу нивоа буке друмског саобраћаја у урбаним срединама.

Четврта глава докторске дисертације описује основне појмове Статистичке анализе узорка као незаобилазне дисциплине у обради и анализи бројних резултата спроведених мерења за потребе истраживања. Нарочито се указује на факторе који утичу на тачност и прецизност резултата мерења буке и начине њихове квантификације у функцији дефинисања вредности проширене мерне несигурности и на основу ње одређивања праве вредности мерене величине.

Елементи вишекритеријумске оптимизације, као основног алата за решавање постављеног проблема у истраживању, разматрани су у петој глави до нивоа који је потребан за разумевање обрађиване материје у истраживању. Кроз описивање фаза поступка вишекритеријумске оптимизације, математичког модела вишекритеријумског одлучивања и адекватних метода за његово решавање, створена је основа за практично потврђивање хипотеза које су постављене на почетку истраживања.

Шеста глава докторске дисертације повезује разматрања и закључке свих претходних целина са заједничким циљем избора оптималне мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини применом вишекритеријумског одлучивања. Дефинишу се локације на терену на које се односи истраживање и њихове специфичности са становишта саобраћајног оптерећења. Врши се статистичка анализа резултата дуготрајног мониторинга буке на датим локацијама и уочавају законитости у понашању вредности индикатора буке током различитих временских периода на основу чега се усвајају поједина алтернативна решења за мерну стратегију, формира скуп критеријума и врши избор методе за вишекритеријумску оптимизацију. Спровode се детаљни прорачуни применом алгорита оптимизације избора мерне стратегије методом PROMETHEE, а добијени резултати се проверавају и потврђују помоћу софтверског пакета „Visual PROMETHEE“ у случају свих мерних места.

У седмој глави докторске дисертације се наводе постигнути резултати у истраживању, дефинише се општи закључак о оправданости самог истраживања, као и посебни закључци о оправданости начина решавања проблема, испуњавању очекивања са почетка истраживања и ограничењима под којима се резултати истраживања могу сматрати валидним. Даље се образлаже оригинални научни допринос докторске дисертације и област практичне примене постигнутих резултата. На крају се наводе могући правци будућих истраживања у датој области.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

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

Располагање подацима о годишњим вредностима индикатора буке у животној средини представља битан предуслов за креирање низа докумената на локалном, националном и регионалном нивоу за сагледавање постојећег стања оптерећености животне средине буком, као и за планирање мера и активности које треба предузети, превентивно или корективно, ради одржавања нивоа буке у дозвољеним границама или њене редукције у оним подручјима у којима она представља озбиљну сметњу и препреку за обављање људских активности, па тиме у мањој или већој мери утиче на људско здравље.

Друмски саобраћај сасвим сигурно представља доминантан извор повишених нивоа буке на већем делу територије свих урбаних подручја. За праћење стања нивоа буке друмског саобраћаја на карактеристичним локацијама током године потребно је располагати одговарајућом мерном стратегијом која ће обухватати динамичку природу процеса простирања звука, утицај метеоролошких прилика на простирање звука, као и остале факторе који су у функцији утврђивања тачног нивоа оптерећености буком датог мерног места на годишњем нивоу.

Будући да националном и европском правном регулативом није прописан начин одређивања годишњих вредности индикатора буке у животној средини, чије је познавање неопходно за калибрацију стратешких карата буке, основни мотив за истраживање у датој области управо представља покушај проналажења адекватне мерне стратегије за процену дуготрајних вредности индикатора буке у животној средини.

Имајући у виду пре свега економска ограничења, у докторској дисертацији се полази од претпоставке да је на основу резултата дуготрајног мониторинга буке, узимајући у обзир све факторе који могу утичу на резултате мерења, могуће применом метода вишекритеријумског одлучивања извршити избор оптималне мерне стратегије која би задовољила полазни захтев да уз минимално трајање ангажовања ресурса може да обезбеди довољно тачне и прецизне резултате за процену годишњих вредности индикатора буке у животној средини на свим мерним местима истог карактера.

Допринос резултата истраживања у докторској дисертацији се огледа у новом приступу одређивања годишњих вредности индикатора буке у животној средини применом вишекритеријумског одлучивања за избор мерне стратегије, са могућностима примене на националном и европском нивоу.

Комисија на основу прегледане докторске дисертације констатује да се у дисертацији разматра врло актуелна тема, да је спроведено истраживање оригинално и да добијени резултати представљају научни допринос и пружају могућност за даља истраживања.

#### **3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу**

Коришћена литература у току израде докторске дисертације одговара изабраној теми. Укупно су наведене 74 референце. Највећи број референци је новијег датума, при чему су оне уско повезане са предметом истраживања у докторској дисертацији.

#### **3.3 Опис и адекватност примењених научних метода**

У дисертацији су за потребе истраживања примењене теоријске, експерименталне и математичке методе.

Први, теоријски део истраживања, има шири контекст. У почетном делу је извршена хронолошка анализа правне регулативе на европском и националном нивоу са циљем указивања на начине решавања проблема који су предмет истраживања докторске дисертације. Образложени су критеријуми за избор индикатора буке у животној средини, како на основу научне оправданости, тако и на основу њихове применљивости у пракси и законодавству. Имајући у виду употребу различитих индикатора буке у појединим европским земљама, различите критеријуме за избор индикатора буке, алтернативе и скуп могућих индикатора буке, у раду су на основу Директиве 2002/49/ЕС дефинисани усклађени индикатори буке за примену у земљама чланицама Европске уније, као физичких величина којима се описује бука коју у животној средини стварају различити извори буке на отвореном простору и које у одређеној мери штетно утичу на људско здравље. Посебна пажња је посвећена теоријским разматрањима утицаја друског саобраћаја на формирање акустичке слике у урбаним подручјима кроз анализу кључних фактора саобраћаја у сложеној градској структури. Примерено предмету истраживања, у раду је извршена и теоријска анализа активности на смањењу нивоа саобраћајне буке које се спроводе кроз четири основне групе мера - смањење буке на извору, смањење распрострања буке, заштиту од буке на месту имисије и економске мере и регулативу.

Посебан део теоријских разматрања у докторској дисертацији се односи на статистичку анализу узорка која је од суштинског значаја за разумевање решавања изнетог проблема, анализу и обраду експерименталних резултата истраживања.

У докторској дисертацији се поклања нарочита пажња вишекритеријумској оптимизацији. Теоријски се сагледавају и анализирају могућности које пружа вишекритеријумска оптимизација са циљем избора адекватне методе за избор мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини.

Наведено теоријско истраживање је реализовано прегледом и консултовањем иностране и домаће актуелне и компетентне литературе. Синтезом наведених сазнања дефинисан је најпогоднији приступ за практично решење идентификованог проблема.

Експериментални део истраживања у докторској дисертацији је заснован на мерењима индикатора буке у животној средини на локацијама од интереса за истраживање, при чему је коришћена одговарајућа мерна опрема, подешена за генерисање више периодичних извештаја мерења, чији су резултати у каснијем делу истраживања служили као основа у процесу вишекритеријумске оптимизације варијантног решења дискутованог проблема.

Математички приступ решавању постављеног проблема у докторској дисертацији применом вишекритеријумске оптимизације садржи четири основне фазе:

1. Поставка проблема - одређивање скупа алтернатива и критеријума;
2. Одређивање релативне важности (тежине) критеријума коришћењем одговарајућих техника са циљем сузбијања субјективизма;
3. Избор адекватне методе вишекритеријумске оптимизације за решавање конкретног проблема, узимајући притом у обзир и могућност коришћења експертних система са уграђеним базама случајева;
4. Проучавање стабилности решења најбоље алтернативе на промене извесних улазних података.

На основу прегледане докторске дисертације може се закључити да су примењене научне методе у потпуној сагласности са спроведеним истраживањем.

### **3.4 Применљивост остварених резултата**

Приступ истраживања у докторској дисертацији представља нови оригиналан начин решавања проблема избора мерне стратегије за одређивање годишњих вредности индикатора буке применом вишекритеријумске оптимизације.

Остварени резултати у докторској дисертацији стварају могућност економичног коришћења расположиве мерне опреме чиме се утиче на ефикасност мониторинга буке кроз могућност обраде већег броја локација у току године истом мерном опремом, као и на ефективност с обзиром на то да се у краћим временским интервалима обезбеђују довољно тачни и прецизни подаци о вредностима индикатора буке на обрађиваним локацијама.

Развијена методологија за избор временског интервала мерења полуперманентног мониторинга буке у сврху процене годишње вредности индикатора буке, анализирана и потврђена у раду за три мерна места са врло приближним саобраћајним оптерећењем од око 1 000 возила/сат, указује на седмични интервал мерења буке као оптимално решење са становишта постављених критеријума.

Као полазна тачка, резултати докторске дисертације се могу након анализе и провере за конкретне случајеве уврстити у Програме мониторинга буке у животној средини на територији свих локалних самоуправа на територији Републике Србије које су у обавези да спроводе његову реализацију.

Будући да стратегија утврђивања годишњих вредности индикатора буке са становишта дужине интервала мерења није дефинисана ни на европском нивоу, резултати и методологија који су приказани у докторској дисертацији могу да послуже као основа за развој новог оригиналног концепта утврђивања годишњих вредности индикатора буке у животној средини према различитим категоријама мерних локација са становишта саобраћајног оптерећења.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1 Приказ остварених научних доприноса**

Доприноси предметне докторске дисертације се на основу постигнутих резултата и формираних закључака могу систематизовати на следећи начин:

1. Употребом вишекритеријумске оптимизације остварен је оригиналан приступ и квалитативни помак у доношењу одлука о примени адекватне мерне стратегије у смислу дужине временског интервала мерења индикатора буке на основу задатих критеријума и постављених ограничења са циљем стварања услова за максималну експлоатацију расположиве мерне опреме.
2. Потврђена је претпоставка да је мерном стратегијом са знатно краћим интервалом мерења могуће обезбедити информацију о годишњим вредностима индикатора буке које битно не одступају од правих вредности за случај локација са релативно великим саобраћајним оптерећењем.
3. Утврђено је да климатски услови са релативно благим променама током године не утичу на вредности индикатора буке, због чега се за спровођење мерења на локацијама са великим саобраћајним оптерећењем може изабрати било која седмица током године, при чему ограничење приликом избора седмице за реализацију мерења чине празници и планиране манифестације током којих се очекује повећана акустичка активност на мерној локацији.

Свеобухватни научни допринос докторске дисертације се огледа у примени вишекритеријумске оптимизације са циљем дефинисања временских интервала полуперманентних мониторинга буке друмског саобраћаја у најурбанијим деловима градских средина чији ће резултати мерења релевантних индикатора буке са задовољавајућом тачношћу и прецизношћу одсликавати њихове годишње вредности. На тај начин су испуњени услови за рационално коришћење расположиве мерне опреме у смислу омогућавања прикупљања информација о акустичком оптерећењу далеко већег броја локација током године.

#### **4.2 Критичка анализа резултата истраживања**

Кандидат је у дисертацији критички размотрио проблеме рационалног избора временског интервала полуперманентног мониторинга индикатора буке за више локација са сличним саобраћајним карактеристикама применом вишекритеријумске оптимизације.

Проблем избора мерне стратегије за процену годишње вредности индикатора буке у животној средини је у докторској дисертацији решаван применом PROMETHEE методе, којом је могуће обухватити све релевантне захтеве постављене од стране истраживача.

Развијена методологија одређивања временског интервала полуперманентног мониторинга буке са циљем процене годишњих вредности индикатора буке за случајеве обухваћене докторском дисертацијом представља нов и оригиналан приступ решавању постављеног проблема.

Анализом постављених хипотеза, циљева истраживања и добијених резултата, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на сва битна питања која произилазе из разматране проблематике.

Докторском дисертацијом су додатно трасирани правци будућег истраживања које треба да буде усмерено ка верификацији изнетих резултата и закључака у околностима сличног саобраћајног оптерећења и различите геометрије саобраћајница и конфигурације терена, затим различитог саобраћајног оптерећења, као и кроз примену још неких од метода вишекритеријумске оптимизације које одговарају структури изложеног проблема.

### **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Докторска дисертација кандидата под насловом „Вишекритеријумска оптимизација избора мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини“ је резултат оригиналног научног рада кандидата мр Дарка Михајлова у научној области *Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду*, ужој научној области *Физичке опасности у радној и животној средини* и представља савремен и оригиналан научни допринос у области решавања проблема буке у животној средини.

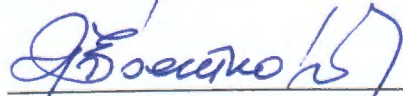
Написана је у складу са образложењем наведеним у пријави теме докторске дисертације и садржи све битне елементе од значаја за оцену испуњености обима и квалитета. Резултати истраживања постигнути у овој докторској дисертацији потврђују да је остварен циљ истраживања, тј. развијен је модел за процену годишњих вредности индикатора буке у животној средини на основу примене оптималне мерне стратегије у смислу дужине временског интервала мерења индикатора буке која је изабрана вишекритеријумском оптимизацијом на основу задатих критеријума и постављених ограничења.

Докторска дисертација представља оригинални научни допринос који се огледа у примени вишекритеријумске оптимизације са циљем дефинисања временских интервала полуперманентних мониторинга буке друмског саобраћаја у најурбанијим деловима градских средина чији се резултати мерења релевантних индикатора буке са задовољавајућом тачношћу и прецизношћу могу користити за процену годишњих вредности индикатора буке.

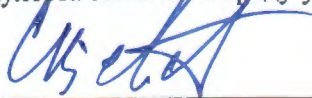
Имајући у виду квалитет, оригиналност и научни допринос постигнутих резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета заштите на раду у Нишу да прихвати Извештај о урађеној докторској дисертацији под насловом „Вишекритеријумска оптимизација избора мерне стратегије за процену дуготрајне вредности индикатора буке у животној средини“ кандидата мр Дарка Михајлова, дипл. инж. маш., и одобри усмену јавну одбрану.

У Нишу,  
14. 06. 2016. год.

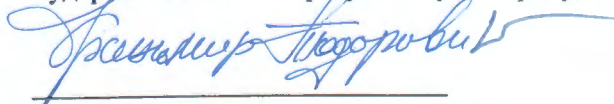
Чланови Комисије:



Др Драган Цветковић, редовни професор  
Факултета заштите на раду у Нишу, председник



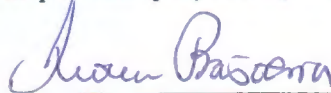
Др Александар Цвјетић, ванредни професор  
Рударско-геолошког факултета у Београду, члан



Др Бранимир Тодоровић, ванредни професор  
Природно-математичког факултета у Нишу, члан



Др Дејан Тирић, ванредни професор  
Електронског факултета у Нишу, члан



Др Момир Прашчевић, редовни професор  
Факултета заштите на раду у Нишу, ментор, члан



## **ПРИЛОГ: Верификација научних доприноса**

Кандидат мр Дарко Михајлов је у својству аутора и коаутора у периоду израде докторске дисертације објавио следеће радове из уже научне области којој припада докторска дисертација:

### Радови у часописима са ИМПАКТ фактором:

1. D. Mihajlov, M. Praščević: "Permanent and Semi-Permanent Road Traffic Noise Monitoring in the City of Niš (Serbia)", Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 34, No. 3, pp. 251-268, <http://dx.doi.org/10.1260/0263-0923.34.3.251>, 2015, (M23), [IF: 0.409]
2. M. Praščević, D. Cvetković, D. Mihajlov: "Measurement and evaluation of the environmental noise levels in the urban areas of the city of Nis (Serbia)", Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 186, pp. 1157-1165, <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-013-3446-2>, 2014 (M22), [IF: 1.679]
3. M. Praščević, D. Cvetković, D. Mihajlov, Z. Petrović, B. Radičević: „Verification of NAISS model for road traffic noise prediction in urban area“, Elektronika ir Elektrotehnika, Vol. 19, No. 6, pp. 91-94, <http://dx.doi.org/10.5755/j01.eee.19.6.1294>, 2013 (M23), [IF: 0.561]

### Радови у осталим часописима:

1. D. Mihajlov, M. Praščević, A. Gajicki: „Assessment of harmful health impact of environmental noise“, Facta universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection, Vol. 12, No. 1, pp. 9-16, <http://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUWorkLivEnvProt/article/view/649/723>, 2015 (M51)
2. A. Gajicki, V. Babić, M. Praščević, D. Mihajlov: „Strategic noise maps for major roads – the first results in Serbia“, Facta universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection, Vol. 12, No. 1, pp. 17-27, <http://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUWorkLivEnvProt/article/view/644/722>, 2015 (M51)
3. M. Praščević, D. Mihajlov: „Noise indicators determination based on long-term measurements“, Facta universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection, Vol. 11, No. 1, pp. 1-11, 2014 (M51)

### Радови на научним скуповима међународног значаја:

1. M. Praščević, D. Mihajlov, D. Cvetković: „Permanent and semi-permanent noise monitoring – first results in the city of Niš“, in Proc. of 24<sup>th</sup> International Conference „Noise and Vibration“, ISBN: 978-86-6093-062-2, pp. 33-40, Niš, 2014