

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
САОБРАЋАЈНОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

|  |       |          |         |
|--|-------|----------|---------|
| САОБРАЋАЈНИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ |       |          |         |
| Примљено: 27 JUL 2017                        |       |          |         |
| Бр. /  | Бр. / | Примљено | Преглед |
| 704/4  |       |          |         |

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Марка Николића, дипл. инж. саобраћаја.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду, Саобраћајног факултета бр. 704/3 од 12.07.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Марка Николића под насловом

**„МОДЕЛ ИЗБОРА РУТЕ ПУТОВАЊА ЗАСНОВАН НА ПРЕДХОДНО СНИМЉЕНИМ ПОДАЦИМА НА УЛИЧНОЈ МРЕЖИ“**

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

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

На основу предатих захтева кандидата Марка Николића, дипл инж. саобраћаја и донетих одлука од Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета, хронологија одобравања и израде дисертације је следећа:

- 23.06.2016. кандидат, Марко Николић, дипл инж. саобраћаја, поднео је пријаву теме докторске дисертације Наставно-научном већу Саобраћајног факултета, уз захтев да се спроведе поступак за оцену подобности кандидата и предложене теме и за ментора предложио др Јадранку Јовић, редовног професора Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета.
- 12.07.2016. на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука (одлука бр. 649/4 од 13.07.2016. године) о формирању Комисије за

оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације.

- 24.10.2016. Комисија за оцену подобности кандидата и теме за израду докторске дисертације поднела је позитиван извештај Наставно-научном већу Саобраћајног факултета о одбрани предлога истраживања у оквиру пријаве докторске дисертације (извештај бр. 649/9).
- 08.11.2016. на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука (одлука бр. 649/10 од 10.11.2016. године) о прихватању позитивне оцене Комисије за оцену подобности кандидата и теме и о предлогу да за ментора буде именована др Јадранка Јовић редовни професор Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета
- 21.11.2016. на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду донета је одлука (одлука бр. 61206-5879/2-16) којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Марка Николића, дипл. инж. саобраћаја
- 05.07.2017. кандидат Марко Николић, дипл. инж. саобраћаја, поднео је неукоричени примерак завршене докторске дисертације уз захтев Наставно-научном већу Саобраћајног факултета за почетак поступка за оцену и одбрану докторске дисертације
- 11.07.2017. на седници Наставно-научног већа Саобраћајног факултета донета је одлука (одлука бр. 704/3 од 12.07.2017. године) о формирању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Марка Николића, дипл. инж. саобраћаја.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада области техничко-технолошких наука, подручје Саобраћајно инжењерство, ужој научној области „Планирање саобраћаја и саобраћајне инфраструктуре“ за коју је матичан Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет.

Ментор, др Јадранка Јовић, дипл. инж. саобраћаја, редовни професор Саобраћајног факултета, бави се научно истраживачким радом у области саобраћајног инжењерства – планирање саобраћаја и саобраћајне инфраструктуре. У досадашњем раду, др Јадранка Јовић објавила је, као аутор или коаутор, 4 основна и помоћна уџбеника. Аутор је, или коаутор преко 60 радова, 10 на СЦИ листи, 11 радова у домаћим часописима и преко 40 на међународним и домаћим научним и стручним скуповима. Учествовала је у изради преко 70 пројеката и студија у земљи и иностранству, као планер, коаутор и аутор, од којих на преко 20 као руководиоца.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Марко Николић, дипломирани инжењер саобраћаја, рођен је 30. јуна 1986. године у Бору. Основну школу и природно-математички смер у Гимназији „Бора Станковић“ у Бору је завршио са одличним успехом. Саобраћајни факултет, одсек Друмски саобраћај и транспорт, смер Саобраћајни, је уписао школске 2005/2006. године. Током студија био је стипендиста Министарства просвете Републике Србије од 2006. до 2009. године. Основне академске студије је закључно са одбраном завршног рада, под називом

„Управљања транспортним захтевима у зони "Град на води" [у Београду]", завршио октобра 2009. године, са просечном оценом 8,60. Мастер академске студије је уписао школске 2009/2010. године, на одсеку Саобраћајно инжењерство, које је завршио закључно са одбраном мастер рада под називом „Утицај временских прилика на карактеристике кретања у Београду“ априла 2011. године, са просечном оценом 9,38. Школске 2013/2014. године је уписао Докторске академске студије на Саобраћајном факултету, Универзитета у Београду. Испите предвиђене планом и програмом докторских студија положио је са оценом 9,60. Тренутно је запослен у ЈП „Пошта Србије“, на пословима везаним за управљање транспортом и контролу процеса прераде пошљака. Аутор је једног научног рада објављеног у часопису на СЦИ листи, једног рада објављеног у часопису од националног значаја и рада презентованог на научном скупу од међународног значаја.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Марка Николића написана је у складу са „Упутством за обликовање докторске дисертације“ које је 14.12.2011. године усвојио Сенат Универзитета у Београду у оквиру „Упутства за формирање репозиторијума докторских дисертација“. Дисертација је написана латиничним писмом, једнострано, укупног обима од 245 страна са 67 слика и 24 табеле. На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, а затим садржај, листа табела, слика и коришћених скраћеница. Докторска дисертација састоји се од седам поглавља, датих на 171 страни, под следећим називима:

1. Увод
2. Преглед релевантне литературе
3. Методологија прикупљања података
4. Методологија за обраду података
5. Модел за генерисање скупа алтернативних рута
6. Модел избора руте путовања
7. Закључак

Након закључка дат је списак литературе који садржи 141 библиографску јединицу које су коришћене у изради докторске дисертације. У наставку, кроз десет прилога представљене су теоријске поставке потребне за разумевање примењених метода и приступа. На крају, дата је биографија аутора и потписане Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу докторског рада.

Према структури рада, примењеним научним методама и постигнутим резултатима, дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде предвиђене за овакву врсту научног рада.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **првом** поглављу су представљени и описани мотиви, који су навели кандидата да изучава изабрану тему. Такође, описан је предмет истраживања и наведени су главни научни циљеви дисертације. С тим у вези, усвојене су почетне хипотезе и објашњени су очекивани научни доприноси.

У **другом** поглављу су описана досадашња истраживања и постигнути резултати из области моделирања скупова алтернативних рута, модела избора руте путовања, метода за одређивање времена путовања и мапмечинг (енг. mapmatching) модела. Овим приказом је оквирно представљен значај наведених области у планирању саобраћаја, и издвојени су проблеми и недостаци постојећих методологија.

У **трећем** поглављу је описана изабрана метода за прикупљања података, систем покретних детектора. Наведена је временска и просторна обухватност истраживања, као и квалитативне и квантитативне карактеристике прикупљеног узорка путем уређаја за сателитску навигацију, инсталираних у одбраној флоти. Овим путем је дефинисана основа која је коришћена за изградњу модела за обраду података, као и модела за дефинисање скупа алтернативних рута и модела избора руте путовања.

У **четвртном** поглављу је представљена методологија за обраду ГПС података, која се састоји из четири главне целине. Методологија је конципирана за имплементацију у сврху добијања валидних података, који се могу имплементирати у истраживањима из уже научне области „Планирање саобраћаја и саобраћајне инфраструктуре“. Прва целина у предложеној методологији врши филтрирање података на основу задатих правила. Друга целина представља значајан допринос дисертације у којој је представљен нови начин за поклапање ГПС података са уличном мрежом (енг. mapmatching) применом генетског алгорита, који је приказао висок ниво прецизности у односу на постојеће моделе. Трећа целина, представља опис аутоматизованог начина екстракције саобраћајних параметара (просторна брзина, време путовања, проток итд.) из предходно обрађених података. Четврта целина описује предложен модел за прогнозу недостајућих вредности просторних брзина на уличној мрежи за уличне деонице, који је базиран на неуронским мрежама. На крају поглавља је приказан начин примене ових модела приликом обраде прикупљених података.

У **петом** поглављу је описана проблематика везана за дефинисање скупа алтернативних рута у моделима избора руте путовања. С тим у вези, представљен је предложен модел за дефинисања скупа алтернативних рута, који је базиран на алгоритму гранања и ограничења са применом некомензациских стратегија одлучивања. Такође, модел је калибрисан за узорак возача чији су подаци коришћени у овом истраживању. Коришћењем методе откривених преференци, одређен је начин понашања корисника приликом одабира путање кретања. Поред тога, предложени модел је валидиран коришћењем стварних података у тестовима за одређивање прецизности и времена рада, путем којих су перформансе предложеног приступа упоређене са постојећим моделима. Овим путем, постигнута су значајна побољшања у виду поузданости добијених резултата у односу на скупове генерисане постојећим моделима.

У **шестом** поглављу су представљени резултати у моделу избора руте путовања, добијени синтезом модела за дефинисање алтернативних рута путовања и методологије за обраду података. Такође, анализирани су карактеристике параметара, који су екстраковани из ГПС података, при чему су квантификоне вредности њихових коефицијената у функцији корисности за различите дужине путовања.

У **седмом** поглављу приказана су закључна разматрања и дефинисани су правци будућих истраживања.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

У дисертацији су представљене нове методе за обраду ГПС података и генерисање скупа алтернативних рута у моделима избора руте путовања, које представљају савремен и оригиналан допринос у планирању саобраћаја. Актуелност дисертације се огледа у великом броју истраживања која су базирана на примени савремених технологија приликом изградње прецизних модела за прогнозу будућих транспортних захтева. Овај тренд је условљен растућим проблемима у саобраћају, који су у највећој мери проузроковани загушењима током вршних периода. С обзиром на генерисање све већих временских и новчаних губитака свих учесника у саобраћају и пораста степена моторизације, модели који на поуздан начин прогнозирају транспортне захтеве на уличној мрежи, постају све значајнији у процесу планирања саобраћаја.

Оригиналност дисертације се огледа у конструисању модела за генерисање скупа алтернативних путовања, који показује значајан ниво унапређења са аспекта прецизности и конзистентности модела у односу на постојеће приступе, а које је могуће применити на уличној мрежи више резолуције. Поред наведеног, допринос се огледа и у конструисању поузданог мапмечинг модела, који је достигао висок ниво поузданости приликом обраде ГПС података у оперативном временском периоду (оригиналност овог приступа је потврђена публикацијом модела у међународном часопису, M21 категорије).

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

Списак литературе садржи 141 библиографску јединицу које су коришћене у изради дисертације. Литература је релевантна за предмет и циљеве истраживања. Кандидат је у дисертацији правилно реферисао бројне научно-стручне радове, монографије, уџбенике и студије и показао је висок ниво познавања резултата истраживања у најважнијој класичној и савременој литератури из предметне области.

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

При изради докторске дисертације, поред општих метода научних истраживања, примењени су и хеуристички алгоритми, метода откривених склоности, методе машинског учења и модели дискретног избора. Подаци коришћени у истраживању су прикупљени системом покретних детектора, који се састоји од возила опремљених уређајима за навигацију. Поред тога, предложени модели су верификовани и калибрисани на великом узорку снимљених кретања возила (око три милиона ГПС записа).

Изабране и коришћене методе су адекватне и у потпуности одговарају предмету и циљевима истраживања.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Практична примена модела за генерисање скупова алтернативних рута се огледа кроз директну примену у транспортним моделима градова, приликом процене и прогнозе транспортних захтева током фазе оптерећења уличне мреже. Поред наведеног,

дефинисане функције корисности поред директне примене у моделима избора руте путовања, поседују примену и у проблемима рутирања возила. Ове функције су калибрисане за путовања генерисана од стране професионалних возача, и могу се користити само за путовања генерисана од стране сличне популације корисника за кретања са истим карактеристикама (транспорт робе на територији града). Такође, представљени модели могу се применити у процесу вредновања ефеката саобраћајних мера и стратегија, који су конструисани како би унапредили прецизност постојећих транспортних модела и повећали поузданост добијених резултата. Са друге стране, предложена методологија за обраду ГПС података поседује практичну примену у истраживањима која користе откривене преференце и параметре о времену путовања на уличним деоницама. Такође, предложени мапмечинг модел поседује примену у апликацијама за навигацију возила са ниском фреквенцом читавања ГПС података.

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

На основу вишегодишњег рада са кандидатом на изради докторске дисертације и анализом остварених резултата, Комисија сматра да је кандидат несумњиво показао способност за самосталан научно истраживачки рад. Такође, кандидат је доказао своју способност за самостални рад објављивањем научног рада у међународном часопису Expert Systems with Applications и успешним излагањем на међународној конференцији TES 2015, а који су проистекли из његовог истраживачког рада.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

На основу прегледа докторске дисертације кандидата Марка Николића, дипл. инж. саобраћаја, Комисија сматра да су најважнији остварени оригинални научни доприноси следећи:

- формиран је бихевиористички модел за генерисање скупа алтернативних рута, путем којег је веродостојно симулиран начин креирања скупа алтернативних рута од стране корисника,
- дефинисан је модел избора руте путовања транспортних токова на основу снимљених ГПС података, који је компатибилан са моделима за утврђивање просторне расподеле путовања,
- испитан је утицај поузданости времена путовања и фреквенце коришћења појединачних уличних деоница на просторну расподелу транспортних токова,
- одређени су показатељи који указују на начин понашања корисника приликом одабира руте путовања,
- дефинисане су функције корисности за различите дужине путовања, које су калибрисане коришћењем снимљених изабраних путања од стране професионалних возача,
- креиран је иновативан мапмечинг модел, који је достигао висок ниво прецизности, и којим је показано да се у овим проблемима на ефикасан начин може применити метода динамичког увијања времена и генетског алгорита,
- формирана је методологија за обраду ГПС података са сврхом имплементације у истраживањима из области планирања саобраћаја.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати постигнути моделом за генерисање скупа алтернативних рута указују на чињеницу да је овим приступом постигнут значајан допринос у унапређењу научних знања из разматране области у односу на досадашње публиковане резултате осталих истраживања. Предложени модел је знатно прецизнији од постојећих модела који се могу имплементирати на уличној мрежи високе резолуције. Предложен модел је унапредио начин генерисања скупова и пружа конкретна решења за дефинисање максималног броја алтернатива у скупу, начина примене бихевиористичких стратегија приликом доношења одлука у ситуацијама у којима постоји велики број потенцијалних алтернатива, начина имплементирања вишекритеријумских оцена приликом генерисања скупа, као и конзистентног достизања високих вредности оцена преклапања генерисаних алтернатива са одабраном рутом од стране корисника. Такође, добијени резултати указују на приоритет различитих параметара алтернатива када се врши одабир руте и откривају шаблоне понашања професионалних возача, приликом избора руте на уличној мрежи.

Поред наведених остварених доприноса у моделима избора руте путовања, добијени резултати у дисертацији пружају основу за даљи развој ове научне области и у националним оквирима.

Поред тога, изграђена је иновативна методологија за обраду велике базе ГПС података, која је верификована помоћу стварних података прикупљених на уличној мрежи. Тим путем је установљено да је предложени мапмечинг модел достигао висок ниво прецизности приликом поклапања ГПС података са просторним подацима о уличној мрежи. Добијени резултати указују да се предложена методологија за обраду ГПС података са успехом може применити у научним истраживањима и у оперативне сврхе.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси докторске дисертације верификовани су и објављивањем резултата истраживања у оквиру докторске дисертације у међународним часописима и саопштавањем резултата истраживања на међународним и домаћим скуповима.

Списак радова кандидата објављених у научним часописима и на скуповима:

Категорија М21:

- **Nikolić M., Jović J.,** (2017). Implementation of generic algorithm in map-matching model. Expert Systems with Applications, 72, pp. 283-292 (IF: 2.981)

Категорија М51:

- **Николић М.,** Јовић Јадранка Ј., Вукановић Смиљан М., Истраживања могућности примене ФЦД система у Београду, Техника, вол. 70, бр. 5, стр. 845-854, 2015.

Категорија М33:

- **Николић М.,** Јовић Ј., Примена података о времену путовања у моделима оптерећења уличне мреже, XI Саветовање о техникама регулисања саобраћаја, Сомбор, 2015.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ


Имајући у виду квалитет истраживања, сложеност проблема и значај резултата који су приказани, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Марка Николића дипл. инж. саобраћаја, представља вредан научни допринос у области планирања саобраћаја и саобраћајне инфраструктуре.


Комисија сматра да је докторска дисертација кандидата Марка Николића оригиналан, савремен и значајан научни рад, који доказује потпуну научно-истраживачку зрелост Кандидата и представља у пракси примењив научни допринос. Дисертација има све потребне елементе који задовољавају услове предвиђене Статутом Универзитета у Београду и Статутом Саобраћајног факултета за стицања научног звања Доктора техничких наука.


Комисија предлаже Наставно-научном већу Саобраћајног факултета да се докторска дисертација под називом „МОДЕЛ ИЗБОРА РУТЕ ПУТОВАЊА ЗАСНОВАН НА ПРЕДХОДНО СНИМЉЕНИМ ПОДАЦИМА НА УЛИЧНОЈ МРЕЖИ“ кандидата Марка Николића, дипл. инж. саобраћаја, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, односно да се одобри јавна одбрана.

У Београду, 27.7.2017. године

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

  
Проф. др Јадранка Јовић,  
Саобраћајни факултет Универзитета у Београду

  
Проф. др Милан Мартић,  
Факултет организационих наука Универзитета  
у Београду

  
Доцент др Владимир Ђорић,  
Саобраћајни факултет Универзитета у Београду