

Грађевински факултет  
Бр.99/20-13  
16. септембар 2014.

**ЗАХТЕВ**

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 57.ст.3 Закона о Универзитету (Службени гласник РС бр.21/02), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Милева /Спасоје/ Самарцић- Петровић, дипл. геод.инж.**

**„ ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА У КОРИШЋЕЊУ ЗЕМЉИШТА ПРИМЕНОМ  
МОДЕЛА ВОЂЕНИХ ПОДАЦИМА ( DATA - DRIVEN MODELS)“**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

**Милева /Спасоје/ Самарцић- Петровић, дипл. геод.инж. пријавила је докторску дисертацију под насловом:**

**„ ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА У КОРИШЋЕЊУ ЗЕМЉИШТА ПРИМЕНОМ  
МОДЕЛА ВОЂЕНИХ ПОДАЦИМА ( DATA - DRIVEN MODELS)“**

Универзите је дана **24. 09. 2013 .** године својим актом дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**„ ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА У КОРИШЋЕЊУ ЗЕМЉИШТА ПРИМЕНОМ  
МОДЕЛА ВОЂЕНИХ ПОДАЦИМА ( DATA - DRIVEN MODELS)“**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Милеве /Спасоје/ Самарцић- Петровић, дипл. геод.инж.** образована је на седници **12.06.2014.** године одлуком Факултета бр. **99/17-13** у саставу:

**1. Проф. др Бранислав Бајат, дипл. геод. инж.**

Научна област Геодезија у инжењерским областима и менаџмент и моделовање у геодезији, Грађевински факултет, Београд

**2. Проф. др Милош Ковачевић, дипл. ел.инж.**

Научна област Информатика у грађевинарству и геодезији, Грађевински факултет, Београд

**3. Проф. др Жељко Цвијетиновић, дипл. геод. инж.**

Научна област Фотограметрија и даљинска детекција и земљишни информациони системи, Грађевински факултет, Београд

**4. Проф. др Сузана Драгићевић, дипл. геод. инж.**

Научна област Геоинформатика, (Simon Fraser University, Canada)

**5.Проф.др Дејан Ђорђевић, дипл. пр. планер.(Географски факултет, Београд)**

Научна област Просторно планирање, Географски факултет, Београд

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној **11.09.2014.** године.

ДЕКАН  
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

**Проф. др Душан Најдановић, дипл. инж. грађ.**

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

**Предмет:** Подобност теме и кандидата Милеве Самарцић-Петровић за израду докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 99/3 од 07.03.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата асистента студента докторских студија Милеве Самарцић-Петровић, дипл. геод. инж. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „МОДЕЛИРАЊЕ ВОЂЕНО ПОДАЦИМА ЗА ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА КОРИШЋЕЊА ЗЕМЉИШТА“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи:

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Подаци о кандидату

#### 1.1. Биографски подаци

Општи подаци:

Име и презиме: Милева Самарцић-Петровић

Датум рођења: 03.06.1980. године

Место рођења: Хамбург, Р.Немачка

Образовање и усавршавање:

- Завршила основну школу „Милош Црњански“ и средњу техничку школу „Јован Вукановић“, смер геодезија у Новом Саду.
- Уписала Грађевински факултет у Београду, 1999. године. Дипломирала 2007. године на одсеку геодезија са просечном оценом 8,30 (осам и 30/100) и оценом 10 (десет) на дипломском раду са темом „Одређивање геоида Републике Србије коришћењем методе ГПС нивелмана“.
- Докторске студије уписала 2007. године на Грађевинском факултету и положила све наставним планом предвиђене испите са просечном оценом 9,88 (девет и 88/100).
- Одлично влада софтверским пакетима из области Географских информационих система. Активно пише и говори енглески језик.

- Била је на студијском путовању у Немачкој (Штудгарт, Карлсруе и Минхен) у периоду од 23-29.11.2008 у циљу упознавања образовања на универзитетима у Немачкој, успостављања мреже са удружењима студената из Немачке, упознавања са практичном обуком и оспособљавања за оптимизацију/модернизацију академског образовања у области геодезије.
- Учествовала је у “GIS project seminar in Serbia-GIS application for urban environment planning using the example of Subotica“ 16.03.-26.05.2009, у оквиру Немачко-Српског пројекта Land Management/Cadastral in Serbia (LAMCAD). Циљ пројекта је био да се уз помоћ професора са Technische Universität Munich, Department of GIS (TUM-GIS), студентима пружи образовање из области ГИС-а, кроз теоретска предавања, практичне вежбе у рачунском центру, као и теренске вежбе у сарадњи са општином града Суботица.
- Успешно завршила обуку за коришћење е-Learning система на MOODLE платформи. Обуку је организовала Академска мрежа Србије и рачунски центар Универзитета У Београду.

## **1.2. Стечено научно истраживачко искуство**

Кандидат је положио све наставним планом предвиђене испите:

1. Функционална анализа са применама 10 (десет)
2. Методе оптимизације у геодезији 10 (десет)
3. Физичке основе мерних технологија у геодезији 10 (десет)
4. Сателитско позиционирање и навигација 10 (десет)
5. Дигитално моделирање терена-напредни курс 10 (десет)
6. Геоморфометрија 10 (десет)
7. Математички модели геодетске астрономије 9 (девет)
8. Геостатистика 10 (десет)

Поред наставним планом предвиђених испита кандидат је школске 2011/2012 године похађао предавања из предмета Машинско учење у просторним анализама.

### Ангажовање у настави

Током студирања, школске 2006/2007 године, Милева Самарцић-Петровић је била ангажована као студент демонстратор на предметима: Геодезија, Геодетска метрологија, Геодетски премер 2, Геодетски премер 3, Практична настава из Геодетског премера.

У звање асистента-студента докторских студија за ужу научну област Инжењерска геодезија на Грађевинском факултету у Београду, први пут је изабрана 01.01.2008. године. Због остварених очекиваних резултата, након три године одлуком Изборног већа Грађевинског факултета реизабрана је у исто звање. Активно учествује у припреми и извођењу вежби на следећим предметима:

1. Геодезија (студијски програм грађевинарство, сви модули).
2. Геодезија саобраћајнице (студијски програм грађевинарство, модул Путеви, аеродроми и железнице).

3. Геоинформациони системи (студијски програм грађевинарство, модули Путеви, аеродроми и железнице, Хидротехника и водно-еколошко инжењерство и Менаџмент, технологије и информатика у грађевинарству).
4. Природни ресурси (студијски програм геодезија и геоинформатика, модул Управљање непокретностима).
5. Практична настава из предмета Виша геодезија и Основе геодетских референтних мрежа (школска 2007/2008 и 2008/2009 година).

Учешће у научно-истраживачким пројектима:

1. Април 2008-децембар 2011., “Истраживање оптималног модела интеграције података државног премера и новог референтног система Републике Србије“, ТР 16022. Руководилац пројекта: Синиша Делчев, Грађевински факултет, Универзитет у Београду. Финансиран од стране Министарства науке Р. Србије.
2. Април 2008-децембар 2011., “Одрживи развој и уређење бањских и других туристичких насеља Србије“, ТР 16007. Руководилац пројекта: Мила Пуцар, Институт за архитектуру и урбанизам Србије. Финансиран од стране Министарства науке Р. Србије.
3. Јануар 2011- 2014., “Улога и имплементација државног просторног плана и регионалних развојних докумената у обнови стратешког истраживања, мишљења и управљања у Србији“, ТР 47014. Руководилац пројекта: Јасна Петрић, Институт за архитектуру и урбанизам Србије. Финансиран од стране Министарства науке Р. Србије.

Научни радови:

Рад у научном часопису националног значаја објављен у целини:

1. Самарцић М., Миленковић М.: *Shuttle Radar Topography Mission – доступност података и остварена тачност*, Гласник српског географског друштва, vol. 90, бр. 1, 2010, стр. 51-72.
2. Вајат В., Крунић Н., Килибарда М., Самардџић-Петровић М.: *Spatial Modelling of Population Concentration Using Geographically Weighted Regression Method*, Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijic” SASA, vol. 61(3), 2011, pp. 151-167.

Рад у водећем часопису националног значаја објављен у целини:

1. Бакић О., Крунић Н., Самарцић М.: *ГИС у изради урбанистичког плана - пример Врњачке Бање*, Архитектура и урбанизам, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, бр. 26, 2009, стр. 56-65.

Научна монографија, или поглавље у монографији са више аутора:

1. Самарцић М., Вајат В., Благојевић Д.: *Моделирање урбаног развоја туристичких насеља коришћењем хелијских аутомата*, Монографија: Неки аспекти одрживог просторног развоја Србије, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, 2009, стр. 133-149 (поглавље у монографији).

2. Килибарда М., Самарџић М., Бакић О., Стевановић Стојановић Ј., Крунић Н., Бајат Б.: *Примена AJAX и Google Maps API технологије у Web картографији – пример генералног урбанистичког плана Врњачке Бање*, Монографија: Одрживи развој бањских и туристичких насеља у Србији, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, 2010, стр. 267-302 (поглавље у монографији).
3. Бајат Б., Самарџић М., Недељковић З.: *Дигитални модели терена као подлоге за пројектовање у грађевинарству*, Грађевински календар, Београд, 2010, стр. 399-453 (поглавље у монографији).
4. Бајат Б., Крунић Н., Килибарда М., Самарџић-Петровић М.: *Дасиметријско моделовање насељености за потребе израде просторних планова*, Монографија: Обнова стратешког просторног мишљења, истраживања и управљања у Србији-Књига 1, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, 2011, стр. 151-184 (поглавље у монографији).

Рад у зборнику радова са међународног научног скупа објављен у целини:

1. Bajat, B., Krunic, N., Kilibarda, M., Samardžić-Petrović, M.: *Spatial prediction of human population change*, CD Proceedings of 14th AGILE International Conference on Geographic Information Science, 2011, Utrecht, Netherlands.
2. Samardžić-Petrović M., Nikolić M., Petrović D., Čakširaš N.: *Volume determination by 3D laser scanning method*, "Professional Practice and Education in Geodesy and Related Fields", International Scientific Conference & XXIV Meeting of Serbian Surveyors, Kladovo, Serbia, 2001, pp. 244-249.
3. Анђић С., Тодоровић Дракул М., Грекуловић С., Самарџић Петровић М.: *Савремени геодетски инструменти – примена у инжењерству*, Четврти интернационални научно-стручни скуп, Зборник радова ГНП 2012, 20-24. фебруар 2012, Жабљак, стр. 2207-2214.
4. Bajat B., Kilibarda M., Pejović M., Samardžić-Petrović M.: *Spatial Hedonic Modelling of Dwelling Location Prices Using Auxiliary Maps*, CD Proceedings of RSAI 9th Congress, 2012, 9-12 May 2012, Timisoara, Romani.
5. Bajat B., Samardžić-Petrović M., Kovačević M.: *Assessing similarities between planned and observed land use maps: the Belgrade's municipalities case study*, Symposium GIS Ostrava 2013, CD Proceedings, 21th - 23th January Ostrava.

Саопштење у зборнику радова са међународног научног скупа објављено у изводу:

1. Samardžić Petrović M., Kilibarda M., Bajat B., Krunic N.: *AJAX Technology and Google Maps API Services in WEB Cartography*, Symposium GIS Ostrava 2011, CD Proceedings, 24th - 26th January 2011, Ostrava.

Рад у домаћем часопису:

1. Грекуловић С., Самарџић М.: *Искусва са стручне посете Немачкој- 'follow-up' радионица*, Геодетска служба, Републички геодетски завод, 2009, vol. 38, бр. 111, стр. 39-41.
2. Грекуловић С., Самарџић М.: *Досадашње активности уклапања постојећих државних координатних система у ETRS Републике Србије и земаља у окружењу*, Геодетска служба, Републички геодетски завод, 2009, vol. 38, бр. 111, стр. 32-38.

### Стручни радови:

- Експертиза постојећег пројектованог и изведеног стања одвођења вода из гараже објекта „Ušće shopping center“, Д. Продановић (руководилац), Технички извештај. Институт за хидротехнику и водноеколошко инжењерство Грађевинског факултета. Београд, 2010.
- Елаборат о реализацији осматрања слегања Дома Народне скупштине републике Србије, Б. Бајат (руководилац), Пројектна документација. Институт за геодезију и геоинформатику Грађевинског факултета. Београд, 2012.

### **1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми**

Паралелно са ангажовањем у настави на Грађевинском факултету, кандидат се у свом досадашњем научно истраживачком раду бавио проблемима из области географских информационих система, геопросторним анализама и моделирањем геопросторних података, посебно оних који су везани за урбани развој. Учесник је на пројектима финансираних од стране Министарства за науку Р.Србије од почетка свог ангажовања на факултету. Активно учествује на конгресима и симпозијумима како у земљи тако и у иностранству. Аутор је и коаутор више научних и стручних радова.

Својим досадашњим истраживачким активностима кандидат је испољио креативност, посвећеност и стручност за научни и истраживачки рад. Досадашњи објављени редови и истраживачка делатност кандидата обухвата научну област којој припада тема предложене докторске дисертације, па чланови комисије немају сумње у њену способност да одговори изазову овако сложене докторске дисертациј.

## **2. Предмет и циљ научног истраживања**

### **2.1. Предмет научног истраживања**

Моделирање просторно-временских процеса и феномена представља комплексан задатак који за циљ има да апстрахује реалност како би се што боље разумели сложени динамички процеси који су одговорни за њихову појаву. Модел се најчешће дефинише као поједностављена представа стварности у циљу објашњења или предикције процеса који се моделира. Традиционално, у многим инжењерским дисциплинама примењују се модели базирани на физичким законима или модели вођени знањем (knowledge driven).

Доступност просторних база података, нове технологије аквизиције просторних података (методе даљинске детекције), широка распрострањеност коришћења географских информационих система (ГИС), као и развој објектно-оријентисаних програмских језика, подстакла је све веће интересовање за анализу и моделирање просторних појава у бројним научним и техничким дисциплинама. То је резултирало појавом широког спектра могућности за ефикасно моделирање и праћење просторних појава кроз време и њихову анализу.

Методе *data mining*-а, машинског учења (енг. *machine learning*), меког рачунања (енг. *soft computing*) и сродних дисциплина су омогућиле нови приступ у моделирању - моделирање вођено подацима (енг. *data-driven modeling*). Модели вођени подацима се заснивају на анализи свих података који карактеришу процес који се испитује, посебно у проналажењу веза између разнородних података често и без експлицитног знања о

њиховој узајамној интеракцији. Модел се дефинише на основу веза између променљивих величина (улазне и излазне променљиве, међу-резултати) које карактеришу стања испитиваног процеса. Ови модели су емпиријски модели који на основу улазних и излазних величина (зависних и независних променљивих) процеса који се моделира, одређују правила транзиције и везе између њих. Ослањајући се на учење односа између зависних и независних променљивих у циљу предикције променљивих од интереса може се предвидети понашање процеса у будућности или његово дејство на друге улазне величине.

Методе моделирања вођене подацима, као што су неуронске мреже, системи базирани на фази правилима (енг. *fuzzy rule-based systems*), генетски алгоритми (енг. *genetic algorithms*), *support vector machines* као и многе друге, нашле су широку примену у хидрологији, геологији, урбанизму и осталим гео-дисциплинама.

Предмет ове докторске дисертације је дефинисање модела базираног на методама машинског учења којим се реалније описује и предвиђа промена коришћења земљишта и/или земљишног покривача, коришћењем метода вођених подацима. Том приликом биће примењене методе машинског учења које се баве решавањем проблема класификације.

За потребе генерисања модела вођеног подацима неопходне су информације из најмање два временска пресека о класама коришћења земљишта на анализираном подручју. Предложеним моделом се одређују правила транзиције из једне класе коришћења земљишта у другу, чиме се моделира промена коришћења земљишта. Дефинисани модел може послужити за предикцију промена у наредним временским инстанцама.

Како су промене коришћења земљишта веома сложен просторно-временски процес који зависи од много фактора, моделирање се не може заснивати само на основу сазнања о претходном коришћењу земљишта. У циљу побољшања и добијања што реалнијег модела неки од ових фактора се укључују као додатни, помоћни предиктори. У зависности од нивоа подручја за који се креира модел (за део града, регион или државу; од локалног до глобалног нивоа) и класификације коришћења земљишта ти фактори могу бити различити, попут геоморфолошких (нпр. нагиб терена), демографских (густина становника) и фактора доступности (удаљеност од саобраћајнице, реке, итд.).

Треба напоменути да је употреба ГИС технологије, како у смислу коришћења одговарајућих геопросторних анализа тако и погледу коришћења одговарајућих ГИС софтверских алата, неопходна приликом оваквог начина моделирања. Геопросторни подаци који се користе као улазне и излазне променљиве у оваквим моделима већ су доступни у стандардним векторским или растерским ГИС форматима. Приликом припреме, анализе и визуализације података и добијених резултата користе се све предности ГИС приступа.

## 2.2. Циљ научног истраживања

У сагласности са предметом научног истраживања основни циљ израде докторске дисертације јесте развој модела промене коришћења земљишта и/или земљишног покривача и испитивање и анализа адекватности тих модела за конкретне примене. У циљу добијања погодног модела потребно је извршити:

- Избор адекватне класификације коришћења земљишта (земљишног покривача).

- Оптимизацију резолуције просторних лејера. Како ће се моделирање вршити над растерским подацима потребно је оптимизовати величину пиксела у функцији нивоа детаљности (размере) модела.
- Одређивање значајности атрибута (додатних предиктора) и њихов избор у циљу добијања адекватног модела
- Избор суседства. Како се ради о просторним моделима у којима се простор представља помоћу грида (растера), посебна пажња ће се посветити дефинисању окружења (суседства) и одређивању његовог утицаја за сваку гридну ћелију.
- Креирање модела и избор његових параметара. Циљ је да се избор адекватног модела изврши тестирањем перформанси различитих метода машинског учења и различитим избором атрибута.
- Испитивање могућности генерисања хибридног модела базираног на комбинацији различитих основних метода машинског учења.
- Испитивање адекватности модела, валидације и дискусије добијених резултата у поређењу са моделом заснованом на експертском знању (постојећа просторно планска и урбанистичка документација).

### 2.3. Библиографски извори

Основни библиографски извори релевантни за ово истраживање су:

1. Benenson, I., Torrens, P.M.: *Geosimulation - Automata-based modeling of urban phenomena*, John Wiley & Sons Ltd, Chechester, 2004, 312 pages.
2. Burrough P., McDonnell R.: *Principles of Geographic Information Systems, 2nd Ed*, Oxford: Oxford University Press, 1998, 352 pages..
3. Dragicevic, S.: *Modeling the dynamics of complex spatial systems using cellular automata, fuzzy sets and GIS: Invasive plant species propagation*. Geography Compass. 4(6), 2010, pp. 599–615.
4. Hagen, A.: *Multi Method assessment of map similarity*, Proceedings of the 5th AGILE Conference on Geographic Information Science, 25-27 April, Palma, Spain, 2002, pp.171 –182.
5. Kanevski M., Pozdnoukhov A., Timonin, V.: *Machine Learning for Spatial Environmental Data: Theory, Applications and Software*, Efp Press, 2009 ,377 pages.
6. Kocabas, V., Dragicevic, S.: *Sensitivity analysis of GIS-based cellular automata model*. In International archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ed. by Altman M.O., XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, 12-23 July, 2004, Vol XXXV, Part B
7. O’Sullivan D., Unwin D.: *Geographic Information Analysis*, John Wiley & Sons Ltd, Chechester, 2003, 436 pages.
8. Parker, S. Manson, M. A. Janssen M. Hormann, and P. Deadman: *Multi-Agent Systems for the Simulation of Land Use and Land Cover Change: A Review*, Annals of the Association of American Geographers, 93(2), 2003, pp. 314-337.



9. Rogers S., Girolami M.: *A First Course in Machine Learning*, Chapman & Hall/CRC Machine Learning & Pattern Recognition Published, Chapman and Hall/CRC, 2011, 305 pages.
10. van Vliet, J.: *Assessing the Accuracy of Changes in Spatial Explicit Land Use Change Models*, Proceedings of 12th AGILE International Conference on Geographic Information Science, 2-5 June Hannover, Germany, 2009, <http://www.ikg.uni-hannover.de/agile/fileadmin/agile/paper/131.pdf>.
11. White P., Engelen G.: *High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems*, Computers, Environment and Urban Systems, vol. 24, no. 5, 2000, pp. 383-400.
12. Witten I., Frank E.: *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations*, Morgan Kaufmann Publishers, 2011, 629 pages.

### 3. Полазне хипотезе (претпоставке) научног истраживања

Основна радна хипотеза од које се полази у овом научном истраживању је да се на основу расположивих података о коришћењу земљишта/земљишног покривача из два или више временских пресека и избором адекватних помоћних предиктора, применом метода вођеног подацима, може извршити моделирање промене намене земљишта за расположиве податке на подручју од интереса.

За моделирање промена коришћења земљишта и њихову предикцију неопходне су карте у растерском формату из два или више различита временска периода. На основу података прикупљених методама фотограмetriје и даљинске детекције могуће је обезбедити податке за одређено подручје на територији Републике Србије на основу којих се могу дефинисати пресеци фактичког стања коришћења земљишта. Истовремено на основу планске документације израђене у дигиталном формату (векторски подаци) добијају се планирани (пројектовани) подаци о намени земљишта.

У ГИС софтверском окружењу могуће је извршити анализу и припрему података, како за циљне променљиве, тако и за помоћне предикторе. Адекватни просторни предиктори такође се могу добити на основу података прикупљених методама фотограмetriје, даљинске детекције, као из постојећих проторних база података, док се неки од социо-економских помоћних предиктора могу обезбедити из других извора (нпр. број становника на основу пописа).

### 4. Научне методе истраживања

При изради докторске дисертације, поред општих метода, анализе и синтезе постојећих истраживања из ове области, користиће се и следеће специфичне методе:

- Теорија просторног моделирања.
- Методе анализе геопросторних података.
- Методе селекције атрибута ( нпр. Info Gain,  $\chi^2$  и Gain Ratio).
- Методе машинског учења (нпр. неуронске мреже (енг. *Neurall Network*), стабла одлуке (енг. *Decision Tree*) и др.)
- Методе валидације модела (нпр. основна *Kappa* статистика, модификовани *Kappa* параметри и *ROC* криве).

## 5. Очекивани научни допринос

Један од главних предмета истраживања у геонаукама је опис комплексних динамичких просторних процеса применом и интеракцијом једноставних компоненти. Модели вођени подацима као приступ нуде веома велики и разноврстан спектар могућих модела за опис и предвиђање нелинеарних процеса. Њихова примена у моделирању просторно-временских процеса представља перспективан предмет истраживања, којим се код нас још увек нико није бавио.

Основно питање на које ће кандидат дати одговор је у којој мери се одређене методе модела вођених подацима могу користити за моделирање и предвиђање просторно-временских процеса који се одвијају у оквиру промена коришћења земљишта. Такође ће приликом свог истраживања, поред стандардних метода користити и најактуелније методе селекције атрибута и валидације просторно-временских модела.

Због доступности и атрактивности, кандидат се определио да истраживања врши над подацима коришћења земљишта/земљишног покривача. При истраживању ће се користити подаци добијени од стране Урбанистичког завода Београда, подаци прикупљени методама аерофотограметрије из различитих временских периода за подручје Београда, као и јавно доступни подаци Републичког завода за статистику.

Као резултат анализираних подручја и коришћених података добиће се модел промене коришћења земљишта и карта будућих класа коришћења земљишта. Резултати добијени моделом требало би да представљају полазну основу код одлучивања приликом израде просторно планске документације која се односи на будућу намену простора.

Примарна оправданост тезе је давање новог концепта просторно-временског моделирања промене коришћења земљишта. Промене коришћења земљишта се одвијају на локалном нивоу али имају значајан утицај и на глобалном нивоу, посебно на еколошке трендове и из тог разлога су предмет изучавања многих научних дисциплина. Методологија оваквог начина моделирање може се примењивати и на сличне геопросторне податке и проблематику која се бави просторно-временским процесима, као што су померање Земљине коре, клизишта, урбани развој и друге процесе који се одвијају у простору и времену.

## 6. План истраживања и структура рада

Сходно постављеним циљевима ток планираног истраживања је:

- Преглед постојеће литературе и резултата сличних истраживања.
- Приказ теоријских основа машинског учења у просторним анализама.
- Опис и анализа просторних података (предиктора).
- Креирање модела на бази модела вођених подацима.
- Детаљна анализа и валидација добијених модела.
- Извођење закључака на основу добијених модела.
- Избор адекватног метода за моделирање промена коришћења земљишта.
- Закључна разматрања.

## 7. Закључак и предлог

Предложена тема докторске дисертације је веома актуелна како са становишта научног истраживања тако и са становишта практичне примене резултата предложеног истраживања.

На основу свега наведеног и имајући у виду значај и актуелност предложене теме, као и подобност кандидата, предлагемо Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату Милеви Самарџић-Петровић, дипл.геод. инж., одобри израда докторске дисертације под предложеним насловом:

„МОДЕЛИРАЊЕ ВОЂЕНО ПОДАЦИМА ЗА ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА  
КОРИШЋЕЊА ЗЕМЉИШТА“

Предложена тема припада ужој научној области – Земљишни информациони системи, за коју је матичан Грађевински факултет Универзитета у Београду.

За ментора се предлаже В. проф. др Бранислав Бајат, дипл.геод.инж и за коментора В. проф. Милош Ковачевић, дипл.електр.инж, наставници Грађевинског факултета у Београду.

Београд, 25.03.2013. године

### Чланови комисије:

---

В. проф. др Бранислав Бајат, дипл.геод.инж.,  
Грађевински факултет Универзитета у Београду

---

В. проф. др Милош Ковачевић, дипл.електр.инж.,  
Грађевински факултет Универзитета у Београду

---

Проф. др Сузана Драгићевић, дипл.геод.инж.,  
Simon Fraser University, Department of Geography

---

Проф. др Дејан Ђорђевић, дипл. пр. планер  
Географски факултет Универзитета у Београду

---

Доц. др Жељко Цвијетиновић, дипл.геод.инж.,  
Грађевински факултет Универзитета у Београду

**ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

**КАТЕДРА ЗА ГЕОДЕЗИЈУ И ГЕОИНФОРМАТИКУ**

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА**

**ПРЕДМЕТ:** Предлог промене наслова предложене теме докторске дисертације кандидата Милеве Самарцић-Петровић

На основу ЗАКЉУЧКА донетог на седници ВЕЋА НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА, одржаној 28.05.2013. године, разматран је захтев за корекцију наслова предлога теме докторске дисертације Милеве Самарцић-Петровић, дипл. геод. инж., под називом: „Моделирање вођено подацима за предвиђање промена коришћења земљишта“.

Катедра за геодезију и геоинформатику је сагласна са предлогом ментора в. проф др Бранислава Бајата да се претходно предложени наслов теме коригује и усвоји предлог докторске дисертације са измењеним насловом:

**„ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА У КОРИШЋЕЊУ ЗЕМЉИШТА ПРИМЕНОМ МОДЕЛА ВОЂЕНИХ ПОДАЦИМА (DATA-DRIVEN MODELS)“.**

Предлог је усвојен једногласно на седници Катедре за геодезију и геоинформатику дана 03.07.2013 године.

Београд, 03.07.2013.

**ШЕФ КАТЕДРЕ**

Проф. др Иван Алексић, дипл. геод. инж.



**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

Булевар краља Александра 73  
11001 Београд  
П. фах 895  
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 1. тачка 23. Статута Грађевинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној дана 11.07.2013. године, донело је

## **ОДЛУКУ**

Прихвата се закључак Већа научних области грађевинско - урбанистичких наука Универзитета од 28.05.2013. године, и измењен назив теме докторске дисертације кандидата **Милеве Самарџић - Петровић, дипл.инж.геод.**, сада гласи:

### **„ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА У КОРИШЋЕЊУ ЗЕМЉИШТА ПРИМЕНОМ МОДЕЛА ВОЂЕНИХ ПОДАЦИМА (DATA - DRIVEN MODELS)“**

#### **Образложење**

Закључком Већа научних области грађевинско - урбанистичких наука Универзитета у Београду од 28.05.2013. године, одложено је разматрање захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације кандидата **Милеве Самарџић - Петровић, дипл.инж.геод.**, под називом: „**Моделирање вођено подацима за предвиђање промена коришћења земљишта**“ и сугерисано Факултету да у примереном року преформулише наслов предложене теме.

На седници Катедре за геодезију и геоинформатику одржаној дана 03.07.2013. године, предложено је Наставно - научном већу Грађевинског факултета усвајање предлога докторске дисертације са измењеним насловом:

### **„ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА У КОРИШЋЕЊУ ЗЕМЉИШТА ПРИМЕНОМ МОДЕЛА ВОЂЕНИХ ПОДАЦИМА (DATA-DRIVEN MODELS)“**

На основу изнетог једногласно је одлучено као у диспозитиву.

ДЕКАН ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Душан Најдановић, дипл.инж.грађ.

Доставити:

- Универзитету
- именованој
- Студентској служби

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Милеве Самарџић-Петровић, дипл. инж. геод.

Одлуком 99/17-13 бр. од 13 јуна 2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Милеве Самарџић-Петровић под насловом

**„ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА У КОРИШЋЕЊУ ЗЕМЉИШТА ПРИМЕНОМ МОДЕЛА  
ВОЂЕНИХ ПОДАЦИМА (DATA-DRIVEN MODELS)“**

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

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Предметна дисертација је пријављена 27.02.2013. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду под насловом „Моделирање вођено подацима за предвиђање промена коришћења земљишта“. На седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одређена је Комисија за пријем теме докторске дисертације, одлуком број: 99/3, од 07.03.2013. године. Комисија је поднела извештај, који је прихваћен на седници Наставно-научног већа одржаној 04.04.2013. године, одлуком број: 99/5, од 08.04.2013. године. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 28.05.2013. године одлаже разматрање захтева и сугерише Грађевинском факултету да се коригује наслов теме докторске дисертације у духу српског језика, одлуком број: 99/6 од 30.05.2013. године. Након добијања мишљења Института за српски језик, на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета од 11.07.2013. године усвојен је предлог докторске дисертације са измењеним насловом „Предвиђање промена у коришћењу земљишта применом модела вођених подацима (data-driven models)“, одлуком број 99/12-13, од 12.06.2013. године. На основу сагласности Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 24.09.2013. године, одлуком број: 99/14 од 26.09.2013. године, одобрен је рад на дисертацији.

Милева Самарџић-Петровић, дипл. инж. геод. је школске 2007/2008 уписала докторске студије на одсеку за Геодезију и Геоинформатику на Грађевинском факултету Универзитета у Београду. Кандидаткиња је 04.09.2013. године упутила молбу Наставно-научном већу Грађевинског факултета да јој се одобри продужење рока за израду докторске дисертације за годину дана, која је прихваћена на седници Наставно-научног већа одржаној 12.09.2013. године, одлука број: 99/15, од 26.09.2013. године.

Кандидаткиња Милева Самарцић-Петровић, дипл. инж. геод. предала је урађену докторску дисертацију Студентској служби Грађевинског факултета 05.06.2014. године.

## 1.2. Научна област дисертације

Тема дисертације припада научној области Геодезије, односно ужој научној области Земљишни информациони системи за коју је матичан Грађевински факултет Универзитета у Београду.

Ментор докторске дисертације је В. проф. др. Бранислав Бајат дипл. инж. геод. Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Kovačević, M., **Bajat, B.**, Gajić B.: Soil Type Classification and Estimation of Soil Properties Using Support Vector Machines, *Geoderma*, vol. 154, 2010 pp. 340-347 (M21)
2. Marjanović, M., Kovačević, M., **Bajat, B.**, Voženílek, V.: Landslide susceptibility assessment using SVM machine learning algorithm, *Engineering geology*, vol. 123, no. 3, 2011, pp. 225-234 (M21)
3. Marjanović, M., Kovačević, M., **Bajat, B.**, Mihalić, S., Abolmasov, B.: Landslide assessment of the Starča basin (Croatia) using machine learning algorithms, *Acta Geotechnica Slovenica*, vol.. 8. no. 2, 2011, pp. 45-55. (M23)
4. Hengl, T., **Bajat, B.**, Reuter, I. H., Blagojević, D.: Geostatistical modelling of topography using auxilliary maps, *Computers and geosciences*, vol.34, no. 12, 2008, pp. 1886-1899. (M22)
5. **Bajat, B.**, Hengl, T., Krunić, N., Kilibarda, M.: Mapping population change index in Southern Serbia (1961–2027) as a function of environmental factors, *Computers, Environment and Urban Systems*, vol.35, no 1, 2011, pp. 35-44 (M21)
6. **Bajat, B.**, Pejović, M., Luković, J., Manojlović, P., Ducić V., Mustafić, S.: Mapping average annual precipitation in Serbia(1961–1990) by using regression kriging, *Theor Appl Climatol* vol. 112, no. 1, 2013, pp. 1-13. (M22)
7. **Bajat, B.**, Krunić, N., Samardzić-Petrović, M. and Kilibarda, M.: Dasymetric modelling of population dynamics in urban areas. *Geodetski vestnik*, vol. 57, no. 4, pp. 777-792, 2013 (IF= 0.21) (ISSN 0351-0271).

Коментор докторске дисертације је В. проф. др. Милош Ковачевић, дипл.електр.инж. Списак радова који квалификују коментора за вођење докторске дисертације:

1. **Kovačević, M.**, Bajat, B., Gajić B.: Soil Type Classification and Estimation of Soil Properties Using Support Vector Machines, *Geoderma*, vol. 154, 2010 pp. 340-347 (M21)
2. Marjanović, M., **Kovačević, M.**, Bajat, B., Voženílek, V.: Landslide susceptibility assessment using SVM machine learning algorithm, *Engineering geology*, vol. 123, no. 3, 2011, pp. 225-234 (M21)
3. Marjanović, M., **Kovačević, M.**, Bajat, B., Mihalić, S., Abolmasov, B.: Landslide assessment of the Starča basin (Croatia) using machine learning algorithms, *Acta Geotechnica Slovenica*, vol.. 8. no. 2, 2011, pp. 45-55. (M23)
4. **Kovačević, M.** and Davidson, C.: Crawling the Construction Web – A Machine Learning Approach without Negative Examples, *Applied Artificial Intelligence*, vol. 22 no 5, 2008, pp 459-482,. (M23)

5. **Kovačević, M.**, Nie, J-Y. and Davidson, C.: Providing Answers to Questions from Automatically Collected Web Pages for Intelligent Decision-Making in the Construction Sector, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, vol. 22, no. 1, pp. 3-13., 2008. (M21)
6. **Kovačević, M.**, Diligenti, M. Gori, M., Milutinović, V.: Recognition of Common Areas in a Web Page Using a Visualisation Approach, in *Proceedings of Artificial Intelligence: Methods, Systems and Applications*, Ed. Donia Scott Lecture Notes in Artificial Intelligence 2443, Springer-Verlag, pp. 203-212, 2002. (M23 + best paper award)

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Милева Самарцић-Петровић рођена је у Хамбургу, Р.Немачка, 3. јуна 1980. године. Завршила је основну школу „Милош Црњански“ и средњу техничку школу „Јован Вукановић“, смер Геодезија у Новом Саду. На Грађевински факултет, Одсек за геодезију уписала се 1999. године. Дипломирала је 2007. године са просечном оценом 8,30 (осам и 30/100) и оценом 10 (десет) на дипломском раду са темом „Одређивање геоида Републике Србије коришћењем методе ГПС нивелмана“.

Докторске студије на Грађевинском факултету је уписала је крајем 2007. године, и положила све предвиђене испите закључно са септембром 2010. године, са просечном оценом 9,88. У току рада на докторској дисертацији, боравила је на стручном усавршавању на Simon Fraser Универзитету у Канади, 2013. године. као гостујући истраживач 5 месеци. У току докторских студија била је учесник студијског путовања у циљу упознавања система образовања на универзитетима у Немачкој (2009. год.). Учествовала је у неколико семинара за докторанте, као и у међународном семинару “GIS project seminar in Serbia-GIS application for urban environment planning using the example of Subotica“, за докторанте и студенте, у оквиру немачко-српског пројекта Land Management/Cadastrе in Serbia (LAMCAD). Поред наставним планом предвиђених испита кандидаткиња је школске 2011/2012 године похађала предавања из предмета Машинско учење у просторним анализама.

У звање асистента за ужу научну област Инжењерска геодезија на Грађевинском факултету у Београду, Милева Самарцић-Петровић први пут је изабрана 01.01.2008. године. Због остварених очекиваних резултата, одлуком Изборног већа Грађевинског факултета реизабрана је у исто звање крајем новембра 2010. године. Активно учествује у припреми и извођењу вежби на следећим предметима: Геодезија, Геодезија саобраћајница, Геоинформациони системи и Природни ресурси. Као истраживач учествовала је на 3 научно-истраживачка пројекта финасирана од стране Министарства науке „Истраживање оптималног модела интеграције података државног премера и новог референтног система Републике Србије“ и „Одрживи развој и уређење бањских и других туристичких насеља Србије“ у периоду од априла 2008. - децембра 2011. године и „Улога и имплементација државног просторног плана и регионалних развојних докумената у обнови стратешког истраживања, мишљења и управљања у Србији“ у периоду од Јануар 2012 - 2014. године.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Милеве Самарцић-Петровић под насловом „Предвиђање промена у коришћењу земљишта применом модела вођених подацима (data-driven models)“ садржи укупно 164 стране. У оквиру дисертације приказано је 44 слика (углавном карата и графикана), 23 табела као и велики број нумеричких израза. На крају дисертације дат је попис цитиране литературе који садржи 142 библиографских наслова. Дисертација је у



потпуности обликована у складу са упутством Сената Универзитета у Београду од 14.12.2012. године (Упутство за формирање репозиторијума докторских дисертација) и посебним упутствима за обликовање штамане и електронске верзије дисертације, формирање образаца изјава и ауторских лиценци.

Дисертација садржи укупно 6 поглавља са следећим насловима:

1. Увод
2. Моделирање промена у коришћењу земљишта
3. Методе модела вођених подацима за моделирање промена у коришћењу земљишта
4. Подручје од интереса, припрема и анализа података
5. Резултати и дискусија
6. Закључак

Поред главних поглавља, дисертација још садржи резиме на српском и енглеском језику, биографију аутора, страну захвалности, списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика и табела као и прилоге у којима су приказане карте вероватноће предвиђања промена за сваку од кориштених класа коришћења земљишта.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу описан је контекст истраживања кроз идентификацију потреба за предвиђањем промена у коришћењу земљишта/земљишног покривача и основног принципа модела вођених подацима (*data-driven models*). Поред тога представљени су предмет и циљеви истраживања, кроз кључна питања на које теза даје одговор. Као примарни циљ истраживања истакнуто је дефинисање методологије моделирања предвиђања промене у коришћењу земљишта. Представљена је структура тезе и њена организација по поглављима.

Друго поглавље састоји се од два подпоглавља. Дефинисани су основни појмови који су везани за моделирање просторно-временских процеса и дат је преглед литературе, различитих приступа за моделирање промене у коришћењу земљишта. Истакнуто је дефинисање предиктивног моделирања као и основни разлози/потребе за изградњу модела и његова класификација. Поред тога посебна пажња посвећена је промени у коришћењу земљишта као веома комплексном процесу, његовом утицају на глобалном, регионалном и локалном нивоу као и факторима који утичу на те промене. Такође, дат је кратак приказ две најзаступљеније методе које су коришћене за моделирање промена у коришћењу земљишта, ћелијски аутомати (*cellular automata*) и модели базирани на агентима (*agent-based models*) и актуелна литература за њихов детаљнији опис.

У трећем поглављу кандидаткиња је дала опсежан приказ теоретске позадине предложене методологије предвиђања промена просторно-временских процеса коришћењем модела вођених подацима која обухвата: дефинисање проблема и начин приказа података, три технике машинског учења (*Decision Trees - DT*, *Neurall Networks - NN* и *Support Vector Machines - SVM*), четири методе селекције атрибута ( $\chi^2$ , *Info Gain-IG*, *Gain Ratio-GR* и *Correlation-based Feature Subset - CFS*), узорковање података и разне облике *kappa* статистике (*kappa*, *kappa location*, *kappa histo*, *kappa simulation* и *fuzzy kappa*) који су коришћени као мера за валидацију изграђених модела. Предложена методологија представља нов приступ моделирању промена у коришћењу земљишта и у експерименталном делу ће се показати као веома ефикасна. Објашњени су појмови *data-driven*, *data mining* и *machine learning* као и начин на који *data-driven* моделирање обухвата *data mining* и *machine learning* приступе. Такође у овом поглављу је приказан и детаљан преглед досадашње литературе у којој су публикована досадашња истраживања примене модела вођених подацима по питању промена у употреби земљишта.

Четврто поглавље обухвата детаљну анализу друштвено-економских аспеката подручја од интереса, као и опсежну припрему и анализу коришћених података. Због доступности података и времена потребног за њихову припрему, експериментални део дисертације је извршен над три репрезентативне Београдске општине обухваћене Генералним Урбанистичким Планом Београда за 2021. годину, Земун, Нови Београд и Сурчин, укључујући део Добановаца. За потребе изградње и валидације модела вођеног подацима генерисане су информације из четири временска пресека о класама коришћења земљишта на анализираном подручју, и то за 2001, 2003, 2007 и 2010 годину, користећи карте планиране/фактичке намене коришћења земљишта, добијене од стране Урбанистичког завода Београда и орто-фото карте из четири поменута временска пресека. Дефинисано је 9 класа коришћења земљишта, што представља велики значај имајући у виду да су се у досадашњим истраживањима базираним на моделирању промена коришћења земљишта користио знатно мањи број класа. У циљу побољшања и добијања што реалнијег модела кандидаткиња је, користећи напредне геопросторне анализе и неколико ГИС софтвера, генерисала додатна 36 фактора – атрибута (помоћни предиктори) који утичу на промену у коришћењу земљишта на подручју од интереса. Поред стандардних атрибута, као што су разне доступности (удаљеност од центра града, саобраћајнице, реке, итд.) и број становника, кандидаткиња је отишла корак даље и генерисала атрибуте, као што су суседство (представљено на неколико начина), појава нових становника, индекс промене броја становника, промене одређених атрибута (нпр. изградња нове саобраћајнице у претходно разматраном временском периоду), претходна историја коришћења земљишта, чиме је унела новину у ову област. Поред свега тога, извршена је оцена сличности између планиране и стварне намене земљишта, на основу које је извршена оцена досадашње реализације Урбанистичког Плана Београда за 2021. годину и уочени неки од проблема реализације.

Пето поглавље представља кључно поглавље прегледане дисертације у којем су представљени резултати експерименталног дела са мноштвом оригиналних карата, графичким и табеларним приказима. У првом делу петог поглавља описано је комплексно систематизовано испитивање предложене методологије предвиђања промена у коришћењу земљишта применом модела вођених подацима кроз четири експеримента. Испитивање методологије и перформанси модела постигнуто је употребом: 4 основна приказа података, узоркованим/неузоркованим подацима, три технике машинског учења (*Decision Trees*, *Neurall Networks* и *Support Vector Machines*), три методе селекције атрибута ( $\chi^2$ , *Info Gain* и *Gain Ratio*) и представљеним статистичким мерама за валидацију. Све карте промена у коришћењу земљишта које су добијене као излази појединачних модела су упоређене са фактичким стањем и детаљно анализирани и дискутовани. Првим експериментом је показано да се коришћењем података узоркованим на предложен начин, за потребе изградње модела и његове валидације, обезбеђују адекватнији излази модела и реалније вредности коришћених мера за валидацију у односу на моделе изграђене коришћењем целог поручја од интереса. У другом експерименту утврђено је да су све три технике машинског учења способне да изврше класификацију и предвиде промене у коришћењу земљишта са високом тачношћу. Поред овога, у другом експерименту утврђено је да предложени додатни атрибути, суседство, претходна историја коришћења земљишта и промене одређених атрибута доприносе побољшању перформанси модела. У трећем експерименту спроведена је опсежна анализа значајности сваког од појединачних атрибута коришћењем три методе, чиме се и извршило упоређење коришћених метода за селекцију атрибута и на још један начин потврдио допринос предложених додатних атрибута. Четвртим експериментом кандидаткиња је демонстрирала значајност избора подкупа атрибута, којим се истраживачи у овој области нису бавили. Приказан је избор адекватних модела тестирањем перформанси различитих метода машинског учења и различитим избором атрибута. Такође извршена је детаљна анализа способности све три методе машинског учења да предвиде промене у коришћењу земљишта за сваку од 9 дефинисаних класа коришћења земљишта. Кандидаткиња је

предложила методу којом се могу побољшати излазне карте модела као и начини на који се исте могу анализирати и интерпретирати. У другом делу петог поглавља представљени су додатни експерименти који су извршени и прелазе циљеве који су дефинисани у самој пријави теме. Извршена је и детаљно описана осетљивост модела предвиђања промена са обзиром на промену параметара *Support Vector Machines* технике и исти број коришћених атрибута селектованим на основу *Info Gain*, *Gain Ratio* и *Correlation-based Feature Subset* метода селекције атрибута.

У шестом поглављу изнета су закључна разматрања предложене методологије предвиђања промена у коришћењу земљишта применом модела вођених подацима.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

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

Доступност просторних база података, развој географских информационих система и рачунара условиле су појаву великог броја метода за моделирање и праћење просторних појава кроз време и њихову анализу. Међутим интересовање и потреба за овим моделима иницирају константну потребу за унапређењем постојећих и испитивање нових приступа. Модели вођени подацима као приступ нуде веома велики и разноврстан спектар могућих модела за опис и предвиђање нелинеарних процеса, али њихове перформансе до сада нису биле испитане као метода за предвиђање промена у коришћењу земљишта.

Оригиналност ове докторске дисертације се пре свега огледа у испитивању перформански модела вођених подацима базираног на три технике машинског учења (*DT*, *NN* и *SVM*), као методе за предвиђање промена у коришћењу земљишта. Поред тога развијена је оригинална методологија којом се побољшајају перформансе ових модела применом предложене методе за узорковање података, додавањем додатних, ван стандардних, атрибута као помоћних предиктора и селекцијом подскупа најугицајнијих атрибута који се користе за изградњу модела.

У прегледаној дисертацији је такође представљен оригиналан начин оцене реализације урбанистичког плана на примеру оцене реалитације Урбанистичког плана Београда за 2021. годину у периоду од 2003 до 2010. године.

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

Попис цитиране литературе садржи 142 библиографска наслова, углавном актуелних иностраних извора. Кроз прва три поглавља дисертација се ослања на велики број референтних иностраних радова и књига у којима је представљена проблематика изучаваног просторно-временског процеса, теоријска основа примењене методологије као и преглед досадашњих истраживања. У четвртном поглављу извршена анализа друштвено-економских аспеката подручја од интереса која се ослања на знатан број референтних домаћих радова.

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

При изради докторске дисертације, Милева Самарцић-Петровић је поред општих метода, анализе и синтезе постојећих истраживања из ове области, своја истраживања засновала на опсежним експерименталним и нумеричким анализама. Користећи методе анализе геопросторних података и многобројне предности географских информационих система (ГИС) урађена је систематична припрема података (креирање просторне базе) и детаљна просторно-временску анализа промена које настају у коришћењу земљишта на подручју од интереса. На основу података, применом теорија просторног моделирања, извршено је генерисање атрибута и дефинисање сетова података из више временских периода које је

коришћено за изградњу и валидацију модела. Приликом изградње модела коришћене су специфичне методе селекције атрибута и машинског учења. Применом основне *каппа* статистике као и њене варијације извршена је валидација изграђених модела.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Промене у коришћењу земљишта се одвијају на локалном нивоу али имају значајан утицај и на регионалном и глобалном нивоу, посебно на деградацију животне средине и климатске промене. Из тог разлога, предвиђање промена у коришћењу земљишта, је предмет изучавања многих научних дисциплина (урбанизма, геоградфије, екологије, географских информација итд.). Употреба ових модела је широко распрострањена у свету и зависи од величине анализираних подручја и временског интервала за који се промене предвиђају. Предвиђање промена у коришћењу земљишта представља важан део многих интернационалних пројеката (као што су International Geosphere-Biosphere Programme - IGBP, International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change - IHDP и NASA's Land Cover and Land Use Change Program). Такође, у многим земљама ови модели играју веома важну улогу и представљају полазну основу код одлучивања приликом израде просторно планске документације која се односи на будућу намену простора.

Предложена методологија предвиђања промена у коришћењу земљишта је веома флексибилна по питању просторне и временске размере као и по питању броја класа, стога има широки дијапазон примене. Као иновативна метода она је веома лака за имплементацију и обвезбеђује високо употребљиве резултате.

Треба напоменути да се методологија оваквог начина моделирања може примењивати и на сличне геопросторне податке и проблематику која се бави просторно-временским процесима, као што су промене земљишног покривача, померање Земљине коре, клизишта, урбани развој и друге процесе који се одвијају у простору и времену.

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

Анализом резултата презентованих истраживања, може се закључити да предметна дисертација представља резултат зрелог и посвећеног истраживачког рада, заснованог на теоријској и експерименталној основи и признатим научним методама. Добијене резултате и закључке изведене у оквиру дисертације из тог разлога треба прихватити као потпуно валидне.

Основни научни резултати који су релевантни за оцену квалитета дисертације односе се на чињеницу да је кандидаткиња сагледала и анализирали како кључне тако и допунске аспекте моделирања промена у коришћењу земљишта применом модела вођених подацима и предложила методологију, чиме је показала своју креативност, посвећеност и стручност за научни и истраживачки рад.

Узимајући у обзир комплексност испитиване просторно-временске појаве и многобројних експеримената који су спроведени у оквиру дисертације, кандидаткиња је показала способност за систематизацију и организацију приликом припреме података, процеса спровођења експеримената и презентације резултата.

Студиозни приступ проблему, аналитичка обрада постојеће литературе, спроведене анализе и изведени закључци несумњиво сведоче о способности кандидаткиње за самостални научно-истраживачки рад.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Поред основног научног доприноса, развоја модела вођених подацима базираним на *Decision Trees*, *Neural Networks* and *Support Vector Machines*, за предвиђање промене коришћења земљишта и испитивања и анализа адекватности тих модела за конкретне примене, предложена методологија обухвата и следеће конкретне доприносе:

- Примена техника машинског учења (DT, NN и SVM) на податке коришћења земљишта представљеним са више од две класе коришћења земљишта
- Предлагање балансираног узорковања података који ће се користити за изградњу и валидацију модела
- Укључивање суседства, претходне историје коришћења земљишта, индекса промене броја становника, промена појединих атрибута у приказ података
- Индентификација одговарајућег подскупа најинформативнијих атрибута и упоређење три методе селекције атрибута ( $\chi^2$ , IG и GR)
- Испитивање осетљивости модела на промену SVM параметара када се користи исти број атрибута селектованих коришћењем различитих метода селекције атрибута (IG, GR и CFS)
- Испитивање адекватности избора SVM параметара у случају предвиђања промена коришћења земљишта
- Предлагање метода за оцену реализације урбанистичких планова

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Докторска дисертација Милеве Самарцић-Петровић под насловом „Предвиђање промена у коришћењу земљишта применом модела вођених подацима (data-driven models)“ представља веома актуелан научни допринос у области геоинформатике, посебно у областима моделирања и анализе геопросторних података и просторно временских процеса.

Резултати и предложена методологија, давање новог концепта моделирања промене коришћења земљишта како у простору тако и у времену, дају значајан допринос у изради квалитетних и оригиналних растерских карата будућих класа коришћења земљишта у високој резолуцији.

Прегледана дисертација на јасан начин предлаже методологију за предвиђање промена у коришћењу земљишта применом модела вођених подацима, базираној на три технике машинског учења. Методологија је креирана на основу расположивих карата фактичког стања коришћења земљишта добијених од стране Урбанистичког завода Београда, података прикупљених методама аерофотограметрије из четири различита временска периода за део подручја Београда, као и јавно доступним подаци Републичког завода за статистику.

Методе машинског учења су се користиле као метод за одређивање транзиционих правила у методама ћелијских аутомата. Међутим, као самосталне методе у моделирању промене коришћења земљишта оне су недовољно истражене. Прегледом литературе утврђен је мали број радова где су се ове методе самостално користиле али у циљу анализирања трендова промене коришћења земљишта а не у циљу његове предикције. Како машинско учење представља једну од фаза модела вођених подацима којој, између осталог, претходи анализа података која обухвата приказ и узорковање података и селекцију атрибута, може се рећи да предложена методологија представља иновацију у погледу метода за моделирање промена у коришћењу земљишта.

Примењене методе машинског учења које се баве решавањем проблема класификације су се у досадашњим истраживањима углавном користиле за класификацију коришћења земљишта дефинисаном малим бројем класа (урбано-неурбано; изграђено-неизграђено-заштићене површине и слично). Користећи карте класификације коришћења земљишта дефинисаним са 9 класа, експериментална истраживања јасно указују на погодност употребе DT, NN и SVM на податке у високо урбаним подручјима где је коришћење земљишта представљено са више класа, као и на погодност употребе ових метода за питања локалног просторног развоја. Такође, утврђено је да SVM и NN имају нешто већу способност одређивања правила транзиције у односу на DT. Међутим, предност DT у односу на друге две технике машинског учења је што се правила транзиције могу видети директно на основу стабла одлуке изграђеног модела, што у великој мери може помоћи кориснику модела прилоком доношења одлука.

Природа изучаваног просторно-временског процеса карактерише процентуално мали број промена у односу на целокупно подручје у току релативно малих временских периода. У првом експерименту приказаном у петом поглављу тестирана је оригинална предложена процедура за просторно узорковање података који ће се користити за изградњу и валидацију модела, чиме се обезбеђују сетови података за квалитетније учење испитиваних правила прелаза као и реалније вредности мера за валидацију. Предложена метода подразумева исту заступљеност подручја са променама и подручја на којима није било промена, водећи рачуна о униформној просторној дистрибуцији на целокупном подручју и реалној заступљености класа за конкретно подручје од интереса.

Комплексност промена у коришћењу земљишта захтева да се прилоком моделирања узимају у обзир разноврсни фактори који утичу на истраживани процес. У истраживачкој јавности која се бави променама коришћења земљишта, до сада су се у многобројним креираним моделима користили „стандардни“ фактори као што су: физичке карактеристике терена, демографски подаци и фактори доступности. Водећи се концептом хелијских аутомата базираном на релацијама суседства, посебна пажња је посвећена имплементацији атрибута који дефинишу окружење (суседство) и одређивању њихових утицаја за сваку хелију грида (пиксел). Тестирано је суседство представљено на неколико начина и спроведеним експериментима је показана значајност и утицај ових атрибута на моделе. Поред суседства, иновативности предложене методологије доприноси и увођење атрибута који описују претходну историју коришћења земљишта, индекса промене броја становника као и промена појединих атрибута у приказу података. За разлику од осталих додатних предиктора предложених у оквиру методологије који у великој мери повећавају способност предвиђања промена у коришћењу земљишта, промена појединих атрибута није дала велики допринос за конкретно подручје од интереса. Међутим с обзиром на мали број промена атрибута (изграђене нове улице) које су се одиграле на испитиваном подручју предложено је да се овај атрибут треба испитати на неком другом подручју пре него што се у потпуности искључи из разматрања.

Избор атрибута представља веома важан део процеса примене модела вођених подацима, јер се укључивањем атрибута који нису релевантни могу значајно погоршати перформансе коришћених техника машинског учења. Експерт из области коришћења земљишта у почетној фази постављања проблема дефинише факторе који утичу на испитивани процес. Међутим ти фактори су често високо корелисани или немају никакав допринос процесу учења и дефинисању правила промене у коришћењу земљишта. Резултатима четвртог експеримента приказаним у петом поглављу дисертације приказана је значајност селекције атрибута и упоређене су три методе селекције атрибута ( $\chi^2$ , IG и GR). Питањима селекције и начина избора подскупа атрибута се нико није бавио у области моделирања промена коришћења земљишта применама метода машинског учења.

У дисертацији су поред задатог циља, развоја модела промене коришћења земљишта и испитивање и анализа адекватности тих модела за конкретне примене, извршена и додатна експериментална испитивања. У другом делу петог поглавља је приказана осетљивост модела на промену SVM параметара када се користи исти број атрибута селектованих коришћењем различитих метода селекције атрибута (IG, GR и CFS). Резултати експеримента указују да употреба GR и CFS доприноси једноставности модела, бољим перформансама као и мањој могућности да дође до оперећења модела случајним грешкама са употребом већих вредности SVM параметара. У оквиру анализе коришћених података и подручја од интереса, у четвртом поглављу су предложене статистичке мере за оцену реализације урбанистичких планова.

Укупно посматрано, ова докторска дисертација представља оригиналне и вредне научне и практичне доприносе у области која је истраживана.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Резултате истраживања у оквиру докторске дисертације Милева Самарцић-Петровић је верификовала објављивањем следећих радова:

##### Категорија M23:

1. Bajat, B., Krunić, N., **Samardžić-Petrović, M.** and Kilibarda, M.: Dasymetric modelling of population dynamics in urban areas. *Geodetski vestnik*, vol. 57, no. 4, pp. 777-792, 2013 (**IF= 0.367**) (ISSN 0351-0271).

##### Категорија M33:

1. **Samardžić-Petrović M.**, Bajat B. and Kovačević M.: The application of different kappa statistics indices in the assessment of similarity between planned and actual land use maps. 2nd International Scientific Conference RESPAG 2013, CD Proceedings, 22nd - 25th May, Belgrade, Serbia (ISBN 978-86-80329-76-5).
2. Bajat B., **Samardžić-Petrović M.**, Kovačević M.: Assessing similarities between planned and observed land use maps: the Belgrade's municipalities case study, Symposium GIS Ostrava 2013, CD Proceedings, 21th - 23th January Ostrava, (ISBN 978-80-248-2944-9).

##### Категорија M44:

1. **Самарцић М.**, Бајат Б., Благојевић Д.: Моделирање урбаног развоја туристичких насеља коришћењем хелијских аутомата, Монографија: *Неки аспекти одрживог просторног развоја Србије*, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, 2009, стр. 133-149. (UDC:519.713.8:7114, ISBN 978-86-80329-58-1).

У процесу рецензије је рад који директно проистиче из дисертације и који би био категорисан као M21:

**Samardžić-Petrović M.**, Kovačević M., Bajat B. and Dragičević S.: Performance evaluation of data-driven methods for modelling land-use change, *Computers, Environment and Urban Systems* (IF 1.674).

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У својој докторској дисертацији, Милева Самарцић-Петровић, дипл. инж. геод. дала је вредан научни допринос у области предвиђања промена просторно-временских процеса која је изузетно актуелна, не само за поље геоинформатике него и за многе друге научне дисциплине. Дакле, поред изузетног доприноса у области просторно-временског моделирања, методологија и представљени резултати дефинишу модел применљив за локално, регионално и глобално моделирање других просторних феномена.

На основу претходно изложеног, може се констатовати да прегледана докторска дисертација представља оригинални и вредан научни допринос у области Земљишних информационих система и да има све неопходне елементе докторске дисертације. Стога Комисија предлаже Научно-наставном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Предвиђање промена у коришћењу земљишта применом модела вођених подацима (data-driven s)“ кандидаткиње Милеве Самарцић-Петровић, дипл. инж. геод. прихвати, изложи на јавни увид и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, јун 2014. год.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
В. проф. др Бранислав Бајат, дипл.геод.инж.,  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....  
В. проф. др Милош Ковачевић, дипл.електр.инж.,  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....  
Доц. др Жељко Цвијетиновић, дипл.геод.инж.,  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....  
Проф. др Сузана Драгићевић, дипл.геод.инж.,  
Simon Fraser University, Department of Geography,  
Canada

.....  
Проф. др Дејан Ђорђевић, дипл. пр. планер,  
Универзитет у Београду, Географски факултет





## ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Булевар краља Александра 73  
11001 Београд,  
П. факс 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 11.09.2014. године, донело је

### ОДЛУКУ

Прихвата се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Милеве Самарџић - Петровић, дипл.инж.геод.**, под насловом:

#### **„ ПРЕДВИЂАЊЕ ПРОМЕНА У КОРИШЋЕЊУ ЗЕМЉИШТА ПРИМЕНОМ МОДЕЛА ВОЂЕНИХ ПОДАЦИМА /DATA-DRIVEN MODELS/“**

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 24.09.2013. године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

У току израде докторске дисертације објављен је један рад у научним часописима са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

- 1. B.Bajat, N.Krunić, M.Samardžić Petrović, M.Kilibarda (2013) Dasymetric Modelling of Population Dynamics in Urban Area, Geodetski vestnik 57(4):777-792.**

Одлука је донета једногласно.

ДЕКАН ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Душан Најдановић, дипл.инж.грађ.

Доставити:

- Универзитету
- Студентској служби
- архиви
- именованој

B.Bajat, N.Krunić, M.Samardžić Petrović, M.Kilibarda (2013) Dasymmetric  
Modelling of Population Dynamics in Urban Area, Geodetski vestnik  
57(4):777-792.

pozdrav,  
Bane