

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

**Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Јована Ковачевића**

Одлуком Научно-наставног већа Грађевинског факултета у Београду број 41/13 од 24.12.2021. именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јована Ковачевића, маг. инж. геод, под насловом:

**КАРТИРАЊЕ ШУМСКЕ ВЕГЕТАЦИЈЕ НА ОСНОВУ ПОДАТАКА САТЕЛИТСКОГ  
ОСМАТРАЊА ЗЕМЉЕ КОРИШЋЕЊЕМ ТЕХНИКА МАШИНСКОГ УЧЕЊА**

Наслов дисертације на енглеском језику:

**MAPPING FOREST VEGETATION FROM SATELLITE EARTH OBSERVATION DATA  
USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES**

Комисија у саставу:

1. В. проф. др Драган Михајловић, дипл. инж. геод.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет
2. В. проф. др Љиљана Брајовић, дипл. инж. ел.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет
3. Доц. др Милева Самарцић-Петровић, дипл. инж. геод.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет
4. Проф. др Димитар Лакушић  
Универзитет у Београду, Биолошки факултет
5. В. проф. др Борис Радић, дипл. инж. пејз. арх.  
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

после прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, подноси Научно-наставном већу следећи

## **РЕФЕРАТ**

### **1. УВОД**

#### **1.1. Подаци о процедури пријављивања и предаје дисертације**

Кандидат Јован Ковачевић је уписао докторске студије на Грађевинском факултету, Универзитета у Београду, школске 2017/2018 године. Јавно излагање предлога теме докторске дисертације је одржано 22.01.2021. године. Комисија у саставу в. проф. др Жељко Цвијетиновић, дипл. инж. геод, в. проф. др Драган Михајловић, дипл. инж. геод, и доц. др Милева Самарцић-Петровић, дипл. инж. геод. прихватила је предложену тему.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета бр. 22/65-2 од 28.04.2021. године, одређена је Комисија за оцену научне заснованости и пријем теме докторске дисертације под насловом „*Картирање шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље коришћењем техника машинског учења*“ (на енглеском језику „*Mapping forest vegetation from satellite Earth observation data using machine learning techniques*“) у саставу в.проф. др Жељко Цвијетиновић, дипл. инж. геод, в. проф. др Драган Михајловић, дипл. инж. геод, в. проф. др Љиљана Брајовић, дипл. инж. ел, доц. др Милева Самарџић-Петровић, дипл. инж. геод. и проф. др Димитар Лакушић (Биолошки факултет Универзитета у Београду). Позитиван извештај Комисије за оцену научне заснованости и пријем теме докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 20.05.2021. године (одлука бр. 41/7 од 21.05.2021. године). Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 08.06.2021. године (одлука бр. 61206-2261/2-21 од 08.06.2021. године) усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидата Јована Ковачевића.

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета 15.12.2021. године. Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду донетој на седници одржаној 23.12.2021. (одлука бр. 41/13 од 24.12.2021.), именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јована Ковачевића.

## **1.2. Научна област дисертације**

Тема докторске дисертације припада научној области *Геодезија* и ужим научним областима *Фотограмetriја и даљинска детекција* и *Геоинформатика*, које су дефинисане Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

Ментор је в. проф. др Жељка Цвијетиновића, дипл. инж. геод. са Грађевинског факултета Универзитета у Београду који испуњава важеће критеријуме Универзитета у Београду.

## **1.3. Биографски подаци о кандидату**

Јован Ковачевић је рођен 04.04.1993. године у Зрењанину, Република Србија. Основну школу „Др Јован Цвијић“ у Зрењанину је завршио 2008. године, а затим је похађао Зрењанинску гимназију коју је завршио 2012. године. У току основног и средњошколског образовања био је одличан ученик и носилац Вукове дипломе. Поред тога, Јован поседује и ниже музичко образовање – инструмент кларинет, које је стекао у музичкој школи „Јосиф Маринковић“ у Зрењанину.

На основне академске студије, студијски програм Геодезија и геоинформатика, на Грађевинском факултету Универзитета у Београду Јован Ковачевић се уписао школске 2012/2013. године. Основне академске студије завршио је 29.09.2015. године са просечном оценом 9.90, чиме је стекао звање инжењера геодезије. Завршни рад под називом „Могућности примене *DAVID SLS-2* система за израду 3Д модела људског лица“ одбранио је са оценом 10. За успехе постигнуте током основних академских студија проглашен је за најбољег студента Грађевинског факултета у Београду на студијском програму Геодезија и геоинформатика на коме је дипломирао школске 2014/2015. године.

Мастер академске студије уписао је школске 2015/2016. на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, модул Геоинформатика. Током мастер академских студија положио је све испите уз просечну оцену 10.00. Дипломски – мастер рад под називом „Обрада података ласерског скенирања коришћењем софтверског пакета *LAStools*“ одбранио је 28.09.2017. године са оценом 10, чиме је стекао звање мастер инжењера геодезије.

Докторске студије на Грађевинском факултету – студијски програм Геодезија и геоинформатика, уписао је школске 2017/2018. године. Уже научне области Јовановог истраживања су Фотограметрија и даљинска детекција и Геоинформатика.

Од 2016. до 2017. године Јован је био ангажован као студент демонстратор на Катедри за геодезију и геоинформатику Грађевинског факултета Универзитета у Београду. Од 2017. године до данас је запослен на Грађевинском факултету Универзитета у Београду као асистент - студент докторских студија. Од 2018. године учествује у пројекту Министарства науке, просвете и технолошког развоја TR36020: „Унапређење геодетске основе Србије за потребе савременог државног премера”.

Присуствовао је бројним радионицама, курсевима и летњим школама које су се бавиле тематиком корисном за његову област истраживања.

Поседује одлично знање енглеског и основно знање немачког језика.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1. Садржај дисертације**

Докторска дисертација кандидата Јована Ковачевића под насловом „*Картирање шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље коришћењем техника машинског учења*“ садржи укупно 188 страна, од којих је основни текст на 123 стране. Дисертација је написана на српском језику и подељена је у шест поглавља:

1. Увод
2. Издвајање информација о шумама на основу података сателитског осматрања Земље
3. Класификација сателитских снимака техникама машинског учења
4. Картирање типова шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље
5. Резултати и дискусија
6. Закључак

Дисертација садржи 29 слика на којима су приказани дијаграми, карте и цртежи релевантни за илустрацију текста, као и 20 табела. Списак цитиране литературе садржи 203 наслова. На почетку дисертације је дат резиме на српском и енглеском језику са кључним речима. Биографија аутора дата је на крају дисертације.

Дисертација је технички обликована према упутствима Универзитета у Београду и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце: изјава о ауторству, изјава о истоветности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

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

Основни текст разматране докторске дисертације има шест поглавља, након којих је приказан преглед коришћене литературе и прилози.

Прво уводно поглавље дисертације почиње представљањем мотивације за истраживање могућности картирања шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље коришћењем техника машинског учења. Наведене су основне поставке проблема, одакле су проистекли и циљеви спроведеног истраживања. У наставку је сажето приказан усвојени

приступ за развој методологије за картирање шумске вегетације. Уводно поглавље се завршава кратким прегледом садржаја и описивањем структуре дисертације.

Друго поглавље дисертације обухвата литературни преглед могућности и актуелних трендова и праваца истраживања за издвајање информација о шумама на основу података сателитског осматрања Земље. Представљени су и анализирани сателитски системи за осматрање Земље, где су посебно разматрани пасивни оптички сателитски системи и активни радарски сателитских системи. Најважније карактеристике сваке групе сензора и њихови најзначајнији представници су наведени, при чему су разматране и активне и историјске сателитске мисије. Остатак другог поглавља се односи на могућности употребе података сателитског осматрања Земље за одређивање обухвата и типова шума, као и за одређивање биофизичких карактеристика шума. Извршена је синтеза достигнућа и актуелних трендова у овим областима истраживања, уз велики број референци на истраживања новијег датума која користе отворене и јавно доступне сателитске податке.

У оквиру трећег поглавља извршен је приказ теоријских основа процедуре класификације садржаја сателитских снимака коришћењем техника машинског учења. Нагласак је на надзираним непараметарским класификационим техникама машинског учења, а детаљније су приказане теоријске основе алгоритама стабла одлучивања (енгл. *decision tree*), случајне шуме (енгл. *random forest*) и градијентног појачавања (енгл. *gradient boosting*). Разматрана је процедура просторно-временске класификације, где је посебна пажња поклоњена могућностима и приступима за укључивање временске компоненте, као и поступцима за наглашавање просторних аспеката у класификационим моделима. Креирање и избор репрезентативних атрибута је такође један од анализираних аспеката класификационе процедуре. Такође је разматран проблем небалансираности (неравномерне заступљености) класа у подацима и његово превазилажење креирањем додатних примерака (инстанци) мањински заступљених класа. Треће поглавље се завршава описом процедуре за оцену квалитета извршене класификације. Приказане су усвојене квантитативне мере перформанси класификационог модела и описана је коришћена процедура крос-валидације са изостављањем комплетних локација.

Најважније карактеристике предложене методологије за картирање типова шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље су изложене у оквиру четвртог поглавља дисертације. На почетку је сажето представљена методологија, приказом и образлагањем најважнијих идентификованих корака. У наставку је описано подручје истраживања које је коришћено за тестирање и примену предложене методологије. Представљени су коришћени скупови података, заједно са описом и резултатима спроведене припреме и иницијалне анализе података. Четврто поглавље се завршава навођењем софтверске подршке на коју се предложена методологија ослања.

Тестирање предложене методологије, дискусија и добијени резултати спроведених експеримената изложени су у петом поглављу дисертације. То обухвата четири експеримента, који се надовезују један на други, а сваки је разматран по један кључни аспект методологије. Закључци на основу спроведених експеримената су коришћени за утврђивање оптималних параметара методологије. Ови параметри су послужили за креирање класификационих модела којима су креиране коначне карте шумске вегетације за комплетну територију Републике Србије. Последњи сегмент петог поглавља се бави валидацијом креираних карата независним скупом података. На овај начин се тежило непристрасној оцени квалитета креираних карата, али су и из другог угла разматрани и коментарисани поједини аспекти предложене методологије.

У седмом поглављу дати су закључци докторске дисертације и дефинисане су препоруке за будућа истраживања.

Након закључног поглавља дат је списак коришћене литературе, а после списка литературе налазе се прилози.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Шуме представљају најдоминантнији тип копнених екосистема који покрива око 31 одсто укупне површине Земље. Потребне за квалитетним подацима о квантитативним и квалитативним карактеристикама шума се повећавају како је притисак на овај природни ресурс све већи. Инвентаризација шумских ресурса је државни интерес, због чега велики број земаља спроводи националне инвентуре шума (енгл. *National Forest Inventories*). На овај начин се омогућава рационално коришћење свих шумских потенцијала, обезбеђују основе за привређивање у шумарству и пружа могућност планирања, контроле и управљања, како у шумарству, тако и у другим привредним гранама.

Инвентаризација шума се претежно спроводи ради одрживог управљања и експлоатације шумских ресурса. Међутим, све је већи број кампања прикупљања карактеристика о шумама код којих је аспект заштите животне средине примаран и доминантан. Додатно, шумска вегетација је један од виталних елемената структуре предела. Зато је утврђивање карактеристика њене „просторности“ (композиције и конфигурације), важна процедура у процесу карактеризације предела, као и имплементације концепта зелене инфраструктуре.

Подаци о карактеристикама шума се традиционално прикупљају различитим теренским методама. Из перспективе даљинске детекције, овако креиране базе података омогућавају калибрацију и валидацију модела за добијање различитих сателитских продуката. Велики број расположивих сателитских сензора намењених за осматрање Земље пружа широк спектар могућности када је реч о прикупљању информација о карактеристикама шума. Комбиновање теренских и сателитских извора података доводи и до додатних информација које могу бити посебно погодне у случајевима када појединачни извор није довољно тачан.

Директива о стаништима је кључни законски инструмент која државе Европске уније (ЕУ) обавезује да на својој територији идентификују и одреде простор за кључна станишта која ће бити укључена у међународну *Natura 2000* мрежу. Република Србија у оквиру приступних преговора за чланство у Европској унији има обавезу да изврши идентификацију и успостављање еколошки значајних подручја која ће приступањем ЕУ постати део мреже *Natura 2000*. У последњих неколико година је спроведен већи број теренских кампања прикупљања података о дистрибуцији типова станишта на територији Републике Србије. Расположива база података представља веома важан извор података. Комбиновање података из ове базе података са подацима сателитског осматрања Земље нуди интересантне могућности. Идејно, на овај начин је могуће извршити квалитетну идентификацију потенцијално значајних еколошких подручја на целој територији Србије. Овај задатак је практично немогуће спровести само уз теренске кампање. С тим у вези, истраживање у оквиру ове дисертације је фокусирано на развој методологије за издвајање и категоризацију типова шумске вегетације на територији Републике Србије. Шумска вегетација је значајна због великих подручја које она покрива на територији Републике Србије, али и зато што тренутно скоро трећину типова станишта *Natura 2000* мреже чине управо шумска станишта.

Картирање типова шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље и даље представља изазов. Шумска подручја могу бити веома хетерогена, што се манифестује кроз веома комплексне и преклапајуће спектралне одзиве. Разноликост спектралних карактеристика је последица структуре и карактеристика присутне вегетације, али и разлика у условима раста, густини и старости вегетације, све у комбинацији са топографским ефектима. Како се подручје истраживања повећава, ови ефекти су присутнији и израженији, резултирају израженим нивоима хетерогености предела, што додатно отежава разликовање типова шума. Последично, универзално решење за картирање типова шумске вегетације на глобалном нивоу и за било који ниво детаљности и даље не постоји. Уместо тога, изналажење оптималног решења подразумева дефинисање локално прилагођене методологије, којом се обухватају све специфичности и карактеристике подручја истраживања. Стога је истраживање кандидата од високог значаја за развој локално прилагођене методологије за картирање типова шумске вегетације.

Технике класификације садржаја сателитских снимака су доминантне када је у питању одређивање типова шумске вегетације. О томе сведочи велики број успешних примена, које се ослањају на широк дијапазон сателитских сензора различитих карактеристика. Методама класификације које користе технике машинског учења, и то посебно непараметарским методама, поклања се посебна пажња у литератури о даљинској детекцији. Велики број истраживања је показао да коришћење временских серија сателитских података повећава могућност раздвајања различитих типова вегетације у поређењу с коришћењем само једне епохе сателитских опажања. Укључивањем временских серија сателитских снимака користе се разлике у фенологији вегетације, што има позитиван ефекат на могућност међусобног разликовања. Класификација коришћењем техника машинског учења у општем случају не укључује временске и просторне аспекте у модел класификације. У складу са бројним истраживања, показано је да наглашавање просторних и временских аспеката доприноси класификационој процедури и да може помоћи и приликом картирања шумске вегетације. Зато се поред локално прилагођене методологије за картирања шумске вегетације, оригиналност истраживања огледа и кроз методолошка унапређења процедуре класификације садржаја сателитских снимака.

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

У оквиру дисертације цитиране су укупно 203 библиографске јединице, од чега се 144/203 (71%) односи на библиографске јединице током и после 2010. године, односно 83/203 (40%) су библиографске јединице не старије од пет година. Кандидат је кроз преглед литературе обухватио најважније ауторе и публикације из области даљинске детекције, класификације, машинског учења и шумарства. Значајан број референци сачињавају радови објављени у истакнутим међународним часописима, пре свега у *Remote Sensing*, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *Remote Sensing of Environment*, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, и др.

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

Рад у дисертацији је реализован паралелном применом теоријског приступа ослоњеног на податке добијене из литературе и практичног приступа заснованог на сопственом експерименталном истраживању.

За сагледавање постојећих сазнања из предметне области извршена је синтеза досадашњих истраживања применом структурално-функционалне и компаративне анализе објављених резултата, док је за планирање и анализу резултата експерименталног истраживања

примењена хипотетичко-дедуктивна метода. Експериментални део истраживања обухвата креирање већег броја класификационих модела и оцену квалитета извршене класификације. Компаративне и статистичке методе испитивања су примењене приликом анализе и валидације резултата експеримента. Статистичком анализом је извршено поређење и интерпретација резултата креираних класификационих модела ради компаративне анализе различитих аспеката предложене методологије картирања шумске вегетације. Статистичком анализом је такође изведена и оцена квалитета коначне излазне карте шумске вегетације израђене за комплетно подручје истраживања.

Наведене методе истраживања су у потпуности адекватне за примену у предметном истраживању. На основу свега наведеног, добијене резултате и закључке изведене у оквиру дисертације треба прихватити као потпуно валидне.

### **3.4. Применљивост остварених резултата**

Предложена методологија се може ефикасно применити за картирање типова шумске вегетације у Србији. Закључци и подаци у вези са ефикасношћу предложене методологије за картирање шумске вегетације могу се непосредно применити. Кандидат је у оквиру дисертације извео већи број препорука за избор оптималних параметара методологије. Текст дисертације омогућава идентификацију свих неопходних информација како би изведене препоруке биле успешно примењене.

Методологија је тестирана на територији Србије, али има значајан потенцијал да се примени и на другим подручјима уз одговарајућа прилагођавања класификационе шеме и уз додатне репрезентативне полигоне за креирање модела. Такође, предложена методологија може бити релативно једноставно прилагођена и неким другим класификационим проблемима, попут идентификације других типова вегетације, картирања земљишног покривача и начина употребе земљишта, односно, структуре предела и елемената зелене инфраструктуре итд.

Предложена методологија и закључци у оквиру дисертације су такође примењени за израду Генерализоване карте станишта Србије у оквиру пројекта „Прибављање података и друге услуге у циљу наставка успостављања еколошке мреже у Републици Србији“ ЈН 17/ 2020, који за потребе Завода за заштиту природе Србије, реализује Биолошки факултет, Универзитета у Београду у сарадњи са предузећем за геоматику MapСофт д.о.о.

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

Кандидат се у оквиру своје докторске дисертације бавио изучавањем и критичком анализом доступне релевантне литературе, планирањем, спровођењем, обрадом и анализом резултата експерименталног истраживања. Систематичним приступом постављеном проблему, повезујући различите сегменте научно-истраживачког рада, кандидат Јован Ковачевић је успешно решио постављене задатке и дао оригиналне научне и практичне доприносе у предметној области истраживања кроз публикације радова у врхунским међународним часописима. Све ово доказује да кандидат поседује способност за самостални научно-истраживачки рад.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација Јована Ковачевића под насловом „*Картирање шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље коришћењем техника машинског учења*“ даје научни допринос у областима *Фотограмetriја и даљинске детекције и Геоинформатике*. Вредност истраживања приказаног у дисертацији огледа се у обезбеђењу следећих научних доприноса, потврђених приказаним резултатима:

1. Систематизација и анализа јавно доступних података сателитских мисија који су употребљиви за картирање шумске вегетације.
2. Идентификација и систематизација шумских карактеристика које је могуће одредити и пратити на основу података сателитског осматрања Земље.
3. Анализа постојећих метода и актуелних трендова за картирање типова шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље и идентификација и анализа проблема и ограничења која се том приликом јављају.
4. Успостављање методологије за картирање типова шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље коришћењем метода машинског учења, што подразумева:
  - i. тестирање применљивости различитих техника машинског учења за креирање класификационог модела за картирање шумске вегетације;
  - ii. анализу различитих репрезентација података ради наглашавања просторних и временских компоненти у класификационом моделу;
  - iii. примену различитих техника за креирање оптималног скупа података и атрибута од значаја за квалитетно картирање шумске вегетације;
  - iv. оцену тачности извршеног картирања;
  - v. аутоматизацију процеса картирања шумске вегетације из података сателитског осматрања Земље коришћењем *R* програмског језика.
5. Израда карте шумске вегетације за шумска подручја Србије применом предложене методологије.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживачки рад кандидата Јована Ковачевића, маг. инж. геод. је обухватио анализу, развој и унапређење методологије за картирање типова шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље. Предложени приступ се базира на техникама машинског учења, уз респектовање просторних и временских аспеката.

Током истраживања успешно су изведене најважније карактеристике картирања типова шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље, и наведена су главна ограничења и проблеми. Истраживање је резултирало предлогом методологије за картирање типова шумске вегетације, чија је применљивост практично доказана идентификацијом осам карактеристичних типова шумске вегетације на територији Србије.

Резултати представљени у оквиру овог истраживања су веома охрабрујући и потврђују иницијално постављене истраживачке хипотезе. Добијене метрике оцене тачности класификације се подударају са резултатима других сличних студија заснованих на оптичким



сателитским опажањима високе просторне резолуције. Све три коришћене технике машинског учења могу бити примењене за картирање типова шумске вегетације. Случајна шума и градијентно појачавање су се подједнако добро показале, а приметно је да стабло одлучивања постиже знатно ниже мере перформанси у односу на њих.

У оквиру дисертације на свеобухватан начин је извршена анализа и приказ предности и мана различитих репрезентација података ради наглашавања просторних и временских компоненти у класификационом моделу. Резултати истраживања доказују да наглашавање временских аспеката може бити решено на такав начин да не зависи од недостајућих података услед облачности на сателитским снимцима.

Резултати истраживања такође јасно илуструју и указују на предности и недостатке примене различитих техника за креирање оптималног скупа података и атрибута од значаја за квалитетно картирање шумске вегетације. Очигледно је да се коришћене технике машинског учења добро носе са великим скуповима атрибута, односно да њихови интерни механизми довољно добро рангирају атрибуте по значајности. Ово је последица тога што све три тестиране технике машинског учења користе стабло одлучивања. Дисертација указује на предност коришћења балансираног скупа података, који резултира значајним побољшањем квалитета препознавања мањински заступљених класа. Истовремено, балансирање класа је значајно повећало меморијске и рачунске захтева неопходне за креирање модела, што је последица повећања броја опажања коришћених за креирање модела.

У закључном поглављу дисертације јасно је направљен преглед постигнутих научних доприноса. Такође је направљен и критички осврт на недостатке предложене методологије за картирање шумске вегетације, које је потребно отклонити у наставку истраживања.

Добијени резултати јасно показују научни и практични доприноси ове дисертације и дају одличну основу и мотивацију за будућа истраживања и унапређење предложене методологије и креираних карата шумске вегетације.

### 4.3. Верификација научних доприноса

У току израде дисертације, Јован Ковачевић је међународној и домаћој, научној и стручној јавности представио свој рад кроз следеће публикације:

#### Категорија M21:

1. **Kovačević, J.**, Cvijetinović, Ž., Lakušić, D., Kuzmanović, N., Šinžar-Sekulić, J., Mitrović, M., Stančić, N., Brodić, N., Mihajlović, D. (2020): Spatio-Temporal Classification Framework for Mapping Woody Vegetation from Multi-Temporal Sentinel-2 Imagery, Remote Sensing. 12 (17), 2845; DOI: 10.3390/rs12172845
2. **Kovačević, J.**, Cvijetinović, Ž., Stančić, N., Brodić, N., Mihajlović, D. (2020): New Downscaling Approach Using ESA CCI SM Products for Obtaining High Resolution Surface Soil Moisture, Remote Sensing 2020, 12 (7), 1119; DOI: 10.3390/rs12071119.

#### Категорија M22

1. Polovina, S., Radić, B., Ristić, R., **Kovačević, J.**, Milčanović, V., Živanović, N. (2021): Soil Erosion Assessment and Prediction in Urban Landscapes: A New G2 Model Approach. Appl. Sci. 2021, 11 (9), 4154. DOI: 10.3390/app11094154

### Категорија М31:

1. Brodić, N., Milić, S., Mitrović, M., Cvijetinović, Ž., Mihajlović, D., **Kovačević, J.**, Stančić, N. (2019): „Monitoring Air Pollution Using GIS: Case Study for the City of Belgrade“, BAB International Conference Decoding Balkan: Architecture, Urbanism, Planning, University of Belgrade - Faculty of Architecture, no. 4, pp. 18-25, isbn: 978-86-7924-231-0, Belgrade, 14-16. November, 2019

### Категорија М33:

1. **Ковачевић, Ј.**, Станчић, Н., Цвијетиновић, Ж., Михајловић, Д., Бродић, Н. (2019): „Spatial Accessibility Analysis of Health Care Facilities in Serbia“, New Horizons 2019 – Proceedings, 7, pp. 527 - 534, 978-99955-36-79-4, Добој, 29-30. новембар 2019.

### Категорија М51:

1. **Ковачевић, Ј.**, Станчић, Н. (2018): Obrada podataka laserskog skeniranja korišćenjem LAStools softverskog paketa, Tehnika, 73 (3), pp. 339-345. DOI: 10.5937/tehnika1803339K
2. Станчић, Н., **Ковачевић, Ј.** (2018): Izrada optimalnih transportnih ruta korišćenjem softvera otvorenog koda, Tehnika, 73 (4), pp. 486-493. DOI: 10.5937/tehnika1804486S

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У оквиру докторске дисертације Јована Ковачевића, маг. инж. геод. дат је значајан допринос у области картирања шумске вегетације, која је актуелна не само за области *Фотограмetriје и даљинске детекције* и *Геоинформатике*, већ и за друге научне дисциплине. Кандидат је систематски анализирао јавно доступне податке сателитских мисија и оценио њихову употребљивост за картирање шумске вегетације. Извршена је и идентификација и систематизација карактеристика о шумама које је могуће одредити и пратити на основу података сателитског осматрања Земље, као и постојећих метода и актуелних трендова у тим областима. На основу претходног, кандидат је предложио методологију за картирање типова шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље коришћењем метода машинског учења. Резултати експеримената су доказали да се успостављена методологија може ефикасно применити за картирање типова шумске вегетације у Србији. Квалитет методологије представља и то што се она може применити и на друге класификационе проблеме. То је потврђено и применом методологије и закључака из дисертације приликом израде Генерализоване карте станишта Србије, што представља први скуп података новијег датума о стаништима који покрива комплетну територију Републике Србије.

Резултати експерименталних истраживања која су спроведена од стране кандидата, као и развијена методологија и креиране процедуре за картирања шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље, представљају оригиналан научни и стручни допринос у областима *Фотограмetriје и даљинске детекције* и *Геоинформатике*. Резултати истраживања имају практичну примену и могу да послуже и као основ за даља научна истраживања у овој области. Комисија сматра да докторска дисертација има све неопходне елементе и задовољава све захтеване критеријуме, као и да је кандидат показао способност за самосталан научно-истраживачки рад у свим фазама израде ове дисертације.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „*Картирање шумске вегетације на основу података сателитског осматрања Земље коришћењем техника машинског учења*“ (на енглеском језику „*Mapping forest vegetation from satellite Earth observation data using machine learning techniques*“) кандидата Јована Ковачевића, маг. инж.

геод. изложи на увид јавности, прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду ради давања сагласности за њену јавну одбрану.

У Београду, 24.12.2021.

Чланови комисије:

---

В. проф. др Драган Михајловић, дипл. инж. геод.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

---

В. проф. др Љиљана Брајовић, дипл. инж. ел.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

---

Доц. др Милева Самарџић-Петровић, дипл. инж. геод.  
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

---

Проф. др Дмитар Лакушић  
Универзитет у Београду, Биолошки факултет

---

В. проф. др Борис Радић, дипл. инж. пејз. арх.  
Универзитет у Београду, Шумарски факултет