

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовао комисију: 18.01.2023. године, Наставно научно веће Грађевинског факултета Суботица		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. <u>др Игор Јокановић</u> презиме и име	<u>ванредни професор</u> звање	<u>Саобраћајнице, 16.03.2022.</u> ужа научна област и датум избора
<u>Грађевински факултет Суботица, Универзитет у Новом Саду</u> установа у којој је запослен-а	<u>председник комисије</u> функција у комисији	
2. <u>др Небојша Радовић</u> презиме и име	<u>редовни професор</u> звање	<u>Саобраћајнице, 01.02.2020.</u> ужа научна област и датум избора
<u>Факултет техничких наука, Департман за грађевинарство и геодезију</u> установа у којој је запослен-а	<u>члан</u> функција у комисији	
3. <u>др Драган Лукић</u> презиме и име	<u>редовни професор у пензији</u> звање	<u>Саобраћајнице, 13.06.2011.</u> ужа научна област и датум избора
<u>Грађевински факултет Суботица, Универзитет у Новом Саду</u> установа у којој је запослен-а	<u>члан</u> функција у комисији	
4. <u>др Игор Пешко</u> презиме и име	<u>ванредни професор</u> звање	<u>Организација, технологија грађења и менаџмент, 13.02.2019</u> ужа научна област и датум избора
<u>Факултет техничких наука, Департман за грађевинарство и геодезију</u> установа у којој је запослен-а	<u>члан, ментор</u> функција у комисији	
5. <u>др Милош Шешлија</u> презиме и име	<u>доцент</u> звање	<u>Саобраћајнице, 11.03.2019.</u> ужа научна област и датум избора
<u>Факултет техничких наука, Департман за грађевинарство и геодезију</u> установа у којој је запослен-а	<u>члан, ментор</u> функција у комисији	

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ	
1. Име, име једног родитеља, презиме: Мила, Миодраг, Свилар	
2. Датум рођења, општина, држава: 23.09.1985. године, Суботица, Република Србија	
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Грађевински факултет Суботица, Грађевинарство, конструктивни смер, дипломирани грађевински инжењер	
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2011. године, Грађевинарство	
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:	
Модел за процену модула еластичности асфалтних слојева применом машинског учења	
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:	
Дисертација је написана на 190 страна текста и садржи 130 слика и 28 табела. У склопу рада се налази осам поглавља која сачињавају јединствену целину у смислу методолошког приступа проблемима процене модула еластичности асфалтних слојева применом машинског учења. Рад је обрађен кроз следећа поглавља: 1. Увод 2. Теоријске основе и методе одређивања носивости коловозне конструкције 3. Машинско учење 4. База података 5. Формирање модела за процену E_{AC} 6. Упоредна анализа формираних модела за процену E_{AC} 7. Закључна разматрања, закључци и правци даљих истраживања 8. Литература	
Након насловне стране, у саставу рада се налазе: кључна документацијска информација, садржај, спискови слика и табела и резиме.	

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

- У **првом поглављу** су детаљно и прецизно приказане уводне напомене о предмету и значају истраживања, као и образложење о потреби и циљевима истраживања.
- **Друго поглавље** садржи опис теоријских основа, неструктивних метода мерења дефлексија и одређивања носивости коловозних конструкција помоћу повратног прорачуна. Детаљно је анализирана метода мерење дефлексија, која примењује импулсивно оптерећење изазвано дефлектометром са падајућим теретом (FWD), који је и коришћен у овој дисертацији. Обављена је анализа различитих прорачунских приступа коловозних конструкција методама унапред и уназад уз претпоставку да су материјали хомогени, линеарни и еластични. Поред тога разматрају се ограничења повратног прорачуна и прецизно утврђује да ове технике нису рачунски ефикасне или компактне како би се користиле за широк спектар оптерећења коловоза и услове моделирања.
- Кроз **треће поглавље** су приказане основне поставке метода машинског учења, ANN, SVM и BRT (eng. *artificial neural networks, support vector machines and boosted regression tree*). Обрађене су могућности употребе поменутих метода у грађевинарству, а посебан акценат је стављен на примену за процену својстава асфалтних коловозних конструкција. Закључује се да је основни предуслов за формирање доброг модела неком од метода машинског учења, као и за његову примену, добро припремљена база података, уз дефинисање потребних и сувишних података.
- У **четвртном поглављу** је приказан поступак формирања базе података о измереним дефлексијама и температурама горње површине коловозне конструкције на магистралним путевима и ауто-путевима (државни путеви I реда), на подручју Републике Србије. Даје се приказ структуре измерених дефлексија $d_0, d_{300}, d_{600}, d_{900}, d_{1200}, d_{1500}, d_{1800}$, температура и модула еластичности асфалтних слојева (E_{AC}). Извршена је подела података према вредностима E_{AC} . Такође, обављена је анализа и припрема података, те дефинисани улазни и излазни параметри за њихову даљу примену приликом дефинисања модела за процену E_{AC} . Битан резултат је подела скупа података на подскуп за тренирање и подскуп за тестирање модела, и то методом насумично одабраних података.
- **Пето поглавље** се бави формирањем модела за процену E_{AC} на основу претходно припремљених и прикупљених података за формирану базу података. Дефинисано је укупно 9 модела, при чему су три типа модела са различитим улазним параметрима (тип 1 - $d_0, d_{300}, temp. AC$; тип 2 - $d_0, d_{300}, d_{600}, d_{900}, temp. AC$; тип 3 - $d_0, d_{300}, d_{600}, d_{900}, d_{1200}, d_{1500}, d_{1800}, temp. AC$), моделирани применом методе неуронских мрежа (ANN), потпорних вектора (SVM) и појачаним регресионим стаблима (BRT). Формирани модели су тренирани на идентичном подскупу тренирања, док је њихова тачност процењена на идентичном подскупу тестирања, у зависности од типа модела. Приликом формирања модела су испоштована основна правила машинског учења и коректно утврђене перформансе сваког од модела.
- У **шестом поглављу** су приказане упоредне анализе резултата формираних модела за процену E_{AC} . На основу прецизне статистичке анализе, резултати добијени различитим моделима су критички упоређени и утврђени закључци.
- Завршне напомене и закључци су приказани у **седмом поглављу**, као и правци даљих истраживања. Јасно и концизно се закључује о карактеристикама и потенцијалима развијених модела. Закључци су прецизни и директно указују на резултате обављеног истраживања. Кроз навођење смерница за даља истраживања је указано на потенцијал даљег развоја модела и могућности за проширење примене истих.
- Последње, **осмо поглавље** садржи списак коришћене литературе која је актуелна и директно се тиче обрађиване материје.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРској ДИСЕРТАЦИЈИ:

Svilar Mila, Peško Igor, Šešlija Miloš, Model for Estimating the Modulus of Elasticity of Asphalt Layers Using Machine Learning. *Applied Sciences*. 2022; 12(20):10536. <https://doi.org/10.3390/app122010536> (M22)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

У овој докторској дисертацији је представљен успешан и аутоматизовани повратни прорачун E_{AC} заснован на методама машинског учења: ANN, SVM и BRT, који адекватно карактеришу својства асфалтних слојева уз елиминисање механичког испитивања коловоза. Главни циљ ове докторске дисертације био је да се испита употреба метода машинског учења у повратном прорачуну E_{AC} , уз смањење броја улазних параметара потребних за прорачун. У том контексту, анализирани су коефицијенти перформанси формираних модела, како би се пронашао најбољи модел и показала његова ефикасност при повратном прорачуну E_{AC} .

На основу истраживачког рада обављеног у овој докторској дисертацији, закључци су следећи:

- Повратни прорачун модула коловозне конструкције применом класичне методе може довести до погрешних резултата због преране конвергенције и потребе за почетним модулима. Израчунати модули нису јединствени и могу бити различито израчунати, а да су добијени за исту средњу квадратну грешку.
- На перформансе модела утиче број сензора преко којих су измерене дефлексије укључене у улазне параметре.
- Дејство температуре директно утиче на својства крутости слојева.
- Грешке предвиђања E_{AC} применом свих метода, до вредности ~ 3000 МПа, су занемарљиве према подели која је предложена за дефинисање носивости.
- SVM метода има већу моћ генерализације у односу на ANN и BRT методу.
- Формирани модели могу проценити E_{AC} на флексибилним коловозним конструкцијама путева на подручју Републике Србије, уз претпоставку еластичних, линеарних и хомогених слојева.
- Примена формираних модела у пракси одржавања и управљања путевима омогућава адекватну процену преостале носивости и ниво поузданости КК, те уједно помаже у оптимизацији утрошка финансијских средстава.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Резултати истраживања су приказани и тумачени јасно и концизно уз истицање битних елемената и препорука.

Текст докторске дисертације проверен је у софтверу за детекцију плагијаризма iThenticate, од стране Библиотеке Грађевинског факултета Суботица. Извештајем о подударности са другим изворима литературе утврђен је индекс сличности текста (Similarity index) од 7%.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Дисертација садржи све битне елементе наведене у пријави теме.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

На основу детаљне анализе дисертације, увидом у актуелност поменуте проблематике, утврђеног циља и коришћене методологије истраживања, а узимајући у обзир и верификацију резултата у научном часопису, Комисија констатује да достављена докторска дисертација по свом садржају представља оригинални научни рад. Оригиналан допринос науци огледа се у следећем:

- У дисертацији је за потребе анализе дефинисана велика база релевантних података,
- Резултати анализираних метода у овом раду немају велика одступања,
- Смањен је број улазних параметра за анализу. За улазне параметре нису узете у обзир дебљине слојева, што у великој мери поједностављује прорачун ако се дубине слојева

добијају из истражних јама, • Дефинисани су, анализирани и упоређени модели формирану помоћу неуронских мрежа (ANN), потпорних вектора (SVM) и појачаним регресионим стаблима (BRT), • Модели омогућавају карактеризацију својстава коловозних конструкција без потребе за механичким испитивањем коловоза, • Испитивања су вршена на магистралним путевима и ауто-путевима (државни путеви I реда), • Примењена је линеарна теорија еластичности за израчунавање модула еластичности асфалтног слоја коришћењем повратног прорачуна у рачунарском програму ELMOD 6, • За улазне параметре нису узети у обзир хомогени пресеци, • Резултати истраживања и изведени закључци могу да послуже као прилог сазнању о анализираном проблему израчунавања модула еластичности асфалтног слоја, • Резултате истраживања је могуће применити као подршку доношењу одлука у домену управљања путевима и коловозним конструкцијама, односно утврђивању потреба за спровођењем одређених интервенција на коловозним конструкцијама у смислу одржавања, а самим тим и дефинисању потребног обима финансијских ресурса.
4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања? На основу детаљне анализе дисертације, Комисија констатује да су испуњени постављени циљеви и да дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања.
X ПРЕДЛОГ:
На основу наведеног, комисија предлаже:
да се докторска дисертација прихвати, а кандидату Мили Свилар одобри одбрана.

Место и датум:
Суботица, 1.03.2023.

1. др Игор Јокановић, ванредни професор
_____, председник

2. др Небојша Радовић, редовни професор
_____, члан

3. др Драган Лукић, редовни професор у пензији
_____, члан

4. др Игор Пешко, ванредни професор
_____, члан, ментор

5. др Милош Шешлија, доцент
_____, члан, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.