

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију 26.9.2018. Наставно-научно веће Факултета техничких наука</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>1. Др Војин Шенк, редовни професор, телекомуникације и обрада сигнала, 18.07.2003, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <p>2. Др Миодраг Михаљевић, научни саветник, криптологија и информациона безбедност, 15.9.1999, Математички институт САНУ, САНУ</p> <p>3. Др Владимир Црнојевић, редовни професор, телекомуникације и обрада сигнала, 15.2.2016, Институт БиоСенс, Универзитет у Новом Саду</p> <p>4. Др Владо Делић, редовни професор, телекомуникације и обрада сигнала, 15.02.2016, Универзитет у Новом Саду</p> <p>5. Др Дејан Вукобратовић, ванредни професор, телекомуникације и обрада сигнала, 1.4.2014, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Оскар, Владимир, Марко</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 14.7.1990, Нови Сад, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Енергетика, електроника и телекомуникације, дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства – мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2014. Енергетика, електроника и телекомуникације</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

	<p>Примена иновативних метода машинског учења у биосистемима (назив на енглеском: „<i>Application of innovative methods of machine learning in biosystems</i>“)</p>
<p>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p>	<p>Докторска дисертација је изложена на 125 страна, обухвата 50 графикона, 19 табела, 188 референци и 2 прилога. Написана је на енглеском језику. На почетку дисертације дата је кључна документација, резиме, индекс графикона, индекс табела и садржај.</p> <p>Дисертација садржи шест поглавља:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увод (<i>Introduction</i>) 2. Предикција приноса (<i>Yield Prediction</i>) 3. Паметан одабир семена (<i>Smart Seed Selection</i>) 4. Оптимизација ланца (<i>Supply Chain Optimisation</i>) 5. Еволутивни алгоритми за планирање сетвене структуре (<i>Evolutionary Algorithms for Crop Configuration Planning</i>) 6. Закључци (<i>Conclusions</i>) <p>У оквиру дисертације се још налазе: литература и прилози (увид у податке, и временска серија цена), као и продужени резиме на српском језику.</p>
<p>V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p>	<p>У првом поглављу дат је детаљан преглед стања у пресеку области машинског учења и пољопривреде као вероватно најважнијег дела биосистема. Најпре је детаљно анализирано стање у пољопривреди и тренутно актуелна парадигма „прецизне пољопривреде“ у којој је циљ максимизација приноса уз минималне трошкове производње. Прецизна пољопривреда се у многоме ослања на машинско учење, те је након анализе метода и концепата на којима се овај правац вештачке интелигенције базира дато неколико примера његове успешне примене у пољопривреди. Како је у дисертацији нагласак стављен на одабир одговарајуће врсте семена односно одговарајућег усева за њиву, дат је и краћи преглед приступа оптимизацији и планирању намене земљишта.</p> <p>Друго поглавље се бави предикцијом приноса. Након краћег прегледа могућих приступа за решавање овог проблема и алгоритама машинског учења који су испробани, представљена је иновативна метода машинског учења која је показала боље перформансе од конкурентских. Ова метода је заснована на формирању тежинских хистограма, где се тежине у улазима хистограма формирају на основу сличности између параметара тест узорка и датог узорка из скупа за обуку. Ови хистограми апроксимирају функцију густине вероватноће излазне променљиве, а предикција по једном обележју се добија као очекивана вредност хистограма. Очекиване вредности се затим упросече како би се добила финална предикција. Предност ове методе се огледа у повећаној тачности предикције, као и у томе што не захтева претходну обуку модела, што је поготово интересантно за динамичке системе у којима се често мења скуп за обуку.</p> <p>У трећем поглављу анализира се проблем избора одговарајуће сорте соје за њиву са одређеним статистичким параметрима и параметрима земљишта. Улаз у систем је свакако предикција приноса за 180 сорти колико их је укупно доступно. Међутим, уместо сејања једне сорте соје на целој површини њиве, оптимизује се портфолио сорти који има боље перформансе од сваке сорте понаособ. Ова оптимизација се заснива на модерној теорији портфолија развијеној за доношење одлука о инвестицијама на берзи, која се показује да може успешно да се примени и у случају пољопривредних одлука. Допринос тезе у овој области је постигнут применом предикованих приноса уместо историјских просека, као и у коваријансној матрици заснованој такође на предикованим вредностима, чиме се боље моделује стање система у идућој години. Резултат оптимизације портфолија су приноси већи за 5 %, што је изванредан резултат имајући у виду да овај тип повећања приноса не</p>

захтева никакве додатне инвестиције у ђубриво, агрохемију и механизацију.

У четвртном поглављу је проблем из трећег поглавља постављен из перспективе дистрибуције семена. Сада је циљ био одредити оптималну количину семена коју дистрибутер треба да има у складишту како би одговорио на потражњу из региона који покрива. Најпре су предиковани приноси сорти у различитим деловима Сједињених Држава, а затим су семена која најбоље рађају ушла у препоруку за дистрибутера. Овог пута истраживање је базирано понајвише на климатским карактеристикама региона. Клима је посматрана као случајна променљива чије су реализације - временске прилике у претходним годинама. Затим је претпостављено да је у наредној години вероватноћа појављивања свих временских сценарија једнака и да се не очекују временски сценарији који нису забележени у историјским подацима. Ризик одабира семена је минимизован тако што су бирана семена која имају стабилне приносе у свим временским сценаријима, тј. најмање су осетљива на локалне временске прилике. Занимљив закључак ове студије је везан за одабир семена од стране пољопривредника у читавом региону, где је показано да уколико се одлука о одабиру сорти спроводи централизовано, повећање приноса иде и до 10 %.

Алгоритми у поглављима 2-4 развијени су на подацима из САД. Пето поглавље се бави применом неких од њих на пољопривредним локалним подацима из Војводине. Међутим, овога пута циљ није оптимизација одабира сорти соје на једној њиви, већ оптимизација одабира култура које се сеју на свим њивама једне пољопривредне компаније. Проблем је дефинисан као проблем одлучивања са мноштвом супротстављених функција циља који је једино могуће решити најактуелнијим еволутивним алгоритмима. Како је проблем одабира култура за њиве категоричке природе, развијени су категорички оператори мутације и кросвера за еволутивни алгоритам NSGA-III. Овај измењени алгоритам успешно је пронашао карактеристичне сетвене структуре које повећавају принос и смањују ризик и утицај пољопривредне производње на животну средину.

Шесто поглавље садржи закључке изведене из ове докторске дисертације који се тичу како научног доприноса развијених алгоритама, тако и њихове апликативне вредности.

Након закључка дата су и два прилога у којима се налази преглед коришћеног скупа података и временска серија цена пољопривредних производа коришћена за оптимизацију профита у петом поглављу.

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

Marko, O., Brdar, S., Panic, M., Lugonja, P., & Crnojevic, V. (2016). Soybean varieties portfolio optimisation based on yield prediction. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 467-474. (M21)

Marko, O., Brdar, S., Panić, M., Šašić, I., Despotović, D., Knežević, M., & Crnojević, V. (2017). Portfolio optimization for seed selection in diverse weather scenarios. *PLoS one*, 12(9), e0184198. (M21)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У овој тези је приказано неколико иновативних примена машинског учења у биосистемима, односно пољопривреди. Први закључак је да је методом тежинских хистограма могуће предиковати приносе прецизније него методама које тренутно

представљају последњу реч технике. Даље је показано да је оптимизацију портфолија могуће применити и у домену пољопривреде за одабир одговарајућег скупа семена који треба посејати на њиви како би се повећао принос и смањило ризик. Предложене су измене у алгоритму које се односе на примену предикција добијених методама машинског учења у естимацији очекиваних приноса и формирању коваријансне матрице, као потребним улазима за алгоритам. Осим успешне оптимизације портфолија сорти семена којег пољопривредник треба да користи како би унапредио производњу, посматран је и проблем одабира семена из перспективе дистрибутера. Најважнији резултат који је изникао из овог дела истраживања тиче се здруженог одлучивања на целој територији САД. Уколико би се централизовало доношење одлука о избору семена, на неким њивама би се забележили изузетно мали приноси. Међутим, на свим осталим њивама би приноси били толики да би компензовали ово смањење. Штавише, укупни приноси би били повећани за 10 %. Последњи сегмент истраживања тичао се еволутивних алгоритама. Како је проблем оптимизације сетвене структуре категорички (оптимизује се категорија усева која се бира за парцелу), тренутно актуелне алгоритме није могуће директно применити за овај проблем. Стога су развијени категорички оператори за кросовер и мутацију који омогућају алгоритму да веома брзо конвергира ка глобалном оптимуму. Резултат оптимизације на доступном скупу података је повећање приноса чак до 60 % уз смањење ризика производње до 10 %.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Кандидат Оскар Марко у потпуности је обавио истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави докторске дисертације. Целокупан приказ дисертације је добро и јасно структуриран. Резултати су детаљно и систематично интерпретирани и упоређени са релевантним методама из области. Статистичка обрада података и добијених резултата обухватила је: Собољеву анализу осетљивости, Морисову анализу осетљивости и несигурности, анализу грешке и др. Велики број графичких приказа омогућава лакше разумевање резултата представљених у дисертацији. Изведени су закључци утемељени на великом броју експеримената и разноврсним подацима што показује да кандидат влада материјом и поседује висок ниво знања из области машинског учења и аналитике података. Дат је обиман преглед релевантне литературе. У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања. Дисертација је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма iThenticate. Извештај о подударности је показао да је дисертација оригинално ауторско дело кандидата.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација у потпуности је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе научно-истраживачког рада. Тема, садржај, преглед литературе, методологија, приказ и тумачење резултата задовољавају захтеве нивоа докторске дисертације.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Докторска дисертација садржи оригиналне научне доприносе у домену машинског учења и аналитике података. У дисертацији су предложени:

- Метод машинског учења за регресију заснован на великом скупу података
- Унапређен метод оптимизације портфолија заснован на предикованим вредностима

- Категорички генетски оператори за кросовер и мутацију

Из опсежног експерименталног истраживања које је кандидат спровео произашли су резултати применљиви за решавање проблема одабира сорте соје за конкретне параметре парцеле, који повећавају принос и смањују ризик. Затим, произашла је метода за оптимизацију дистрибуције сорте семена на основу метеоролошких и земљишних параметара, а дат је и метод за оптимизацију сетвене структуре који оптимизује велики број супротстављених функција циља. Машинско учење је веома актуелна област којом се бави велик део научне заједнице како непосредно тако и на апликативном нивоу. Кандидат је детаљно сагледао методе и критички обрадио велике скупове података. Постављене су хипотезе да се на основу података и машинског учења може оптимизовати доношење одлука које се тичу пољопривредне производње, а нарочито сетве. Резултати истраживања потврђују постављене хипотезе. Ови резултати објављени су у међународним научним часописима са импакт фактором и представљени на међународним скуповима, чиме се даље потврђује да докторска дисертација представља оригиналан допринос науци.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Дисертација нема недостатке који утичу на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација под називом „Примена иновативних метода машинског учења у биосистемима“ прихвати, а кандидату Оскару Марку одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Војин Шенк, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад

др Миодраг Михаљевић, научни саветник,
Математички институт САНУ, Београд

др Владимир Црнојевић, редовни професор,
Природно-математички факултет, Нови Сад

др Владо Делић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад

Ментор: др Дејан Вукобратовић, ванредни
професор, Факултет техничких наука, Нови
Сад

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.