

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета, Универзитета у Источном Сарајеву, број 03-1186/19 од 04.09.2019. године, именована је Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата мр Сњежане Милинковић под називом: „Дефинисање препорука за креирање структуре и садржаја адаптивних електронских курсева засновано на примени *data-mining* техника“.

(у даљем тексту: Комисија) у следећем саставу:

1. **Ванредни проф. др Видан Говедарица**, (Електротехнички факултет Универзитета у Источном Сарајеву, ужа научна област *Математичка анализа и примјене*) - председник;
2. **Редовни проф. др Милена Станковић**, (Електронски факултет Универзитета у Нишу, ужа научна област *Рачунарска техника и информатика*) - ментор и члан;
3. **Редовни проф. др Драган Јанковић**, (Електронски факултет Универзитета у Нишу, ужа научна област *Електротехника и рачунарство*) - члан;
4. **Ванредни проф. др Марија Благојевић**, (Факултет техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област *Информационе технологије и системи*) - члан.
5. **Доцент др Владимир Вујовић**, (Електротехнички факултет Универзитета у Источном Сарајеву, ужа научна област *Рачунарске науке*) – члан;

Комисија је прегледала и оценила докторску дисертацију и о томе подноси Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Источном Сарајеву следећи

ИЗВЕШТАЈ о оцени урађене докторске дисертације

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Интензиван развој у подручју информационо-комуникационих технологија у последњој деценији остварио је снажан утицај на све сфере људског живота, па тако и на образовање. Савремени образовни системи подразумевају висок степен коришћења дигиталних технологија у својој свакодневној пракси, а добробити које се тиме остварују посебно долазе до изражаја при дигитализацији извођења наставног процеса. Имплементацијом концепта електронског учења отворене су нове могућности за дисеминацију и усвајање знања, побољшање његове доступности и квалитета презентовања наставних материјала. Због тога је *e-learning* концепт у образовним институцијама широм света препознат као основа на којој ће почивати образовни системи 21. века.

Истовремено са подизањем нивоа квалитета извођења наставних процеса, примена овог концепта имала је за последицу нагомилавање огромних количина дигиталних података. У истраживачкој заједници је уочено да ти подаци представљају драгоцене изворе потенцијално корисних информација, те се услед тога десио тренд њиховог интензивног анализирања. Аналитичке методе које су се користиле у другим научним доменима почињу интензивно да се користе и у подручју образовања. Интензивна истраживања у том домену имала су за последицу издвајање две нове младе истраживачке области: едукациони *data mining*-а и

аналитику учења. Истраживањима која су карактеристична за ова два подручја креирају се нове перспективе посматрања наставног процеса и долази се до нових и важних информација до којих се није могло доћи кроз класичне видове извођења наставе. На такав начин се отварају нове могућности за унапређење процеса учења и подучавања у многим сегментима, али се истовремено појављује и велики број изазова које при томе треба савладати. Истраживања у оквиру ове дисертације имала су за циљ да се у одређеној мери да допринесу процесима прикупљања релевантних података на основу којих се могу пронаћи и дефинисати начини за реализовање ефикасне подршке процесу одвијања наставе кроз концепт електронског учења у комбинацији са *data mining* техникама и методама.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Урађена докторска дисертација представља оригинално научно дело. Оригинални део истраживања посебно анализира могућност креирања структуре и организације електронске подршке процесу извођења наставе која ће се својим инструкционим моделима прилагодити потребама и вештинама студената, те допринети повећању њихове мотивације за редован рад. У оквиру дисертације предложен је и модел генерализованог складишта за интеграцију специфичних врста података који се могу генерисати у образовним окружењима. Поред тога, коришћењем *data mining* техника и метода, на основу прикупљених података креирани су предиктивни модели студентских перформанси и уочени параметри који имају највећи утицај на студентска постигнућа. Креираним моделима дефинисани су разумљиви формализми којима је могуће извршити рану идентификацију студената за које постоји ризик да неће успешно савладати захтеване академске задатке. На такав начин, створени су предуслови да се тој групи студената може у будућности посветити посебна пажња и коришћењем инструкционих модела којима се реализује електронска подршка процесу извођења наставе, обезбедити додатна помоћ у разумевању наставних материјала и остварењу захтеваних академских постигнућа. Сумирајући наведене елементе истраживања, дефинисане су препоруке и створени предуслови за прилагођење наставног процеса карактеристикама и преференцијама студената који ће у њему да партиципирају.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Кандидаткиња је током спроведеног истраживања остварила значајне резултате који су последица вишегодишњих истраживања и праћења стања и актуелних трендова у подручјима едукационог *data mining*-а и изазовима и могућностима њихове имплементације коришћењем концепта електронског учења. На такав начин су у оквиру дисертације предложена ефикасна решења за подршку процесу извођења наставе креирањем аналитичких модела којима ће се тај процес прилагодити потребама и вештинама студената који у њему партиципирају. У току стручне каријере кандидаткиња је као аутор објавила више радова у часописима и симпозијумима од међународног и националног значаја. Радови кандидаткиње објављени током истраживања и израде докторске дисертације су посебно истакнути (наглашени).

Радови објављени у водећим часописима националног значаја :

1. **Сњежана Милинковић**, Мирјана Максимовић, "Using decision tree classifier for analyzing students' activities", Journal of Information Technology and Applications - JITA, Vol. 2, pp. 87-95, 2013

Радови објављени у зборницима са националних и међународних скупова:

1. **Сњежана Милинковић**, В. Вујовић, "Students' Success Predictive Models Based on Selected Input Parameters Set", 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 20-22 March 2019
2. **Сњежана Милинковић**, "Korišćenje asocijativnih pravila za istraživanje edukacionih podataka", XIV međunarodni simpozijum INFOTEH-JAHORINA, 2015
3. **Сњежана Милинковић**, "Applying attribute selection methods for improving students' performance predictive model", International Conference on Applied Internet and Information Technologies 2014, 2014
4. **Сњежана Милинковић**, "Boosting - a method for improving the accuracy of predictive model", The Fifth International Conference on e-Learning - eLearning-2014, 2014
5. **Сњежана Милинковић**, "Identifying activities that most influence students' motivation and achievements", The International Conference on e-Education - ICeE 2014, 2014
6. **Сњежана Милинковић**, "Using „WHITE-BOX“ classification algorithms for predicting students' performance", SYMORG 2014, pp. 318 - 325, 2014
7. **Сњежана Милинковић**, Д. Мијић, Р. Грујић, Н. Марковић, "Elektronsko učenje na Univerzitetu u Istočnom Sarajevu – pregled stanja", INFOTEH-JAHORINA, Vol. 13, pp. 1021 - 1025, ISBN 978-99955-763-3-2, 2014
8. **Сњежана Милинковић**, Мирјана Максимовић, *Коришћење Decision Tree класификатора за анализирање студентских активности*, ИТЕО, Бања Лука, 2013
9. **Сњежана Милинковић**, Мирјана Максимовић, *Analizing the impact of administrative and demographic data on students' performance*, International conference on Applied Internet and Information Technologies, Зрењанин, 2013

4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему (по поглављима)

Кандидаткиња је у потпуности испоштовала план и програм рада на дисертацији, а у складу са пријавом докторске дисертације. Докторска дисертација кандидата садржи укупно 153 странице, укључујући насловну страну, захвалницу, предговор, сажетак на српском и на енглеском језику, садржај и кратку биографију аутора. Главни текст дисертације је обима 141 страница, у оквиру којих је приказано 27 слика, 16 табела и 229 референци.

Дисертација је организована кроз седам поглавља, укључујући уводно поглавље и закључак са доприносима дисертације. На крају дисертације дат је списак коришћене литературе, попис коришћених скраћеница, слика, табела и кратка биографија аутора.

У првом, уводном поглављу дисертације дефинисан је предмет и област истраживања и јасно постављене опште и научне хипотезе истраживања. Кандидаткиња се укратко осврнула на значај примене техника data-mininga у циљу анализе великих количина података које се данас

складиште на интернету и откривању корисних образаца у њима и указала на све ширу примену ових техника у анализи података који се генеришу у оквиру система за учење на даљину. Уводно поглавље се завршава прегледом садржаја дисертације по поглављима.

Друго поглавље дисертације даје кратак преглед техника и истраживања у овој области. Истакнуто је да data mining технике данас чине фундаментални део анализе података како у научно-истраживачким, тако и у пословним апликацијама уз оправдана предвиђања да ће се ове технологије све више и више користити у будућности кроз константне напоре за проналажење начина за што ефикасније смештање и индексирање података у базама података, омогућавање што ефикасније примене алгоритама вештачке интелигенције за учење и откривање образаца и тежњу да се ти алгоритми могу применити на што веће скупове података.

Треће поглавље се односи на имплементацију data mining процеса у едукационом домену. Разматране су специфичности података и циљева примене data mining техника у едукационом контексту. Наглашено је да се применом техника едукационог data mininga могу добити резултати који се могу користити у образовном процесу на имплицитан или експлицитан начин. На основу доступних нових информација, могуће је ефикасније обављање формативне и сумативне евалуације извођења образовног процеса. У овом поглављу дат је и преглед литературе која се односи на актуелна истраживања у области едукационог data mininga и аналитике учења. Направљен је детаљан преглед и компаративна анализа data mininga метода и техника едукационог домена. На крају овог поглавља направљен је преглед релевантне литературе са акцентом на анализи постојећих решења која се користе за предвиђање академских перформанси студената.

У току рада на овој дисертацији кандидаткиња је дала значајан допринос у развоју система за Веб-базирану електронску подршку процесу одвијања наставе на Електротехничком факултету Универзитета у Источном Сарајеву. Четврто поглавље дисертације даје опис овог система. Почетна подпоглавља баве се генерално концептом електронског учења и прегледом стања његове имплементације у свету, региону, Босни и Херцеговини и Републици Српској. Описано је стање имплементације концепта електронског учења на Универзитету у Источном Сарајеву и представљени резултати истраживања о постојећим изазовима на том пољу. Након тога су изложене предности и недостаци имплементације електронског учења коришћењем система за управљање учењем и карактеристике LMS Моодле платформе, са посебним акцентом на имплементацију могућности праћења активности корисника, обезбеђење повратних информација студентима, аналитичке модуле и могућности за груписање корисника. Посебна пажња је посвећена моделу мешовитог учења, као најраширенијем виду имплементације концепта електронског учења данас у свету. Детаљно су изложени принципи на којима је заснован концепт мешовитог учења, потенцијал и бенефити који се њиме обезбеђују за имплементацију актуелних трендова у савременим образовним окружењима, али и низ изазова о којима се мора водити рачуна услед веома широког оквира за његову имплементацију. На крају овог поглавља детаљно је описан мешовити модел извођења наставе на предмету Увод у програмирање који се изводи на првој години студија на Електротехничком факултету Универзитета у Источном Сарајеву. Наглашени су основни циљеви којима се водило при креирању модела, као и низ изазова који су се морали савладати да би се одабрани модел својом структуром прилагодио дигиталним компетенцијама и потребама студената за које је креиран. Приказани су резултати истраживања којима је анализиран став студената о креираном моделу и степен у којем његова имплементација утиче на њихову мотивацију за редован рад.

У петом поглављу дисертације описано је предложено решење модела базе података која представља централизован репозиторијум података о студентима. Приказан је процес прикупљања и интеграције доступних потребних података из различитих извора, као и њихова

трансформација при смештању у креирано централизовано складиште како би се представили у форми која је у складу са потребама будуће анализе и креирања потребних предиктивних модела.

У шестом поглављу описан је процес креирања предиктивних модела академских перформанси за две специфичне врсте полазника који у свакој школској години похађају наставу из предмета Увод у програмирање, који се изводи на првој години студија на ЕТФ УИС. Идентификовани су кључни параметри чије вредности у анализираном временском тренутку имају највећи утицај на академска постигнућа студената и приказан једноставан начин на који се добијене информације могу искористити за олакшавање процеса што ранијег прилагођења инструкционих модела који се имплементирају на поменутом курсу карактеристикама његових корисника.

У закључку су сумирани резултати истраживања. Приказани су доприноси дисертације и наведене су смернице за будући рад, као и предности и ограничења спроведених истраживања.

Докторска дисертација је и по обиму и по квалитету у потпуности испунила циљеве и задатке постављене у пријави дисертације.

5. Научни резултати докторске дисертације

Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације у циљу потврде постављених хипотеза су у потпуности испуниле очекиване резултате и постављене циљеве. Основни научни доприноси дисертације су:

- направљен преглед стања у истраживачким подручјима едукационог *data mining*-а и аналитике учења, са акцентом на могућности креирања предиктивних модела студентских перформанси и рану идентификацију студената за које постоји ризик да неће успети остварити захтевана академска постигнућа,
- направљен преглед стања имплементације *e-learning* концепта на Универзитету у Источном Сарајеву,
- имплементиран систем за електронско учење на Електротехничком факултету Универзитета у Источном Сарајеву,
- истражене могућности и недостаци аналитичких и адаптивних решења која се обезбеђују *LMS Moodle* платформом,
- детаљно истражене и описане могућности, потенцијални бенефити и изазови коришћења мешовитог модела електронског учења,
- имплементиран конкретан модел курса заснованог на концепту мешовитог учења прилагођен дигиталним компетенцијама и преференцијама студената,
- анализирана и потврђена успешност креираног модела анкетним истраживањем и предиктивном анализом,
- анализиран утицај неакадемских података на перформансе студената,
- постигнути позитивни резултати делимичног прилагођења активности на курсу на основу ограниченог скупа улазних параметара и идентификована потреба прецизнијих параметара и препорука за прилагођење у најранијим фазама курса,
- анализирани сви тренутно доступни извори података о студентима на ЕТФ УИС,
- креиран модел генерализованог централизованог складишта података о студентима,

- имплементиран систем којим се омогућава интеграција доступних података о студентима из постојећих хетерогених извора,
- креирани специфични улазни скупови података о студентима у потребним временским периодима,
- креиран систем којим је могуће за одабрану групу студентата извршити екстракцију потребних података из централизованог складишта у интересантним временским тренуцима,
- креирани предиктивни модели задовољавајуће тачности за специфичне групе студената,
- идентификоване варијабле које су најутицајније на академска постигнућа студената,
- креирани формализми на основу којих се може извршити груписање корисника на курсу и на такав начин остварити предуслове за ефикасну адаптацију инструкционих модела у складу са дефинисаним моделом курса.

6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Докторска дисертација *Дефинисање препорука за креирање структуре и садржаја адаптивних електронских курсева засновано на примени data-mining техника*, односи се на релативно нову и данас веома актуелну област едукационог *data-mining*-а.

У току рада на тези кандидаткиња је учествовала у постављању и развоју система за електронску подршку процесу извођења наставе на Електротехничком факултету Универзитета у Источном Сарајеву. На бази овог система и осталих система у којима се чувају подаци о студентима на ЕТФ УИС, развијен је систем за интеграцију података из различитих извора у циљу њиховог коришћења у процесу предикције академских перформанси студената.

Кључна истраживања дисертације односе се на креирање предиктивних модела за две специфичне групе студената који похађају наставу из предмета *Увод у програмирање*. Описана истраживања могу да представљају основу за слична истраживања у оквиру других предмета и отварају могућност примене едукационог *data-mining*-а у образовном процесу на Електротехничком факултету Универзитета у Источном Сарајеву.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Мр Сњежана Милинковић је објавила највећи део резултата своје докторске дисертације у водећем часопису националног значаја и IEEE међународним скуповима:

- **Сњежана Милинковић**, В. Вујовић, "*Students' Success Predictive Models Based on Selected Input Parameters Set*", 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 20-22 March 2019
- **Сњежана Милинковић**, "*Identifying activities that most influence students' motivation and achievements*", The International Conference on e-Education - ICeE 2014, 2014
- **Сњежана Милинковић**, Мирјана Максимовић, "*Using decision tree classifier for analyzing students' activities*", Journal of Information Technology and Applications - JITA, Vol. 2, pp. 87-95, 2013

8. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу увида у докторску дисертацију мр Сњежане Милинковић под називом „Дефинисање препорука за креирање структуре и садржаја адаптивних електронских курсева засновано на примени data-mining технике“. Комисија је једногласно закључила да је кандидаткиња изабрала актуелну и оригиналну тему истраживања, коју је спровела поштујући све принципе научног рада и користећи савремене методе испитивања и анализе резултата. Дисертација садржи оригиналне теоријске и практичне резултате у области едукационог data-mining-а. Истраживање у оквиру ове дисертације могло би значајно да допринесе унапређењу процеса извођења наставе на нивоу целе образовне институције и побољшању исхода учења студената. На основу наведеног, Комисија предлаже Већу Електротехничког факултета у Источном Сарајеву и Сенату Универзитета у Источном Сарајеву, да докторску дисертацију под насловом

„Дефинисање препорука за креирање структуре и садржаја адаптивних електронских курсева засновано на примени data-mining технике“


аутора мр Сњежане Милинковић, дипл. инж. ел. прихвати и одобри њену јавну одбрану, којом ће стећи звање доктора техничких наука.

Место: Источно Сарајево

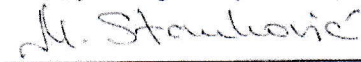
Датум: 23.09.2019.

Комисија:

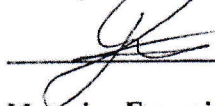
1. **Видан Говедарица**, у звању ванредни професор, Математичка анализа и примјене, Универзитет у Источном Сарајеву, Електротехнички факултет, председник Комисије:



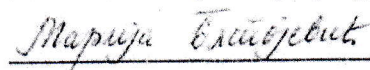
2. **Милена Станковић**, у звању редовни професор, Рачунарска техника и информатика, Универзитет у Нишу, Електронски факултет, ментор и члан Комисије:



3. **Драган Јањковић**, у звању редовни професор, Електротехника и рачунарство, Универзитет у Нишу, Електронски факултет, члан Комисије:



4. **Марија Благојевић**, у звању ванредни професор, Информационе технологије и системи, Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку, члан Комисије:



5. **Владимир Вујовић**, у звању доцент, Рачунарске науке, Универзитет у Источном Сарајеву, Електротехнички факултет, члан Комисије:

