

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији
Кандидата Ане Вукићевић

Одлуком 05-01 број 3/79-6 од 31.07.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидаткиње **Ане Вукићевић** под насловом

„Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група применом машинског учења и теорије игара“

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Ана Вукићевић је 2019. године уписала докторске академске студије на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду (студијски програм: Информациони системи и квантитативни менаџмент, изборно подручје: Операциона истраживања).

Након што је положила све предвиђене испите, кандидаткиња је 02.09.2024. године пријавила Приступни рад на докторским студијама. Одлуком 05-01 бр. 3/79-8 од 11.09.2024. године, формирана је Комисија за преглед и одбрану Приступног рада и оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације. За потенцијалне менторе рада именовани су др Борис Делибашић, редовни професор, Универзитет у Београду - Факултет организационих наука и др Љубиша Бојић, виши научни сарадник, Института за филозофију и друштвену теорију Универзитета у Београду. Приступни рад под насловом „Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група применом машинског учења и теорије игара“ одбрањен је 20.09.2024. године.

Одлука 05-01 бр. 3/92-6 о усвајању извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је на Наставно-научном већу Факултета организационих наука 27.09.2024. године. Одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду од 21.10.2024. 02 бр. 61206-3801/3-24 дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Ане Вукићевић под називом „Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група применом машинског учења и теорије игара“. На Наставно-научном већу Факултета организационих наука од 23.10.2024. године одобрена је израда докторске дисертације кандидаткиње Ане Вукићевић. За менторе су именовани проф. др Борис Делибашић и др Љубиша Бојић.

Ментори др Борис Делибашић и др Љубиша Бојић су 16.07.2025. године известили Наставно-научно веће Факултета организационих наука да је Ана Вукићевић завршила израду докторске дисертације. Наставно-научно веће Факултета организационих наука је одлуком 05-01 бр. 3/79-6 од 31.07.2025. године именovalo Комисију за преглед и оцену завршене докторске дисертације у саставу:

1. др Милија Сукновић, редовни професор, Универзитет у Београду-Факултет организационих наука – председник Комисије;
2. др Марија Кузмановић, редовни професор, Универзитет у Београду-Факултет организационих наука;
3. др Павле Милошевић, ванредни професор, Универзитет у Београду-Факултет организационих наука;
4. др Небојша Бојовић, редовни професор, Универзитет у Београду-Саобраћајни факултет
5. др Власта Сикимић, доцент, Eindhoven University of Technology

1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидаткиње Ане Вукићевић даје опис модела за интегрисање гласова експерата и великих група у процесима доношења одлука уз помоћ машинског учења и теорије игара. Истраживање је усмерено на превазилажење изазова попут хетерогености мишљења и са друге стране недовољне количине података кроз примену техника као што су факторизација матрица, кластеровање и регресиони модели, као и динамичко пондерисање гласова. Посебан акценат је стављен на примену преговарачких модела Неша и Калаи–Смординског ради постизања компромиса између експерата и велике групе учесника.

Докторска дисертација припада области техничких наука и подручју организационих наука. Ужа научна област којом се бави дисертација је Моделирање пословних система и пословно одлучивање. Ментори дисертације су проф. др Борис Делибашић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду и др Љубиша Бојић, виши научни сарадник Института за филозофију и друштвену теорију Универзитета у Београду.

Ментори поседују одговарајуће компетенције за вођење дисертације у виду објављених радова у научним часописима од међународног значаја из области машинског учења и моделирања пословних система и пословног одлучивања.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Ана Вукићевић рођена је 15.02.1990. године у Новом Пазару. Основну школу и гимназију (природно математички смер) завршила је у Новом Пазару са одличним успехом. Факултет организационих наука, Универзитета у Београду, студијски програм Менаџмент и организација, уписала је школске 2009/10 године. Дипломирала је 2013. године са просечном оценом 8,67 (осам, 87/100). Дипломске (Мастер) студије на одсеку за Менаџмент и организација, модул Пословна интелигенција, Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, уписала је 2013. године. Мастер студије завршила је са просечном оценом 9,71 (девет, 71/100) и одбранила мастер рад „Технике предпроцесирања медицинских података у циљу побољшања предвиђања поновног доласка пацијента у болницу“.

Од септембра 2014. до маја 2015. је била гостујући истраживач на Темпл Универзитету, Филаделфија, САД, где учествује на пројекту „Prospective Analysis of Large and Complex Partially Observed Temporal Social Networks“, финансираном од стране DARPA Број пројекта: FA9550-12-1-0406.

Након тога у децембру 2015. се запошљава у Сага доо као програмер пословне интелигенције где остаје до јула 2024. Након тога постаје сениор програмер пословне интелигенције у Киншифт доо, Београд.

Од октобра 2024. запослена је на Рачунарском факултету, Универзитета Унион као асистент. Одговорна је за извођење наставе, припрему материјала за наставу и испите, али и за спровођење истраживања и писања научних радова. Предмети на којима је ангажована су: Вероватноћа и статистика, Основи науке о подацима, Машинско учење и Управљање информацијама.

Током 2019. године учествовала је на пројекту „Агрегација рачунарских алгоритама и људских преференција у доношењу одлука у окружењима са више учесника“ финансиран од канцеларије за поморска истраживања, број пројекта: ONR N62909-19-1-2008.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Ане Вукићевић, под насловом „Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група применом машинског учења и теорије игара“ написана је на 111 страна, груписаних у 8 поглавља, као и дела који се односи на коришћену литературу.

Докторска дисертација садржи 12 слика, 13 табела и 228 литературних навода. На почетку дисертације дат је сажетак на српском и енглеском језику, а на крају дисертације налази се биографија и три обавезна прилога: Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије рада и Изјава о коришћењу.

Докторска дисертација се састоји из следећих поглавља и потпоглавља:

1. Увод

- 1.1 Дефинисање предмета истраживања
- 1.2 Циљеви истраживања
- 1.3 Полазне хипотезе
- 1.4 Методе истраживања
- 1.5 Структура и организација рада

2. Прикупљање мишљења великих група

- 2.1 Колективно спровођење задатака у оквиру велике групе
 - 2.1.1 Историјски контекст колективног спровођења задатака
 - 2.1.2 Технолошки и савремени напредак у колективном спровођењу задатака
- 2.2 Платформе за колективно спровођење задатака
- 2.3 Примене колективног спровођења задатака
- 2.4 Гласање у великим групама: Коришћење колективног доношења одлука
 - 2.4.1 Историјски контекст колективног гласања
 - 2.4.2 Технолошки напредак у колективном гласању
- 2.5 Платформе за колективно гласање унутар велике групе
- 2.6 Примене прикупљања гласова у великим групама
- 2.7 Предности и изазови колективног гласања
- 2.8 Коришћење експертских мишљења у контексту спровођења задатака у великим групама
- 2.9 Експертска мишљења у колективном гласању
- 2.10 Изазови у интеграцији експертских мишљења

3. Примена машинског учења у контексту доношења одлука великих група

- 3.1 Појам и значај машинског учења
- 3.2 Историја машинског учења
- 3.3 Процес машинског учења
- 3.4 Типови и задаци машинског учења
 - 3.4.1 Надгледано учење
 - 3.4.2 Ненадгледано учење
 - 3.4.3 Полунадгледано учење
- 3.4 Алгоритми машинског учења
 - 3.4.1 Регресија
 - 3.4.2 Кластеровање
 - 3.4.3 Факторизација матрица

- 3.4.4 Идентификација аномалија у подацима
- 3.5 Алгоритми машинског учења у контексту доношења одлука у великим групама
- 4. Теорија игара у контексту одлучивања великих група
 - 4.1 Појам и значај теорије игара
 - 4.2 Историја теорије игара
 - 4.3 Основни појмови у теорији игара
 - 4.3.1 Дефиниција игре
 - 4.3.2 Претпоставке
 - 4.3.3 Класификација игара
 - 4.3.4 Репрезентација игре
 - 4.3.5 Концепт решења
 - 4.4 Модели кооперативних игара
 - 4.4.1 Језгро игре
 - 4.4.2 Шеплијева вредност
 - 4.5 Преговарачки модели
 - 4.5.1 Нешов модел преговарања
 - 4.5.2 Калаи–Сморедински модел преговарања
 - 4.5.3 Рубинштајнов модел наизменичних понуда
 - 4.6 Утицај и примене теорије игара
 - 4.7 Повезаност теорије игара и колективног гласања – Примене и утицај
- 5. Оквир за интеграцију гласова експерата и великих група
 - 5.1 Одређивање преференција гласача на основу доступних гласова
 - 5.2 Процена недостајућих мишљења
 - 5.3 Агрегација гласова
 - 5.4 Интегрисање мишљења експерата и великих група
- 6. Методе за отежавање и интеграцију гласова уз помоћ машинског учења
 - 6.1 Подаци за евалуацију
 - 6.2 Отежавање мишљења великих група базирано на експертским мишљењима
 - 6.2.1 Методе засноване на факторизацији матрица
 - 6.2.2 Методе евалуације
 - 6.2.3 Експериментална поставка
 - 6.2.4 Резултати и дискусија
 - 6.3 Методе базиране на квалитету кластера
 - 6.3.1 Cluster QA – отежавање гласова базирано на квалитету кластера
 - 6.3.2 Predict ALS - Рангирање алтернатива базирано на предвиђеним оценама
 - 6.3.3 Резултати и дискусија
- 7. Методе базиране на теорији игара
 - 7.1 Идентификација латентних карактеристика гласача и алтернатива
 - 7.2 Агрегација гласова базирана на методама преговарања
 - 7.3 Мере за евалуацију и селекцију модела
 - 7.4 Експериментална евалуација и подаци
 - 7.5 Експериментална поставка
 - 7.6 Метода процене
 - 7.7 Метода агрегације
 - 7.8 Резултати и дискусија
 - 7.8.1 Експериментална поставка
 - 7.8.2 Резултати процене
 - 7.8.3 Резултати агрегације
- 8. Закључак
- Литература

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу представљени су предмет, циљеви, хипотезе и методе истраживања, као и мотивација и научни оквир истраживања. Детаљно је образложен проблем агрегације гласова

великих група, посебно у условима ограничених ресурса, као и потреба за интеграцијом експертског знања ради унапређења процеса доношења одлука.

Друго поглавље описује прикупљање мишљења у оквиру великих група и платформе које подржавају колективно спровођење задатака (енг. *crowdsourcing*) и гласање у великим групама (енг. *crowdvoting*). Представљене су предности и изазови ових приступа, као и специфичности употребе експертских мишљења у контексту великих група. Посебна пажња посвећена је историјском развоју, технолошком напретку и различитим облицима колективног учешћа.

У трећем поглављу анализирана је примена машинског учења у доношењу одлука на основу гласова великих група. У овом поглављу дат је преглед појма и значаја машинског учења, представљени су типови машинског учења, као и поступак креирања и примене модела. Поред тога, описани су релевантни алгоритми који омогућавају процену недостајућих гласова, пондерисање и кластеровање. У оквиру поглавља описани су модели регресије, методе кластеровања, факторизација матрица и технике детекције аномалија, који су даље кроз истраживање коришћени за унапређивање квалитета и поузданости колективних одлука.

Четврто поглавље обухвата основне концепте теорије игара и њихову примену у решавању конфликта између различитих група учесника. Описани су основни појмови, класификације игара и кооперативни модели као што су Нешов и Калаи–Сморедински модел преговарања. Посебно је наглашена повезаност теорије игара са доношењем одлука у оквиру великих група.

Пето поглавље представља централни оквир дисертације за интеграцију гласова експерата и великих група. У овом делу рада дефинисан је поступак за процену недостајућих мишљења уз примену техника машинског учења, што је посебно важно у контексту ограничених ресурса и непотпуних скупова података. Приказани су механизми за додељивање тежина различитим врстама гласача, при чему се узима у обзир квалитет мишљења, хомогеност унутар група и поузданост процена. Посебна пажња посвећена је поступку агрегације мишљења, при чему је предложен флексибилан приступ који омогућава балансирање утицаја експерата и великих група у складу са контекстом доношења одлука. Овим поглављем успостављена је теоријска и методолошка основа за примену развијених модела у експерименталним анализама у наредним поглављима.

У шестом поглављу приказане су конкретне методе за пондерисање и интеграцију гласова применом техника машинског учења. Разматране су две групе метода: методе засноване на факторизацији матрица, методе засноване на квалитету кластера у оквиру којих се користе и методе предиктивног моделирања. У оквиру прве групе, примењени су приступи који омогућавају попуњавање недостајућих оцена и откривање латентних односа између алтернатива и гласача. Друга група метода користи кластер анализу како би се утврдио квалитет група гласача и пондерисала њихова мишљења у складу са унутрашњом кохезијом групе. Предиктивне методе укључују моделе који предвиђају оцене на основу ранијих гласова, чиме се омогућава смањење броја потребних гласова у ситуацијама са великим бројем алтернатива. Поглавље садржи опис података који су коришћени у експериментима, детаљан опис експерименталне поставке, као и анализу добијених резултата са освртом на предности и ограничења сваког приступа.

Седмо поглавље посвећено је моделима заснованим на теорији игара, при чему је приказана примена преговарачких модела ради постизања компромиса између експерата и велике групе гласача. Поглавље почиње идентификацијом латентних карактеристика гласача и алтернатива, чиме се омогућава разумевање унутрашње структуре мишљења. Затим је детаљно описан процес агрегације гласова базиран на Нешовом и Калаи–Сморединском моделу преговарања, који третирају експерте и представнике велике групе као агенте у процесу постизања фер и ефикасног решења. Представљене су мере за евалуацију и селекцију модела, као и експериментална поставка која обухвата реалне и синтетичке податке. Приказани резултати указују на то да модели засновани на теорији игара омогућавају уравнотежену агрегацију, смањују пристрасност

и повећавају задовољство различитих група учесника. Поглавље се завршава компаративном анализом предложених модела са традиционалним приступима.

У осмом поглављу изведени су закључци, сумирани најважнији доприноси и представљени предлози за будућа истраживања. Посебан нагласак дат је на практичну применљивост резултата и теоријске домете модела интеграције. Након закључака следи списак литературе и биографија кандидата.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација обрађује изузетно актуелну тему која се налази на раскршћу машинског учења, теорије игара и система колективног одлучивања. Све већа примена платформи за колективно доношење одлука у различитим друштвеним и индустријским контекстима отвара нове изазове у погледу поузданости и праведности донетих одлука, посебно у условима ретких података и присуства пристрасности. У том смислу, дисертација одговара на веома важан научни и практични проблем.

Оригиналност рада огледа се у развоју свеобухватног модела који обједињује гласове експерата и великих група у процесу доношења одлука. Новина се огледа у примени техника машинског учења за процену недостајућих мишљења, пондерисање гласова и откривање структура у подацима, али и у примени преговарачких модела из теорије игара ради постизања уравнотежених решења. Овај приступ не само да обједињује различите методолошке оквире, већ и уводи нове начине за квантитативну процену задовољства различитих група учесника.

Предложени оквир има потенцијал за широку примену у доменима партиципативног одлучивања, системима препорука, друштвеном избору и анализи јавног мњења. Истраживање значајно доприноси научној заједници кроз јединствен спој алгоритамских техника и друштвених аспеката одлучивања, чиме се отвара простор за будућа истраживања у правцу правичнијих, транспарентнијих и инклузивнијих система доношења одлука.

На основу изложеног, може се закључити да докторска дисертација доноси новину у научну област, како у методолошком тако и у апликативном смислу, и представља оригиналан допринос теорији и пракси у области организационих наука и моделирању пословних система за подршку одлучивању.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Докторска дисертација обухвата 228 библиографских јединица, од којих је већина објављена у последњој деценији, што указује на висок степен актуелности и праћења савремених токова у научној области. Кандидат је користио релевантну домаћу и међународну литературу из области машинског учења, теорије игара, система за подршку одлучивању, колективном спровођењу задатака, колективног гласања и колективног одлучивања. Значајан број референци преузет је из најзначајнијих научних часописа и конференција, укључујући публикације *IEEE*, *ACM*, *Elsevier*, *Springer*, као и радове из области друштвених наука који третирају питања правичности, инклузије и легитимитета у одлучивању великих група.

Посебно је вредно истаћи да су у раду консултовани и радови који се односе на факторизацију матрица, кластер анализу, методе пондерисања, као и на преговарачке моделе у теорији игара попут Нешовог и Калаи–Смородинског решења. У погледу методолошке подлоге, дисертација се ослања на признате изворе који обрађују концепте предиктивног моделирања, оптимизације и мерења задовољства учесника у процесима одлучивања.

Литература покрива и кључна питања везана за примену интегрисаних модела у контексту платформе за колективно гласање и друштвено релевантних система, чиме се обухватају аспекти скалабилности, ефикасности и етичке одговорности. Извори су добро структурирани и доследно коришћени кроз целокупну дисертацију, при чему је очигледна пажња посвећена усклађивању теоријског и практичног дела рада.

На основу приказане литературе може се закључити да кандидат располаже дубоким познавањем тематске области, као и способношћу да критички селекује и интегрише различите изворе у циљу изградње сопственог научног доприноса.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру докторске дисертације примењене су различите научноистраживачке методе које обухватају теоријски, аналитички и експериментални приступ. У уводним поглављима коришћене су методе дескрипције и анализе, при чему су кључни појмови, постојећи модели и релевантна литература систематично представљени и критички размотрени. Методе апстракције и дедукције коришћене су за формулисање проблема, дефинисање претпоставки и постављање истраживачког оквира.

У методолошком делу рада примењене су математичка метода и метода формалног моделирања. Развијени су модели који обједињују експертско и мишљење велике групе кроз примену алгоритама машинског учења и преговарачких модела из теорије игара. Приликом формулисања модела, коришћене су методе оптимизације, као и логички приступи базирани на концептима правичности, легитимитета и одрживости одлука у великој групи.

Евалуација модела спроведена је кроз експерименте на стварним и симулираним подацима. Употребљене су методе експерименталне евалуације карактеристичне за области машинског учења и анализе података, укључујући мере тачности, робусности и стабилности предлога решења. Резултати су приказани табеларно и графички, уз поређење са референтним приступима у литератури.

Избор и начин коришћења литературе, као и критички осврт на релевантне изворе, показују да је истраживачки приступ био добро осмишљен и научно утемељен. Пројектовање и реализација истраживања, укључујући експерименталну проверу добијених резултата, спроведени су у складу са признатим стандардима у области анализе података и доношења одлука.

На основу увида у целокупан рад, може се закључити да су изабране и примењене методе биле усклађене са предметом и циљевима истраживања, те да су својом структуром и применом обезбедиле поузданост и валидност добијених резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Остварени резултати истраживања показују високу применљивост у областима у којима је неопходно доносити одлуке на основу колективног мишљења великог броја актера, уз истовремено уважавање експертских знања. Развијени модели за интеграцију експертског и мишљења које долази из велике групе, засновани на концептима машинског учења и теорије игара, могу се применити у доношењу одлука у здравству, јавним политикама, образовању, финансијама, енергетици, као и у платформама за учешће грађана у процесима одлучивања.

Посебно је значајна примењивост у системима који се ослањају на колективно спровођење задатака и колаборативно доношење одлука, укључујући:

- Примену у системима партиципативног буџетирања где је кључно балансирање између експертних препорука и преференција јавности, што може допринети демократскијем и квалитетнијем алоцирању ресурса.
- Унапређење платформи за колективно спровођење задатака, попут Amazon Mechanical Turk или Kaggle, кроз смањење потребног броја гласова уз истовремено повећање квалитета резултата.
- Интеграцију у процесе евалуације производа и услуга, посебно у индустријама где је потребно балансирати стручне процене са масовним оценама корисника, као што су рецензије у туризму или оцењивање квалитета дигиталних садржаја.
- Оптимизацију система препорука заснованих на оценама корисника, повећавајући релевантност препорука кроз квалитетније интегрисање стручних мишљења.

Методологије су развијене тако да буду флексибилне и прилагодљиве различитим доменама, под условом да је доступан извор знања у форми који омогућава његово структурно укључивање у модел. Емпиријска евалуација модела на различитим скуповима података и у различитим сценаријима указује на њихову поузданост и стабилност, што додатно подржава њихову практичну примену у реалним системима подршке одлучивању.

На основу наведеног може се закључити да предложени модели и методологије представљају значајан допринос не само теоријском већ и примењеном оквиру одлучивања у сложеним друштвеним и техничким системима.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња Ана Вукићевић је током израде докторске дисертације показала изразиту истраживачку зрелост, као и способност да самостално дефинише, структурира и реализује комплексно научно истраживање. Рад на дисертацији захтевао је интердисциплинарни приступ који обухвата области машинског учења, теорије игара, агрегације мишљења и доношења одлука. Кандидаткиња је показала вештину у идентификовању кључних истраживачких проблема, као и у дизајну методолошког оквира за њихово решавање.

Резултати њеног рада представљени су кроз више научних публикација објављених у часописима и зборницима радова од националног и међународног значаја. Најзначајнији резултати докторске дисертације објављени су у раду који је индексиран у релевантним међународним базама података, чиме је доказана научна релевантност и примењивост предложеног модела у ширем истраживачком и практичном контексту.

Поред публикација, кандидаткиња је активно учествовала у научним скуповима и сарађивала у оквиру више истраживачких активности. Њен приступ истраживању је аналитичан, темељан и оријентисан ка решавању реалних проблема, што указује на висок ниво научне самосталности.

На основу наведеног, може се закључити да Ана Вукићевић у потпуности поседује стручне и методолошке компетенције за самосталан научно-истраживачки рад у домену интердисциплинарних истраживања која обухватају савремене методе вештачке интелигенције и друштвено релевантне апликације.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација обрађује савремену проблематику интеграције експертских и групних мишљења у процесима доношења одлука, применом техника машинског учења и теорије игара. Истраживање је усмерено на унапређење квалитета одлука у условима хетерогених, оскудних и података у којима су присутне екстремне вредности, што представља посебан изазов у

различитим доменима практичне примене. Остварени научни доприноси резултат су оригиналног приступа развоју хибридног модела који спаја квантитативне технике из машинског учења са нормативним и кооперативним принципима теорије игара.

Најзначајнији доприноси могу се систематизовати на следећи начин:

- Формулисан је свеобухватан модел за интеграцију експертских и колективних оцена заснован на техникама факторизације матрица, пондерисања мишљења и динамичке агрегације;
- Развијен је оригиналан метод за класификацију и пондерисање мишљења великих група у условима ограничених података, уз примену методологије машинског учења;
- Примењени су кооперативни модели теорије игара – посебно Нешов и Калаи-Сморозински модел преговарања – за формализацију компромиса између група са различитим интересима;
- Предложена је нова стратегија евалуације интегрисаних мишљења која уводи метрике прилагођене различитим типовима одлука и вредносним оквирима учесника;
- Приказани су експериментални резултати који потврђују ефикасност предложеног модела у односу на стандардне технике агрегације, у смислу прецизности, робустности и прилагођености стварним сценаријима;

Стручни доприноси:

- Развијен је оквир применљив у системима подршке одлучивању, платформи за групно гласање и процену, као и у алгоритамским механизмима за агрегацију мишљења;
- Дисертација даје смернице за изградњу транспарентнијих, поштенијих и ефикаснијих система колективног одлучивања у различитим институционалним, комерцијалним и друштвеним контекстима;
- Оригиналност модела омогућава његово даље проширивање и адаптацију за специјализоване апликације у доменима као што су едукација, политика, здравство и одрживи развој.

На основу изложеног, може се закључити да резултати истраживања представљају значајан научни и стручни допринос у области интеграције знања и мишљења различитих група, те отварају простор за даља истраживања и практичне имплементације у савременим системима доношења одлука.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у постављене циљеве, истраживачке хипотезе, предложену методологију и анализу резултата, Комисија закључује да је кандидаткиња успешно спровела све фазе научно-истраживачког рада у оквиру теме интеграције експертских и групних мишљења применом машинског учења и теорије игара. Истраживање је детаљно осмишљено, теоријски утемељено и експериментално проверено, а добијени резултати доследно одговарају постављеним хипотезама.

Кандидаткиња је показала способност да критички преиспита постојеће моделе за агрегацију мишљења, идентификује њихове недостатке и понуди иновативна решења која обједињују технике машинског учења са концептима из кооперативне теорије игара. Резултати су приказани на јасан и транспарентан начин, поткрепљени квантитативним анализама и упоређени са постојећим приступима. Изведене метрике показују да предложени модели постижу боље перформансе у различитим сценаријима, уз задржавање интерпретабилности и могућности примене у реалним условима.

Посебно се истиче допринос у дизајну модела који омогућава балансирање између индивидуалних и колективних интереса учесника, што представља важан аспект у савременим системима доношења одлука. Истовремено, добијени резултати указују на потенцијал за проширење истраживања у правцу персонализације, етичког рангирања и интеграције више извора знања.

На основу целокупне анализе дисертације, може се закључити да су резултати истраживања валидни, добро образложени и значајно доприносе теоријском и практичном развоју области

4.3. Верификација научних доприноса

Истраживачки резултати представљени у овој докторској дисертацији верификовани су кроз публикације у релевантним домаћим и међународним зборницима и часописима. Објављени радови обухватају теоријске доприносе, развој модела као и њихову примену у реалним сценаријима. Следе публикације које су парцијално или у потпуности допринеле реализацији ове докторске дисертације:

Поглавље 6.2:

- Kovačević, A., Vukićević, M., Radovanović, S., Delibašić, B. (2020) CrEx-Wisdom Framework for Fusion of Crowd and Experts in Crowd Voting Environment – Machine Learning Approach. In Proceedings of the 2nd Workshop on Modern Approaches in Data Engineering and Information System Design - MADEISD 2020 (pp. 131-144). August 25–27, 2020. Lyon, France. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-55814-7_11

Поглавље 6.3:

- Kovačević, A., Vukićević, M., Jovanović, M. (2020) Fusion of Crowd and Expert Knowledge based on Feature Embeddings and Clustering in Crowd Voting setting, In Proceedings of the XIX International Symposium SymOrg, Zlatibor, Serbia, June 12-15, Serbia

Што се тиче поглавља 7, резултати су верификовани у часопису:

- Vukićević, A., Vukićević, M., Radovanović, S., & Delibašić, B. (2022). Bargcrex: A system for bargaining based aggregation of crowd and expert opinions in crowdsourcing. Group Decision and Negotiation, 31(4), 789-818.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација бави се моделима и методама интеграције експертских и гласова великих група у процесима колективног одлучивања. Како су сложеност и хетерогеност групних мишљења, као и ограниченост расположивих података, кључни изазови савремених система подршке одлукама, развој модела који повезује експертско знање и колективну интелигенцију има значајну научну и практичну вредност.

Циљ дисертације био је развој методолошког оквира за интеграцију различитих типова мишљења применом техника машинског учења и концепата кооперативне теорије игара. Представљен је општи модел који омогућава процену недостајућих гласова, пондерисање поузданости учесника и груписање ставова, а истовремено уводи механизме правичног преговарања засноване на Нешовом и Калаи–Сморозинском моделу. Овим је омогућена формализација поступка постизања компромиса између експерата и великих група, уз очување транспарентности и стабилности одлука. Емпиријска валидација је спроведена на више експерименталних и симулираних скупова података, при чему је показано да предложени модел обезбеђује већу робусност, транспарентност и демократску легитимност у поређењу са класичним методама агрегације.

Кандидат је током рада на дисертацији показао висок степен аналитичке зрелости, интердисциплинарног мишљења и истраживачке самосталности. Резултати истраживања су публиковали у релевантним домаћим и међународним изворима, чиме је допринос научној заједници додатно потврђен. Модел развијен у оквиру дисертације има примену у разним доменима као што су е-управа, системи препорука и формирање јавних политика.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета организационих наука да се докторска дисертација под називом „Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група применом машинског учења и теорије игара“, кандидаткиње Ане Вукићевић прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 19. 09. 2025. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Милија Сукновић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

др Марија Кузмановић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

др Павле Милошевић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

др Небојша Бојовић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

др Власта Сикимић, доцент,
Eindhoven University of Technology
