

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији
кандидата Вељка Вујчића

Одлуком 05-01 бр 3/101-8 од 24.09.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Вељка Вујчића под насловом

„Оркестрација алата и хетерогених токова података у астрономији временског домена“

и на основу тога подносимо следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Вељко Вујчић је 2025. године поново уписао докторске академске студије на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду (студијски програм: Информациони системи и технологије).

Након признавања већ положених испита, кандидат је 18.03.2026. године пријавио Приступни рад на докторским студијама. Одлуком 05-01 бр. 3/38-9 од 30.03.2026. године, формирана је Комисија за преглед и одбрану Приступног рада и оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације. За потенцијалног ментора рада је именован др Слађан Бабарогић, редовни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука. Приступни рад под насловом „Оркестрација алата и хетерогених токова података у астрономији временског домена“ одбрањен је 09.04.2026. године.

Одлука о усвајању извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је на Наставно-научном већу Факултета организационих наука 23.04.2026. године, под бројем 05-01 бр. 3/53-8. Одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду од 20.05.2026. 02 бр. 61206-1602/2-26 дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Вељка Вујчића под називом „Оркестрација алата и хетерогених токова података у астрономији временског домена“. На Наставно-научном већу Факултета организационих наука од 28.05.2026. године одобрена је израда докторске дисертације кандидата. За ментора је именован проф. др Слађан Бабарогић.

Ментор др Слађан Бабарогић је 14.09.2026. године известио Наставно-научно веће Факултета организационих наука да је Вељко Вујчић завршио израду докторске дисертације. Наставно-научно веће Факултета организационих наука је одлуком 05-01 бр. 3/101-8 од 24.09.2026. године именовало Комисију за преглед и оцену завршене докторске дисертације у саставу:

1. др Гордана Савић, редовни професор, Универзитет у Београду - Факултет организационих наука

2. др Ненад Аничич, редовни професор, Универзитет у Београду - Факултет организационих наука;
3. др Жељко Ивезић, редовни професор, University of Washington – Department of Astronomy

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научној области техничке науке, подручје организационих наука, подобласти Информациони системи, и ужој научној области Астроинформатика. Предмет истраживања повезује софтверску оркестрацију, семантичко моделовање, интеграцију хетерогених података и доменски-специфичне језике са проблемима астрономије временског домена.

Са теоријског становишта, дисертација се ослања на концепте и моделе из области система заснованих на догађајима, обраде комплексних догађаја и токова података, оркестрације процеса и семантичке интеграције информационих система. Посебна пажња посвећена је онтологијама, моделовању научних радних токова и доменски-специфичним језицима, као средствима за формално описивање података и операција независно од конкретних софтверских имплементација. Ове теоријске основе повезане су са захтевима астрономије временског домена, у којој научна истраживања захтевају комбиновање посматрања и резултата обраде из различитих извора.

Централно место у дисертацији заузима развој система Alertissimo, намењеног оркестрацији астрономских брокера, извора података и специјализованих алата у сложене научне токове. Предложено решење обједињује хијерархијски семантички модел, механизме планирања и извршавања операција и декларативни доменски језик. Њиме је омогућено да се научни сценарији задају употребом доменских појмова, а затим реализују комбиновањем могућности различитих сервиса, уз нормализацију добијених података, коришћење међурезултата и очување података о њиховом пореклу.

У методолошком смислу, дисертација има интердисциплинарни карактер, јер повезује методе информационих система и софтверског инжењерства са анализом података и истраживачким поступцима у астрономији. Истраживање обухвата преглед и систематизацију литературе, упоредну анализу постојећих брокерских система, моделовање и формализацију предложеног решења и његову експерименталну проверу кроз софтверски прототип. Провера на стварним сервисима и подацима обухвата проналажење и обогаћивање астрономских објеката, њихово филтрирање, повезивање и потврђивање коришћењем више брокера, као и инкрементално проширивање научних токова.

Ментор је др Слађан Бабарогић, редовни професор Факултета организационих наука, под чијим је менторством кандидат развијао истраживање из области информационих система и њихове примене у астрономији.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Вељко Вујчић је рођен 1981. године у Београду. Матурирао је 2000. године у XXII београдској гимназији а дипломирао је на Факултету организационих наука (смер Информациони системи) 2007. године, код проф. Синише Нешковића. Радио је у информатичкој струци на изради великих пословних система и веб апликација. 2010. је уписао докторске студије на ФОН-у, изборно подручје Информациони системи. Положио је све испите на докторским студијама, одбранио приступни рад и 2016. пријавио тезу (код проф. Слађана Бабарогића) „Откривање и сврставање променљивих астрономских објеката обрадом комплексних догађаја у реалном времену“, одобрено од Наставно-научног већа ФОН-а и Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду. 2018. године привремено обуставља рад на докторату али наставља да се бави научно-истраживачким радом. 2025. године поново активира статус на докторским студијама.

Кандидат је запослен на Астрономској опсерваторији од фебруара 2011. Од 2011. до 2019, учествовао је на пројекту 44002 где је био најближи сарадник руководиоца пројекта др Дарка Јевремовића. После завршетка пројектног циклуса учествује у раду групе за Астроинформатику. Научно-истраживачки рад везан је за примену информационих технологија у астрономији, физици и сродним пољима. Остварује домаћу сарадњу са Институтом за физику у Београду, на пољу јоносферне и астрофизичке плазме, атомских и молекулских података и њиховог информационог складиштења и анализе нарочито кроз рад са др Владимиром Срећковићем и др Братиславом Маринковићем. Научни и стручни допринос остварује и кроз сарадњу са великим међународним пројектима, попут LSST-а (где је PI и руководиоца групе SER-STG) и VAMDC-а. Најскорија област истраживања је везана за „брокере“ – алате који обрађују астрономске транзијенте, специфично на конструисање доменског језика и „над-брокера“ за повезивање функционалности из хетерогених извора података.

Учествовао је као члан локалног организационог одбора у раду више међународних конференција – SCSLSA, Big Data in Sky and Earth Observations, VAMDC workshop, NCAS, LSST at Europe, AsSpectro итд.

Поред наведеног, руководиоца је САНУ–БАН билатерале „Посматрачки феномени и процеси у системима двојних звезда“, члан управног одбора COST акције CA22133 PLANETS, члан више радних група у оквиру неколико COST акција и учесник на више STSM мисија. Члан је и астрономског друштва AstrO (Euroasian Astronomical Society).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација, укупног обима 172 стране, садржи 9 нумерисаних слика и графичких приказа, 11 табела и 134 литературна навода. На почетку дисертације дат је сажетак на српском и енглеском језику, а на крају дисертације налазе се биографија, списак објављених научних радова 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 Теоријски контекст и значај теме

1.2 Предмет и циљ истраживања

1.2.1 Полазне хипотезе истраживања

1.3 Научне методе истраживања

1.4 Очекивани научни доприноси докторске дисертације

1.5 План истраживања и структура рада

1.5.1 План истраживања

2 Системи базирани на догађајима

2.1 Догађај (event)

2.1.1 Једноставан догађај (simple/raw event)

2.1.2 Комплексан догађај (complex event)

2.2 Архитектура система базираних на догађајима

2.2.1 Произвођач (емитер) и конзумент догађаја

2.2.2 Канал

2.2.3 Агент за обраду догађаја

2.2.4 Консултант

2.3 Илустрација архитектуре примењене на астрономију

2.4 Језици за обраду токова догађаја

2.4.1 Esper и Drools Fusion

2.4.1.1 Esper

2.4.1.2 Drools Fusion

2.4.1.3 Поређење алата Esper и Drools

2.4.1.4 Пример Esper синтаксе на астрономском сценарију

Основе

Прозори (Windows)

Контекст (Context)

Спајање токова (Joined Streams)

Обрасци (Patterns)

3 Оркестрација процеса у системима за обраду догађаја

- 3.1 Еволуција система за оркестрацију и контролу токова процеса/рада
- 3.2 Улога оркестратора
- 3.3 Евалуација синергије система за обраду догађаја и оркестрације процеса

4 Астрономија временског домена

- 4.1 Променљиви астрономски објекти
 - 4.1.1 Транзијентни објекти
 - 4.1.2 Догађаји изазвани ефектом гравитационог сочива
 - 4.1.3 Променљиве звезде
 - 4.1.4 Планете у транзиту

5 Класификација астрономских објеката у BigData ери

- 5.1 Карактер астрономских података
- 5.2 Класификација помоћу машинског учења
- 5.3 Савремене методе класификације за LSST/ZTF
 - 5.3.1 Ансамбл методе
 - 5.3.2 Секвенцијално дубоко учење
 - 5.3.3 Трансформер модели за временске серије
 - 5.3.4 Аномалије и откривање ретких типова догађаја
 - 5.3.5 Мулти-модално учење

6 Екосистем апликација везаних за LSST/Rubin астрономски пројекат

- 6.1 Улога брокера у астрономији временског домена
- 6.2 Преглед LSST брокера
 - 6.2.1 ALeRCE
 - 6.2.2 AMPEL

6.2.3 ANTARES

6.2.4 Babamul/BOOM

6.2.5 Fink

6.2.6 Lasair

6.2.7 Pitt-Google

6.3 Поређење LSST брокера

6.3.1 Концепти дизајна

6.3.2 Функционалности

6.3.3 Перформансе

6.4 Закључак

7 Alertissimo: Концепт, намена и општи преглед система

7.1 Мотивација и проблем који систем адресира

7.2 Основни приступ

7.3 Карактеристични уопштени случајеви коришћења

7.3.1 Проналажење кандидата и обогаћивање код више брокера

7.3.2 Потврђивање кандидата независним изворима

7.3.3 Повезивање података из различитих прегледа неба

7.3.4 Локално издвајање кандидата и наставак тока рада

7.4 Архитектура система

8 Онтологија и хијерархијски семантички модел

8.1 Улога семантичког слоја

8.2 Двострука улога модела: структура и онтологија

8.3 Организација семантичког простора

8.3.1 Контејнери, поља и путање

8.3.2 Параметарски контејнери и динамичка поља

8.3.3 Угнежђивање

8.3.4 Типови и ограничења

8.3.5 Семантички записи и квалификатори порекла

8.3.6 Семантички нивои

8.3.7 Композиција

8.3.8 Коришћење унутрашњих пројекција

8.3.9 Кардиналност

8.3.10 Семантичке везе

8.4 Portfolio

8.5 Нормализација

8.6 Провенијенција

8.7 Стандарди

8.8 Формализација

9 Слој за оркестрацију и извршење

9.1 Границе одговорности оркестрационог слоја

9.2 WorkflowIR као канонска репрезентација тока

9.3 Заједнички елементи IR корака

9.4 Породице семантичких Step објеката

9.4.1 Разрешавање идентификатора и откривање кандидата

9.4.2 Претрага и локално филтрирање

9.4.3 Прибављање постојећег материјала и локално извођење

9.4.4 Повезивање, укрштање и поређење

9.4.5 Анализа, потврђивање, мониторинг и акције

9.5 Семантички предикати у IR-у

9.6 Валидација могућности и извршни граф

9.7 Планирање физичке реализације

9.8 Повезивање канонских у физичке параметре

9.9 Физичко извршење и runtime стање

9.10 Нормализација и кардиналност резултата

9.10.1 Акумулација семантичког материјала

- 9.11 Инсценирана оркестрација и ток кандидата
 - 9.11.1 Поновна употреба физичког извршења
- 9.12 Инкрементално проширивање активног тока
- 9.13 Резултат, приказ и провенијенција
- 9.14 Тренутни обухват и ограничења извршног слоја

10 Слој доменског језика - DSL

- 10.1 Улога и пројектни циљеви DSL слоја
- 10.2 Од читљиве синтаксе до проверљивог тока
- 10.3 Место DSL-а међу семантичким репрезентацијама
- 10.4 Синтакса, граматика и процесирање DSL-а
 - 10.4.1 Формална граматика и парсирање
 - 10.4.2 Правила распореда и обликовања клаузула
- 10.5 Формирање почетног скупа кандидата
 - 10.5.1 Откривање кандидата
 - 10.5.2 Разрешавање познатих идентификатора
- 10.6 Просторна, временска и количинска ограничења
- 10.7 Семантички предикати
- 10.8 Разлика између where и filter
- 10.9 Правци проширења постматеријализоване селекције
- 10.10 Захтеви за семантичким обогаћивањем
- 10.11 Потврђивање, повезивање и приказ резултата
- 10.12 Површински модел, валидација и спуштање у IR
- 10.13 Инкрементални наставак активног workflow-а
- 10.14 Јавни програмски интерфејс DSL слоја
- 10.15 Целовити примери научних токова
 - 10.15.1 Вишеопсервационо проналажење и позиционо повезивање
 - 10.15.2 Обогаћивање преко више брокера
 - 10.15.3 Локална одлука између удаљених корака

10.15.4 Потврђивање кворумом

10.16 DSL као проверљива мета за NLP и визуелне интерфејсе

10.17 Тренутни домет и ограничења DSL слоја

11 Закључак

11.1 Оригиналност и доприноси дисертације

11.2 Провера полазних хипотеза

11.3 Ограничења истраживања

11.4 Правци даљег истраживања и развоја

12 Литература

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Основни текст докторске дисертације структуриран је у једанаест међусобно повезаних поглавља, након којих следе литература, биографија и пратећи прилози. Рад је конципиран тако да се од теоријских основа обраде догађаја и оркестрације процеса, преко анализе захтева астрономије временског домена и постојећег брокерског екосистема, дође до моделовања и евалуације решења кандидата.

У првом поглављу дефинисани су теоријски контекст и значај теме, са посебним освртом на раст обима научних података и потребу за повезивањем хетерогених извора и специјализованих алата. Формулисани су предмет и циљ истраживања, опште и посебне хипотезе, научне методе и очекивани доприноси. Истраживачки проблем постављен је кроз разлике у начинима приступа подацима, структурама одговора и семантичким конвенцијама независно развијених сервиса. Уводно поглавље образлаже потребу за заједничким моделом података и операција и приказује план истраживања и структуру дисертације.

Друго поглавље посвећено је системима базираним на догађајима и механизмима обраде токова података. Дефинисани су једноставни и комплексни догађаји и размотрене основне компоненте архитектуре. Примена ових концепата илустрована је астрономским сценаријима, уз ослањање на ранија истраживања кандидата и његове објављене радове из области обраде догађаја и токова података у астрономији. Посебан део поглавља обухвата језике и системе за обраду догађаја, уз поређење Esper и Drools Fusion решења и приказ временских прозора, контекста, спајања токова и препознавања образаца. Тиме је постављена теоријска основа за разматрање начина на који се појединачни механизми обраде могу укључити у сложеније научне поступке.

Треће поглавље разматра оркестрацију процеса у системима за обраду догађаја. Приказана је еволуција система за управљање токовима процеса и рада, а затим су анализиране улоге оркестратора у координацији компоненти и управљању њиховим међузависностима. Посебна

пажња посвећена је односу обраде догађаја и оркестрације, односно могућностима њихове заједничке примене. Ово поглавље повезује механизме обраде представљене у претходном делу са захтевима за управљање целокупним током, у којем резултати једне операције одређују улазе и услове извршавања наредних операција.

Четврто поглавље представља доменски оквир истраживања - астрономију временског домена. У њему су размотрени променљиви астрономски објекти и појаве, укључујући транзијенте, догађаје изазване гравитационим сочивом, променљиве звезде и планете у транзиту. Приказане су карактеристике ових појава које су значајне за њихово откривање, праћење и тумачење. Поглавље објашњава научне потребе из којих произлазе захтеви за временски-осетљиву обраду, комбиновање посматрања и укључивање додатних извора података и аналитичких алата.

Пето поглавље бави се класификацијом астрономских објеката у условима великих количина података, у контексту прегледа постојећих метода и њихове ефикасности. Размотрени су карактер астрономских података и примена машинског учења, са посебним освртом на методе релевантне за LSST и ZTF. Преглед обухвата ансамбл методе, секвенцијално дубоко учење, трансформерске моделе временских серија, откривање аномалија и ретких догађаја и мултимодално учење. Овај део рада успоставља везу између научних задатака класификације и различитих производа обраде које брокерски системи пружају, а које је потребно семантички описати и повезати у даљем истраживачком поступку.

Шесто поглавље садржи преглед екосистема апликација везаних за LSST/Rubin пројекат. Објашњена је улога брокера у пријему, обради, обогаћивању и дистрибуцији астрономских података и представљени су системи ALeRCE, AMPEL, ANTARES, Babamul/BOOM, Fink, Lasair и Pitt-Google. Њихово поређење обухвата концепте дизајна, функционалности и аспекте перформанси, уз уважавање различитих научних намена. Посебно су размотрени модуларност, интерфејси, формати размене и интероперабилност. Поглавље има улогу прелаза од теоријских и доменских основа ка сопственом решењу, јер издваја разлике и комплементарне могућности постојећих брокера које предложени систем треба да повеже.

У седмом поглављу представљени су концепт, намена и општа архитектура система Alertissimo. Полазећи од уочених тешкоћа интеграције токова података и алата, образложен је приступ заснован на раздвајању описа научних сценарија од конкретних позива сервиса/брокера, затим заједничког семантичког модела података као и канонског описа тока оркестрације. Приказ архитектуре одређује одговорности појединачних слојева и њихове међусобне односе, чиме је постављена основа за детаљну разраду семантичког, оркестрационог и језичког модела система.

Осмо поглавље представља део дисертације посвећен онтологији и хијерархијском семантичком моделу. Размотрена је двострука улога модела као формализације доменских појмова и оперативне структуре података. Дефинисан је метамодел - контејнери, поља и путање, параметарски елементи, типови и ограничења, семантички записи, квалификатори порекла, нивои, композиција, кардиналност и семантичке везе. Посебно су обрађени Portfolio као обједињена репрезентација научног материјала о објекту, нормализација хетерогених одговора и очување провенијенције. Положај предложеног модела размотрен је у односу на релевантне стандарде и технологије, укључујући OWL 2, SHACL и LinkML. Поглавље

успоставља семантичку основу на којој се заснивају композиција операција и тумачење њихових резултата.

Девето поглавље посвећено је слоју за оркестрацију и извршење. У њему је развијена канонска репрезентација тока WorkflowIR и описане су породице семантичких корака и њихови заједнички елементи. Разрађен је поступак од валидације расположивих могућности и формирања извршног графа, преко планирања физичке реализације и повезивања параметара, до извршавања и нормализације резултата. Посебна пажња посвећена је кардиналности резултата, акумулацији материјала, преносу кандидата између корака и поновној употреби физичког извршења. Приказани су и механизми инкременталног проширивања активног тока и праћења провенијенције. Тиме је објашњено како се семантички опис научног поступка реализује комбиновањем удаљених сервиса и локалних операција, уз јасно одређен обухват тренутне имплементације.

Десето поглавље обрађује доменски-специфични језик за декларативни опис научних сценарија. Представљени су циљеви језика, његово место међу семантичким репрезентацијама система, формална граматика и поступци парсирања, валидације и превођења у радне токове. Размотрени су доменско-научни концепти попут формирања почетног скупа кандидата, просторна, временска и количинска ограничења, семантички предикати, обogaћивање историјским / спољним садржајима, конфирмација и упаривање кандидата. Целовити примери коришћења приказују комбиновање више прегледа неба и брокера. На крају су размотрени дoмет језика и потенцијал његове улоге као формално проверљиве основе за интерфејсе засноване на моделима природног језика.

Једанаесто поглавље представља закључак дисертације. У њему су систематизовани оригинални резултати и научни, стручни и друштвени доприноси и размотрен њихов однос према полазним хипотезама, уз разматрање ограничења. Правци даљег истраживања обухватају проширење семантичког модела и обухвата локалних операција, подршку за континуирану обраду токова, укључивање ширих мултимесинџер извора и развој интерфејса заснованих на природном језику и великим језичким моделима.

Дисертација се завршава списком коришћене литературе, који обухвата изворе из области обраде догађаја, софтверских архитектура, семантичког моделовања, доменски-специфичних језика и релевантних астрономских и астроинформатичких области. На крају документа изложене су биографија и библиографија.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Предмет дисертације је актуелан у условима развоја великих астрономских прегледа и све већег броја независних сервиса за обраду и обogaћивање њихових података. Распоживост података из многоструких примарних или секундарних извора попут брокера (алата за анализу и (ре)дистрибуцију података о променљивим астрономским објектима) сама по себи не обезбеђује њихову интегрисану употребу. Механизми за дефинисање научних сценарија над таквим хетерогеним системом података представљају велики научни изазов. Дисертација овај проблем поставља као питање архитектуре информационог система, униформисања радних/научних токова и семантичког моделовања.

Оригиналност предложеног решења огледа се у повезивању оперативног семантичког модела, канонске репрезентације научног тока и извршивог доменског језика у јединствену архитектуру. Иновативност се остварује начином њихове интеграције и применом на хетерогени екосистем података и алата. Рад се ослања на постојеће концепте онтологија, семантичких модела, оркестрације токова рада, обраде догађаја и доменских језика те развија њихову конкретну операционализацију у систему Alertissimo.

Треба истаћи свеобухватност концепта Alertissimo као посебну вредност, јер га проширивши модели описа података и дефиниције доменског језика препоручују као решење за целокупну област астрономије временског домена. Значај оваквог приступа посебно долази до изражаја у ширем мултимесинџер домену, чији огроман обим и изузетна сложеност произлазе из разноврсности опсервационих извора као и из хетерогености инструмената, података, временских скала и метода њихове анализе. У тако изведеној екстензији система Alertissimo било би могуће описати било који научно смислен сценарио и реализовати га коришћењем било ког извора података у овом комплексном домену.

Доприносом сматрамо и раздвајање научне намере и тока оркестрације од експлицитног избора сервиса и параметара позива, чиме се превазилазе ограничења типичне монолитне апликативне логике и постављају основе за свеобухватан модел у којем могућности система нису унапред ограничене пројектантском визијом, већ зависе од изражајности модела података и њихових интеракција. У систему Alertissimo један корак тока рада може се реализовати различитим физичким операцијама, док један физички одговор може произвести више семантичких записа и више логичких целина. Овакво раздвајање омогућава репродуцибилну композицију научног поступка, уз очување порекла и специфичности података појединачних извора.

Кандидат је своју оригиналност потврдио и објављивањем радова који су уско повезани са темом докторске дисертације и то у међународним научним часописима (1 рад у водећем међународном часопису категорије M21, 2 рада у међународном часопису категорије M23 као и поглавље у монографији), као и у зборницима међународних научних скупова. На основу изложеног, може се закључити да докторска дисертација доноси новине у односу на постојеће стање и отвара простор за наставак даљег истраживања.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Докторска дисертација садржи укупно 134 библиографске јединице. За њену израду коришћени су научни радови, монографије, техничка документација и стандарди из области информационих система, софтверског инжењерства, обраде догађаја и токова података, семантичког моделовања и астроинформатике. Литература обухвата публикације издавача и научних удружења IEEE, ACM, Springer, Elsevier, Wiley и других, као и стандарде и препоруке организација International Virtual Observatory Alliance (IVOA), World Wide Web Consortium (W3C) и Object Management Group (OMG). Избор извора одговара интердисциплинарном карактеру истраживања, јер повезује теоријске основе пројектовања информационих система са специфичним захтевима астрономије временског домена.

Теоријско утемељење предложеног приступа засновано је на литератури која разматра модуларност софтвера, раздвајање одговорности и посредовање између хетерогених извора података. Радови о критеријумима декомпозиције софтверских система (Parnas, 1972), софтверској архитектури (Shaw и Garlan, 1996) и посредничким архитектурама

информационих система (Wiederhold, 1992) пружају основу за раздвајање научног поступка од техничких појединости његовог извршавања. Њихов значај за дисертацију огледа се у образложењу приступа према којем научни захтев треба изразити независно од конкретног сервиса, структуре његовог одговора и параметара позива. Кандидат ове принципе примењује на окружење у којем извори података и алати настају независно, мењају се различитом динамиком и не могу се свести на јединствену техничку реализацију.

Литература о системима заснованим на догађајима и обради токова података, међу којом се издвајају Etzion и Niblett (2010) и Luckham (2011), коришћена је за разматрање догађаја, њихових односа и механизма препознавања сложенијих образаца. Примена ових концепата у астрономији размотрена је и кроз претходне радове кандидата (Vujčić, 2014; Vujčić и Јевремовић, 2020), чиме је успостављен континуитет истраживања. На основу ове литературе образложена је потреба да се обрада астрономских обавештења повеже са накнадним прибављањем, обогаћивањем и повезивањем података. За научно тумачење догађаја није довољна само његова детекција у току података, већ је неопходно укључити контекст доступан у другим изворима и резултатима претходних обрада.

Посебну групу чине извори о научним токовима рада и доменски специфичним језицима. Истраживања система Kepler и Pegasus, као и прегледи научних токова рада (Ludäscher и сарадници, 2006; Gil и сарадници, 2007; Deelman и сарадници, 2009, 2015), показују значај експлицитног представљања поступка, управљања зависностима и поновљивог извршавања. Литература о доменски специфичним језицима (van Deursen и сарадници, 2000; Mernik и сарадници, 2005; Fowler, 2010) пружа основу за изражавање захтева појмовима блиским области примене. У односу на ове приступе, у дисертацији је наглашен проблем повезивања декларативно исказане научне намере са семантиком података и расположивим операцијама конкретних провајдера. Општи механизми оркестрације обезбеђују координацију извршавања, али је за њихову примену у разматраном домену потребно додатно формализовати значење улазних и излазних података, правила њиховог повезивања и избор одговарајуће физичке операције.

Астрономски контекст истраживања утемељен је у литератури о великим прегледима неба, астрономији временског домена и мултимесинцер астрономији (LSST Science Collaboration, 2009; Abbott и сарадници, 2016; Ivezić и сарадници, 2019; Mészáros и сарадници, 2019). Ови извори указују на обим и сложеност окружења у којем се научни закључци заснивају на повезивању података различитих инструмената, посматрачких режима и физичких носилаца информација.

За идентификовање конкретних интеграционих проблема посебно су значајни радови о астрономским брокерима ALeRCE, Fink, AMPEL и Lasair (Förster и сарадници, 2021; Möller и сарадници, 2021; Nordin и сарадници, 2019; Williams и сарадници, 2024), као и преглед брокера у ери опсерваторије Рубин (Vujčić и сарадници, 2025). Анализа ових решења показује да брокери, и када обрађују заједничке улазне токове, пружају различите класификације, изведене податке и могућности претраживања. Разлике у интерфејсима, параметрима упита и структури одговора отежавају њихово заједничко коришћење у истом научном поступку. Истраживачки простор за Alertissimo стога је препознат у повезивању комплементарних могућности постојећих сервиса посредством заједничког семантичког модела и механизма оркестрације.

Део анализе посвећен је стандардима за опис и размену астрономских података: VOEvent (Seaman и сарадници, 2011), ObsCore (Louys и сарадници, 2017), VO-DML (Lemson и сарадници, 2018), MIVOT (Michel и сарадници, 2023) и UCD (Derriere и сарадници, 2005; Sessoni и сарадници, 2024). У дисертацији су размотрени њихова намена, ниво формализације и однос према предложеном моделу. Образложено је место предложеног решења у односу на постојеће стандарде, уз уважавање њихове комплементарности. Слично разграничење изведено је у односу на OWL 2 и SHACL (W3C OWL Working Group, 2012; W3C RDF Data Shapes Working Group, 2017).

На основу приказане литературе, оцењује се да је кандидат предмет истраживања поставио у одговарајући научни контекст и образложио однос предложеног решења према постојећим приступима.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији примењен је интердисциплинарни методолошки приступ који повезује методе из области информационих система, софтверског инжењерства, семантичког моделовања и астроинформатике, усклађен са потребом да се развије и практично провери приступ оркестрацији хетерогених извора података и алата у астрономији временског домена. Истраживање обухвата анализу постојећих решења, развој сопствених модела и њихову експерименталну проверу реализацијом и тестирањем прототипа система Alertissimo.

Истраживање је засновано на:

- прикупљању и систематизацији научне и стручне литературе, техничке документације и података о постојећим решењима;
- критичкој и компаративној анализи система за обраду догађаја, научних токова рада, астрономских брокера и стандарда за представљање и размену података;
- анализи хетерогених структура података и могућности програмских интерфејса независних астрономских сервиса;
- апстракцији и моделовању заједничких доменских концепата, њихових односа и операција над њима;
- синтези постојећих и оригиналних елемената решења у архитектуру система Alertissimo;
- формализацији научних токова кроз семантичку међурепрезентацију и доменски специфичан језик;
- експерименталној провери предложеног приступа израдом функционалног софтверског прототипа;
- практичној провери истраживачких хипотеза тестирањем прототипа на различитим сценаријима, уз коришћење стварних интерфејса и података астрономских сервиса;
- анализи остварених резултата, домета решења и ограничења спроведене валидације.

Посебну методолошку вредност представља повезивање анализе конкретних извора података са развојем општег семантичког модела: разлике међу брокерима разматране су на нивоу значења, структуре, порекла и начина прибављања података, а из тога су издвојени заједнички појмови. Метода моделовања примењена је на више повезаних нивоа - семантички модел

података, оркестрациони кораци научног поступка и могућности конкретних сервиса - чиме је остварено раздвајање научне намере од избора физичке операције и параметара њеног позива. Формализација доменски специфичног језика омогућила је да научни сценарији буду представљени експлицитним, проверљивим исказима, са раздвојеним нивоима валидације (синтактичка исправност, семантичка усаглашеност, расположивост софтверских могућности) пре извршавања.

Експериментални део заснован је на реализацији и тестирању прототипа, чији је изворни код јавно доступан на GitHub-у, док је коришћена верзија архивирана на Zenodo-у са трајним DOI идентификатором. Коришћење стварних сервиса и података - уместо поједностављеног симулационог окружења - дало је посебан значај провери, јер је укључило стварне разлике у интерфејсима и одговорима провајдера. Провера је обухватила сценарије претраге, прибављања и акумулације података из више извора, филтрирања, повезивања, конфирмације и комбиновања локалних и удаљених операција, укључујући случајеве где резултати претходних корака одређују улазе наредних.

Методолошка доследност огледа се у разликовању хипотеза непосредно проверљивих прототипом од претпоставки о дугорочном научном утицају оваквог система. Границе валидације су јасно наведене: практична провера обухвата податке прегледа ZTF и LSST и ад-хок, експлицитно покренута извршења; проширење на друге мултимесинцер изворе и континуирано праћење токова у реалном времену остају правци даљег истраживања и развоја.

На основу наведеног, може се закључити да су примењене научне методе адекватно изабране и усклађене са предметом, циљевима и развојним карактером истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати истраживања имају непосредну применљивост у научном раду који захтева заједничко коришћење хетерогених астрономских података и софтверских алата. Практична вредност система Alertissimo огледа се у могућности да се научни поступак формулише независно од појединачних брокерских интерфејса, а затим изврши коришћењем расположивих сервиса. Овај приступ проверен је функционалним прототипом над стварним изворима података прегледа ZTF и LSST.

Остварене резултате могу користити:

- астрономске опсерваторије, научни институти и универзитетске групе које истражују променљиве и транзијентне астрономске објекте;
- истраживачи и међународне колаборације који повезују податке различитих прегледа неба, брокера и каталога;
- тимови који развијају научне сервисе и алате, ради њиховог укључивања у сложеније истраживачке поступке;
- истраживачке групе у сродним областима, попут соларно-терестричке физике и свемирског времена, уз прилагођавање доменског модела и извора података;

- научне и образовне установе које се баве информационим системима, семантичким моделовањем и оркестрацијом научних токова.

Шира применљивост произлази из раздвајања доменског знања од општих механизма планирања и извршавања. Поред проширења на мултимесинџер астрономију, овакав приступ пружа основу за пренамену система у другим научним областима попут истраживања веза између Сунца и Земље, где је потребно корелисати соларна посматрања, мерења међупланетарне средине и геомагнетске и јоносферске податке. Слична могућност постоји и у другим областима које комбинују временске серије, догађаје и независне аналитичке сервисе. Пренамена би се остваривала кроз разраду декларативних дефиниција семантичког модела, извора и операција новог домена, уз проверу адекватности и потребно прилагођавање корака тока рада и доменских именица DSL-а. Тиме би се специфичности нове области обухватиле на нивоу доменског описа, уз очување метамодела и архитектонских принципа.

На основу наведеног може се закључити да остварени резултати пружају практичну основу за повезивање постојећих научних ресурса и развој поновљивих, проширивих истраживачких поступака, са могућношћу примене и изван непосредног домена дисертације.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Вељко Вујчић је своје научноистраживачко усавршавање развијао кроз рад на Астрономској опсерваторији у Београду, где је запослен од фебруара 2011. године, и докторске студије на Факултету организационих наука Универзитета у Београду, које је уписао 2010. године, у изборном подручју Информациони системи и технологије. Његов истраживачки рад обухвата примену информационих технологија у астрономији и физици, моделовање и интеграцију научних података и развој интероперабилних база и сервиса. Кроз сарадњу са домаћим научним институцијама и међународним пројектима LSST/Rubin и VAMDC стекао је искуство у повезивању доменских научних захтева са пројектовањем информационих система, а у оквиру сарадње са пројектом LSST/Rubin руководи групом SER-STG.

Током израде докторске дисертације кандидат је показао способност да самостално формулише истраживачки проблем, критички анализира постојећа решења и развије сопствени приступ њиховом унапређењу. Посебно се истиче способност апстраховања заједничких појмова и операција из хетерогених научних извора и њиховог повезивања у семантички и оркестрациони модел. Развој доменски специфичног језика и функционалног прототипа Alertissimo, као и провера предложеног приступа над стварним сервисима и подацима, показују да је кандидат оспособљен да истраживање спроведе од концептуализације до реализације и критичког сагледавања резултата.

Способност кандидата за научни рад поткрепљена је и истраживањима у области атомских и молекулских података. У овим радовима разматрани су структурирање и представљање података о физичким процесима, развој научних база и њихова интероперабилност. Такво искуство значајно је за предмет дисертације јер обухвата сродне проблеме: очување научног значења при интеграцији различитих извора, прилагођавање модела специфичностима података и обезбеђивање њихове доступности за даљу машинску обраду.

Међу публикацијама које представљају резултате дисертације и релевантних истраживања кандидата издвајају се:

1. Vujčić, V., Srećković, V. A., Babarogić, S. (2026). Alertissimo – a tool for orchestration of LSST broker streams. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 56(1), 186–193. DOI: 10.31577/caosp.2026.56.1.186.
2. Vujčić, V., Marinković, B. P., Srećković, V. A., Tošić, S., Jevremović, D., Ignjatović, L. M., Rabasović, M. S., Šević, D., Simonović, N., Mason, N. J. (2023). Current stage and future development of Belgrade collisional and radiative databases/datasets of importance for molecular dynamics. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 25(40), 26972–26985. DOI: 10.1039/D3CP03752E.
3. Vujčić, V., Srećković, V. A., Babarogić, S., Aleksić, J. (2025). An overview of astronomical transient brokers in Rubin era. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 55(2), 95–105. DOI: 10.31577/caosp.2025.55.2.95.
4. Vujčić, V., Jevremović, D. (2020). Real-Time Stream Processing in Astronomy. У: *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, 173–182. Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-819154-5.00019-9.

Наведене публикације показују континуитет истраживања и способност кандидата да принципе моделовања, интероперабилности и обраде података примени на различите научне проблеме. На основу остварених резултата, објављених радова и показане самосталности у истраживању закључујемо да кандидат Вељко Вујчић поседује потребна знања, искуство и способности за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Током истраживања остварени су научни, стручни и друштвени доприноси у области оркестрације хетерогених токова података и софтверских сервиса у астрономији временског домена. Централни допринос дисертације представља развој и експериментална провера архитектонског приступа у којем су доменско значење података и операција, оркестрација научног поступка и његова физичка реализација раздвојени и повезани формализованим механизмима мапирања и превођења.

Слажемо се са становиштем кандидата да се научни значај овог приступа огледа у посматрању оркестрације као процеса превођења токова рада у физичке реализације хетерогених сервиса. Такав приступ омогућава да се научни поступак дефинише на нивоу доменских појмова, док се избор сервиса, параметара и места извршења одређује на основу расположивих софтверских могућности. Тиме се успоставља основа за очување научног описа поступка при променама извора података, програмских интерфејса и имплементационих технологија.

Научни доприноси

1. **Систематизација проблема оркестрације и семантичке интероперабилности у астрономији временског домена.** Анализом литературе и постојећих решења

издвојени су проблеми који настају услед суочавања са различитим моделима података, интерфејсима и начина извршења независно развијених сервиса. На основу ове анализе образложена је потреба за усаглашавањем које повезује научне појмове са конкретним изворима података и операцијама над њима.

2. **Развој хијерархијског семантичког модела са двоструком улогом.** Модел истовремено представља поново употребљиву метамоделску структуру за практично представљање података и онтолошки опис доменских појмова и њихових односа. Посебна вредност овог решења огледа се у томе што иста формализација служи као основа за усаглашавање хетерогених података, њихову репрезентацију, интерпретацију и даљу оркестрирану обраду.
3. **Формализација научног тока семантичком међуреизентацијом.** Научни поступак описује се кроз експлицитне кораке који изражавају значење операција, док се њихова физичка реализација одређује током планирања и извршавања. Представљање корака, њихових зависности, физичких извршења и порекла резултата обезбеђује основу за репродукцибилност и проверљивост поступка. Научни сценарио тиме добија формалан опис који може остати важећи и када се промени сервис којим се нека операција реализује.
4. **Развој декларативних мапирања и генеричких трансформационих механизма за остваривање интероперабилности.** Предложеним приступом канонски семантички појмови повезују се са захтевима и структурама конкретних програмских интерфејса. Специфичности провајдера издвајају се у декларативне описе, на основу којих заједнички механизми формирају позиве и нормализују резултате. Значај овог доприноса огледа се у независности основног принципа интеграције од програмског језика и начина комуникације, било да је сервис доступан преко REST интерфејса, програмске библиотеке или другог механизма.
5. **Дефинисање декларативног доменски специфичног језика независног од начина и места извршења.** Развијени језик омогућава да се научна намера изрази појмовима астрономског домена, док исти семантички захтев може бити реализован удаљеним упитом, локалном обрадом већ прибављених података или комбинацијом више физичких операција у зависности од интерне процене расположивости. Ова независност представља важну последицу предложеног архитектонског раздвајања и омогућава да кориснички опис проблема не прати непосредно промене технолошке инфраструктуре.
6. **Успостављање формалне основе за будуће машинске интерфејсе.** Онтологија и DSL дефинисани су као експлицитне формализације домена, што омогућава да будући NLP/LLM слој преводи природнојезичке захтеве у проверљиве семантичке репрезентације. Допринос се огледа у архитектонском постављању границе између тумачења корисничког исказа и формално одређене семантике извршавања, која остаје у надлежности модела и механизма система.

Интеграција наведених елемената и њихова провера кроз прототип представљају заокружен научни резултат. Поред научних, дисертација остварује и значајне стручне и практичне доприносе.

Стручни доприноси

1. **Пројектовање и имплементација прототипа Alertissimo** као прошириве платформе за повезивање постојећих астрономских брокера и сервиса у сложене научне токове. Реализовани прототип омогућио је практичну проверу предложеног приступа у екосистему брокера који обрађују податке прегледа ZTF и LSST.
2. **Реализација заједничких механизма планирања, везивања параметара, извршавања, нормализације и повезивања међурезультата.** Издвајање специфичности извора у декларативне описе и мапирања смањује потребу за појединачним интеграцијама између сваког пара алата и олакшава укључивање нових извора и могућности.
3. **Подршка провери, понављању и унапређивању научних сценарија.** Експлицитни кораци тока, очување порекла података и поновна употреба прибављеног материјала омогућавају да се поступци анализирају и развијају на основу претходно добијених резултата.

Дисертација се може посматрати и кроз друштвене доприносе путем унапређења сарадње и доступности и демократизације научних алата.

Друштвени доприноси

1. **Јачање капацитета домаће научне заједнице за активно учешће у великим међународним пројектима.** Развој сопствених софтверских решења у ширем екосистему LSST / Vera C. Rubin Observatory доприноси способности домаћих институција да учествују као научни и развојни партнери и пружају конкретан допринос заједничкој истраживачкој инфраструктури.
2. **Подршка међународној научној сарадњи и размени репродуцибилних поступака.** Повезивање глобално дистрибуираних података и сервиса и експлицитно представљање научних токова стварају услове за заједничко коришћење ресурса, размену резултата и развој сложенијих истраживања, укључујући откривање и праћење ретких и краткотрајних феномена.
3. **Смањење техничких препрека за коришћење савремених научних ресурса.** Изражавање захтева доменски специфичним језиком смањује потребу за познавањем појединачних интерфејса и подстиче пренос знања. Предвиђена надоградња природнојезичким интерфејсом може додатно проширити доступност оваквих алата.

На основу изложеног може се закључити да дисертација остварује оригиналан допринос повезивањем формалног описа научног домена са извршивом оркестрацијом хетерогених извора података. Предложени и практично проверени приступ пружа основу за развој проширивих научних информационих система у којима се значење података и опис поступка / тока рада очувавају независно од промена њихове технолошке реализације.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у дисертацију, полазне хипотезе и циљеве истраживања, остварене резултате и научне и стручне доприносе, Комисија констатује да је кандидат успешно систематизовао релевантна сазнања и спровео истраживање усмерено на оркестрацију хетерогених података и алата у астрономији временског домена. Посебан значај резултата огледа се у томе што научни поступак добија сопствени формални опис, чија применљивост није везана за једну комбинацију сервиса или њихових физичких реализација. Тиме се знање о поступку може сачувати, размењивати и поново користити и када се технички услови његовог извршавања промене. Полазне хипотезе које се односе на семантичко моделовање, декларативно изражавање научних сценарија и њихово оркестрирано извршавање поткрепљене су теоријским разматрањима и практичном провером прототипа Alertissimo. Хипотезе о ширем утицају на научна открића и истраживачке праксе размотрене су у оквиру могућности које предложено решење отвара за дугорочну примену. Остварени резултати одговарају постављеним циљевима, представљају оригиналан научни допринос са практичном вредношћу и испуњавају захтеве постављене пред ову докторску дисертацију.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултати и истраживања повезана са темом дисертације представљени су у научним публикацијама, поглављу у монографији и саопштењима на научним скуповима. У наставку су издвојене јединице из библиографије завршне дисертације које су непосредно повезане са оркестрацијом, брокерима, обрадом астрономских догађаја и интероперабилним научним системима. Категорије су преузете из приложеног списка радова.

Категорија M21

1. Vujčić, V., Marinković, B. P., Srećković, V. A., Tošić, S., Jevremović, D., Ignjatović, L. M., Rabasović, M. S., Šević, D., Simonović, N., Mason, N. J. (2023). Current stage and future development of Belgrade collisional and radiative databases/datasets of importance for molecular dynamics. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 25(40), 26972–26985. DOI: 10.1039/D3CP03752E.

Категорија M23

1. Vujčić, V., Srećković, V. A., Babarogić, S. (2026). Alertissimo - a tool for orchestration of LSST broker streams. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 56(1), 186–193. DOI: <https://doi.org/10.31577/caosp.2026.56.1.186>.
2. Vujčić, V., Srećković, V. A., Babarogić, S., Aleksić, J. (2025). An overview of astronomical transient brokers in Rubin era. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 55(2), 95–105. DOI: <https://doi.org/10.31577/caosp.2025.55.2.95>.

Први рад представља систем Alertissimo и приступ оркестрацији брокерских токова, док други систематизује постојећи брокерски екосистем и представља основу упоредне анализе у дисертацији. Кандидат је први аутор оба рада.

Категорија M13

1. Vujčić, V., Jevremović, D. (2020). Real-Time Stream Processing in Astronomy. In *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, 173–182. Elsevier. ISBN: 978-0-128-19154-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819154-5.00019-9>.

Поглавље се односи на обраду токова у астрономији и повезује ранији истраживачки рад кандидата са теоријском и методолошком основом дисертације.

Категорија M31

1. Vujčić, V. (2014). Use of complex event processing engines in astronomy. New Challenges in Astro and Environmental Informatics in the Big Data Era, proceedings of the Big Data Conference, 91–94.

Категорија M32

1. Vujčić, V. (2016). Application of CEP Engines in Astronomy. LSST@Europe2, 63. ISBN: 978-86-80019-74-1.
2. Vujčić, V. (2025). Alertissimo: building scientific workflows through broker orchestration. 4th Regional LSST Workshop, HUN-REN CSFK Konkoly Observatory, Budapest, Hungary.
3. Vujčić, V. (2025). Alertissimo: orchestrating LSST broker alerts for scientific workflows. Meeting on Operational and Research Capabilities for Better Understanding Solar-Terrestrial Interactions, септембар 2025.

Категорија M33

1. Vujčić, V., Aleksić, J., Nešković, S., Jevremović, D. (2017). Use of complex event processing engines in time domain astronomy. Publications of the Astronomical Observatory of Belgrade, 96, 375–378. Библиографска ознака: 2017POBeo..96..375V.
2. Jevremović, D., Vujčić, V., Srećković, V. A., Aleksić, J., Erkačić, S., Milovanović, N. (2016). AlertSim-Serbian Contribution to the LSST. Proceedings of the International Astronomical Union, 12(S325), 122–125. DOI: <https://doi.org/10.1017/S174392131601303X>.

Раније публикације о обради комплексних догађаја и симулацији алерата документују континуитет истраживања из којег је развијена садашња тема. Њихов садржај допуњује радове који непосредно представљају Alertissimo и анализу брокера.

Софтверски резултат

Vujčić, V. (2026). Alertissimo (Version 0.1.0) [Computer software]. Zenodo. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.22688389>.

Архивирана верзија софтвера представља пратећи истраживачки артефакт и омогућава идентификацију верзије решења описаног у дисертацији.

У биографском прегледу завршне дисертације наведене су укупно 60 библиографских јединица, укључујући један рад категорије M21a, десет M21, десет M22, девет M23, једно поглавље у монографији и четири техничка решења. Овај шири опус показује значајно истраживачко искуство кандидата. Потпун списак објављених радова и техничких решења дат је у оквиру биографског поглавља дисертације.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације „Оркестрација алата и хетерогених токова података у астрономији временског домена“ кандидата Вељка Вујчића, Комисија оцењује да рад представља самостално и оригинално истраживање у области информационих система и

астроинформатике. Предмет и циљ истраживања јасно су постављени, примењене методе одговарају природи проблема, а резултати су повезани са полазним хипотезама и размотрени у оквиру наведених ограничења. Рад је писан према захтевима и стандардима научноистраживачког рада, и као такав испуњава услове предвиђене Законом о високом образовању, важећим стандардима, правилницима и Статутом Факултета организационих наука Универзитета у Београду.

Дисертација се бави актуелним проблемом чији значај расте са обимом и разноврсношћу података савремених астрономских истраживања. Потребу за повезивањем независних научних ресурса и развојем нових начина њиховог заједничког коришћења истичу и научници који предводе водеће светске астрономске пројекте, што је размотрено кроз литературу и истраживачки контекст рада. Избор теме и остварени резултати стога одговарају стварним потребама међународне научне заједнице и отварају простор за даљу сарадњу и примену. Кандидат је показао способност да препозна значајан истраживачки проблем, развије сопствени приступ његовом решавању и критички размотри домете добијених резултата, чиме је потврдио оспособљеност за самосталан научни рад.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Факултета организационих наука да прихвати овај реферат и позитивну оцену докторске дисертације кандидата Вељка Вујчића под насловом „Оркестрација алата и хетерогених токова података у астрономији временског домена“, да дисертацију и реферат изложи на увид јавности и, по окончању предвиђеног поступка, упутити предмет Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду ради давања сагласности и омогућавања јавне одбране.

У Београду, _____ године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Гордана Савић, редовни професор
Универзитет у Београду
Факултет организационих наука

др Ненад Аничкић, редовни професор
Универзитет у Београду
Факултет организационих наука

др Жељко Ивезић, редовни професор
Department of Astronomy
University of Washington