

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Срђе Бјеладиновића**

Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука бр. 3/189-5 од 31.10.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Срђе Бјеладиновића** под насловом

**„Развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне
SQL/NoSQL базе података“**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Срђа Бјеладиновић уписао је докторске студије школске 2011/2012. године на Факултету организационих наука, на студијском програму Информациони системи и менаџмент, на изборном подручју Информациони системи. Положио је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија и тиме стекао право на израду приступног рада. Пријавио је приступни рад 05.07.2016. године. Одлуком Наставно-научног већа ФОН-а бр. 3/92-11 од 13.07.2016. године формирана је Комисија за преглед и одбрану приступног рада и оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације. Срђа Бјеладиновић је 27.09.2016. одбранио приступни рад за израду дисертације под називом „Развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података“ под менторством професора др Зорана Марјановића, редовног професора Факултета организационих наука, Универзитета у Београду. На лични захтев кандидата одобрен је упис додатне (седме) године студија дана 06.09.2017. године одлука бр. 3/111-15. Уз сагласност ментора, чему је претходило добијање сагласности на предлог теме од стране Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, одобрен је упис додатне (осме) године студија дана 29.08.2018. године, одлука бр. 3/125-8.

Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације усвојен на Наставно-научном већу 14.03.2018. године, одлука бр. 3/30-8. На седници одржаној 26.03.2018. године одлуком бр. 61206-1372/2-18 Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом „Развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података“.

Наставно-научно веће Факултета организационих наука је на седници одржаној 11.04.2018. године одлуком бр. 3/48-8 одобрило израду докторске дисертације кандидату Срђи Бјеладиновић. За ментора је именован професор др Зоран Марјановић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду. Ментор проф. др Зоран Марјановић је 24.10.2018. године известио Наставно-научно веће Факултета организационих наука да је кандидат Срђа Бјеладиновић завршио израду докторске дисертације, а Наставно-научно веће Факултета организационих наука је на седници одржаној 31.10.2018. године одлуком бр. 3/189-5 именовало Комисију за преглед, оцену и одбрану завршене докторске дисертације у саставу:

1. **др Зоран Марјановић**, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, ментор;
2. **др Слађан Бабарогић**, ванредни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, члан;
3. **др Иван Луковић**, редовни професор Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду, члан.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података“ припада научној области Техничких наука, ужој научној области Информациони системи. Ментор дисертације др Зоран Марјановић, редовни професор организационих наука Универзитета у Београду, поседује одговарајуће компетенције за вођење дисертације у виду низа објављених научних радова у часописима међународног значаја.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Срђа Бјеладиновић рођен је 09.04.1985. године у Београду. Трећу београдску гимназију завршио је 2004. године као носилац дипломе „Вук Караџић“. Исте године уписао је Факултет организационих наука, одсек Информациони системи и технологије. Дипломирао је 17.06.2009. године, са просечном оценом 8,91 и оценом 10 на дипломском раду. Године 2009. уписује дипломске академске студије – мастер на Факултету организационих наука, студијски програм Информациони системи и технологије, студијско подручје Информациони системи. Мастер студије завршава 14.07.2011. године са просечном оценом студирања 10,0 и оценом 10 на завршном мастер раду. Године 2011. уписује докторске академске студије – студијски програм Информациони системи и менаџмент, изборно подручје Информациони системи.

Од 10.2009. године ангажован је као демонстратор на Катедри за информационе системе, од маја 2010. године као сарадник у настави, а од маја 2012. године у звању асистента на споменутој катедри. Неки од предмета на којима бива ангажован су: Базе података, Пројектовање информационих система, Интегрисана софтверска решења и Администрација

базе података. Од 2011. године, ангажован је и као предавач од стране Oracle University. Одржао је више десетина курсева у земљи и иностранству, као и путем Интернета.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предмет истраживања докторске дисертације кандидата Срђе Бјеладиновића је развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података. Новим приступом уважене су специфичности при пројектовању и коришћењу *SQL* и *NoSQL* база података као компоненти хибридне *SQL/NoSQL* базе података.

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Срђе Бјеладиновића под насловом „Развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података“ структурирана у 8 поглавља и засебног поглавља са литературом. Почев од увода па закључно са литературом садржи 156 страна. Дисертација садржи 8 слика и графичких приказа, 7 табела и 120 литературна навода.

Докторска дисертација садржи следећа поглавља и потпоглавља:

1. Увод
 - 1.1. Основ истраживања
 - 1.2. Структура дисертације
2. Основни концепти и типови база података
 - 2.1. *SQL* базе података
 - 2.2. *NoSQL* базе података
 - 2.3. Појам хибридне *SQL/NoSQL* базе података
3. Постојећи приступи и технике за пројектовање *SQL* и *NoSQL* база података
 - 3.1. Пројектовање база података
 - 3.2. Приступ и технике пројектовања *SQL* база података
 - 3.2.1. Модел животног циклуса развоја система (*SDLC*)
 - 3.2.2. Конвенционални „Водопад“ модел
 - 3.2.3. Инкрементални модел
 - 3.2.4. Итеративно - инкрементални модел
 - 3.2.5. *V* модел
 - 3.2.6. Спирални модел
 - 3.2.7. *RAD* модел
 - 3.2.8. Агилни модел
 - 3.2.9. Структурни модел
 - 3.2.10. Објектно-оријентисани приступ
 - 3.2.11. Прототипски модел

- 3.2.12. Модел „Непредвиђене ситуације“ (*Contigency* модел)
 - 3.2.13. ФОН ЛабИС модел
 - 3.3. Приступ и технике пројектовања *NoSQL* база података
 - 4. Методолошки приступ за пројектовање хибридне *SQL/NoSQL* базе података
 - 4.1. Концепти новог приступа за пројектовање хибридне *SQL/NoSQL* базе података
 - 4.2. Фазе и активности новог приступа за пројектовање хибридне *SQL/NoSQL* базе података
 - 5. Постојећи приступи за интеграцију и униформно коришћење *SQL* и *NoSQL* база података
 - 5.1. Миграција података
 - 5.2. Униформни упитни језик
 - 5.2.1. Избор униформног језика од постојећих упитних језика
 - 5.2.2. Развој новог униформног упитног језика
 - 5.3. Наменски приступи интеграцији и униформном коришћењу *SQL* и *NoSQL* база података
 - 5.4. Хибридна база података као приступ интеграцији и униформном коришћењу *SQL* и *NoSQL* база података
 - 6. Приступ за интеграцију и униформно коришћење *SQL* и *NoSQL* база података као компоненти хибридне *SQL/NoSQL* базе података
 - 6.1. Приказ развијене архитектуре новог приступа за униформно коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података
 - 6.1.1. Компонента за обраду унете наредбе (ОУН)
 - 6.1.2. Компонента за претрагу по кључним речима (ПКР)
 - 6.1.3. Контролор ограничења (КО)
 - 6.1.4. Мапер наредбе (МН)
 - 6.1.5. Контролор интеграције (КИ)
 - 6.2. Динамика примене новог приступа за униформно коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података
 - 7. Примери примене предложеног приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података и приказ остварених резултата
 - 7.1. Примена приступа за пројектовање хибридне *SQL/NoSQL* базе података и приказ остварених резултата
 - 7.2. Примена приступа за униформно коришћење *SQL* и *NoSQL* база података заснованог на хибридној *SQL/NoSQL* бази података
 - 7.2.1. Унос података применом новог приступа
 - 7.2.2. Приказ података применом новог приступа
 - 8. Закључак
- Литература

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље дисертације представља увод, у којем је дефинисан проблем истраживања значајан за ову дисертацију.

У другом поглављу дефинисан је појам базе података, приказани су њени основни апсекти, након чега су представљени различити типови база података. У овом поглављу описане су *SQL* и *NoSQL* базе података (укључујући и четири подтипа *NoSQL* база података: базе података засноване на пару кључ-вредност, на документу, на фамилији колона и на графу), карактеристике сваке од њих и особине транскација које се над њима извршавају. На крају поглавља дефинисан је појам хибридне *SQL/NoSQL* базе података, описане су околности и потребе који су довеле до настанка овог типа базе података, након чега је анализирана и презентована њихова применљивост у пословању савремених организација.

У трећем поглављу дат је приказ појмова од значаја за ову дисертацију (методологија, модел и методлошки приступ) и направљена је дистинкција између истих. У овом поглављу анализирани су постојећи приступи и технике за пројектовање *SQL* база података и дата је њихова упоредна анализа. Након тога анализирани су приступи и технике за пројектовање *NoSQL* база података.

Четврто поглавље описује новоразвијени приступ за пројектовање хибридне *SQL/NoSQL* базе података. У овом поглављу представљени су основни концепти новог приступа, као и његова повезаност са аспектима општих приступа пројектовања система (моделом животног циклуса развоја система, итеративно-инкременталним и прототипским приступима) применљивих и на процес пројектовања базе података. У наставку поглавља описане су фазе и активности приступа, као и критеријуми за доношење одлуке о преласку на хибридну базу података, односно задржавању постојеће базе података. Дефинисани су кораци за примену новог приступа које је потребно спровести уколико хибридна *SQL/NoSQL* база података настаје процесом редизајна *SQL* или *NoSQL* базе података, односно уколико се хибрид развија од почетка. За визуелни приказ активности новог приступа коришћен је *UML* дијаграм активности.

Пето поглавље садржи приказ постојећих приступа интеграцији и униформном коришћењу *SQL* и *NoSQL* база података. Ово поглавље разматра различите приступе погодне за решавање наведеног изазова, а који се могу сврстати у једну од категорија: миграција (нпр. са *SQL* на *NoSQL* базу података), коришћење униформног упитног језика (избором постојећег или креирањем новог језика) и наменски приступи за униформно коришћење *SQL* и *NoSQL* база података. У овом поглављу је анализирана могућност примене постојећих упитних језика на различите типове база података и могућност повезивања са другим језицима. Након наведеног, анализирана је могућност коришћења хибридне базе података у циљу решавања описаног проблема интеграције и униформног коришћења различитих база података.

У шестом поглављу приказан је оригинални приступ за коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података и њених компоненти. Нови приступ омогућава да се базе података различитих типова (*SQL* и *NoSQL* базе података) интегришу и униформно користе као саставни делови јединствене логичке базе података, тј. хибридне *SQL/NoSQL* базе података. У циљу постизања наведеног предложена је архитектура са наменски развијеним компонентама за мапирање и обраду наредби, претрагу мета података по кључним речима и управљање ограничењима и процесом интеграције. У овом поглављу је описана и приказана динамика извршавања унетих наредби корисника, у складу са предложеном архитектуром. У ту сврху коришћени су опис случаја коришћења и *UML* дијаграм секвенци.

У седмом поглављу приказан је пример примене новог приступа за пројектовање и коришћење хибридне базе података. На примеру из праксе демонстрирано је како се на основу потреба пословања може утврдити основаност пројектовања хибридне базе података. За наведени пример, поред *SQL* базе података, испројектована је и хибридна база података, применом новог

приступа, након чега је урађена њихова компаративна анализа. Поређена су времена извршавања различитих наредби, над различитом количином података и са различитом учесталашћу промене истих. Верификација резултата дата је у истом поглављу. Након тога, приказани су примери употребе новог приступа за коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података и његова примена на интеграцију и униформно коришћење компоненти хибрида (*SQL* и *NoSQL* база података).

Закључна разматрања, са освртом на остварени допринос докторске дисертације и на правце даљег истраживања и унапређења новоразвијеног приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података, изнета су у **осмом поглављу**.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација под називом „Развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података“ кандидата Срђе Бјеладиновића бави се савременом темом, која се испрофилисала, која је добила на свом значају и којом су истраживачи почели да се баве уназад неколико година. Наиме, појам хибридне базе података је тек неколико година присутан у научним радовима, а приступи њиховом пројектовању и коришћењу су тек у зачетку.

Хибридна *SQL/NoSQL* база података се састоји из база података различитих типова које чине њене компоненте (*SQL* и различити типови *NoSQL*). Данас су у употреби доминанте базе података засноване на релационом моделу, које се по стандардизованом упитног језику за рад са подацима називају још и *SQL* базе података. Изазови пројектовања и коришћења *SQL* база података присутни су и решавани су од стране многих аутора у протеклих скоро пола века. Са друге стране, експанзија Интернета и сервиса које је он понудио, а посебно улазак у другу фазу његовог животног циклуса (*Web 2.0*), допринели су приметном повећању броја корисника друштвених мрежа (*Facebook, Twitter, LinkedIn*), као и различитих портала (*Google, Amazon* итд.), што је директно утицало на наставак тренда експоненцијалног раста количине података у употреби. Наведено је допринело складиштењу, манипулацији и обради велике количине података са различитих извора, тј. коришћењу података који имају флексибилну или лако променљиву структуру. Тако су настале *NoSQL* базе података. Због касније појаве у односу на *SQL* базе података, приступима и техникама њиховог пројектовања и коришћења истраживачи су почели да се баве тек у овом веку.

Популарност и специфичне карактеристике *SQL* и *NoSQL* база података допринели су оправданости њиховог паралелног коришћења у савременом пословању, уз задржавање веће ефикасности примене, сваког типа за одговарајућу намену. Типично *NoSQL* базе података се намећу као солуција за организације које своје пословање заснивају на широко доступним садржајима на вебу (посебно уколико користе податке ниског степена структурираности, попут оних са друштвених мрежа), док су за организације чије пословање као приоритет намеће брзо и поуздано извршавање великог броја трансакција, уз гарантовање интегритета података, *SQL* базе података погодан избор. Међутим, не мали број организација има реалну потребу коришћења погодности које пружају и *SQL* и *NoSQL* базе података. Ради што ефикаснијег испуњавања свих захтева које пословање савремених организација поставља пред базу података, није увек оптимално донети одлуку о избору једног типа базе података.

Савременост проблема пројектовања и коришћења база података различитих типова се огледа и у чињеници да велике компаније попут *Facebook*-а данас пројектују и користе и *NoSQL* базе података (*Cassandra*, наменски развијана за ову компанију) и *SQL* базе података (конкретно *MySQL*). Такође, водећи произвођачи база података, попут *Oracle*-а и *Microsoft*-а, у палети својих производа годинама уназад поседују и *SQL* и *NoSQL* СУБД-ове и развијају начине њихове интеграције. С обзиром да је један од начина да се постигне интеграција база података различитих типова пројектовањем и коришћењем хибридне базе података, све претходно наведено иде у прилог савремености предмета истраживања ове дисертације. О савремености предмета докторске дисертације додатно говори и чињеница да су истраживања везана за пројектовање и коришћење хибридни база података тек у повоју и да су тек последњих неколико година објављени први значајнији радови на наведену тему.

Оригиналност докторске дисертације се огледа у њеном главном доприносу: новоразвијеном методолошком приступу за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података. Развијени приступ представља оригинално решење за процес пројектовања хибридне базе података од почетка, али такође и за процес редизајна постојећих база података. Овај приступ дефинише све фазе и активности које је потребно реализовати у наведеним процесима. Додатна флексибилност приступа и шири спектар примене су постигнути идентификацијом и увођењем критеријума за проверу оправданости преласка на хибридну базу података.

На основу претходно изложеног, може се закључити да су предмет и циљ дисертације усмерени на решавање савременог проблема, који су тек у последњих неколико година почели да изучавају научни радови. Резултати истраживања дисертације унапређују развој научне мисли о процесу пројектовања и коришћења хибридне базе података и стога докторска дисертација доноси нова сазнања о предмету истраживања и отвара простор за будућа истраживања.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У раду је коришћена обимна и релевантна литература, као и извори података са Интернета. Докторска дисертација садржи 120 литературна навода. Коришћена литература је адекватна дефинисаном предмету истраживања и његовом садржају. Највећа пажња посвећена је релевантним научним часописима који се баве информационим системима и базама података. Велики број коришћених извора публикован је на престижним конференцијама (у организацији *ACM*, *IEEE* и др.) и у високо ранжираним часописима (*SCI/SCIE* и друге листе). Поред тога, део коришћене литературе објавили су реномирани светски издавачи (*Springer*, *Addison-Wesley*, *Wiley & sons*, *Morgan Kaufman*, *McGraw-Hill* итд.).

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Приликом процеса израде докторске дисертације коришћене су следеће научне методе:

- У поглављима 2, 3 и 5 коришћене су методе прикупљања, систематизације и анализе постојећих научних радова и достигнућа из домена ове дисертације.
- У поглављима 3 и 5 примењена је аналитичко-дедуктивна метода за одабир и опис радова директно повезаних са предметом истраживања. У поглављу 3 је коришћена и метода компаративне анализе постојећих приступа пројектовања, док су у поглављу 5 компаративном анализом упоређени различити упитни језици за рад са базама података

- У поглављу 4 и 6 коришћена је метода синтезе у циљу повезивања различитих аспеката пројектовања и коришћења у интегралну целину. Методе моделовања и пројектовања приликом процеса развоја новог методолошког приступа такође су коришћене у наведеним поглављима.
- У поглављу 7 методе тестирања и компаративне анализе су коришћене у циљу верификације резултата примене новог приступа пројектовања хибридне *SQL/NoSQL* базе података. Сprovedено је тестирање времена извршавања наредби хибридне базе података и резултати су поређени са временом извршавања истих наредби над *SQL* базом података пројектованом над истим примером из праксе.

Резултати истраживања су презентовани текстуално, описивањем, објашњавањем и дискутовањем, уз приказ кроз више табела, слика и дијаграма са оствареним резултатима.

На основу анализе докторске дисертације може се закључити да примењене научне методе и технике по свом значају и структури одговарају проблему, предмету и циљевима дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Развијени методолошки приступ за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података може се успешно применити код организација чије пословање има потребу за обрадом велике количине података, без обзира на њихов извор нити степен структурираности. Оригиналност овог приступа омогућава да се базе података различитих типова, које чине компоненте хибридне базе података, интегришу и користе на униформни начин. Њиховим повезивањем у функционалну целину могуће је да организације остваре погодности паралелног коришћења различитих технологија за складиштење и управљање подацима, уз задржавање погодности рада са стандардизованим *SQL* упитним језиком и јединственом логичком базом података.

Додатни значај приступа се огледа кроз његову применљивост и у ситуацијама када се хибридна база података пројектује од почетка, као и у ситуацијама када се постојећа база података процесом редизајна трансформише у хибридну базу података. Флексибилност примене приступа је постигнута увођењем критеријума за оцену оправданости преласка на хибридну базу податка, што је од посебног значаја приликом доношења одлуке о редизајну базе података која се већ налази у употреби.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Области научног интересовања Срђе Бјеладиновића су информациони системи, базе података и интегрисана софтверска решења. Кандидат је стекао значајна научна и стручна искуства радећи као асистент на Факултету организационих наука, на катедри за Информационе системе.

У процесу израде докторске дисертације, Срђа Бјеладиновић је демонстрирао способност структурирања проблема истраживања, прикупљања и анализе релевантних научних радова из предмета истраживања. Креативност и систематичност кандидата испољени су приликом развоја новог методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података, примене приступа на примеру из праксе и евалуације резултата добијених тестирањем.

Срђа Бјеладиновић је резултате истраживања из ове докторске дисертације објавио као први и једини аутор у истакнутом међународном часопису са импакт фактором, који се налази на *SCIE* листи у категорији M22.

Претходно изнето потврђује оцену да кандидат Срђа Бјеладиновић поседује потребно знање и искуство за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Главни научни допринос докторске дисертације представља развој новог методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података. Сходно томе, могуће је још подробније дефинисати остварене доприносе ове дисертације:

- Развијен је нови методолошки приступ за пројектовање хибридне *SQL/NoSQL* базе података, који је примењив за пројектовање нових база података и редицајн постојећих база података;
- Развијен је нови приступ за коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података, којим се *SQL* и *NoSQL* базе података интегришу и униформно користе као њене компоненте.

Поред наведених основних научних доприноса остварени су и следећи доприноси:

- Прикупљена су, анализирана и систематизирана постојећа знања у области;
- Идентификовани су и описани расположиви приступи и технике за пројектовање *SQL* и *NoSQL* база података;
- Утврђени су критеријуми за проверу оправданости пројектовања хибридне *SQL/NoSQL* базе података, засновани на корисничким захтевима и стварним потребама пословања;
- Систематизовани и анализирани су постојећи приступи интеграције *SQL* и *NoSQL* база података;
- Демонстрирана је примена приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података на реалном примеру;
- Спроведена је компаративна анализа изабраних показатеља перформанси хибридне *SQL/NoSQL* базе података са традиционално пројектованом базом података.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Постојећи приступи пројектовања *SQL* и *NoSQL* база података садрже фазе, технике и методе које не узимају у обзир специфичности процеса пројектовања других типова база података, осим оног за који су намењене. Због тога ови приступи не могу на адекватан начин одговорити специфичним потребама пројектовања хибридне *SQL/NoSQL* базе података, које проистичу из хетерогених карактеристика њених *SQL* и *NoSQL* компоненти.

Проблем интеграције и униформног коришћења база података различитих типова у литератури је решаван на различите начине: миграцијом, избором постојећег или креирањем новог униформног језика, а последњих година и употребом хибридних база података. Миграцијом се проблем интеграције своди на коришћење одређеног типа базе података, чиме се губи флексибилност истовременог коришћења база података различитих типова, док креирање и одабир униформног језика који би глобално послужио за интеграцију база података различитих

типова захтева консензус водећих светских произвођача база података. Иако тек у повоју, хибридне базе података представљају један савремени приступ решавању описаног проблема.

Кандидат је у докторској дисертацији развио нови методолошки приступ за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података, који је обухватио специфичности пројектовања *SQL* и *NoSQL* база података. Овај приступ интегрише *SQL* и *NoSQL* базе података као компоненте јединствене логичке, хибридне *SQL/NoSQL*, базе података. Уз употребу стандардизованог *SQL* упитног језика приступ омогућава и њихово универзално коришћење. Степен структурираности података је коришћен као критеријум за доношење одлуке о оправданости развоја хибридне *SQL/NoSQL* базе података. Из свега наведеног може се закључити да су општа и посебне хипотезе потврђене, а да резултати ове дисертације доприносе процесу пројектовања хибридне *SQL/NoSQL* базе података и интеграцији и униформном коришћењу *SQL* и *NoSQL* база података као компоненти хибрида.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M22:

1. **Bjeladinovic, S.:** A fresh approach for hybrid SQL/NoSQL database design based on data structuredness. *Enterprise Information Systems*, vol. 12, no. 8-9, pp. 1202-1220, 2018, **IF(2017)=1.683**, ISSN 1751-7575, E-ISSN 1751-7583, DOI: 10.1080/17517575.2018.1446102.

Категорија M53:

2. **Bjeladinović, S. & Marjanović, Z.:** Primena virtuelizacije u cilju integracije relacionih i NoSQL baza podataka, na primeru Oracle-a. *Info M*, 57/2016, pp. 4-10, 2016.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Предмет истраживања докторске дисертације је развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података. Главни научни доприноси су: развијен је нови методолошки приступ за пројектовање хибридне *SQL/NoSQL* базе података, који је примењив за пројектовање нових база података и редизајн постојећих база података и развијен је нови приступ за коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података, којим се *SQL* и *NoSQL* базе података интегришу и униформно користе као њене компоненте. Поред тога, доприноси су и прикупљена, анализирана и систематизована постојећа знања у области, идентификовани и описани расположиви приступи и технике за пројектовање *SQL* и *NoSQL* база података, утврђени критеријуми за проверу оправданости пројектовања хибридне *SQL/NoSQL* базе података, систематизовани и анализирани постојећи приступи интеграције *SQL* и *NoSQL* база података, демонстрирана примена приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података на реалном примеру и спроведена компаративна анализа изабраних показатеља перформанси хибридне *SQL/NoSQL* базе података са традиционално пројектованом базом података. Резултати истраживања из докторске дисертације кандидат је објавио и у истакнутом међународном часопису *SCIE* листе (категорија M22).

Постојећи приступи и технике за пројектовање база података су намењени одређеном типу (*SQL* или неком типу *NoSQL*) и у великој мери нису прилагођени пројектовању других типова база података. Кандидат је у докторској дисертацији развио нови методолошки приступ за пројектовања хибридне базе података, који обухвата специфичности у пројектовању *SQL* и *NoSQL* база података. *SQL* и *NoSQL* базе података су новим приступом интегрисане као компоненте хибрида, док је универзално коришћење омогућено применом стандардизованог *SQL* упитног језика. Флексибилност и додатна употребљивост представљеног приступа се огледају у могућности његове примене у процесу пројектовања када се хибридна базе података развија од почетка, као и у процесу редизајна базе података, када се постојећа база података трансформише у хибридную. С обзиром да није смислено сваку постојећу базу података априори преводити у хибридную, коришћен је степен структурираности података за утврђивање кандидата за прелазак на хибрид. У циљу постизања интеграције и униформног коришћења база података различитих типова предложена је архитектура са наменски развијеним компонентама. У дисертацији је приказана примена приступа за пројектовање и коришћење на реалном примеру, извршена је евалуације резултата добијених тестирањем по изабраним показатељима перформанси и поређење са резултатима које је постигла „традиционално“ пројектована база података.

С обзиром на постигнуте резултате, комплексност и актуелност обрађене теме, дисертација „Развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података“ задовољава високе критеријуме и показује оспособљеност кандидата Срђе Бјеладиновића за научноистраживачки рад.

На основу наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Развој методолошког приступа за пројектовање и коришћење хибридне *SQL/NoSQL* базе података“ кандидата Срђе Бјеладиновића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Зоран Марјановић, редовни професор
Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, ментор;

.....
др Слађан Бабарогић, ванредни професор
Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, члан;

.....
др Иван Луковић, редовни професор
Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду, члан.