

НАУЧНО-НАСТАВНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Владимир Ђурица**

Одлуком бр. 3/111-10 од 06.12.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Владимира Ђурице** под насловом:

„Модел избора виртуализационих технологија за изградњу *cloud* система“

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 Владимир Ђурица је пријавио докторску дисертацију 2014. Године. На Наставно научном Већу дана 17.12.2014. године Одлука број 3/135-4, усвојен је Извештај Комисије за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације кандидата мр Владимира Ђурице. Одлуком Универзитета у Београду од 09.02.2015. бр. 61206-203/2-15 дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Владимира Ђурице под називом: **Модел избора виртуализационих технологија за изградњу *cloud* система**. На Наставно-научном већу 11.03.2015. године Одлуком бр. 3/32-5, одобрена је израда дисертације кандидата Владимира Ђурице и за ментора је именован др Мирослав Миновић, ванредни професор Универзитета у Београду, Факултета Организационих Наука (у наставку ФОН). Ментор докторанда, др Мирослав Миновић је 07.11.2017. известио Наставно-научно веће ФОН-а да је Владимир Ђурица завршио израду докторске дисертације. Наставно-научно веће ФОН-а је именovalo Комисију за оцену завршене докторске дисертације 06.12.2017. бр. 3/111-10.

1.2. Научна област дисертације

Научна област у докторске дисертације је област организационих и техничких наука а ужа научна област су информационе технологије.

Предмет истраживања и циљ рада докторске дисертације је: (1) критички упоредни преглед актуелних приступа увођењу клауд решења у свакодневно пословање предузећа, (2) анализа актуелних технологија по решењима и слоју ком припадају и да предложи и изгради (3) експертски систем за подршку у одлучивању за градивне компоненте и избор конкретног клауд решења. На основу прегледа технологија за виртуелизацију, контејнере и софтверски дефинисане мреже, као расположивих решења, у раду су истражени и обрађени критеријуми за упоређивање постојећих решења и доношење одлуке о избору оптималног решења. Као главни допринос рада, направљен је експертни систем за подршку у одлучивању везану а уз критеријуме дефинисане кроз категорије послових и технолошких одлука. Фокус рада је такође и на моделу софтвера, платформе и инфраструктуре као сервиса, дакле СПИ моделу, али и осталим клауд технологијама, федерацијама

ресурса. Нарочита пажња посвећује се технологијама виртуализације, контејнерима и софтверски дефинисаним мрежама. Рад дискутује могуће правце, шансе и нише за пословне подухвате кроз будући развој клауд система.

Дисертација разматра такође економско одлучивање везано за прелазак на клауд са аспекта краткорочног и дугорочног одлучивања и однос капиталних и оперативних трошкова али и квалитативних критеријума попут трансфера ризика, еластичности сервиса и слично. Дискутује се и о проблемима и шансама везаним за клауд рачунарство попут: (1) доступности услуга, (2) закључавања података, (3) приватности података и могућности ревизије, (4) уских грла података, (5) непредвидивости перформанси, (6) скалабилности складиштења података, (7) грешака у великим дистрибуираним системима, (8) брзог скалирања, (9) дељења репутације и (10) лиценцирања.

Докторска дисертација припада научној области организационих и техничких наука, а ужој научној области информационих технологија. Поред информационих технологија, у дисертацији се обрађују и теме из области савремених интернет технологија и њихове примене у пословним системима великих предузећа.

Ментор, др Мирослав Миновић поседује одговарајуће компетенције за вођење дисертације у виду низа објављених научних радова у међународним часописима из области информационих технологија и рачунарских мрежа као једне од области истраживања.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Владимир Ђурица је рођен 10.04.1977. године у Панчеву, Република Србија. Завршио је средњу електротехничку школу *Никола Тесла* 1996. године. Исте године уписао је Универзитет у Београду, Факултет Организационих Наука у Београду на коме је, дипломирао на смеру Општи менаџмент 2008. Године. Након тога, уписао је и завршио магистарске студије, смер Електронско пословање, 2012. године са називом тезе: *Критички упоредни приказ актуелних приступа увођењу клауд решења у предузеће*. Исте године, уписује докторске студије, смер Информационе технологије, на ФОН-у и тренутно је докторанд у завршној фази са темом *Модел избора виртуализационих технологија за изградњу клауд клауд система*. Што се тиче професионалне каријере:

- 2016-тренутно: Програм Менаџер, *Brocade, San Jose, САД*
- 2015-2016: Програм Менаџер, *Ooyala, Santa Clara, САД*
- 2014-2015: Program Menadžer, *Google Inc., Mountain View, САД*
- 2010-2015: Програм Менаџер, *EON+, Београд, РС*
- 2008-2010: Регионални Менаџер за Информационе Технологије, *Wolf Theiss, Београд, РС*
- 2002-2008: Менаџер за Информационе Технологије, *Амбасада Аустралије, Београд, РС*
- 2001-2002: Menadžer za Informacione Tehnologije, *CARE International, Београд, РС*
- 1999-2001: Новинар и организациони уредник, *PC World Jugoslavija (Микро), Београд, РС*

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација, укупног обима 248 страница, садржи 62 слике и 14 табела и 111 цитираних референци.

Структура докторске дисертације обухвата следеће целине: увод, клауд системи, услужно наспрам сервисног рачунарства, софтвер-платформа-инфраструктура (СПИ) модел, цлоуд модели и пословни концепти, економија клауд рачунарства, изазови и шансе за клауд рачунарство, виртуализација као

основа клауд система, хипервизор као основа клауд система, линукс контејнери као основа клауд система, софтверски дефинисане мреже (СДМ) као основа клауд система, приступ избора решења при изградњи клауд система и закључак. Докторска дисертација се састоји из следећих поглавља и потпоглавља:

1. UVOD

- 1.1. CILJ RADA
- 1.2. METODE I HIPOTEZE
- 1.3. PREDMET ISTRAŽIVANJA
- 1.4. CILJ ISTRAŽIVANJA
- 1.5. KRATAK PREGLED DISERTACIJE

2. CLOUD SISTEMI

- 2.1. ISTORIJA CLOUD SISTEMA
- 2.2. KAKO DEFINIŠEMO CLOUD
- 2.3. CLOUD KONCEPT
- 2.4. RAZVOJ CLOUD SISTEMA
- 2.5. AKTUALIZACIJA CLOUD KONCEPTA
- 2.6. TEHNOLOŠKI TRENDVI I POSLOVNI MODELI
- 2.7. POTENCIJALNE NIŠE PRIMENE

3. USLUŽNO NASPRAM SERVISNOG RAČUNARSTVA

- 3.1. KARAKTERISTIKE I MODEL ISPORUKE

4. SOFTVER-PLATFORMA-INFRASTRUKTURA (SPI) SERVISNI MODEL

- 4.1. SOFTVER KAO SERVIS (SAAS)
- 4.2. PLATFORMA KAO SERVIS (PAAS)
- 4.3. INFRASTRUKTURA KAO SERVIS (IAAS)
- 4.4. OSTALI CLOUD SERVISI (XAAS)

5. CLOUD MODELI I POSLOVNI KONCEPTI

- 5.1. KLASIJE SERVISNOG RAČUNARSTVA

6. EKONOMIJA CLOUD RAČUNARSTVA

- 6.1. ELASTIČNOST: POMERANJE RIZIKA
- 6.2. COST-BENEFIT ANALIZA PRELASKA NA CLOUD

7. IZAZOVI I ŠANSE ZA CLOUD RAČUNARSTVO

- 7.1. DOSTUPNOST USLUGE
- 7.2. ZAKLJUČAVANJE PODATAKA
- 7.3. POVERLJIVOST PODATAKA I MOGUĆNOST EKSTERNE REVIZIJE PODATAKA
- 7.4. USKA GRILA U PRENOSU PODATAKA
- 7.5. NEPREDVIDIVOST PERFORMANSI
- 7.6. SKALABILNO SKLADIŠTE PODATAKA (STORIDŽ)
- 7.7. GREŠKE U VELIKIM DISTRIBUIRANIM SISTEMIMA
- 7.8. BRZO SKALIRANJE
- 7.9. DELJENJE REPUTACIJE
- 7.10. LICENCIRANJE SOFTVERA

8. VIRTUALIZACIJA KAO OSNOVA CLOUD SISTEMA

- 8.1. HARDVERSKA VIRTUALIZACIJA
- 8.2. PUNA VIRTUALIZACIJA
- 8.3. DELIMIČNA VIRTUALIZACIJA
- 8.4. PARAVIRTUALIZACIJA

- 8.5. DESKTOP VIRTUALIZACIJA
- 8.6. SOFTVERSKA VIRTUALIZACIJA
- 8.7. VIRTUALIZACIJA MEMORIJE
- 8.8. VIRTUALIZACIJA SISTEMA ZA SKLADIŠTENJA PODATAKA
- 8.9. VIRTUALIZACIJA PODATAKA
- 8.10. VIRTUALIZACIJA U OBLASTI RAČUNARSKIH MREŽA
- 9. HIPERVIZOR KAO OSNOVA CLOUD SISTEMA
 - 9.1. XEN HIPERVIZOR
 - 9.2. HYPER-V HIPERVIZOR
 - 9.3. vSPHERE HIPERVIZOR
 - 9.4. POSLOVNI KRITERIJUMI UPOREDNOG PREGLEDA HIPERVIZORA KAO OSNOVE ZA CLOUD
 - 9.4.1. *Kriterijum sposobnosti izvršavanja*
 - 9.4.2. *Kriterijum kompletnosti vizije*
 - 9.4.3. *Uporedni pregled tržišne pozicije*
 - 9.4.4. *Razmatranje konkurentskih prednosti proizvođača*
 - 9.5. TEHNOLOŠKI KRITERIJUMI UPOREDNOG PREGLEDA HIPERVIZORA KAO OSNOVE ZA CLOUD
 - 9.6. ZAKLJUČAK I PROJEKCIJE VEZANE ZA BUDUĆNOST HIPERVIZORA U OKVIRU CLOUD SISTEMA
- 10. LINUX KONTEJNERI KAO OSNOVA CLOUD SISTEMA
 - 10.1. LINUX KONTEJNERI (LXC)
 - 10.2. DOKER KONTEJNERI
 - 10.3. ROKET KONTEJNERI
- 11. SOFVERSKI DEFINISANE MREŽE (SDM) KAO OSNOVA CLOUD SISTEMA
 - 11.1. RANE PROGRAMABILNE MREŽE
 - 11.1.1. *Programabilnost ravni podataka*
 - 11.1.2. *Razdvajanje ravni kontrole od ravni podataka*
 - 11.1.3. *Mrežna Virtualizacija*
 - 11.2. SOFTVERSKI DEFINISANE MREŽE – FUNCKIJE I ARHITEKTURA
 - 11.2.1. *Ključna SDM terminologija*
 - 11.2.2. *Ukratko o softverski definisanim mrežama*
 - 11.2.3. *Programabilnost ravni podataka*
 - 11.2.4. *Razdvajanje ravni kontrole od ravni podataka*
 - 11.2.5. *Mrežna virtualizacija*
 - 11.3. SDM KONTROLERI
 - 11.4. MREŽNI SVIČ OPERATIVNI SISTEMI
 - 11.5. MOGUĆNOSTI I BUDUĆI PRAVCI NA MREŽNOM SLOJU
- 12. PRISTUP IZBORA REŠENJA PRI IZGRADNJI CLOUD SISTEMA
 - 12.1. PREDLOG PRISTUPU REŠENJA
 - 12.2. ANALIZA REZULTATA ANKETE
 - 12.3. PREDLOG REŠENJA
 - 12.3.1. *Kapitalni troškovi*
 - 12.3.2. *Operativni troškovi*
 - 12.3.3. *Poslovno-tehnološki faktori*
 - 12.3.4. *Ekspertni Sistem Klaudifikator*
 - 12.3.5. *Evalucija – studija slučaja*
- 13. ZAKLJUČAK
 - 13.1. CILJ RADA
 - 13.2. PREDMET ISTRAŽIVANJA
 - 13.3. CILJ ISTRAŽIVANJA
 - 13.4. METODE I HIPOTEZE
 - 13.5. RAZMATRANJE HIPOTEZA

13.6. REZIME DISERTACIJE

13.6.1. *Cloud*

13.6.2. *Ekonomija cloud računarstva*

13.6.3. *Virtualizacija kao osnova cloud sistema*

13.6.4. *Kontejneri*

13.6.5. *Softverski definisane mreže kao osnova cloud sistema*

13.6.6. *Mrežni svič operativni sistemi*

13.6.7. *Mogućnosti i pravci na mrežnom sloju*

13.6.8. *Pristup izbora rešenja pri izgradnji cloud sistema*

13.7. DOPRINOS I BUDUĆI PRAVCI ISTRAŽIVANJA

14. CITIRANI RADOVI

15. PRILOG A – ANKETNA PITANJA

16. PRILOG B – ŠIFRARNIK ZA SPSS

17. PRILOG C – IMPLEMENTACIJA EKSPERTNOG SISTEMA KLAUDIFIKATOR

18. BIOGRAFSKI PODACI

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу, Увод, разматрају се циљеви рада, методе и хипотезе, предмет истраживања, циљ истраживања и даје кратак преглед дисертације.

У другом поглављу, Клауд системи, разматрају се дефиниција, концепт и почеци клауд рачунарства из више углова. Први појмови клауд рачунарства се везују за Ликлидерову визију интергалактичке рачунарске мреже док је радио за АРПАНЕТ. Визија је подразумевала приступ апликацијама са било ког места, било ком месту. Констатација је да су кључне технологије за развој цлоуд система биле веб 2.0 технологије за испоруку до корисника, као и разне врсте технологија виртуализације али и све бржи развој мрежних пропусних опсега и, на крају, развој универзалних софтверских стандарда интероперабилности. Закључак је да су неке од кључних предности клауд рачунарства, као сервисног рачунарства : (1) већа скалабилност, (2) бржи приступ инфраструктури, (3) већа доступност сервиса, (4) бржа могућност изласка на тржишта, (5) повећана ефикасност ИТ особља, (6) могућност боље и шире географске покривености сервиса, (7) уштеда у укупним трошковима (уз бољи баланс између капиталних и оперативних трошкова), (8) могућност бољег обезбеђења пословног континуитета, (9) укупно више перформансе целокупног система.

Кроз треће поглавље, Услужно наспрам сервисног рачунарства, констатује се да клауд рачунарство представља испоруку рачунарских сервиса, насупротив производу, где се дељени ресурси, софтвер и информације испоручују рачунарима и другим уређајима у виду мерљивих сервиса путем рачунарских мрежа, обично Интернета.

У четвртном поглављу, Софтвер-платформа-инфраструктура (СПИ) сервисни модел, дискутује се клауд сервис као општи термин за било шта што укључује испоруку хостованих сервиса путем Интернета. У оквиру СПИ модела, сервиси су подељени у три основне категорије: (1) Софтвер као сервис, где се клијенту се пружа могућност коришћења добављачевих апликација који се извршавају на клауд инфраструктури, (2) Платформа као сервис, што представља скуп софтвера и развојних алата хостованих на инфраструктури добављача услуге. Развојни тимови развијају апликације на платформи која се налази физички у поседу добављача услуге. (3) Инфраструктура као сервис пружа могућност покретања, заустављања, приступања и конфигурисања виртуалних сервера и система складиштења података.

У петом поглављу, Клауд модели и пословни концепти дискутују се јавни, приватни и хибридни цлоуд. Јавни клауд поседује ресурсе који су јавно доступни свима. Приватни цлоуд означава мрежне

сервисе или дата центар хостованих сервиса у приватном власништву који пружа услуге ограниченом броју људи. Када испоручилац услуга користи ресурсе јавног цлоуда да направи свој приватни цлоуд, резултат се зове виртуални приватни цлоуд. Приватни или јавни, циљ цлоуд рачунарства је да пружи једноставан, скалабилан приступ рачунарским ресурсима и информационим услугама.

У шестом поглављу, Економија клауд рачунарства, искутује се увођење цлоуда. Разматрају се сценарији миграције на клауд решења. Многе компаније су врло обазриве и анализирају детаљно своје стратешке пословне процесе и интелектуалну својину како би утврдиле која технолошка инфраструктура треба да остане под компанијским директним надзором а која ће бити пресељена у цлоуд решење. Допринос рада у овом домену је одлучивање за или против миграције на цлоуд решење.

У седмом поглављу, Изазови и шансе за клауд рачунарство, дискутују се следеће категорије: (1) доступност услуге, (2) закључавање података, (3) поверљивост података и могућност екстерне ревизије података, (4) уска грла у преносу података, (5) непредвидивост перформанси, (6) скалабилно складиште података, (7) грешке у великим дистрибуираним системима, (8) брзо скалирање, (9) дељење репутације и (10) лицензирање софтвера.

У осмом поглављу, Виртуализација као основа клауд система, констатује се да је уобичајени циљ виртуализације централизација административних задатака уз побољшање скалабилности и опште искоришћености хардверских ресурса. Поглавље Виртуализација као основа цлоуд система и Хипервизор као основа цлоуд система детаљно даје пословно и технолошки упоредни преглед три решења као и преглед области. Такође, дискутују се следеће врсте виртуализације: (1) хардверска виртуализацију, (2) пуна виртуализација, (3) делимична виртуализација, (4) паравиртуализација, (5) десктоп виртуализација, (6) софтверска виртуализација, (7) виртуализација меморије, (8) виртуализација система за складиштење података, (9) виртуализација у области рачунарских мрежа, (10) виртуализација података.

У деветом поглављу, Хипервизор као основа клауд система, разматра се серверска виртуализација. Рад разматра три решења серверског хипервизора типа 1: VMWare vSphere, Citrix Xen и Microsoft Hyper/V кроз пословне и технолошке критеријуме.

У десетом поглављу, Линуц контејнери као основа клауд система дискутују се Линукс контејнери који омогућавају виртуализацију на нивоу оперативног система. Констатује се да један овакав систем омогућава извршавање вишеструких изолованих корисничких домена на истој системској домену (на нивоу једног кернела). Закључак је да је виртуализација система на овом нивоу значајно је мање ресурсно захтевна од пуне виртуализације и нуди доста велику флексибилност. Такође, контејнери се могу извршавати на сваком оперативном систему који их подржава. Комплетно управљање ресурсима ради кернел, у виду услуге контејнерима. Примери управљања ресурсима су управљање меморијом, процесорским временом, системским прекидима и другим ресурсима. У оквиру решења, рад разматра ЛХЦ, Докер и Рокет уз закључак да је Докер данас дефакто стандард у индустрији.

У једанаестом поглављу, Софтверски дефинисане мреже (СДМ) као основа клауд система, дискутују се ране програмабилне мреже, СДМ мреже и њихова архитектура и функције, СДМ контролери, мрежни свич оперативни системи али и будући правци на мрежном слоју. Рад прво разматра изазове у традиционалним рачунарским мрежама, где раван контроле и раван података чине нераздвојиву целину и обично се налазе у мрежном елементу неког произвођача. Мрежни елементи су независни, дистрибуирани и конвергирају ка одређеном стању, у зависности од информација које размењују. У СДМ архитектури, раван контроле и раван података су раздвојене и постоји централни увид у мрежне ресурсе. У традиционалним мрежама, мрежни елементи имају у себе уграђене многе мрежне протоколе, који су често, затворена и патентирана компанијска решења. Концепт софтверски дефинисаних мрежа (СДМ) појавио се са тежњом да се иновације у области рачунарских мрежа

одвијају повећаном брзином и уз исто искуство развоја као и у остатку софтверске индустрије. У првом делу рад дискутује ране програмабилне мреже. Рад даље разрађује кључне примере који су обележили развој ове области подељене у подобласти као што су: програмабилна равна података, раздвајање равни контроле од равни података, односно хардвера, и на крају мрежну виртуализацију. У прегледу програмабилних мрежа из 1999, будући развој предвиђају у три правца: (1) окружења за извршавање активних мрежа, (2) мрежни кернели са отвореним сигналимa, (3) ноде оперативни системи, или оперативни системи на чворовима. У наредном делу дискутујемо терминологију и дефиницију софтверски дефинисаних мрежа. Разматрамо шта је то СДМ и како се разликује или допуњује у односу на концепте попут виртуализације мрежних функција и мрежна виртуализација. Иза тога се разматра преглед решења у категоријама: програмабилност равни података, раздвајање контролне равни од равни података, мрежна виртуализација (мрежни хипервизори) и завршавамо секцију са СДМ контролерима и мрежним оперативним системима. У последњем одељку поглавља, разматрају се могућности и будући правци на мрежном.

У дванаестом поглављу, приступ избора решења при изградњи клауд система, дискутује се предлог приступа решењу, врши се анализа анкете и даје се предлог решења. Предлог решења се базира на балансу између капиталних и оперативних трошкова, разматра пословне и технолошке факторе и све то резултује системом за подршку у одлучивању под називом *Клаудификатор*, чији се изворни код налази у Прилогу Ц. У последњој секцији поглавља дајемо анализу случаја у оквиру система за подршку одлучивању при увођењу клауд технологија.

У тринаестом поглављу, Закључак, дискутује се циљ рада, предмет истраживања, циљ истраживања, методе и хипотезе, разматрање хипотеза, даје се резиме дисертације кроз све секције и поглавља детаљно и као закључак дискутују доприноси и будући правци истраживања.

У четрнаестом поглављу, Цитирани радови, списак литературе садржи релевантне референце за област дисертације.

У петнаестом поглављу, Прилог А – Анкетна питања, налази се упитник

У шеснаестом поглављу, Прилог Б – Шифрарник за СПСС, налази се translација питања у шифрарник коришћен у програмском пакету СПСС да се обраде резултати анкете.

У седамнаестом поглављу, Прилог Ц – Имплементација експертног система *Клаудификатор*, излистан је изворни код експертног система.

У осамнаестом поглављу, Биографски подаци, дати су биографски подаци аутора дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Предмет дисертације припада актуелној области истраживања проблема увођења клауд система у предузећа. Такође рад дискутује појединачне технологије и пословно технолошке критеријуме приликом одлучивања. На крају, докторски рад као главни допринос има експертни систем да помогне процес одлучивања.

Имајући у виду трендове везане за глобализацију пословања, истраживање је усмерено на велика предузећа која послују у хетерогеним тржишним условима и која имају комплексне пословне процесе. Велики број научних и стручних часописа, конференција, књига, ресурса доступних на Интернету показују актуелност теме докторске дисертације.

Анализа литературе у области показује да нема довољно научних и стручних радова који се на систематски начин баве проблемима управљања процесом одлучивања за технологије већ да се овај процес углавном одвија кроз неструктурирани консензус мањих група.

Кроз рад је обрађена анкета над 100 испитаника, високотехнолошких фирми а у СПСС софтверу су подаци обрађени.

Резултат испитивања, анкете, истраживања и осталих научних метода резултовао је прављењем система за подршку у одличивању приликом одабира увођења клауд технологија са нагласком на технологије виртуализације а на укупно три технолошка фокуса: технологије виртуализације, линукс контејнере и софтверски дефинисане мреже. Такође, рад врши до сада јединствену класификацију пословних и технолошких фактора у оквиру софтверски дефинисаних мрежа са аспекта потенцијала овог скупа још увек технологија у зачећу. Рад разматра сценарије одлучивања са аспекта фирме поводом разматрања исплативости преласка на клауд решење, наспрам изградње сопствених. То је врло битан аспект узевши у обзир да су овакве фирме и овакви сценарији потенцијални клијенти и циљна група за кориснике јавних клауд решења.

На основу изложеног, може се закључити да докторска дисертација доноси новине у односу на постојеће стање и отвара простор за даља истраживања.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Последњих година вршена су интензивна истраживања у области управљања технологијама виртуализације, линукс контејнера, софтверски дефинисаних мрежа и клауд система уопште. За израду докторске дисертације коришћена је обимна и актуелна литература коју су публиковали водећи светски издавачи (Gartner, Springer, Wiley, IEEE, ACM Digital Library, РФЦ документи), као и резултати публиковани у књигама, презентовани на научним и стручним конференцијама попут *Sigcomm* и *Usenix*, *Sigops* и других. Аутор дисертације пратио је позната имена и њихов рад (N. McKeown, M. Casado, J. Rexford, N. Feamster, D. Wetherall и други. Део извора је из индустрије везаних за нове производе а наводи се везују за високо техничке профиле аутора и креатора технолошких решења (M. Casado, T. Koronen, R. Sherwood,

Докторска дисертација садржи укупно 111 цитираних извора.

У првом поглављу, Увод, разматрају се циљеви рада, методе и хипотезе, предмет истраживања, циљ истраживања и даје кратак преглед дисертације (D. Taylor, J. Turner и други).

У другом поглављу, Клауд системи, разматрају се дефиниција, концепт и почеци клауд рачунарства из више углова. Први појмови клауд рачунарства се везују за Ликлидерову визију интергалактичке рачунарске мреже док је радио за АРПАНЕТ. Визија је подразумевала приступ апликацијама са било ког места, било ком месту. Констатација је да су кључне технологије за развој клауд система биле веб 2.0 технологије за испоруку до корисника, као и разне врсте технологија виртуализације али и све бржи развој мрежних пропусних опсега и, на крају, развој универзалних софтверских стандарда интероперабилности (J.C.R. Licklider, V.W. Clapp, T. C. Gale и други).

Кроз треће поглавље, Услужно наспрам сервисног рачунарства, констатује се да клауд рачунарство представља испоруку рачунарских сервиса, наспрам производу, где се дељени ресурси, софтвер и информације испоручују рачунарима и другим уређајима у виду мерљивих сервиса путем рачунарских мрежа, обично Интернета (M. Benioff, C. Adler, T.J. Bittman, P.Mell, T. Grance и други).

У четвртном поглављу, Софтвер-платформа-инфраструктура (СПИ) сервисни модел, дискутује се клауд сервис као општи термин за било шта што укључује испоруку хостованих сервиса путем Интернета (J. Hurwitz, R. Bloor, M. Kaufman, F. Halper и други).

У петом поглављу, Клауд модели и пословни концепти дискутују се јавни, приватни и хибридни цлоуд (А. Bechtolsheim, К. Rangan, А. Cooke, Ј. Post, N. Schindler и други).

У шестом поглављу, Економија клауд рачунарства, искутује се увођење цлоуда. Разматрају се сценарији миграције на клауд решења. Допринос рада у овом домену је одлучивање за или против миграције на клауд решење (Ј. Hamilton, U.S Energy administration, В. Despotović, Е.Е. Portal, и други).

У седмом поглављу, Изазови и шансе за клауд рачунарство, дискутују се следеће категорије: (1) доступност услуге, (2) закључавање података, (3) поверљивост података и могућност екстерне ревизије података, (4) уска грла у преносу података, (5) непредвидивост перформанси, (6) скалабилно складиште података, (7) грешке у великим дистрибуираним системима, (8) брзо скалирање, (9) дељење репутације и (10) лицензирање софтвера (А. Becholsheim, D.A. Patterson, М. Ambrust и остали).

У осмом поглављу, Виртуализација као основа клауд система, констатује се да је уобичајени циљ виртуализације централизација административних задатака уз побољшање скалабилности и опште искоришћености хардверских ресурса. У деветом поглављу, Хипервизор као основа клауд система, разматра се серверска виртуализација. Рад разматра три решења серверског хипервизора типа 1: VMWare vSphere, Citrix Xen и Microsoft Hyper/V кроз пословне и технолошке критеријуме (С. Horne, А. Kovari, Р. Dukan, К. Adams, О. Agesen, VMWare и остали).

У десетом поглављу, Линукс контејнери као основа клауд система дискутују се Линукс контејнери који омогућавају виртуализацију на нивоу оперативног система. Констатује се да један овакав систем омогућава извршавање вишеструких изолованих корисничких домена на истом системском домену (на нивоу једног кернела). Закључак је да је виртуализација система на овом нивоу значајно је мање ресурсно захтевна од пуне виртуализације и нуди доста велику флексибилност. Такође, контејнери се могу извршавати на сваком оперативном систему који их подржава. Комплетно управљање ресурсима ради кернел, у виду услуге контејнерима (Ј. Purrier, S. Julian, М. Shuey, S. Cook, Docker извори и други).

У једанаестом поглављу, Софтверски дефинисане мреже (СДМ) као основа клауд система, дискутују се ране програмабилне мреже, СДМ мреже и њихова архитектура и функције, СДМ контролери, мрежни свич оперативни системи али и будући правци на мрежном слоју. Рад прво разматра изазове у традиционалним рачунарским мрежама, У последњем одељку поглавља, разматрају се могућности и будући правци на мрежном (В. Carpenter, S. Brim, А. Т. Campbell, К. Calvert, К. Psounis, А. Lazar, V. Djurica, М. Minović и други).

У дванаестом поглављу, приступ избора решења при изградњи клауд система, дискутује се предлог приступа решењу, врши се анализа анкете и даје се предлог решења. Предлог решења се базира на балансу између капиталних и оперативних трошкова, разматра пословне и технолошке факторе и све то резултује системом за подршку у одлучивању под називом *Клаудификатор*, чији се изворни код налази у Прилогу Ц. У последњој секцији поглавља дајемо анализу случаја у оквиру система за подршку одлучивању при увођењу клауд технологија.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У изради дисертације коришћене су следеће научне методе:

- У првом делу дисертације (поглавља 1, 2, 3, 4) коришћене су методе прикупљања и анализе постојећих научних резултата и достигнућа.
- У другом делу дисертације (поглавља 5, 6, 7) коришћене су аналитичко-синтетичка, дедуктивно-логичка и метода системског приступа

- У трећем делу дисертације (поглавља 8, 9, 10, 11) коришћене су компаративна и аналитичко-синтетичка метода
- У четвртом делу дисертације (поглавље 12) користе се методе анкетног упитника и статистичке обраде и презентације података. Прикупљање података извршено је експлицитно, анкетирањем техничких контаката у оквиру 100 високотехнолошких компанија. Поред тога, користи се метода за развој модела као и метода интервјуа ради сагледавања будућих трендова развоја и на крају, користи се метода израде софтверског прототипа.

Резултати истраживања су презентовани текстуално, описивањем, и кроз више табела, слика и дијаграма са упоредним резултатима. Истраживање је интердисциплинарно, јер укључује научне дисциплине информационе технологије, електронско пословање, информатику, методологију, статистику, менаџмент и друге.

На основу анализе докторске дисертације, може се закључити да примењене научне методе и технике одговарају, по свом значају и структури, теми дисертације и спроведеном истраживању.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације могу имати широку практичну примену у раду комплексних и великих предузећа која желе да размотре сценарио преласка на клауд решење или прављења сопственог клауд система. Развој и примена експертног система за увођење клауд технологија може бити од значаја за доношење оптималних одлука узевши у обзир кључне факторе као што су пословни, технолошки, оперативни трошкови, капитални трошкови са њиховим многобројним атрибутима. Свеукупно, овакав систем може значајно унапредити процес изградње једног клауд система и компензовати евентуалне разлике у знању особља које доноси пословно-технолошке одлуке.

Предложен модел је евалуиран и позитивно оцењен од стране компанија. Модел и развијено решење су се показали као поуздани, флексибилни и допринели су побољшању перформанси пословних процеса посматраног система.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Области научног интересовања Владимира Ђурице је област организационих и техничких наука а ужа научна област су информационе технологије.

Кандидат је стекао значајно практично искуство радећи као менаџер за информационе технологије и технички програм менаџер у више компанија у Републици Србији, као и у Силицијумској Долини у Калифорнији. У току израде докторске дисертације, Владимир Ђурица је показало способност да сагледа проблем истраживања са више аспеката и да креативно приступи његовом решавању. Уочило је главне недостатке и проблеме постојећих решења и спровело истраживање са циљем да се уочени проблеми превазиђу.

Владимир Ђурица је резултате истраживања из ове докторске дисертације објавио у 3 рада у зборницима радова научних скупова и у научним часописима националног и међународног значаја. Већина објављених радова је из области информационих технологија и електронског пословања. Од наведеног, један рад је прихваћен за објављивање у часопису који се налази на SCI листи, са импакт фактором:

Ђурица Vladimir, Minović Miroslav, *Linux Based Virtual Networking Laboratories for Software Defined Networking*, International Journal of Engineering Education (IJEE), vol 33-2B, 2017 (ISSN 0949-149X), IF(2017)=0.77, (M23).

На основу наведеног, сматрамо да кандидат Владимир Ђурица поседује потребно знање и искуство за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

- Преглед историје, врсте, концепта, развоја и технолошких трендова клауд система, СПИ модела и сервисног рачунарства
- Креирање модела за одлучивање у евалуацији преласка на клауд решење (разумевање економије, принципа и вршење кост-бенефит анализе)
- Класификација изазова и пословних потенцијала у оквиру клауд система
- Преглед технолошких области: виртуализације, линукс контејнера, тип-1 хипервизора и софтверски дефинисаних мрежа
- Креирање таксономије и дефинисање критеријума одлучивања у оквиру упоређивања виртуализационих технологија са нагласком на тип-1 хипервизоре
- Креирање таксономије и дефинисање пословних и технолошких критеријума за одлучивање у вези са изградњом клауд система
- Изградња експертског система за подршку у одлучивању преласка на клауд по основу претходно креиране таксономије критеријума

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је у докторској дисертацији разматрао и/или радио: (1) критички упоредни преглед актуелних приступа увођењу клауд решења у свакодневно пословање предузећа, (2) анализа актуелних технологија по решењима и слоју ком припадају и да предложи и изгради (3) експертски систем за подршку у одлучивању за градивне компоненте и избор конкретног клауд решења. На основу прегледа технологија за виртуелизацију, контејнере и софтверски дефинисане мреже, као расположивих решења, у раду су истражени и обрађени критеријуми за упоређивање постојећих решења и доношење одлуке о избору оптималног решења. Фокус рада је такође и на моделу софтвера, платформе и инфраструктуре као сервиса, дакле СПИ моделу, али и осталим клауд технологијама, федерацијама ресурса. Нарочита пажња посвећује се технологијама виртуализације, контејнерима и софтверски дефинисаним мрежама. Рад дискутује могуће правце, шансе и нише за пословне подухвате кроз будући развој клауд система.

Дисертација разматра такође економско одлучивање везано за прелазак на клауд са аспекта краткорочног и дугорочног одлучивања и однос капиталних и оперативних трошкова али и квалитативних критеријума попут трансфера ризика, еластичности сервиса и слично. Дискутује се и о проблемима и шансама везаним за клауд рачунарство попут: (1) доступности услуга, (2) закључавања података, (3) приватности података и могућности ревизије, (4) уских грла података, (5) непредвидивости перформанси, (6) скалабилности складиштења података, (7) грешака у великим дистрибуираним системима, (8) брзог скалирања, (9) дељења репутације и (10) лиценцирања.

Истраживачки рад је заснован на постојећим научним резултатима, са циљем да се развије унапређени модел одлучивања за увођење и клауд система и одабир технологија. Анализирана је обимна литература, као и различите методе и технике у области информационих технологија и менаџмента.

Као резултат истраживања, направљен је експертни систем за подршку у одлучивању а уз критеријуме дефинисане кроз категорије пословних и технолошких одлука. Модел предложен у овој дисертацији је ефикасан, флексибилан и омогућава интеграцију различитих врста пословних одлука и технологија, може се применити без обзира на област пословања и пружа добре перформансе.

4.3. Верификација научних доприноса

Радови објављени у часопису међународног значаја на *SCI* листи:

1. Đurica Vladimir, Minović Miroslav, *Linux Based Virtual Networking Laboratories for Software Defined Networking*, International Journal of Engineering Education (IJEE), vol 33-2B, 2017 (ISSN 0949-149X), IF(2017)=0.77, (M23).

Радови у часописима националног значаја (M50):

1. Đurica Vladimir, *Biznis analiza modela uvođenja cloud sistema u preduzeće*, InfoM, vol. 12, str. 38-44, 2013., (M52).

Радови у зборницима националних скупова (M60):

1. Đurica Vladimir, Minović Miroslav, *Poslovne i tehnološke prednosti centralizovanog upravljanja klaud tkanjem*, InfoTeh konferencija, 2017, (M63).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Предмет ове дисертације је: (1) критички упоредни преглед актуелних приступа увођењу клауд решења у свакодневно пословање предузећа, (2) анализа актуелних технологија по решењима и слоју ком припадају и да предложи и изгради (3) експертски систем за подршку у одлучивању за градивне компоненте и избор конкретног клауд решења. На основу прегледа технологија за виртуелизацију, контејнере и софтверски дефинисане мреже, као расположивих решења, у раду су истражени и обрађени критеријуми за упоређивање постојећих решења и доношење одлуке о избору оптималног решења. Фокус рада је такође и на моделу софтвера, платформе и инфраструктуре као сервиса, дакле СПИ моделу, али и осталим клауд технологијама, федерацијама ресурса. Нарочита пажња посвећује се технологијама виртуализације, контејнерима и софтверски дефинисаним мрежама. Рад дискутује могуће правце, шансе и нише за пословне подухвате кроз будући развој клауд система.

Дисертација разматра такође економско одлучивање везано за прелазак на клауд са аспекта краткорочног и дугорочног одлучивања и однос капиталних и оперативних трошкова али и квалитативних критеријума попут трансфера ризика, еластичности сервиса и слично. Дискутује се и о проблемима и шансама везаним за клауд рачунарство попут: (1) доступности услуга, (2) закључавања података, (3) приватности података и могућности ревизије, (4) уских грла података, (5) непредвидивости перформанси, (6) скалабилности складиштења података, (7) грешака у великим дистрибуираним системима, (8) брзог скалирања, (9) дељења репутације и (10) лиценцирања.

Резултати истраживања из докторске дисертације објављени су у 3 рада, од којих је један објављен у часопису међународног значаја са импакт фактором, категорије M23.

Рад на овој дисертацији резултовао је и низом стручних доприноса од којих су најважнији: преглед историје, врсте, концепта, развоја и технолошких трендова клауд система, СПИ модела и сервисног рачунарства, креирање модела за одлучивање у евалуацији преласка на клауд решење (разумевање економије, принципа и вршење кост-бенефит анализе), класификација изазова и пословних потенцијала у оквиру клауд система, преглед технолошких области: виртуализације, линукс контејнера, тип-1 хипервизора и софтверски дефинисаних мрежа, креирање таксономије и дефинисање критеријума одлучивања у оквиру упоређивања виртуализационих технологија са нагласком на тип-1 хипервизора, креирање таксономије и дефинисање пословних и технолошких критеријума за одлучивање у вези са изградњом клауд система, изградња експертског система за подршку у одлучивању преласка на клауд по основу претходно креиране таксономије критеријума.

Применом резултата из ове дисертације, предузећа могу побољшати перформансе и квалитет пословних одлука везаних за одлучивање и изградњу клауд система, планирати и реализовати пословне процесе на ефикаснији и квалитетнији начин као и размотрити одлуке са аспекта капиталних и оперативних трошкова.

С обзиром на постигнуте резултате, комплексност, актуелност и мултидисциплинарност обрађене теме, ова дисертација задовољава највише критеријуме и показује способност Владимира Ђурице за научно-истраживачки рад.

На основу наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу да донесе одлуку о прихватању овог извештаја и заказивању јавне одбране докторске дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. _____

др Мирослав Миновић, ванр. проф., ментор
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука,

2. _____

др Душан Старчевић, ред. проф.
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

3. _____

др Дејан Симић, ред. проф.
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

4. _____

др Младен Чуданов, ванр. проф.
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

5. _____

др Зоран Јовановић, ред. проф.
Универзитет у Београду, Електротехнички факултет