

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Факултет организационих наука

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Тамаре Наумовић за израду докторске дисертације

Одлуком Наставног научног већа од 24.06.2020. број 05-01 бр. 3/58-1 године именовани смо за чланове Комисије за оцену теме и подобности кандидата **Тамаре Наумовић** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Развој дистрибуираног система за моделирање динамике и управљање паметним окружењима у реалном времену“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Тамара Наумовић рођена је 28.01.1994. године у Краљеву. Основну и средњу школу завршила је у Краљеву. Дипломирала је на Факултету организационих наука (смер Информациони системи и технологије) 2017. године са просечном оценом 9.07. Одбранила је дипломски рад под називом: “Развој веб платформе за оглашавање послова” са оценом 10 (десет).

Дипломске академске мастер студије, студијски програм Електронско пословање и управљање системима, уписала је на Факултету организационих наука 2017. године, а завршни мастер рад под називом “Софтверски оквир за управљање IoT уређајима у реалном времену” одбранила у септембру 2018. године, са просечном оценом 10.

Докторске студије, студијски програм Информациони системи и квантитативни менаџмент, уписала је на Факултету организационих наука 2018. године. Тренутно је студент друге године докторских студија на студијском програму Информациони системи и квантитативни менаџмент. Положила је свих девет, програмом предвиђених, испита на докторским студијама са просечном оценом 10.

Запослена је као асистент за ужу научну област Електронско пословање на Факултету организационих наука.

1.2. СТЕЧЕНО НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКО ИСКУСТВО

У наставку ће бити приказане научноистраживачке активности кандидаткиње. Оне обухватају радове објављене на конференцијама и у часописима, од године уписа докторских студија, и преглед положених испита.

Преглед објављених радова

Током досадашњег рада Тамара Наумовић је објавила више радова у земљи и иностранству и учествовала на више међународних и домаћих скупова и конференција.

Радови у часописима међународног значаја (M20):

1. Maletić, M., Barać, D., Naumović, T., Bogdanović, Z., & Radenković, B. (2019). *Blending Crowdvoting in Modern e-Learning Environments*, - The International Review of Research in Open and Distance Learning, Vol 20, No 3, 2019, pp. 1-23, ISSN: 1492-3831, иф 2.705, <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.3795> M21.
2. Maletić, M., Barać, D., Rakočević, V., Naumović, T., & Bjelica, A. (2019). *Scaffolding e-voting in developing countries*, - Management: Journal Of Sustainable Business And Management Solutions In Emerging Economies, Vol 24, No 2, 2019, pp. 47-62, ISSN: 2406-0658, <https://doi.org/10.7595/management.fon.2019.0006>, M24.

Зборници међународних научних скупова (M30):

1. T. Naumović, S. Milovanović, S. Mitrović, *Development of an e-recruitment portal using MEAN stack technologies*, - Zbornik radova XVI međunarodnog simpozijuma SymOrg 2018, Zlatibor, Jun 2018, M33
2. A. Labus, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, T. Naumović, *Trendovi u razvoju pametnih obrazovnih okruženja*, - Prva međunarodna naučna konferencija o digitalnoj ekonomiji DIEC 2018, Tuzla, BiH, 11. maj 2018. ISSN 2566 – 4522, M33.
3. B. Lasković, Z. Bogdanović, T. Naumović, M. Despotović-Zrakić, B. Radenković, *Social Network Analysis in e-Education*, - Proceedings of the 13th International Conference on Virtual Learning, ICVL 2018, Alba Iulia, Romania, October 26-27 2018, ISSN: 1844-8933, M33.
4. T. Vasiljević; Z. Bogdanović; B. Rodić; T. Naumović; A. Labus. (2019). *Designing IoT Infrastructure For Neuromarketing Research*, - New Knowledge in Information Systems and Technologies. WorldCIST 2019, pp. 928-935, ISBN: 978-3-030-16180-4, https://www.doi.org/10.1007/978-3-030-16181-1_87, M33
5. Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M., Naumović, T., Živojinović, L., & Bjelica, A. (2019, March). *Inducing creativity in engineering education: a crowdvoting approach*, - In 2019 18th International Symposium Infoteh, Jahorina, 2019, ISBN: 978-1-15386-7073-6, <http://doi.org/10.1109/INFOTEH.2019.8717761>, M33
6. B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, D. Barać, T. Naumović, L. Živojinović, *Designing e-learning infrastructure for modern IT education*, - Modern science: current problems and development prospects (Современная наука: актуальные проблемы и перспективы развития), 08-14 May 2019, Nizhny Novgorod
7. T. Naumović, L. Živojinović, L. Baljak, F. Filipović, *Development of a Software Framework for Real – Time Management of Intelligent Devices*, - Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences (Proceedings of ISP RAS), Vol. 31, No. 3, Saratov 2019, pp. 35-46, ISSN: 2220-6426, [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31\(3\)-3](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2019-31(3)-3), M33
8. Z. Bogdanović, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, D. Barać, A. Labus, T. Naumović, *Blockchain technologies: current state and perspectives*, - Druga međunarodna naučna konferencija o digitalnoj ekonomiji DIEC 2019, april 2019, Tuzla, BiH, ISSN 2566 – 4522, M33
9. L. Baljak, N. Bojkovic, A. Labus, T. Naumovic, A. Maksimovic. *A System for Mobile Crowdsensing Vibration in Public Transportation*, - International Conference on Artificial Intelligence: Applications and Innovations, oktobar 2019, Vrdnik, Srbija, ISBN-13: 978-1-7281-0412-6, <http://doi.org/10.1109/IC-AIAI48757.2019.00012>, M33

10. F. Filipović, L. Baljak, T. Naumović, A. Labus, Z. Bogdanović, *Developing a web application for recognizing emotions in neuromarketing*, Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol 167, Springer, Singapore 2020, ISSN: 2190-3018, https://doi.org/10.1007/978-981-15-1564-4_28, M33
11. D.Stojanović, Z.Bogdanović, M.Despotović-Zrakić, T.Naumović, M.Radenković, *An approach to using Instagram in secondary education*, International Conference on Virtual Learning ICVL 2019, Bukurešt 2019, Rumunija, ISSN: 1844-8933, 26-27, M33.
12. T. Naumovic, M. Despotovic-Zrakic, B. Radenkovic, L. Zivojinovic and I. Jezdovic. *Development of a Continuous System Simulation Engine in Python Programing Language*, - 19th International Symposium Infoteh-Jahorina, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2020. ISBN: 978-1-7281-4775-8, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH48170.2020.9066334>, M33.
13. B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus and T. Naumović, *A distributed IoT system for modelling dynamics in smart environments*, - International Conference Engineering Technologies and Computer Science (EnT), Moscow, Russia, 2020, pp. 47-53, ISBN: 978-1-7281-8090-8, <http://doi.org/doi:10.1109/EnT48576.2020.00015>, M33

Радови у часописима националног значаја (M50):

1. S. Milovanović, Z. Bogdanović, T. Naumović, D. Barać, M. Despotović-Zrakić, *Analiza Firebase platforme u razvoju mobilnih aplikacija*, - InfoM, vol. 65/2018, str. 17-25, Beograd 2018, ISSN 1451-4397, UDC 659.25, M52
2. T. Tahirović, T. Naumović, L. Živojinović, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, *Designing augmented reality services for e-business: a project management perspective*, - European Project Management Journal, Vol 8, No 2, pp. 9-23, December 2018, M52
3. L. Živojinović, T. Naumović, D. Barać, M. Despotović-Zrakić, *An Application of Agent Based Simulation in E-education*, IPSI Transactions on Advanced Research, Vol 15, No 1, pp 24-29, January 2019, ISSN 1820 – 4511, M53

Радови у зборницима националних скупова штампани у целини (M60):

1. K. Đorđević, T. Naumović, L. Živojinović, M. Despotović-Zrakić, *C2C Modeli elektronskog poslovanja: Primer portala za pronalaženje pasa*, - Yuiinfo 2018, Kopaonik, Mart 2018, pp. 35-39, ISBN: 978-86-85525-21-6, M63

Преглед положених испита

Следи списак положених предмета на докторским студијама са оценама и ЕСПБ бодовима:

Називи предмета	Оцена	ЕСПБ
Рачунарска симулација и виртуелна реалност	10 (десет)	10
Напредне cloud инфраструктуре и сервиси	10 (десет)	10
Big data инфраструктура и сервиси	10 (десет)	10
Интернет интелигентних уређаја - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Интернет технологије - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Развој апликације електронског пословања	10 (десет)	10
Електронско пословање - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Интернет маркетинг и друштвени медији - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Е-образовање - одабрана поглавља	10 (десет)	10

Преглед наставних активности

Током школске 2015/16 кандидаткиња Тамара Наумовић ангажована је на Факултету организационих наука као сарадник ван радног односа – демонстратор за ужу научну област Електронско пословање.

Године 2018. изабрана је за сарадника у настави, а 2019. за асистента за ужу научну област Електронско пословање. Учествује у извођењу вежби на предметима:

- Електронско пословање,
- Интернет технологије,
- Симулација и симулациони језици,
- Интернет маркетинг,
- Интернет интелигентних уређаја,
- Мобилно пословање.

Школске 2017/2018 била је рангирана међу шест најбоље оцењених сарадника и асистената од стране студената приликом евалуације (укупна просечна оцена 4.88).

1.3. ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА ЗА РАД НА ПРЕДЛОЖЕНОЈ ТЕМИ

Узимајући у обзир:

- резултате остварене током досадашњег образовања;
- резултате истраживања на тему интернета интелигентних уређаја, рачунарске симулације, електронског пословања и информационих система која су публикована на научно-стручним конференцијама и у часописима;

закључује се да је Тамара Наумовић у потпуности квалификована да тему докторске дисертације самостално истражује и пружи научно-стручне доприносе у тој области.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања приступног рада је развој дистрибуираног система за моделирање структуре и динамике и управљање паметним окружењима у реалном времену. Централни проблем који се разматра у приступном раду је испитивање могућности обједињавања концепата паметних окружења и рачунарске симулације континуалних и дискретних система у јединствени систем у коме се идентификација параметара, моделирање структуре и динамике и избор ефективних управљачких акција могу вршити у реалном времену.

Паметна окружења: паметни градови (*smart cities*), паметан саобраћај (*smart traffic*), паметне електроенергетске мреже (*smart grid*), паметна пољопривреда (*smart agriculture*), паметно здравство (*smart health*), паметно образовање (*smart education*) и друга, имају особину интелигентног и динамичког прилагођавања структуре и параметара система и покретања управљачких акција, у реалном времену и у складу са циљевима управљања

[1]–[8]. То се постиже најпре распоредом међусобно повезаних *IoT* уређаја који имају способност прикупљања података преко сензора [7], [9]–[11] реализацијом управљачких акција преко актуатора [12], као и локалном обрадом података и делегираних локалних управљачких акција на тзв. *edge* компонентама система [5], [13], [14]. За хијерархијско управљање паметним окружењима се реализују сложени модели који на основу прикупљених података о стању паметног окружења генеришу кључне индикаторе перформанси, на основу њихових вредности предузимају аутоматизоване управљачке акције, или их као подршку одлучивању представљају у форми контролне табле (*dashboard*).

Да би паметно окружење било ефективно, треба да буде базирано на савременим и иновативним решењима, који се базирају на *Industry 4.0* технологијама [15][16], која одговарају променљивим захтевима и потребама корисника [17]–[20], као и захтевима савременог друштва, у коме се физички и виртуелни свет интегришу у јединствену целину стварајући равнотежу економског напретка и решавања социјалних проблема (*Society 5.0*) [2], [3]. Као основне карактеристике паметних окружења у литератури се наводе хетерогеност, дистрибуираност и динамичност. Особине, учесници и понашања се стохастички мењају, па се сценарији коришћења интерпретирају у складу са конкретним контекстом у реалном времену. Традиционалне технике за моделовање структуре и динамике паметних окружења нису погодне, па се трага за новим приступима и техникама са вишим нивоом апстракције.

У савременој примени, као важна компонента за моделовање и анализу динамике паметних окружења се користи дигитални близанац (*digital twin*) [21]–[25]. Дигитални близанац представља виртуелни модел физичког окружења који симулира његово понашање у реалном времену. Он омогућава бољу интеграцију реалних физичких окружења и дигиталних система управљања [16]. У раду на овој дисертацији, дигитални близанац ће се користити у методама и моделима који имају за циљ да омогуће несметано функционисање паметног окружења у случају недоступности или неисправности реалне компоненте, као и за симулацију сценарија за која не постоје подаци из реалног окружења.

Симулација структуре и понашања континуалних и дискретних процеса у паметним окружењима врши се коришћењем одговарајућих модела и алата [26]–[31]. Имајући у виду дистрибуирану природу паметних окружења, користе се принципи и технике дистрибуираног рачунарства како би се повезали симулациони модели и процеси и омогућила њихова поновна употреба [32]–[36] [37]–[39]. У дистрибуираној симулацији посебан изазов представља обезбеђење интероперабилности и комуникације између различитих симулатора на различитим уређајима и њихова интеграција у јединствено симулационо окружење [37], [40]. Поред архитектуре симулационог модела треба водити рачуна о архитектури паметног окружења, позиционирању паметних уређаја у оквиру мреже и усклађивању сата симулације са сатом реалног времена [9].

Резултати симулационог процеса могу се користити за контролу и управљање интелигентним уређајима у паметном окружењу. Саморегулација и контрола паметних окружења се традиционално реализује употребом повратне спреге и контролера који могу бити хардверски [41]–[45] или софтверски [10], [46]–[48]. Интеграција физичких и софтверских актуатора који управљају реалним окружењем омогућава самоорганизацију и реализацију интелигентних модела понашања паметних окружења [10].

У постојећим истраживањима, подаци из паметних окружења се у моделовању и симулацији најчешће користе за: развој модела [49]–[52], валидацију модела [53]–[55], подешавање параметара за покретање симулације [56]–[58], контролу и управљање паметним окружењима [10], [23]–[25], [59]–[61], динамичку естимацију реалног стања система [62]–[64]. Подаци асимиловани у реалном времену могу се користити као улаз у симулациони модел [65] чиме је омогућена динамичка и нестационарна измена структуре модела паметног окружења. Подаци са сензора се у реалном времену користе за обезбеђивање почетних услова за покретање симулације, за континуално обезбеђивање података за процес симулације, и за естимацију параметара модела, на овај начин се долази до тачнијих резултата симулација/предикција динамике система [66]. Почетни услови, нумеричке вредности улаза и променљивих, се дефинишу на почетку симулације јер од њих зависи идентификабилност система и параметара [27].

Код континуалних система [67] који се могу представити системом диференцијалних једначина, асимилација података се често врши помоћу Калмановог филтера [68]–[71]. Код система са дискретним догађајима [72] често се користи *particle filter* метода [70], [73]–[77]. У литератури се могу наћи примене наведених приступа за решавање различитих проблема у паметним окружењима: за моделирање кретања људи [11], [66], [78]–[84], за предвиђање ширења пожара у руралним областима [65], [73]–[75], у геонаукама [85], у навигацији и роботизи [86][87], у енергетици [88]–[90] и другим областима.

Циљ истраживања на овој докторској дисертацији је да се дефинишу модели, математички и нумерички методи, методе за моделирање динамике и реализује одговарајући софтвер [91] са графичким интерфејсом, који ће омогућити да се спецификација паметног окружења и компоненти врши у графичкој форми, најпре хијерархијски, а затим мрежно у форми међусобно повезаних *IoT* уређаја и софтверских компоненти које решавају сложене проблеме динамике [92], који се налазе на *IoT* уређајима [93]–[96] или у софтверу за управљање паметним окружењем који се налази у дистрибуираном *cloud* окружењу.

У оквиру рада на овој дисертацији биће развијене методе и поступци за: естимацију параметара модела у реалном времену машинским учењем и интерполацијом или екстраполацијом стања модела у складу са потребама паметног окружења, израчунавање и праћење кључних индикатора перформанси за изабрана окружења и њихово представљање у форми контролне табле (*dashboard*).

Резултати истраживања допринеће унапређењу постојећих приступа пројектовању и имплементацији паметних окружења. Поред примене у пракси, резултати истраживања ће имати примену и у унапређењу наставног процеса [97]–[99][29]–[31] у области пројектовања паметних окружења.

Евалуација предложених модела у овој дисертацији и развијеног дистрибуираног система биће извршена у изабраном паметном окружењу.

У току истраживања биће реализоване следеће активности:

- преглед литературе у области дистрибуиране симулације континуалних и дискретних догађаја и примене симулације у паметним окружењима, анализа досадашњих резултата и спецификација отворених проблема који ће се истраживати у дисертацији,
- дефинисање компоненти софтверског система за симулацију и управљање *IoT* уређајима у реалном времену,
- дефинисање модела за интеграцију података из паметног у симулационо окружење,
- дефинисање модела за остваривање интеракције паметног и симулационог окружења,
- дефинисање метода за прикупљање података из *IoT* система као улазних података у симулациони модел, анализу резултата симулације и прослеђивање управљачких акција у паметно окружење,
- дефинисање математичких модела и софтверских компоненти за спецификацију интерних и екстерних догађаја, решавање линеарних и нелинеарних алгебарских, диференцијалних и диференцијалних једначина које се могу јавити при моделирању паметних окружења,
- дефинисање графичког интерфејса за спецификацију дистрибуираних компоненти алгебарских, диференцијалних и диференцијалних једначина,
- пројектовање и имплементација софтверског система за симулацију и управљање *IoT* уређајима у реалном времену, базирано на предложеним моделима и методама,
- планирање експеримента у изабраном паметном окружењу: дефинисање циља студије, идентификација система, прикупљање и анализа података о паметном окружењу, изградња симулационих модела и програма.
- верификација и валидација развијеног симулационог модела
- планирање и извођење експеримента у одабраном паметном окружењу и анализа добијених резултата
- евалуација предложених модела и развијеног софтвера са аспекта перформанси, скалабилности, ефикасности и примењивости

Активности везане за развој софтвера биће реализоване по ISO/IEC TR 19759:2015 стандарду (SWEBOK методологији)[100]:

- дефинисање захтева софтверског система – дефинисање софтверских и процесних захтева, анализа захтева, спецификација и валидација, селекција алата за праћење софтверских захтева
- дизајн софтверског система – дефинисање структуре и архитектуре софтверског система, дефинисање корисничког интерфејса, стратегија и метода за дизајн софтвера
- развој софтверског система – одабир алата и технологија за развој софтвера, развој софтверског система на основу предложеног дизајна, документација софтверског система, дефинисање и одабир алата за тестирање софтвера
- тестирање софтвера – дефинисање случајева тестирања, одабир технике за тестирање, дефинисање процеса евалуације тестова, тестирање дефинисаних случајева, евалуација софтверског система
- одржавање софтвера – мониторинг система, дефинисање процеса модификације софтверског система, модификација система у случају грешака, модификација система на основу захтева за унапређењем/променом, документација процеса одржавања

Почетна листа библиографских извора која ће се користити приликом израде докторске дисертације:

- [1] B. Radenković, M. Despotovic-Zrakić, Z. Bogdanovic, D. Barać, A. Labus, and Ž. Bojović, *Internet intelligentnih uređaja*. Belgrade: Fakultet organizacionih nauka, 2017.
- [2] "Society 5.0," *Cabinet Office, Government of Japan*, 2016. [Online]. Available: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html. [Accessed: 09-Jun-2020].
- [3] Government of Japan, "The 5 th Science and Technology Basic Plan," Jan. 2016.
- [4] S. Bosse and U. Engel, "Real-time human-in-the-loop simulation with mobile agents, chat bots, and crowd sensing for smart cities," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 20, Oct. 2019, doi: 10.3390/s19204356.
- [5] H. El-Sayed *et al.*, "Edge of Things: The Big Picture on the Integration of Edge, IoT and the Cloud in a Distributed Computing Environment," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1706–1717, Dec. 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2780087.
- [6] O. Abrishambaf, P. Faria, L. Gomes, J. Spínola, Z. Vale, and J. Corchado, "Implementation of a Real-Time Microgrid Simulation Platform Based on Centralized and Distributed Management," *Energies*, vol. 10, no. 6, p. 806, Jun. 2017, doi: 10.3390/en10060806.
- [7] E. Ahmed, I. Yaqoob, A. Gani, M. Imran, and M. Guizani, "Internet-of-things-based smart environments: State of the art, taxonomy, and open research challenges," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 23, no. 5, pp. 10–16, Oct. 2016, doi: 10.1109/MWC.2016.7721736.
- [8] B. Radenkovic, M. Despotovic-Zrakić, Z. Bogdanovic, D. Barac, A. Labus, and T. Naumovic, "A distributed IoT system for modelling dynamics in smart environments," 2020, pp. 47–53, doi: 10.1109/ent48576.2020.00015.
- [9] Y. Xia, X. Etchevers, L. Letondeur, T. Coupaye, and F. Desprez, "Combining Hardware Nodes and Software Components Ordering-based Heuristics for Optimizing the Placement of Distributed IoT Applications in the Fog," 2018, doi: 10.1145/3167132.3167215.
- [10] P. Hirmer, U. Breitenbücher, A. Cristina Franco da Silva, K. Képes, B. Mitschang, and M. Wieland, "Automating the Provisioning and Configuration of Devices in the Internet of Things," *Complex Syst.*

- Informatics Model. Q.*, no. 9, pp. 28–43, 2016, doi: 10.7250/csimq.2016-9.02.
- [11] S. Meyn Electrical *et al.*, “A Sensor-Utility-Network Method for Estimation of Occupancy in Buildings.”
 - [12] M. Al Janaideh, Y. Feng, S. Rakheja, Y. Tan, and C. Su, “Generalized Prandtl-Ishlinskii Hysteresis : Modeling and Robust Control for Smart Actuators,” pp. 7279–7284, 2009.
 - [13] H. Li, K. Ota, and M. Dong, “Learning IoT in Edge: Deep Learning for the Internet of Things with Edge Computing,” *IEEE Netw.*, vol. 32, no. 1, pp. 96–101, Jan. 2018, doi: 10.1109/MNET.2018.1700202.
 - [14] M. Satyanarayanan, “The emergence of edge computing,” *Computer (Long Beach, Calif.)*, vol. 50, no. 1, pp. 30–39, Jan. 2017, doi: 10.1109/MC.2017.9.
 - [15] S. J. E. Taylor, “Distributed simulation: state-of-the-art and potential for operational research,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 273, no. 1, pp. 1–19, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.ejor.2018.04.032.
 - [16] Q. Qi and F. Tao, “Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 3585–3593, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2793265.
 - [17] J. Byrne, C. Heavey, and P. J. Byrne, “A review of Web-based simulation and supporting tools,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 18, no. 3, pp. 253–276, Mar. 2010, doi: 10.1016/j.simpat.2009.09.013.
 - [18] J. A. Miller, A. F. Seila, and X. Xiang, “JSIM web-based simulation environment,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 17, no. 2, pp. 119–133, 2000, doi: 10.1016/S0167-739X(99)00108-9.
 - [19] C. C. Shen, “Discrete-event simulation on the Internet and the Web,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 17, no. 2, pp. 187–196, Oct. 2000, doi: 10.1016/S0167-739X(99)00113-2.
 - [20] M. Gyimesi, “Web Services with generic simulation models for discrete event simulation,” *Math. Comput. Simul.*, vol. 79, no. 4, pp. 964–971, Dec. 2008, doi: 10.1016/j.matcom.2008.02.020.
 - [21] J. D. Hochhalter *et al.*, “Coupling Damage-Sensing Particles to the Digital Twin Concept,” Apr. 2014.
 - [22] A. El Saddik, “Digital Twins: The Convergence of Multimedia Technologies,” *IEEE Multimed.*, vol. 25, no. 2, pp. 87–92, 2018, doi: 10.1109/MMUL.2018.023121167.
 - [23] S. Boschert and R. Rosen, “Digital Twin—The Simulation Aspect,” in *Mechatronic Futures: Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and Their Designers*, 2016, pp. 59–74.
 - [24] R. Rosen, G. Von Wichert, G. Lo, and K. D. Bettenhausen, “About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 28, no. 3, pp. 567–572, 2015, doi: 10.1016/j.ifacol.2015.06.141.
 - [25] O. Vermesan *et al.*, “Internet of Things Strategic Research Roadmap,” *Internet Things-Global Technol. Soc. Trends.*, pp. 9–52, 2009.
 - [26] B. Radenković, “Program za simulaciju kontinualnih i diskretnih sistema CSMP/MICRO,” *Automatika*, pp. 235–238, 1984.
 - [27] B. Radenković, M. Stanojević, and A. Marković, *Računarska simulacija*. Belgrade: Fakultet organizacionih nauka, 1999.
 - [28] J. Banks, *Handbook of simulation : principles, methodology, advances, applications, and practice*. Wiley, 1998.
 - [29] M. Despotović-Zrakić, D. Barać, Z. Bogdanović, B. Jovanić, and B. Radenković, “Web-based Environment for Learning Discrete Event Simulation,” *J. Univers. Comput. Sci.*, vol. 18, no. 10, pp. 1259–1278, May 2012.
 - [30] M. Despotović-Zrakić, D. Barać, Z. Bogdanović, B. Jovanić, and B. Radenković, “Software Environment for Learning Continuous System Simulation,” *Acta Polytech. Hungarica*, vol. 11, no. 2, pp. 187–202, 2014.
 - [31] M. Despotović-Zrakić, D. Barać, Z. Bogdanović, B. Jovanić, and B. Radenković, “Integration of web based environment for learning discrete simulation in e-learning system,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 27, pp. 17–30, Sep. 2012, doi: 10.1016/j.simpat.2012.04.008.
 - [32] K. Mani Chandy and J. Misra, “Distributed Simulation: A Case Study in Design and Verification of Distributed Programs,” *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. SE-5, no. 5, pp. 440–452, Sep. 1979, doi: 10.1109/TSE.1979.230182.
 - [33] K. M. Chandy and J. Misra, “Simulation Modeling and Statistical Computing Asynchronous Distributed Simulation via a Sequence of Parallel Computations,” 1981.
 - [34] R. Righter and J. C. Walrand, “Distributed Simulation of Discrete Event Systems,” *Proc. IEEE*, vol. 77, no. 1, pp. 99–113, 1989, doi: 10.1109/5.21073.
 - [35] G. D’Angelo and M. Marzolla, “New trends in parallel and distributed simulation: From many-cores to Cloud Computing,” *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 49. Elsevier B.V., pp. 320–335, 01-Dec-2014, doi: 10.1016/j.simpat.2014.06.007.
 - [36] P. H. M. Jacobs, N. A. Lang, and A. Verbraeck, “D-sol; A distributed java based discrete event simulation architecture,” *Winter Simul. Conf. Proc.*, vol. 1, pp. 793–800, 2002, doi: 10.1109/WSC.2002.1172962.

- [37] R. M. Fujimoto, "Parallel and distributed simulation systems," in *Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference (Cat. No.01CH37304)*, 2001, pp. 147–157, doi: 10.1109/WSC.2001.977259.
- [38] S. Robinson, "Modes of simulation practice: Approaches to business and military simulation," *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 10, no. 8, pp. 513–523, Dec. 2002, doi: 10.1016/S1569-190X(02)00117-X.
- [39] H. Aydt, S. J. Turner, W. Cai, M. Yoke, and H. Low, "RESEARCH ISSUES IN SYMBIOTIC SIMULATION," in *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, 2009.
- [40] R. Fujimoto, "PARALLEL AND DISTRIBUTED SIMULATION," in *2015 Winter Simulation Conference (WSC). IEEE, 2015*, 2015, pp. 45–59, doi: 10.1109/WSC.2015.7408152.
- [41] E. Üstünişik and A. Kirli, "Design and Simulation of ANFIS Controller for Increasing the Accuracy of Leaf Spring Test Bench," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 158, pp. 169–176, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.09.040.
- [42] J. S. R. Jang, "ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. 23, no. 3, pp. 665–685, 1993, doi: 10.1109/21.256541.
- [43] D. W. Clarke and P. J. Gawthrop, "Self-Tuning Controller," *Proc. Inst. Electr. Eng.*, vol. 122, no. 9, pp. 929–934, 1975, doi: 10.1049/piee.1975.0252.
- [44] H. N. KOIVO, "A Multivariable Self-Tuning Controller," *Automatica*, vol. 16, pp. 351–366, 1980.
- [45] V. M. Babu, K. Das, and S. Kumar, "Designing of self tuning PID controller for AR drone quadrotor," *2017 18th Int. Conf. Adv. Robot. ICAR 2017*, no. July, pp. 167–172, 2017, doi: 10.1109/ICAR.2017.8023513.
- [46] P. Hirmer, M. Wieland, U. Breitenbücher, and B. Mitschang, "Automated sensor registration, binding and sensor data provisioning," *CEUR Workshop Proc.*, vol. 1612, pp. 81–88, 2016.
- [47] T. Binz, U. Breitenbücher, O. Kopp, and F. Leymann, "TOSCA: Portable automated deployment and management of cloud applications," in *Advanced Web Services*, vol. 9781461475, Springer New York, 2014, pp. 527–549.
- [48] D. Vering, Christian Nürenberg, Markus Mehrfeld, Philipp Coakley, Daniel Lauster, Moritz Mueller, "Unlocking Potentials of Building Energy Systems' Operational Efficiency: Application of Digital Twin Design for HVAC systems." [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/333507273_Unlocking_Potentials_of_Building_Energy_Systems'_Operational_Efficiency_Application_of_Digital_Twin_Design_for_HVAC_systems. [Accessed: 29-May-2020].
- [49] M. R. Altaaweel, L. N. Alessa, and A. Kliskey, "A Framework to Structure Agent-Based Modeling Data for Social-Ecological Systems Publication Date," Jan. 2010.
- [50] O. Baqueiro, Y. J. Wang, P. McBurney, and F. Coenen, "Integrating data mining and agent based modeling and simulation," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2009, vol. 5633 LNAI, pp. 220–231, doi: 10.1007/978-3-642-03067-3_18.
- [51] S. Hassan, L. Antunes, J. Pavón, and N. Gilbert, "Stepping on Earth: A Roadmap for Data-driven Agent-Based Modelling," 2008. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/30930807_Stepping_on_Earth_A_Roadmap_for_Data-driven_Agent-Based_Modelling. [Accessed: 20-May-2020].
- [52] J. Arroyo, S. Hassan, C. Gutiérrez, and J. Pavón, "Re-thinking simulation: A methodological approach for the application of data mining in agent-based modelling," *Comput. Math. Organ. Theory*, vol. 16, no. 4, pp. 416–435, Dec. 2010, doi: 10.1007/s10588-010-9078-y.
- [53] B. Heath, R. Hill, and F. Ciarallo, "A Survey of Agent-Based Modeling Practices (January 1998 to July 2008)," Oct. 2009.
- [54] P. Windrum, G. Fagiolo, and A. Moneta, "Empirical Validation of Agent-Based Models: Alternatives and Prospects," Mar. 2007.
- [55] S. Hassan, J. Arroyo, J. M. Galán, L. Antunes, and J. Pavón, "Asking the oracle: Introducing forecasting principles into agent-based modelling," *JASSS*, vol. 16, no. 3, 2013, doi: 10.18564/jasss.2241.
- [56] S. Hassan, J. Pavón, L. Antunes, and N. Gilbert, "Injecting Data into Agent-Based Simulation," in *Simulating Interacting Agents and Social Phenomena*, Springer Japan, 2010, pp. 177–191.
- [57] L. Yang and N. Gilbert, "Getting away from numbers: Using qualitative observation for agent-based modeling," in *Advances in Complex Systems*, 2008, vol. 11, no. 2, pp. 175–185, doi: 10.1142/S0219525908001556.
- [58] D. G. Brown, R. Riolo, D. T. Robinson, M. North, and W. Rand, "Spatial process and data models: Toward integration of agent-based models and GIS," *J. Geogr. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 25–47, May 2005, doi: 10.1007/s10109-005-0148-5.
- [59] E. Yeşil, M. Güzelkaya, and I. Eksin, "Self tuning fuzzy PID type load and frequency controller," *Energy*

- Convers. Manag.*, vol. 45, no. 3, pp. 377–390, 2004, doi: 10.1016/S0196-8904(03)00149-3.
- [60] M. Thamma and K. Homchat, “Real-time implementation of self-tuning fuzzy PID controller for FOPDT system base on microcontroller STM32,” *2017 2nd Int. Conf. Control Robot. Eng. ICCRE 2017*, pp. 130–134, 2017, doi: 10.1109/ICCRE.2017.7935056.
 - [61] R. Matuš and R. Prokop, “Software Implementation of Self-Tuning Controllers,” 2005.
 - [62] X. Hu and P. Wu, “A data assimilation framework for discrete event simulations,” *ACM Trans. Model. Comput. Simul.*, vol. 29, no. 3, pp. 1–26, Jun. 2019, doi: 10.1145/3301502.
 - [63] F. Bouttier and P. Courtier, “Data Assimilation Concepts and Methods | ECMWF,” in *Meteorological Training Course Lecture Series*, ECMWF, 2002.
 - [64] R. H. Reichle, “Data assimilation methods in the Earth sciences,” *Adv. Water Resour.*, vol. 31, pp. 1411–1418, 2008, doi: 10.1016/j.advwatres.2008.01.001.
 - [65] X. Hu, “Dynamic Data Driven Simulation,” 2011.
 - [66] M. Wang and X. Hu, “Data assimilation in agent based simulation of smart environments using particle filters,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 56, pp. 36–54, 2015, doi: 10.1016/j.simpat.2015.05.001.
 - [67] F. E. Cellier and E. Kofman, *Continuous system simulation*. Springer US, 2006.
 - [68] Andrew Jazwinski, *Stochastic Processes and Filtering Theory, Volume 64 1st Edition*. Academic Press, 1970.
 - [69] S. J. Julier and J. K. Uhlmann, “Unscented Filtering and Nonlinear Estimation,” 2004, doi: 10.1109/JPROC.2003.823141.
 - [70] G. Evensen, “Sequential data assimilation with a nonlinear quasi-geostrophic model using Monte Carlo methods to forecast error statistics,” *J. Geophys. Res.*, vol. 99, no. C5, pp. 10143–10162, May 1994, doi: 10.1029/94jc00572.
 - [71] X. Lai, T. Yang, Z. Wang, and P. Chen, “IoT implementation of Kalman Filter to improve accuracy of air quality monitoring and prediction,” *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 9, 2019, doi: 10.3390/app9091831.
 - [72] J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson, and D. M. Nicol, *Discrete-event system simulation*, 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.
 - [73] H. Xue, F. Gu, and X. Hu, “Data assimilation using sequential Monte Carlo methods in wildfire spread simulation,” *ACM Trans. Model. Comput. Simul.*, vol. 22, no. 4, pp. 1–25, Nov. 2012, doi: 10.1145/2379810.2379816.
 - [74] Y. Long, “Spatial Partition-Based Particle Filtering for Data Assimilation in Wildfire Spread Simulation,” *ACM Trans. Spat. Algorithms Syst.*, vol. 3, no. 5, p. 33, 2017, doi: 10.1145/3099471.
 - [75] F. Gu and X. Hu, “Towards applications of particle filters in wildfire spread simulation,” in *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2008, pp. 2852–2860, doi: 10.1109/WSC.2008.4736406.
 - [76] X. Xie and A. Verbraeck, “A particle filter-based data assimilation framework for discrete event simulations,” *Simulation*, vol. 95, no. 11, pp. 1027–1053, Nov. 2019, doi: 10.1177/0037549718798466.
 - [77] X. Xie, “Data Assimilation in Discrete Event Simulations,” Delft University of Technology, 2018.
 - [78] C. Liao and P. Barooah, “An integrated approach to occupancy modeling and estimation in commercial buildings,” in *Proceedings of the 2010 American Control Conference, ACC 2010*, 2010, pp. 3130–3135, doi: 10.1109/acc.2010.5531035.
 - [79] R. Tomastik, S. Narayanan, A. Banaszuk, and S. Meyn, “Model-Based Real-Time Estimation of Building Occupancy During Emergency Egress,” in *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008*, Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 215–224.
 - [80] L. Song and Y. Wang, “Multiple target counting and tracking using binary proximity sensors: Bounds, coloring, and filter,” in *Proceedings of the International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc)*, 2014, vol. 11-14-August-2014, pp. 397–406, doi: 10.1145/2632951.2632959.
 - [81] J. Singh, R. Kumar, U. Madhow, S. Suri, and R. Cagley, “Multiple-target tracking with binary proximity sensors,” *ACM Trans. Sens. Networks*, vol. 8, no. 1, pp. 1–26, Aug. 2011, doi: 10.1145/1993042.1993047.
 - [82] J. Singh, U. Madhow, R. Kumar, S. Suri, and R. Cagley, “Tracking multiple targets using binary proximity sensors,” in *IPSN 2007: Proceedings of the Sixth International Symposium on Information Processing in Sensor Networks*, 2007, pp. 529–538, doi: 10.1145/1236360.1236427.
 - [83] N. Shrivastava, R. Mudumbai, U. Madhow, and S. Suri, “Target tracking with binary proximity sensors: Fundamental limits, minimal descriptions, and algorithms,” in *SensSys’06: Proceedings of the Fourth International Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, 2006, pp. 251–264, doi: 10.1145/1182807.1182833.
 - [84] G. W. Pulford, “Taxonomy of multiple target tracking methods,” in *IEEE Proceedings: Radar, Sonar and Navigation*, 2005, vol. 152, no. 5, pp. 291–304, doi: 10.1049/ip-rsn:20045064.

- [85] P. J. Van Leeuwen, "Nonlinear data assimilation in geosciences: An extremely efficient particle filter," *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 136, no. 653, pp. 1991–1999, Oct. 2010, doi: 10.1002/qj.699.
- [86] J. Georgy, A. Noureldin, M. J. Korenberg, and M. M. Bayoumi, "Low-cost three-dimensional navigation solution for RISS/GPS integration using mixture particle filter," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 59, no. 2, pp. 599–615, Feb. 2010, doi: 10.1109/TVT.2009.2034267.
- [87] A. Rodić and G. Mester, "The Modeling and Simulation of an Autonomous Quad-Rotor Microcopter in a Virtual Outdoor Scenario," *Acta Polytech. Hungarica*, vol. 8, no. 4, pp. 107–122, 2011.
- [88] H. Dong, X. Jin, Y. Lou, and C. Wang, "Lithium-ion battery state of health monitoring and remaining useful life prediction based on support vector regression-particle filter," *J. Power Sources*, vol. 271, pp. 114–123, Aug. 2014, doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.07.176.
- [89] Q. Miao, L. Xie, H. Cui, W. Liang, and M. Pecht, "Remaining useful life prediction of lithium-ion battery with unscented particle filter technique," *Microelectron. Reliab.*, vol. 53, no. 6, pp. 805–810, Jun. 2013, doi: 10.1016/j.microrel.2012.12.004.
- [90] X. Liu, Z. Chen, C. Zhang, and J. Wu, "A novel temperature-compensated model for power Li-ion batteries with dual-particle-filter state of charge estimation," *Appl. Energy*, vol. 123, pp. 263–272, Jun. 2014, doi: 10.1016/j.apenergy.2014.02.072.
- [91] P. Sauter, G. Vögler, G. Specht, and T. Flor, "A Model-View-Controller extension for pervasive multi-client user interfaces," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 9, no. 2, pp. 100–107, 01-Mar-2005, doi: 10.1007/s00779-004-0314-7.
- [92] T. Naumović, L. Baljak, L. Živojinović, and F. Filipović, "Development of a software framework for real-time management of intelligent devices Разработка программной среды для управления интеллектуальными устройствами в реальном времени," *Proc. ISP RAS*, vol. 5, no. 31, pp. 35–46, 2019, doi: 10.15514/ISPRAS-2019-31(3)-3.
- [93] T. Qu *et al.*, "System dynamics analysis for an Internet-of- Things-enabled production logistics system," vol. 7543, no. May, 2016, doi: 10.1080/00207543.2016.1173738.
- [94] A. P. T. Hsu and C. V. Trappey, "Using System Dynamics Analysis for Performance Evaluation of IoT Enabled One-Stop Logistic Services," pp. 1291–1296, 2020, doi: 10.1109/SMC.2015.230.
- [95] H. Akkermans and L. Lamper, "Designing Smart Services : A System Dynamics-Based Business Modeling Method for IoT-Enabled Maintenance Services," vol. 6, pp. 5919–5928, 2019.
- [96] H. M. A. Ghanimi, A. Ab Aziz, and F. Ahmad, "Computational Analysis of Dynamics in an Agent-based Model of Cognitive Load and Reading Performance," in *3rd International Conference of Reliable Information and Communication Technology*, 2018.
- [97] R. Granlund, E. Berglund, and H. Eriksson, "Designing web-based simulation for learning," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 17, no. 2, pp. 171–185, Oct. 2000, doi: 10.1016/S0167-739X(99)00112-0.
- [98] A. M. Zikic and B. L. Radenkovic, "New approach to teaching discrete event system simulation," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 12, no. 6, pp. 457–466, Feb. 1996.
- [99] A. M. Zikic and B. L. Radenkovic, "Application of GPSS/FON in Teaching Simulation," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 8, no. 5, pp. 355–366, 1992.
- [100] IEEE Computer Society, *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge Version 3.0 (SWEBOK Guide V3.0)*.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Основна хипотеза у раду гласи:

У комплексним дистрибуираним системима се идентификација параметара, моделирање структуре и динамике и избор ефективних акција за управљање паметним окружењем могу вршити у реалном времену, интелигентним комбиновањем резултата симулације и података измерених у реалном окружењу.

На основу дефинисаног предмета истраживања и основне хипотезе у раду могу се издвојити следеће посебне хипотезе:

X01: Могуће је моделирати структуру и динамику и управљање паметним окружењима у реалном времену, коришћењем дистрибуираног система заснованог на интеграцији концепата рачунарске симулацију и управљања *IoT* уређајима у реалном времену.

X03: Моделирање динамике паметног окружења може се вршити на нивоу *IoT* уређаја коришћењем параметара измерених у реалном окружењу или естимованих у софтверу.

X04: Могуће је естимовати параметаре модела динамике паметног окружења у реалном времену, применом машинског учења, интерполације или екстраполације стања модела у складу са потребама паметног окружења.

X05: Интелигентно и динамичко прилагођавање структуре и аутоматизовано управљање комплексним паметним окружењима може се базирати на сложеним моделима и кључним индикаторима перформанси.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Током истраживања биће коришћене различите методе за систематизацију досадашњих резултата, прикупљање података и спровођење истраживања као и за анализу и верификацију добијених резултата. Пре свега, користиће се метода анализе и синтезе постојећих научних резултата у области управљања дистрибуираним системима и паметним окружењима у реалном времену, моделирање софтверских система, статистичка и аналитичко-дедуктивна метода. Анализом и синтезом постојећих научних резултата биће дефинисани основни теоријски концепти релевантни за област истраживања. Развој софтверског система биће заснован на стандардним методама за развој дистрибуираних софтверских решења, SWEBOK препорукама и смерницама. Решавање проблема из реалног окружења биће структурирано кроз симулациони процес. Математичко моделирање биће коришћено за представљање концепата из реалног света коришћењем диференцијалних једначина. Валидирани математички модели и верификован софтверски систем биће коришћени током дефинисања и реализације истраживања одабраном паметном окружењу. Прикупљање података обавиће се методама мерења параметара сензорима, и применом нумеричких метода за асимилацију података. Приликом анализирања прикупљених података користиће се статистичке методе за припрему, обраду и анализу података. За даље анализе и визуелизацију резултата истраживања биће коришћени специјализовани софтверски алати. Верификација добијених резултата биће обављена компарацијом резултата добијених истраживањем и контролних резултата из раније верификованих извора. Добијени резултати истраживања треба да потврде постављене хипотезе. Аналитичко-дедуктивна метода биће коришћена за развој модела на основу спроведеног истраживања.

Резултати истраживања биће представљени текстуално, описивањем и графички кроз више слика, дијаграма и табела са упоредним резултатима.

Истраживање је мултидисциплинарно и обухвата области развоја софтвера, конкурентног програмирања, рачунарске симулације, интернета интелигентних уређаја, паметних окружења и електронског пословања.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

- Најзначајнији допринос предложеног истраживања се огледа у дефинисању иновативног приступа за моделирање структуре и динамике, и управљање паметним окружењима коришћењем метода рачунарске симулације. Коначни резултати даће допринос формализацији и стандардизацији процеса моделирања структуре и динамике коришћењем метода рачунарске симулације у паметним окружењима.
- Очекивани научни доприноси истраживања су:
- развој модела дистрибуираног софтверског система за моделирање структуре и динамике паметних окружења
- дефинисање методе интеграције дигиталног близанца у дистрибуираним симулационим процесима
- развој методе саморегулације паметних окружења засноване на резултатима симулационих процеса
- дефинисање методолошког поступка за моделирање структуре и динамике паметних окружења и управљање паметним окружењима у реалном времену
- развој архитектуре дистрибуираног софтверског система за моделирање структуре и динамике паметних окружења и управљање *IoT* уређајима у реалном времену,
- анализа технологије за имплементацију дистрибуираног софтверског система за моделирање структуре и динамике паметних окружења и управљање *IoT* уређајима у реалном времену,
- софтверски систем за моделирање структуре и динамике паметних окружења и управљање *IoT* уређајима у реалном времену
- Најзначајнији стручни допринос рада на предложеној дисертацији је реализација дистрибуираног софтвера за моделирање структуре и динамике, и управљање паметним окружењима. Стручни доприноси који се очекују у току реализације софтвера су: преглед и анализи технологија потребних за имплементацију, са фокусом на концепте конкурентног и дистрибуираног програмирања, примена развијеног система за решавање проблема управљања паметним окружењима у различитим контекстима: паметне куће, паметна пољопривреда, паметни саобраћај, образовање и др.
- Друштвени доприноси резултата истраживања односе се предлагање методолошког поступка и развоја одговарајућег софтвера који омогућава брзу идентификацију проблема и оптимизацију управљачких акција за низ свакодневних проблема који се јављају у животу градова, саобраћају, привреди и образовању.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

У следећој табели приказане су кључне фазе и задаци даљег истраживања током израде докторске дисертације:

	Фаза	Задатак	Методе, технике, стандарди
1.	Анализа постојећег стања и досадашњих резултата истраживања	- Прикупљање информација и анализа постојећег стања, као и досадашњих резултата истраживања - Систематизација резултата досадашњих истраживања	- Претраживање научне литературе - Претраживање индексних база података - Претраживање стручне литературе - Претраживање интернет садржаја - Студије случаја
2.	Развој модела и методолошких поступака	- Моделирање компоненти дистрибуираног система за моделирање динамике и управљање паметним окружењима у реалном времену - Моделирање система за симулацију и управљање IoT уређајима у реалном времену, - Дефинисање модела за интеграцију података из паметног у симулационо окружење, - Дефинисање модела за остваривање интеракције паметног и симулационог окружења - Развој методолошког поступка за спецификацију паметног окружења - Развој поступка за моделирање структуре и динамике IoT система - Развој методолошког поступка за асимилацију података и естимацију параметара IoT система	- Опште методе моделирања - Методе математичког моделирања - Методе моделирања паметних окружења - Методе за асимилацију података
3.	Развој софтверског система	- Дефинисање захтева дистрибуираног софтверског система - Пројектовање дистрибуираног софтверског система - Развој језгра дистрибуираног симулационог софтвера (<i>distributed simulation engine</i>)	- UML - Методе развоја софтвера - Методе нумеричке анализе - CSMP језик са симулацију континуалних

		- Развој компоненти за интеграцију са IoT системима - Развој корисничког интерфејса - Тестирање и верификација софтверских компоненти - Континуирано одржавање софтверског система	система - Python програмски језик - Веб сервиси, REST - Методе конкурентног програмирања - SWEBOOK [97]
4.	Планирање експеримента у изабраном паметном окружењу	- Дефинисање циља студије - Идентификација система, - Прикупљање и анализа података о паметном окружењу - Изградња симулационих модела и програма, математичко моделирање структуре и динамике паметног окружења, графичка спецификација модела - Моделирање кључних индикатора перформанси паметног окружења	- Симулациони процес - Методе математичког моделирања, диференцијалне и диференце једначине - Методе развоја симулационих модела - CSMP језик са симулацију - Сензори за мерење параметара паметног окружења - Актуатори за извршење управљачких акција
5.	Валидација и верификација	- Верификација софтверског система - Верификација и валидација дефинисаних математичких и симулационих модела: изградња модела, испитивање претпоставки модела, поређење улазно-излазне трансформације модела са улазно-излазним трансформацијама реалног система.	- Методе верификације софтвера - Методе валидације и верификације симулационих модела - CSMP језик са симулацију
6.	Спровођење експеримента и анализа резултата	- Спровођење симулационог експеримента - Мерење параметара паметног окружења коришћењем IoT уређаја - Извршење управљачких акција у паметном окружењу - Статистичка обрада резултата - Анализа перформанси	- Експеримент - Методе за асимилацију података - Biofeedback - Статистичке методе

7.	Закључак	- Анализа предложеног решења - Евалуација предложених модела и развијеног софтвера са аспекта, перформанси, скалабилности, ефикасности и примењивости - Предлог будућег истраживања	- Анализа - Синтеза
----	----------	---	--

ФАЗА	МЕСЕЦ											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

Оквирно, структуру докторске дисертације сачињавала би следећа поглавља:

1. Увод

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

2. Интернет интелигентних уређаја и паметна окружења

- 2.1. Концепти паметних окружења
- 2.2. Класификација паметних окружења
- 2.3. Моделирање структуре паметних окружења
- 2.4. Технологије за развој паметних окружења
- 2.5. Прикупљање података из паметних окружења
- 2.6. Управљање паметним окружењима
- 2.7. Индикатори перформанси паметних окружења

3. Моделирање структуре и динамике система у паметним окружењима

- 3.1. Моделирање паметних окружења засновано на континуалним и дискретним догађајима
- 3.2. Моделирање структуре и динамике дистрибуираних континуалних система
- 3.3. Коначни аутомат и интерфејс са окружењем

- 3.4. IoT компоненте као сензори, актуатори и елементи моделирање динамике
- 3.5. Асимилација података из паметних окружења
- 3.6. Естимација параметара паметних окружења применом симулационих модела
- 3.7. Естимација параметара паметних окружења применом реалних података
- 3.8. Критички преглед литературе и постојећих софтверских решења
- 4. Развој модела
 - 4.1. Анализа постојећих модела
 - 4.2. Формални модел
 - 4.3. Интеграција симулационог и IoT система
 - 4.4. Моделирање графичког интерфејса
 - 4.5. Моделовање софтверског решења
 - 4.6. Методолошки поступак спецификације модела
 - 4.7. Методолошки поступак примене и евалуације развијеног система
- 5. Примена развијеног модела
 - 5.1. Моделовање структуре и динамике паметног окружења
 - 5.2. Асимилација података из паметног окружења
 - 5.3. Естимација параметара паметног окружења применом симулационих модела
 - 5.4. Управљање паметним окружењем
 - 5.5. Евалуација примене развијеног решења
- 6. Научни и стручни допринос
- 7. Будућа истраживања
- 8. Закључак
- 9. Литература

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

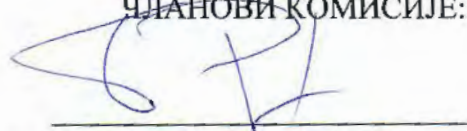
Из изложеног се може закључити да кандидаткиња Тамара Наумовић, маг. инж. испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације под насловом „Развој дистрибуираног система за моделирање динамике и управљање паметним окружењима у реалном времену“.

Тамара Наумовић поседује неопходна знања из информационих система, интернета интелигентних уређаја, рачунарске симулације, рачунарске технике и информатике, информационих технологија и електронског пословања за успешан рад на докторској дисертацији.

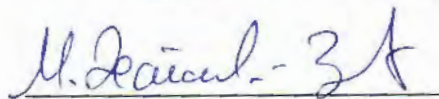
Тема припада ужој научној области Електронско пословање, мултидисциплинарна је и актуелна. Добијени резултати развијеног система допринеће унапређењу постојећих приступа пројектовању и имплементацији паметних окружења и допринеће формализацији и стандардизацији процеса моделирања структуре и динамике коришћењем метода рачунарске симулације у паметним окружењима.

На основу свега наведеног, комисија предлаже Наставно-научном већу да прихвати предложену тему и одобри израду пријављене докторске дисертације. За ментора докторске дисертације предлаже се др Божидар Раденковић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.

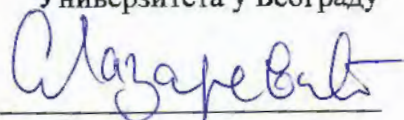
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:



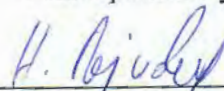
др Божидар Раденковић, редовни професор
Факултета организационих наука,
Универзитета у Београду



др Маријана Деспотовић – Зракић, редовни професор
Факултета организационих наука,
Универзитета у Београду



др Саша Лазаревић, ванредни професор
Факултета организационих наука,
Универзитета у Београду



др Наташа Бојковић, ванредни професор
Саобраћајног факултета,
Универзитета у Београду



др Милица Јанковић, доцент
Електротехничког факултета,
Универзитета у Београду

Београд, 14.10.2020

