



UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET ORGANIZACIONIH NAUKA

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Факултет организационих наука

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Бобана Давидовића за израду докторске дисертације
Одлуком 05-01 бр 59/19 од 15.7.2020. године именовани смо за чланове Комисије за оцену теме и подобности кандидата **Бобана Давидовића** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „*Big data* сервиси у ИТ екосистемима паметног саобраћаја“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Бобан Давидовић рођен је 1987. године у Београду. Похађао је Основну школу Ђуро Даничић у Београду. Похађао је Математичку гимназију у Београду. Дипломирао је на Факултету организационих наука (смер – информациони системи и технологије) 2011. године. Дипломске академске - мастер студије, смер Електронско пословање и управљање системима, уписао је на Факултету организационих наука школске 2013/14. године. Завршни (Мастер) рад под називом “Пројектовање и имплементација паметног образовног окружења паметне учионице“ одбранио је 2014. године са оценом 10 (десет). Просечна оцена остварена на мастер студијама је 10 (десет). Докторске студије, смер Електронско пословање, уписао је на ФОН-у 2016. године. Тренутно је студент друге године докторских студија. Положио је свих девет, програмом предвиђених, испита на докторским студијама са просечном оценом 10.

1.2. СТЕЧЕНО НАУЧНОИСТРАЖИВАЧКО ИСКУСТВО

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

Током досадашњег рада Бобан Давидовић је објавио више радова у земљи и иностранству и учествовао на више међународних и домаћих скупова и конференција.

РАДОВИ У ЧАСОПИСИМА МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА:

1. B. Davidović, A. Labus, A smart home system based on sensor technology, Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics, Vol 29, No 3 (2016), 451 - 460, DOI: 10.2298/FUEE1603451D, M24

РАДОВИ У ЧАСОПИСИМА НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА:

1. B. Davidovic, Z. Bogdanovic, K. Djordjevic, A. Labus, Designing adaptable smart home environment based on resident's activity, Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal, 2018, vol. 2, issue 2, 51-58, M50.
2. B. Davidovic, M. Davidovic, S. Dejanovic, 2023, A model for implementing vibration and sound heatmaps in smart cities based on crowdsensing data, Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal, vol. 7, issue 2, 57-68, M50.
3. B. Davidovic, M. Davidovic, S. Dejanovic, 2024, A crowdsensing-based framework for sound and vibration data analysis in smart urban environments, Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal, vol. 8, issue 2, 39-46, M50.

РАДОВИ У ЗБОРНИЦИМА СИМПОЗИЈУМА МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА:

1. B. Davidović, D. Barać, B. Radenković, Designing a collaborative filtering recommendation system in e-commerce, Symposium proceedings - XVI International symposium Symorg 2018, Doing business in the digital age: Challenges, approaches and solutions, Zlatibor, 7 - 10. jun 2018, 39 - 45, M33.
2. B. Davidović, D. Barać, Z. Bogdanović, Modelling a deep learning system for predicting user behavior on webstores, Symposium proceedings - XVII International symposium Symorg 2020, Zlatibor, 7 - 10. septembar 2020, M33.
3. B. Davidović, D. Barać, Cloud architecture for analyzing real-time road traffic data, E-business technologies Conferences Proceedings 2021, Vol. 1, No.1, M33.

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

Називи предмета	Оцена	
Интернет маркетинг и друштвени медији - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Електронско пословање - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Интернет интелигентних уређаја - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Интернет технологије - одабрана поглавља	10 (десет)	10
<i>Big data</i> инфраструктура и сервиси	10 (десет)	10

Називи предмета	Оцена	
Мобилно пословање - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Напредне <i>cloud</i> инфраструктуре	10 (десет)	10
Моделовање пословних процеса у електронском пословању - одабрана поглавља	10 (десет)	10
Пословна интелигенција у електронском пословању	10 (десет)	10

1.3. ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА ЗА РАД НА ПРЕДЛОЖЕНОЈ ТЕМИ

Узимајући у обзир:

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

закључује се да је Бобан Давидовић у потпуности квалификован да тему докторске дисертације самостално истражује и пружи научно-стручне доприносе у тој области.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања приступног рада је моделирање и развој напредних, интелигентних *big data* сервиса за складиштење и анализу података прикупљених *crowdsensing*-ом, затим сервиса за подршку одлучивању заснованих на *big data* аналитици података, и интеграција ових сервиса у ИТ екосистеме паметног саобраћаја. Посебно ће бити истражене могућности за интеграцију алгоритама вештачке интелигенције за препознавање патерна у подацима о буци и вибрацијама у саобраћају у паметном граду (енг. *smart city*). Подаци ће бити прикупљени коришћењем *crowdsensing* методе помоћу IoT (енг. *Internet of Things*) уређаја и мобилних телефона. Циљ истраживања је моделирати и развити сервисе који се заснивају на интелигентној анализи података: препознавање типа и броја возила на микролокацијама, идентификација извора буке у саобраћају на микролокацијама, идентификација патерна у нивоима буке и вибрација у друмском саобраћају, испитивање квалитета возила и путева, као и одређивање потребе за побољшањем управљања саобраћајним мрежама.

Проблем организације саобраћаја је присутан у великим градовима. У интересу свих учесника у саобраћају је да се оптимизује проток возила, скрати време које учесници проведу у саобраћају и унапредни њихово задовољство. У периодима саобраћајних гужви, долази до повећане емисије гасова и количине буке и вибрација које неповољно утичу на околину и учеснике у саобраћају [1][2]. Ови подаци се редовно сакупљају и складиште и чине основу ИТ екосистема паметног саобраћаја. Паметни саобраћај представља независни део комплексног система паметног града који комуницира и дели податке са осталим подсистемима у паметном граду [3][4]. Области истраживања у оквиру паметног саобраћаја углавном су примарно усмерене на: коришћење интелигентне навигације, напредно праћење

возила, развој инфраструктуре за побољшање управљања унутар паметног саобраћаја и паметно управљање семафорима [5][6]. Више истраживања је засновано на подацима прикупљеним са снимака камера са статичких места на главним саобраћајницама [10]-[12] [28]-[30]. Такође, поједини истраживачи се фокусирају на тражење оптималне путање од једног до другог дела града користећи алгоритме машинског учења [26][27][54]-[58] и на оптимизацију начина контролисања саобраћаја [35]-[38]. Поједини радови се фокусирају на развој и проширење постојећих система паметних градова [17]-[20], док се други баве прикупљањем података у саобраћају у реалном времену [39]-[52].

Подаци о буци и вибрацијама у саобраћају су коришћени у радовима да би се приказало загађење које бука изазива, као и негативан утицај буке на различите групе у популацији [45] [59]. Поједини радови баве се прикупљањем буке и вибрација у саобраћају користећи *crowdsensing* технику [64][70]-[79]. *Crowdsensing* техника представља прикупљање података користећи мобилне телефоне или друге уређаје индивидуалних корисника у паметном граду. Корисници мобилним апликацијама прикупљају различите податке на микролокацијама у граду и прикупљени подаци се шаљу на сервер. Подаци су након тога доступни кроз веб платформу или су искоришћени за даљу анализу [9][10]. У овом приступном раду користиће се подаци о звуку и вибрацијама који су прикупљени у саобраћају на различитим микролокацијама користећи *crowdsensing* технику.

За постојање паметних градова је неопходна одговарајућа инфраструктура која се заснива на примени *IoT* уређаја, *cloud*, *big data* и мобилних технологија. Већина постојећих истраживања се односи на појединачне делове система паметног саобраћаја и њихово унапређење, где се подаци прикупљају *IoT* уређајима који су интегрисани у постојећу инфраструктуру [7][8]. Број *IoT* сензора који се користе у саобраћају се свакодневно повећава и тако се побољшава постојећа инфраструктура [11]. Истовремено, количина прикупљених података се знатно увећава. За обраду велике количине података употребљавају се *big data* системи, који се реализују на *cloud* инфраструктури. *Cloud* технологије омогућавају приступ сервисима преко интернета и складиштење велике количине података уз ниске трошкове [12]. Подаци прикупљени у *cloud*-у могу да се обрађују статички (већ прикупљени подаци) и динамички (подаци се прикупљају у реалном времену, енг. *real-time*) [13][14].

Big data аналитика омогућава ефикасно проналажење законитости и патерна у великим количинама података [15]. *Big data* технологије у контексту паметног града се користе за анализу великих количина података прикупљених са *IoT* уређаја [31]-[34][60]-[67]. Велика количина прикупљених података доприноси бољем планирању, анализи стања и предвиђању у оквиру паметног града [21]-[25]. Анализом прикупљених података отварају се нове могућности у интеграцији и повезивању различитих подсистема паметних градова у будућности [53].

Развијени приступ ће се заснивати на анализи података о буци и вибрацијама у фреквенцијском домену прикупљених *crowdsensing* техником са различитих градских микролокација. Послови анализе података биће распоређени на *edge* и *cloud* деловима инфраструктуре, у складу са хардверским могућностима, захтевима везаним за обраду у реалном времену и другим корисничким захтевима.

Циљ рада је да се допринесе унапређењу саобраћаја у паметним градовима развојем сервиса за *big data* анализу и обраду података о буци и вибрацијама у саобраћају, прикупљених *crowdsensing*-ом, као и да се развије модел за интеграцију развијених сервиса у ИТ екосистем паметног саобраћаја, у складу са потребама корисника.

Развој сервиса у оквиру паметног саобраћаја применом *big data* технологије обухватиће:

- опис начина прикупљања података о саобраћају применом *crowdsensing* технике;
- развој *cloud computing* инфраструктуре за прикупљање података;
- развој *big data* инфраструктуре за складиштење прикупљених података;
- обраду и припрему постојећих података;
- проналажење законитости и патерна у прикупљеним подацима;
- анализу препознавања патерна на основу прикупљених података;
- анализу имплементационих аспеката система;
- развој сервиса за подршку одлучивању;
- евалуацију развијеног решења;

Најважнији циљеви које треба постићи употребом *big data* технологија у развоју ИТ сервиса паметног саобраћаја су:

- складиштење података прикупљених на различитим микролокацијама у граду *crowdsensing*-ом;
- могућност анализе неструктурираних података о саобраћају;
- проналажење патерна у подацима о буци и вибрацијама у саобраћају користећи алгоритме машинског учења;
- одређивање потребе за побољшањем управљања саобраћајним мрежама на основу актуелних података;
- побољшање транспарентности података о тренутном стању у саобраћају у паметним градовима;
- развој сервиса за подршку одлучивању;

Задаци истраживања, с обзиром на постављене циљеве су:

- анализа постојећих система за праћење буке и вибрација у саобраћају, са фокусом на системе који се заснивају на *crowdsensing*-у;
- пројектовање *cloud* сервиса за приступ подацима;
- пројектовање *big data* система за складиштење прикупљених података;
- моделовање система за анализу података и подршку одлучивању;

- проналажење законitosti и патерна у прикупљеним подацима користећи алгоритме машинског учења;
- препознавање патерна и предвиђања на основу анализираних података;
- евалуација и примена развијеног система;

Резултати овог истраживања допринеће бољем разумевању података прикупљених у системима паметног саобраћаја у градовима. Предложени приступ представља комплемент постојећим системима у којима се прате подаци о саобраћају у граду, са циљем да се пружи детаљније податке са високим нивоом грануларности. *Crowdsensing* омогућује грађанима да активно учествују у прикупљању података о саобраћају у граду и омогућује прикупљање података у микроусловима који често нису обухваћени званичним системима.

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

- [1] A.A. Al-Shargabi, A. Almhafdy, S. S. AlSaleem, U. Berardi, A.A.M. Ali, 2023, Optimizing Regression Models for Predicting Noise Pollution Caused by Road Traffic. *Sustainability* 2023, 15, 10020. <https://doi.org/10.3390/su151310020>
- [2] A. Danilevičius, M. Karpenko & V. Křivánek, 2023, Research on the noise pollution from different vehicle categories in the urban area. *Transport*, 38(1), 1–11. <https://doi.org/10.3846/transport.2023.18666>
- [3] A. Yavuz, A. N. Hazar-Yavuz, S. E. Hacibektasoglu (2024). Vehicle noise pollution awareness for human health and environmental impacts: A comprehensive review, DOI : 10.23893/1307-2080.APS6216
- [4] D. M. González, J. M. B. Morillas, G. Rey-Gozalo, (2023), Effects of noise on pedestrians in urban environments where road traffic is the main source of sound, *Science of The Total Environment*, Vol, 857, Part 1, 2023, 159406, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159406>.
- [5] A. Zhou, Y. Liu, E. Tenenboim, S. Agrawal and S. Peeta, (2023), Car-Following Behavior of Human-Driven Vehicles in Mixed-Flow Traffic: A Driving Simulator Study, *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, vol. 8, no. 4, pp. 2661-2673, April 2023, doi: 10.1109/TIV.2023.3257962.
- [6] K. Ramana, (2023), A Vision Transformer Approach for Traffic Congestion Prediction in Urban Areas, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 24, no. 4, pp. 3922-3934, April 2023, doi: 10.1109/TITS.2022.3233801
- [7] T. Johnson and E. Kanjo, (2023), Urban Wellbeing: A Portable Sensing Approach to Unravel the Link Between Environment and Mental Wellbeing, *IEEE Sensors Letters*, vol. 7, no. 3, pp. 1-4, March 2023, Art no. 5500704, doi: 10.1109/LENS.2023.3243790.
- [8] Q. Meng, P. Lu and S. Zhu, (2023), A Smartphone-Enabled IoT System for Vibration and Noise Monitoring of Rail Transit, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 10, no. 10, pp. 8907-8917, 15 May15, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2022.3233051.
- [9] B. Guo, Y. Liu, W. Wu, Z. Yu, Q. Han, ActiveCrowd: A Framework for Optimized Multitask Allocation in Mobile Crowdsensing Systems, *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, Volume 47, Issue 3, June 2017, pp 392 - 403, <https://doi.org/10.1109/THMS.2016.2599489>
- [10] H. Ji, L. Xie, C. Wang, Y. Yin, S. Lu, CrowdSensing: A crowd-sourcing based indoor navigation using RFID-based delay tolerant network, *Journal of Network and Computer Applications*, Volume 52, June 2015, Pages 79-89, <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2015.02.010>
- [11] M. M. Rathore, A. Ahmad, A. Paul, S. Rho, Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics, *Computer Networks*, Volume 101, 4 June 2016, Pages 63-80, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.023>
- [12] A. McAfee, E. Brynjolfsson, Big data: the management revolution, *Harvard Business Review*, 2012 October, Volume 90, Issue 10, 60-6, 68, 128.
- [13] R. Kitchin, The real-time city? Big data and smart urbanism, *Geo Journal*, February 2014, Volume 79, Issue 1, pp 1–14, <https://doi.org/10.1007/s10708-013-9516-8>
- [14] L. Cao, F. Zhu, X. Dong, Z. Shen, J. Yu, B. Hu, G. Xiong, Big data platform & typical APP services for urban public transportation, 2017 Chinese Automation Congress (CAC), 20-22 Oct. 2017, <https://doi.org/10.1109/CAC.2017.8244147>
- [15] I. A. T. Hashem, V. Chang, N. B. Anuar, K. Adewole, I. Yaqoob, A. Gani, E. Ahmed, H. Chiroma, The role of big data in smart city, *International Journal of Information Management*, Volume 36, Issue 5, October 2016, Pages 748-758, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.002>

- [16] W. Ejaz, M. Naeem, A. Shahid, A. Anpalagan, M. Jo, Efficient Energy Management for the Internet of Things in Smart Cities, *IEEE Communications Magazine*, Volume 55, Issue 1, January 2017, 84 - 91, <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600218CM>
- [17] W. Ding, S. Zhang, Z. Zhao, A collaborative calculation on real-time stream in smart cities, *Simulation Modelling Practice and Theory*, Volume 73, April 2017, 72 - 82, <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2017.01.002>
- [18] R. Jaikumar, S.M.S. Nagendra, R.Sivanandan, Modeling of real time exhaust emissions of passenger cars under heterogeneous traffic conditions, *Atmospheric Pollution Research*, Volume 8, Issue 1, January 2017, 80 - 88, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.07.011>
- [19] T. Liebig, N. Piatkowski, C. Bockermann, K. Morik, Dynamic route planning with real-time traffic predictions, *Information Systems*, Volume 64, March 2017, 258 - 265, <https://doi.org/10.1016/j.is.2016.01.007>
- [20] S. M. Khan, K. C. Dey, M. Chowdhury, Real-Time Traffic State Estimation With Connected Vehicles, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Volume: 18, Issue: 7, July 2017, 1687 - 1699, <https://doi.org/10.1109/TITS.2017.2658664>
- [21] E. Ahmed, I. Yaqoob, I. A. T. Hashem, I. Khan, A. I. A. Ahmed, M. Imran, A. V. Vasilakos, The role of big data analytics in Internet of Things, *Computer Networks*, Volume 129, Part 2, 24 December 2017, Pages 459-471, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.06.013>
- [22] Y. He, F. R. Yu, N. Zhao, V. C. M. Leung, H. Yin, Software-Defined Networks with Mobile Edge Computing and Caching for Smart Cities: A Big Data Deep Reinforcement Learning Approach, *IEEE Communications Magazine*, Volume: 55, Issue: 12, December 2017, <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1700246>
- [23] M. V. Moreno, F. Terroso-Sáenz, A. González-Vidal, M. Valdés-Vela, A. F. Skarmeta, M. A. Zamora, V. Chang, Applicability of Big Data Techniques to Smart Cities Deployments, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Volume 13, Issue 2, April 2017, Pages 800 - 809, <https://doi.org/10.1109/TII.2016.2605581>
- [24] X. He, K. Wang, H. Huang, B. Liu, QoE-Driven Big Data Architecture for Smart City, *IEEE Communications Magazine*, Volume 56, Issue 2, February 2018, Pages 88 - 93, <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700231>
- [25] H. Zhiyuan, Z. Liang, X. Ruihua, Z. Feng, Application of big data visualization in passenger flow analysis of Shanghai Metro network, 2017 2nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE), 1-3 Sept. 2017, <https://doi.org/10.1109/ICITE.2017.8056905>
- [26] T. I. Damaiyanti, A. Imawan, F. I. Indikawati, Y.-H. Choi, J. Kwon, A similarity query system for road traffic data based on a NoSQL document store, *Journal of Systems and Software*, Volume 127, May 2017, Pages 28-51, <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.01.016>
- [27] Y. Cao, H. Song, O. Kaiwartya, B. Zhou, Y. Zhuang, Y. Cao, X. Zhang, Mobile Edge Computing for Big-Data-Enabled Electric Vehicle Charging, *IEEE Communications Magazine*, Volume 56, Issue 3, March 2018, Pages 150 - 156, <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700210>
- [28] S. Verma, Y. Kawamoto, Z. M. Fadlullah, H. Nishiyama, N. Kato, A Survey on Network Methodologies for Real-Time Analytics of Massive IoT Data and Open Research Issues, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Volume 19, Issue 3, April 2017, Pages 1457 - 1477, <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2694469>
- [29] M. M. Rathore, A. Paul, W.-H. Hong, H. C. Seo, I. Awan, S. Saeed, Exploiting IoT and big data analytics: Defining Smart Digital City using real-time urban data, *Sustainable Cities and Society*, Volume 40, July 2018, Pages 600-610, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.022>
- [30] Y. Xu, Z. Yang, W. Gu, M. Li, Zicong Deng, Robust Real-Time Distributed Optimal Control Based Energy Management in a Smart Grid, *IEEE Transactions on Smart Grid*, Volume 8, Issue 4, July 2017, Pages 1568 - 1579, <https://doi.org/10.1109/TSG.2015.2491923>
- [31] I. Alam, M. F. Ahmed, M. Alam, J. Ulisses, D. M. Farid, S. Shatabda, R. J. F. Rossetti, Pattern mining from historical traffic big data, 2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), <https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2017.8070031>
- [32] L. Zhu, M. Li, Z. Zhang, X. Du, M. Guizani, Big Data Mining of Users' Energy Consumption Patterns in the Wireless Smart Grid, *IEEE Wireless Communications*, Volume 25, Issue 1, February 2018, Pages 84 - 89, <https://doi.org/10.1109/MWC.2018.1700157>
- [33] G. Ananthanarayanan, P. Bahl, P. Bodík, K. Chintalapudi, M. Philipose, L. Ravindranath, S. Sinha, Real-Time Video Analytics: The Killer App for Edge Computing, *Computer*, Volume 50, Issue 10, 2017, Pages 58 - 67, <https://doi.org/10.1109/MC.2017.3641638>
- [34] J. C. Socoró, F. Alíes, R. M. Alsina-Pagès, An Anomalous Noise Events Detector for Dynamic Road Traffic Noise Mapping in Real-Life Urban and Suburban Environments, *Sensors* 2017, Volume 17, Issue 10, <http://dx.doi.org/10.3390/s17102323>
- [35] J. Y. Fernández-Rodríguez, J. A. Álvarez-García, J. A. Fisteus, M. R. Luaces, V. C. Magaña, Benchmarking real-time vehicle data streaming models for a smart city, *Information Systems*, Volume 72, December 2017, Pages 62-76, <https://doi.org/10.1016/j.is.2017.09.002>
- [36] G. Meller, W. M. de Lourenço, V.S.G. de Melo, (2023), Use of noise prediction models for road noise mapping in locations that do not have a standardized model: a short systematic review. *Environ Monit Assess* 195, 740, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11268-9>
- [37] S. F. Wong, H. C. Mak, C. H. Ku, W. I. Ho, Developing advanced traffic violation detection system with RFID technology for smart city, 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering

Management (IEEM), December 2017, <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8289907>

- [38] T. Tahmid, E. Hossain, Density based smart traffic control system using canny edge detection algorithm for congregating traffic information, 2017 3rd International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT), 7-9 Dec. 2017, <https://doi.org/10.1109/EICT.2017.8275131>
- [39] F. Alias, J. C. Socoró, Description of Anomalous Noise Events for Reliable Dynamic Traffic Noise Mapping in Real-Life Urban and Suburban Soundscapes, *Applied Sciences*, 2017, Volume 7, Issue 2, Page 146, <https://doi.org/10.3390/app7020146>
- [40] R. M. Alsina-Pagès, J. C. Socoró, F. Alias, Detecting Anomalous Noise Events on Low-Capacity Acoustic Sensor in Dynamic Road Traffic Noise Mapping, *Proceedings of The 4th International Electronic Conference on Sensors and Applications*, 2018, Volume 2, Issue 3, Page 136, <https://doi.org/10.3390/ecsas-4-04897>
- [41] M. Cai, J. Zou, J. Xie, X. Ma, Road traffic noise mapping in Guangzhou using GIS and GPS, *Applied Acoustics*, Volume 87, January 2015, Pages 94-102, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.06.005>
- [42] W.-J. Zhao, E.-X. Liu, H. J. Poh, B. Wang, S.-P. Gao, C. E. Png, K. W. Li, S. H. Chong, 3D traffic noise mapping using unstructured surface mesh representation of buildings and roads, *Applied Acoustics*, Volume 127, 1 December 2017, Pages 297-304, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.06.025>
- [43] E. Murphy, O. Douglas, Population exposure to road traffic noise: Experimental results from varying exposure estimation approaches, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 58, January 2018, Pages 70-79
- [44] J. Evandt, B. Oftedal, N. H. Krog, P. Nafstad, P. E. Schwarze, G. M. Aasvang, A Population-Based Study on Nighttime Road Traffic Noise and Insomnia, *Sleep*, Volume 40, Issue 2, 1 February 2017, <https://doi.org/10.1093/sleep/zsw055>
- [45] J. Dutta, P. Pramanick, S. Roy, NoiseSense: Crowdsourced context aware sensing for real time noise pollution monitoring of the city, 2017 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS), December 2017, <https://doi.org/10.1109/ANTS.2017.8384103>
- [46] C. Bartalucci, F. Borchì, M. Carfagni, R. Furferi, L. Governi, Design of a prototype of a smart noise monitoring system, 24th International congress on sounds and vibration, 23-27 July 2017, London
- [47] I. Kaddoura, L. Kröger, K. Nagel, An activity-based and dynamic approach to calculate road traffic noise damages, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 54, July 2017, Pages 335-347, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.005>
- [48] L. Bravo-Moncayo, J. L. Naranjo, I. P. García, R. Mosquera, Neural based contingent valuation of road traffic noise, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* Volume 50, January 2017, Pages 26-39, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.020>
- [49] I. Kaddoura, L. Kröger, K. Nagel, User-specific and Dynamic Internalization of Road Traffic Noise Exposures, *Networks and Spatial Economics*, March 2017, Volume 17, Issue 1, pp 153-172, <https://doi.org/10.1007/s11067-016-9321-2>
- [50] A. Can, P. Aumund, Estimation of road traffic noise emissions: The influence of speed and acceleration, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 58, January 2018, Pages 155-171, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.002>
- [51] G. Zambon, R. Benocci, A. Bisceglie, H. E. Roman, P. Bellucci, The LIFE DYNAMAP project: Towards a procedure for dynamic noise mapping in urban areas, *Applied Acoustics*, Volume 124, September 2017, Pages 52-60, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.10.022>
- [52] B. Radenković, M. Despotović Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus, T. Naumović, A distributed IoT system for modelling dynamics in smart environments, 2020 International Conference Engineering Technologies and Computer Science (EnT), June 2020.
- [53] H. Menouar, I. Guvenc, K. Akkaya, A. S. Uluagac, A. Kadri, A. Tuncer, UAV-Enabled Intelligent Transportation Systems for the Smart City: Applications and Challenges, *IEEE Communications Magazine*, Volume 55, Issue 3, March 2017, 22 - 28, <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600238CM>
- [54] K. Tang, M. Qian, L. Duan, Choosing the fastest route for urban distribution based on big data of vehicle travel time, 2017 International Conference on Service Systems and Service Management, 16-18 June 2017, <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2017.7996286>
- [55] Y. Zhuang, S. Fong, M. Yuan, Y. Sung, K. Cho, R. K. Wong, Predicting the next turn at road junction from big traffic data, *Journal of Supercomputing*, July 2017, Volume 73, Issue 7, pp 3128-3148, <https://doi.org/10.1007/s11227-017-2013-y>
- [56] L. Lin, J. Li, F. Chen, J. Ye, J. Huai, Road Traffic Speed Prediction: A Probabilistic Model Fusing Multi-Source Data, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Volume 30, Issue 7, July 1 2018, Pages 1310 - 1323, <https://doi.org/10.1109/TKDE.2017.2718525>
- [57] K. Xie, K. Ozbay, A. Kurkcu, H. Yang, Analysis of Traffic Crashes Involving Pedestrians Using Big Data: Investigation of Contributing Factors and Identification of Hotspots, *Risk Analysis*, Special Issue: Advances in Risk Analysis with Big Data, August 2017, Volume 37, Issue 8, Pages 1459-1476, <https://doi.org/10.1111/risa.12785>
- [58] E. Al Nuaimi, H. Al Neyadi, N. Mohamed, J. Al-Jaroodi, Applications of big data to smart cities, *Journal of Internet Services and Applications*, 2015, <https://doi.org/10.1186/s13174-015-0041-5>

- [59] Carrier, M., Apparicio, P., & Séguin, A.-M. (2016). Road traffic noise in Montreal and environmental equity: What is the situation for the most vulnerable population groups? *Journal of Transport Geography*, Volume 51, Pages 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.020>
- [60] I. Ozer, Z. Ozer, O. Findik. Noise robust sound event classification with convolutional neural network, *Neurocomputing*, 2018, Volume 272, Pages 505-512, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.07.021>
- [61] M. Hamidi, H. Ghassemian, M. Imani. Classification of heart sound signal using curve fitting and fractal dimension, 2018, Volume 39, Pages 351-359, <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2017.08.002>
- [62] H. Zhao, L. L. Guo, X. Y. Zeng. Evaluation of Bus Vibration Comfort Based on Passenger Crowdsourcing Mode, *Mathematical Problems in Engineering*, 2016, Volume 2016, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2132454>
- [63] I. Jezdović, S. Popović, M. Radenković, A. Labus, Z. Bogdanović, Sistem za merenje buke u saobraćaju u pametnim gradovima, 2019, Info M.
- [64] B. N. Silva, M. Khan, K. Han, Big Data Analytics Embedded Smart City Architecture for Performance Enhancement through Real-Time Data Processing and Decision-Making, *Wireless Communications and Mobile Computing*, Volume 2017, <https://doi.org/10.1155/2017/9429676>
- [65] R. Petrolo, V. Loscri, N. Mitton, Towards a smart city based on cloud of things, a survey on the smart city vision and paradigms, *Transactions on emerging telecommunications technologies*, Volume 28, Issue 1, January 2017, <https://doi.org/10.1002/ett.2931>
- [66] B. Tang, Z. Chen, G. Hefferman, S. Pei, T. Wei, H. He, Q. Yang, Incorporating Intelligence in Fog Computing for Big Data Analysis in Smart Cities, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Volume 13, Issue 5, October 2017, 2140 - 2150, <https://doi.org/10.1109/TII.2017.2679740>
- [67] N. Marz, J. Warren, Big data: principles and best practices of scalable real-time data systems, 2015, New York, Manning Publications Co.
- [68] A. A. Safaei, Real-time processing of streaming big data, *Real-Time Systems*, January 2017, Volume 53, Issue 1, 1 - 44, <https://doi.org/10.1007/s11241-016-9257-0>
- [69] L. Baljak, N. Bojković, A. Labus, T. Naumović, A. Maksimović, A system for crowdsensing vibration in public transportation, *International Conference on Artificial Intelligence: Applications and Innovations (IC-AIAI)*, 2019, <https://doi.org/10.1109/IC-AIAI48757.2019.00012>
- [70] M. Zeng, H. Zhao, D. Wu, H. Chen, J. Cai, A Vibration-Based Traffic Monitoring System Using Distributed Optical Sensing Technology, *Journal of Testing and Evaluation* 48, 2019, no. 3, Pages 1799 – 1813, <https://doi.org/10.1520/JTE20190184>
- [71] K. Sato, S. Ishida, J. Kajimura, S. Tagashira, A. Fukuda, Proposal of Acoustic Train Detection System for Crowdsensing, 2019, *Intelligent Transport Systems for Everyone's Mobility*, https://doi.org/10.1007/978-981-13-7434-0_24
- [72] Q. Mei, M. Gül, N. Shirzad-Ghaleroudkhani, Towards smart cities: crowdsensing-based monitoring of transportation infrastructure using in-traffic vehicles, *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 2020, <https://doi.org/10.1007/s13349-020-00411-6>
- [73] T. J. Matarazzo, P. Santi, S. N. Pakzad, K. Carter, C. Ratti, B. Moaveni, C. Osgood, N. Jacob, Crowdsensing framework for monitoring bridge vibrations using moving smartphones, *Proc IEEE*, 2018, Volume 106, Issue 4, Pages 577 – 593, <https://doi.org/10.1109/JPROC.2018.2808759>
- [74] W. Titov, T. Schlegel, Monitoring Road Surface Conditions for Bicycles – Using Mobile Device Sensor Data from Crowd Sourcing, *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems*, 2019, HCII 2019, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 11596
- [75] D. E. Nunes, V. F. S. Mota, A participatory sensing framework to classify road surface quality, *Journal of Internet Services and Applications*, Number 13, 2019, <https://doi.org/10.1186/s13174-019-0111-1>
- [76] X. Li, D. W. Goldberg, (2018). Toward a mobile crowdsensing system for road surface assessment. *Computers, Environment and Urban Systems* 69, Pages 51 – 62, <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.12.005>
- [77] T. Nguyen, B. Lechner, Y. D. Wong, Response-based methods to measure road surface irregularity: a state-of-the-art review *European Transport Research Review* volume 11, Number 43, 2019, <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0380-6>
- [78] J.R. Ng, J. S. Wong, V. T. Goh, W. J. Yap, T. T. V. Yap, H. Ng, Identification of road surface conditions using IoT sensors and machine learning, *Computational Science and Technology*, Volume 481, Pages 259 – 268
- [79] Y.A. Alqudah, B. H. Sababha, On the analysis of road surface conditions using embedded smartphone sensors, *Information and Communication Systems (ICICS)*, 2017, 8th International Conference, Pages 177 – 181
- [80] X. Li, Z. Lv, J. Hu, B. Zhang, L. Yin, C. Zhong, W. Wang, & S. Feng, Traffic Management and Forecasting System Based on 3D GIS, 2015, 2015 15th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, doi: 10.1109/CCGrid.2015.62
- [81] European Automobile Manufacturers Association, Report: Vehicles in use, Received from: <https://www.acea.be/statistics/article/Report-Vehicles-in-use> [visited on 24.7.2020.]
- [82] Briante O. et al. (2019) A Social and Pervasive IoT Platform for Developing Smart Environments. In: Cicirelli F., Guerrieri A., Mastroianni C., Spezzano G., Vinci A. (eds) *The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems. Internet of Things (Technology, Communications and Computing)*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96550-5_1

- [83] E. Curry & A. Sheth, Next-Generation Smart Environments: From System of Systems to Data Ecosystems, IEEE Intelligent Systems, Vol. 33, Issue no. 3, May./Jun. 2018, pp. 69 - 73, doi: 10.1109/MIS.2018.033001418
- [84] S. Ranka, A. Rangarajan, L. Eleftheriadou, S. Srinivasan, E. Poasadas, D. Hoffman, R. Ponnulari, J. Dilmore, T. Byron, A Vision of Smart Traffic Infrastructure for Traditional, Connected, and Autonomous Vehicles, 2020 International Conference on Connected and Autonomous Driving (MetroCAD), 27 - 28 Feb. 2020, doi: 10.1109/MetroCAD48866.2020.00008
- [85] Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. Retrieved from RFID Journal: <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>
- [86] A. Allström, J. Barceló, J. Ekström, E. Grumert, D. Gundlegård & C. Rydergren, Traffic Management for Smart Cities, Designing, Developing, and Facilitating Smart Cities, pp 211-240, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-44924-1_11
- [87] M. Vanderschuren, A. McKune, Intelligent Transport Systems, The sustainable Transport and Mobility Handbook, The Essential guide - South Africa, Vol. 2, Chapter 10
- [88] M. Weyrich, and C. Ebert, 2016, Reference Architectures for the Internet of Things. IEEE Software 33, no. 1, pp. 112 - 116, doi: 10.1109/MS.2016.20.
- [89] T. Sasu, A. Katasonov, 2011, Internet of Things Strategic Research Agenda (IoT-SRA), Finnish Strategic Centre for Science, Technology, and Innovation: For Information and Communications (ICT) Services, Businesses, and Technologies, Finland
- [90] B. Radenkovic, M. Despotovic-Zrakic, Z. Bogranovic, D. Barac, A. Labus, Z. Bojovic, 2017, Internet inteligentnih uređaja, Fakultet organizacionih nauka, ISBN:978-86-7680-304-0
- [91] S. Cirani, G. Ferrari, M. Picone, L. Veltri, 2018, Internet of Things: Architectures, Protocols and Standards. John Wiley & Sons.
- [92] G. J. Hwang, C. C. Tsai, 2011, Research trends in mobile and ubiquitous learning: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010, British Journal of Educational Technology, t. 42, no. 4, pp. 65 - 70, 2011.
- [93] R. K. Ganti, F. Ye, H. Lei, 2011, Mobile crowdsensing: Current state and future challenges. IEEE Commun., Vol. 49, pp. 32 - 39.
- [94] N. M. Khoi, S. Casteleyn, M. Moradi, E. Pebesma, 2018, Do Monetary Incentives Influence Users' Behavior in Participatory Sensing?, Sensors 2018, Vol. 18, No. 1426, 10.3390/s18051426.
- [95] L. Badger, T. Grance, R. Patt-Corner, J. Voas, 2012, Cloud Computing Synopsis and Recommendations. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- [96] 69. Y. Li, I. Pandis, Y. Guo, 2016m Enabling Virtual Sensing as a Service. Informatics, Vol. 3, No 2,. doi:10.3390/informatics3020003
- [97] K. Marciniuk, M. Szczodrak, B. Kostek, 2016, Performance of Noise Map Service Working in Cloud Computing Environment, Archives of Acoustics, Vol. 41, No. 10.1515/aoa-2016-0029
- [98] W. Raghupathi, V. Raghupathi, 2014, Big data analytics in healthcare: promise and potential. Health Information Science and Systems, Vol. 2, no. 3. doi:10.1186/2047-2501-2-3
- [99] A. Zaslavsky, C. Perera., D. Georgakopoulos, 2012, Sensing as a Service and Big Data. Proceedings of the International Conference on Advances in Cloud Computing (ACC), (pp. 21-29). Bangalore.
- [100] J. Holmgren, H. Fredriksson, M. Dahl, 2020, Traffic data collection using active mobile and stationary devices, Procedia Computer Science, Vol. 177, pp. 49 - 56 doi:10.1016/j.procs.2020.10.010
- [101] G. Leduc, 2008, Road Traffic Data: Collection Methods and Applications, Working Papers on Energy, Transport and Climate Change, Vol. 1, No. 55, pp. 1 - 55.
- [102] M. Nouredine, M. Ristic, 2019, Route planning for hazardous materials transportation: Multicriteria decision making approach, Decision Making: Applications in Management and Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 66 - 85
- [103] F. Li, Y. Lin, M. Cai, C. Du, 2017, Dynamic simulation and characteristics analysis of traffic noise at roundabout and signalized intersections, Applied Acoustics, Vol. 121, pp. 14 - 24
- [104] M. Fallah-Shorshani, X. Yin, R. McConnell, S. Fruin, M. Franklin, 2022, Estimating traffic noise over a large urban area: An evaluation of methods, Environment International Vol. 170, 107583
- [105] J.M.B. Morillas, G. R. Gozalo, D. M. González, 2018, Noise Pollution and Urban Planning, Current Pollution Reports 4, pp. 208 - 219.
- [106] P. Majjala, Z. Shuyang, T. Heittola, T. Virtanen, 2018, Environmental noise monitoring using source classification in sensors, Applied Acoustics, Vol. 129, pp. 258 - 267
- [107] S. Silvester. 2019, Deep Learning Approach to Detect Potholes in Real-Time using Smartphone, IEEE Pune Section International Conference (PuneCon), pp. 1 - 4
- [108] M. F. Kabir, S. Roy, 2022, Real-time vehicular accident prevention system using deep learning architecture, Expert Systems with Applications, Vol. 206, 117837
- [109] J. Wang, X. Wang, M. Yuan, W. Hu, X. Hu, K. Lu, 2023, Deep Learning-Based Road Traffic Noise Annoyance Assessment, Int J Environ Res Public Health, Vol. 20(6), pp. 5199 [110] N. Genaro, A. Torija, A. Ramos-Ridao, I. Requena, D. P. Ruiz, M. Zamorano, 2010, A neural network based model for urban noise prediction, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 128, pp. 1738 - 1746

- [111] A.G. Ismaeel, K. Janardhanan, M. Sankar, Y. Natarajan, S.N. Mahmood, S. Alani, A.H. Shather, 2023, Traffic Pattern Classification in Smart Cities Using Deep Recurrent Neural Network, Sustainability 2023, Vol. 15, pp. 14522
- [112] G. M. Lingani, D. B. Rawat, M. Garuba, 2019, Smart Traffic Management System using Deep Learning for Smart City Applications, IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Las Vegas, USA, pp. 0101-0106
- [113] N. Nietjet, 2022, A Review paper on Artificial Neural Network: Intelligent Traffic Management System, NIET Journal of Engineering & Technology (NIETJET), Vol. 10, pp. 27-33

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Основна хипотеза у раду гласи:

Big data сервиси за складиштење и анализу података о буци и вибрацијама у саобраћају прикупљених *crowdsensing*-ом и применом *IoT* уређаја, као и сервиси за подршку одлучивању у паметном саобраћају засновани на алгоритмима машинског учења, могу се интегрисати у ИТ екосистем паметног саобраћаја и у великој мери допринети унапређењу квалитета саобраћаја и услуга у паметном граду.

На основу дефинисаног предмета истраживања и основне хипотезе у раду може се издвојити неколико посебних хипотеза:

H1. *Cloud* технологије омогућују изградњу система за праћење и анализу буке и вибрација у саобраћају у реалном времену.

H2. *Crowdsensing* техника омогућује једноставно прикупљање података о буци и вибрацијама у саобраћају.

H3. Методе *big data* аналитике омогућују идентификацију извора буке и вибрација, препознавање типа и броја возила и испитивање квалитета возила, путева и стила вожње на основу података о буци и вибрацијама у саобраћају.

H4. Методе *big data* аналитике омогућују анализу података и идентификовање патерна у нивоима буке и вибрација у саобраћају.

H5. Вештачка интелигенција омогућује развој интелигентних система који могу доносити одлуке у саобраћају.

H6. Интелигентни сервиси се могу интегрисати у ИТ екосистеме паметних градова ради унапређења саобраћаја.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У сврху израде овог рада, користиће се више различитих опште научних метода, попут анализе и синтезе постојећих научних резултата, моделовања, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Методе анализе и синтезе користиће се при истраживању постојећих метода за *big data* аналитику и теоријских основа за обраду података прикупљених у паметном саобраћају *crowdsensing*-ом. Методе анализе и синтезе биће коришћене и за анализу постојећих *big data* и *cloud computing* решења за складиштење и обраду неструктурираних података. Методе моделовања ће бити коришћене приликом израде модела система за складиштење и обраду прикупљених података. Аналитичко-дедуктивне методе

користиће се за упоређивање примене различитих алгоритама машинског учења за проналажење патерна у доступним подацима. Статистичка метода ће се користити за упоређивање и анализу добијених патерна и предвиђања у оквиру саобраћајних токова.

У експерименталном делу рада биће извршена евалуација развијеног система за анализу и обраду података о буци и вибрацијама у саобраћају, проналажење патерна методама машинског учења и предвиђање густине саобраћаја на основу података о буци и вибрацијама у саобраћају. Експеримент ће бити извршен на одабраним микролокацијама у Београду. Добијени резултати експеримента треба да потврде постављене хипотезе.

Резултати истраживања ће бити представљени текстуално, описивањем и графички кроз више слика, дијаграма и табела са резултатима. Подаци анализирани у експерименталном делу рада и предвиђања у експерименталном делу рада биће приказани графички и табеларно.

Истраживање обухвата неколико различитих технологија и дисциплина, од којих су најзначајнији методологија, информатика и наука о саобраћају.

Софтверско решење које ће бити развијено за подршку одлучивању биће базирано на интеграцији *big data* и *cloud* сервиса и алгоритама машинског учења у савремене интерактивне веб апликације.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Најзначајнији допринос овог рада биће у развоју интелигентних *big data* сервиса у ИТ екосистемима паметног саобраћаја, кроз развој модела за складиштење, анализу и обраду података о буци и вибрацијама прикупљених *crowdsensing*-ом и проналажење патерна у истим, који могу допринети унапређењу квалитета саобраћаја у паметном граду.

Очекивани научни доприноси резултата планираног истраживања огледају се у:

- формалном опису и развоју система за складиштење велике количине података о буци и вибрацијама у саобраћају прикупљених *crowdsensing*-ом у оквиру *cloud* инфраструктуре;
 - развоју модела за анализу и обраду података о буци и вибрацијама у саобраћају прикупљених *crowdsensing*-ом;
 - развоју модела за проналажење патерна у подацима коришћењем алгоритама машинског учења;
 - упоређивању успешности различитих алгоритама машинског учења у проналажења законитости и патерна у подацима;
 - моделу интеграције развијених *big data* сервиса у ИТ екосистем паметног саобраћаја;
 - развоју методолошких поступака за оцену перформанси развијеног решења.
- Очекивани стручни доприноси планираног истраживања огледају се у:
- развоју софтверских компоненти за анализу и обраду података у саобраћају добијених применом интернета интелигентних уређаја и *crowdsensing*-ом;

- развоју *cloud computing* и *big data* инфраструктуре и сервиса за складиштење и анализу података о буци и вибрацијама у саобраћају;
- утврђивању могућности интеграције развијеног сервиса у различите системе у оквиру паметних градова.

Друштвени доприноси резултата истраживања односе се на могућност решавања различитих друштвених проблема, од којих су најважнији:

- афирмација примене *crowdsensing* технике у циљу мотивисаности грађана да прикупљају податке који ће бити употребљени за унапређење саобраћаја у оквиру паметног града;
- афирмација коришћења сервиса за предвиђање стања у саобраћају и подизање нивоа свести грађана о постојању сервиса које је могуће користити у оквиру паметног саобраћаја;
- афирмација унапређења званичних сервиса паметног саобраћаја коришћењем података прикупљених *crowdsensing*-ом;
- могућност коришћења резултата истраживања од стране надлежних служби у циљу редуковања нивоа буке и вибрација у саобраћају;
- објављивање прикупљених сетова података и пружање могућности другим корисницима да их анализирају (енг. *open data*).

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 у циљу анализе постојећег стања и досадашњих резултата у <i>big data</i> анализи података у паметном саобраћају. - Систематизација постојећих приступа за анализу података прикупљених <i>crowdsensing</i>-ом. - Систематизација и упоређивање актуелних метода и модела за анализу података о буци и вибрацијама. - Систематизација и анализа примене <i>cloud computing</i> и <i>big data</i> технологија у анализи прикупљених података у паметном саобраћају.	- Претраживање научне литературе. - Претраживање индексних база података. - Претраживање стручне литературе. - Претраживање интернет садржаја. - Студије случаја.
2.	Моделирање система за <i>big data</i> аналитику података о буци и вибрацијама у паметном саобраћају	- Моделовање <i>cloud computing</i> и <i>big data</i> инфраструктуре за складиштење и анализу прикупљених података. - Моделовање сервиса за проналажење патерна и законитости у подацима о буци и вибрацијама у саобраћају прикупљених <i>crowdsensing</i>-ом. - Моделовање сервиса за предвиђање појава на основу прикупљених података. - Интеграција система за анализу и проналажење патерна у саобраћају са сервисима паметног града. - Интеграција сервиса мерења буке у саобраћају са сервисима паметног града.	- Претраживање стручне и научне литературе. - Претраживање интернет ресурса. - Студије случаја. - Примена различитих <i>big data</i> технологија на подацима прикупљених применом интернета интелигентних уређаја. - Алати за моделовање пословних процеса - UML - Протоколи и комуникационе технологије за реализацију <i>big data</i> и <i>cloud</i> инфраструктуре.

	ФАЗА	ЗАДАТАК	МЕТОДЕ, ТЕХНИКЕ, СТАНДАРДИ
3.	Развој сервиса за складиштење, анализу и обраду података о буци и вибрацијама у паметном саобраћају	- Имплементација софтвера - Анализа захтева софтвера - Дизајн архитектуре софтвера - Детаљни дизајн софтвера - Конструисање софтвера - Интеграција софтвера - Испитивање квалификованости софтвера	- Методе пројектовања софтвера. - Аналитичко-дедуктивна метода. - Стандардне статистичке методе.
4.	Постављање хардверско-софтверске инфраструктуре	- Постављање и конфигурација <i>big data</i> и <i>cloud computing</i> инфраструктуре. - Деплојмент развијеног решења. - Тестирање прототипа решења, мерење перформанси.	- <i>Big data</i> технологије. - <i>Cloud</i> технологије. - <i>Crowdsensing</i> технике за прикупљање података. - <i>Python, AWS, TensorFlow</i>. - Алгоритми машинског учења. - Аналитичке методе на великим количинама података. - Алати за мерење перформанси инфраструктуре и софтвера.
5.	Примена модела	- Тестирање и имплементација развијене методологије и система. - Планирање и реализација експеримента. - Анализа прикупљених података. - Дискусија резултата.	- <i>Crowdsensing</i> - Методе управљања процесом анализе података. - Верификација и валидација. - Статистичке методе. - Методе <i>big data</i> аналитике и машинског учења.
6.	Закључак	- Анализа предложеног решења. - 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												

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. ИТ екосистеми паметног саобраћаја
 - 2.1. Појам и дефиниција паметног саобраћаја
 - 2.2. Инфраструктура паметног саобраћаја
 - 2.3. Сервиси паметног саобраћаја
 - 2.4. Технологије за развој сервиса паметног саобраћаја
 - 2.4.1. Интернет интелигентних уређаја
 - 2.4.2. Мобилне технологије
 - 2.4.3. *Crowdsensing* технике за прикупљање података
 - 2.4.4. *Cloud computing* технологије
 - 2.4.5. *Big data* технологије за складиштење, претрагу и анализу података
3. *Big data* аналитика у паметном саобраћају
 - 3.1. *Big data* архитектуре у паметном саобраћају
 - 3.2. *Big data* аналитика
 - 3.3. *Big data* сервиси у паметном саобраћају
 - 3.4. Методе *big data* аналитике у паметном саобраћају
 - 3.5. Примена алгоритама машинског учења у паметном саобраћају

- 3.6. Примена алгоритама вештачке интелигенције и машинског учења за препознавање патерна
- 4. Мерење буке и вибрација у паметном саобраћају
 - 4.1. Анализа регулативе
 - 4.2. Стандардне технике мерења буке и вибрација у саобраћају
 - 4.3. Мерење буке и вибрација применом *crowdsensing* технике
 - 4.4. Модели података
 - 4.5. Подаци о буци и вибрацијама у фреквенцијском домену
- 5. Развој модела и сервиса за *big data* аналитику података о буци и вибрацијама у саобраћају
 - 5.1. Модел ИТ екосистема паметног саобраћаја
 - 5.2. Модел *big data* и *cloud computing* инфраструктуре за сервисе паметног саобраћаја
 - 5.3. Развој система *big data* за анализу и обраду података
 - 5.4. Развој система за анализу података о буци и вибрацијама
 - 5.4.1. Моделовање података и извора података
 - 5.4.2. ETL
 - 5.4.3. Развој сервиса за анализу података
 - 5.4.4. Развој сервиса за аналитику у реалном времену
 - 5.4.5. Тестирање и континуирано унапређење развијеног система
 - 5.5. Модел интеграције сервиса за *big data* аналитику у екосистем паметног саобраћаја
 - 5.6. Модел интеграције сервиса паметног саобраћаја са сервисима паметног града
- 6. Примена и евалуација развијеног модела и сервиса
 - 6.1. Планирање експеримента
 - 6.2. Прикупљање података
 - 6.3. Анализа резултата
- 7. Научни и стручни допринос
- 8. Будућа истраживања
- 9. Закључак
- 10. Литература

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Из изложеног се може закључити да кандидат Бобан Давидовић, маг. инж. испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације под насловом „*Big data* сервиси у ИТ екосистемима паметног саобраћаја“.

Бобан Давидовић поседује неопходна знања из информационих система, интернета интелигентних уређаја, 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 развијених сервиса у ИТ екосистемима паметног саобраћаја могу да допринесу унапређењу ИТ екосистема саобраћаја у паметним градовима, аналитику података у паметном саобраћају и ефикаснијем спровођењу активности у оквиру паметног саобраћаја.

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 Душан Бараћ, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Душан Бараћ, редовни професор
Факултета организационих наука,
Универзитета у Београду

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

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

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

др Синиша Сремац, редовни професор
Факултета техничких наука,
Универзитета у Новом Саду

Београд, _____