

## УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Факултет организационих наука

### НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Подобност теме и кандидата Ивана Јездовића за израду докторске дисертације

Одлуком 05-01 бр 3/103-3 године именовани смо за чланове Комисије за оцену теме и подобности кандидата **Ивана Јездовића** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

### РЕФЕРАТ

#### 1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

##### 1.1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Иван Јездовић, рођен је у Пожаревцу 1992. године. Пожаревачку гимназију је завршио 2011. Основне академске студије завршио је на Факултету организационих наука, смер Информациони системи и технологије одбраном завршног рада на тему "Развој веб апликације за управљање паметним такси возилима". Мастер студије на Факултету организационих наука, студијски програм Електронско пословање и управљање системима, студијска група Технологије електронског пословања, завршио је 2016. године са просечном оценом 10, одбраном мастер рада на тему "Развој система паметне баште применом Интернета интелигентних уређаја". Докторске студије уписује на Факултету организационих наука Универзитета у Београду на студијском програму Информациони системи и квантитативни менаџмент на изборном подручју Електронско пословање 2016. године. Тренутно је студент друге године докторских студија на Факултету организационих наука, студијски програм Информациони системи и квантитативни менаџмент, студијска група Електронско пословање. Положио је свих девет испита на докторским студијама са просечном оценом 10 (десет). Од 2018. године ангажован је на пројекту Примена рачунарске технике у експерименталној физици чврстог стања, ОН174031, као стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

## 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 Иван Јездовић је објавио више радова у земљи и иностранству и учествовао на више међународних и домаћих скупова и конференција.

### **РАДОВИ ОБЈАВЉЕНИ У ЧАСОПИСИМА НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА (M50):**

1. I. Jezdović, N. Nedeljković, L. Živojinović, B. Radenković, A. Labus, „Smart City: System for measuring noise pollution“, *Smart Cities and Regional Development Journal*, pp. 79-74, 2018, ISSN: 2537-3803, M50.
2. L. Petrović, I. Jezdović, D. Stojanović, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, „Development of an educational game based on IoT“, *International Journal of Electrical Engineering and Computing*, pp. 36-45, 2017, ISSN: 2566-3682, M50.
3. I. Jezdović, S. Popović, M. Radenković, A. Labus, Z. Bogdanović, „Sistem za merenje buke u saobraćaju u pametnim gradovima“, *InfoM Časopis za informacione tehnologije i multimedijalne sisteme*, vol. 66, 2018, pp.12-19, ISSN 1451-4397, M52.

### **РАДОВИ У ЗБОРНИЦИМА МЕЂУНАРОДНИХ СКУПОВА ШТАМПАНИ У ЦЕЛИНИ (M30):**

1. I. Jezdović, A. Ivković, S. Matejić, „An application of Internet of things: Measuring traffic flow“, *Zbornik radova na CD-u sa XV međunarodnog simpozijuma SymOrg 2016*, pp. 396-401, 10-13. jun 2016, Zlatibor, ISBN 978-86- 7680-326- 2, M33.
2. I. Jezdović, N. Nedeljković, Z. Bogdanović, A. Labus, B. Radenković, „Smart Cities - System for Monitoring Microclimate Conditions based on Crowdsensing“, *ICE-B 2017*, pp. 108-115, 24-26. Jul 2017, Madrid, ISBN: 978-989-758-256-1, M33.
3. I. Jezdović, A. Ivković, „Development of an IoT system for fire-fighting in smart homes“, *Zbornik radova na CD-u sa XVI međunarodnog simpozijuma SymOrg 2018*, pp. 84-95, 07-10. jun 2018, Zlatibor, M33.

### **РАДОВИ У ЗБОРНИЦИМА НАЦИОНАЛНИХ СКУПОВА ШТАМПАНИ У ЦЕЛИНИ (M60):**

1. Đ. Knežević, M. Despotović-Zrakić, A. Labus, I. Jezdović, A. Ivković, „Pametna učionica: Razvoj pametnog novogodišnjeg osvetljenja“, *Infoteh-Jahorina 2016*, pp. 649-652, 16-18. mart 2016, Jahorina, ISBN 978-999-55-763-9-4, M63.
2. L. Petrović, I. Jezdović, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, „Razvoj edukativne igre zasnovane na Internetu inteligentnih uređaja“, *Infoteh-Jahorina 2017*, pp. 506-509, 22-24. mart 2017, Jahorina, ISBN 978-99976-710-0-4, M63.

### **ПОГЛАВЉЕ У МОНОГРАФИЈИ МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА (M10):**

1. Vojinović, I., Barać, D., Jezdović, I., Labus, M., & Jovanović, F. (2017). An Approach to Designing IoT-Based Business Models. In P. Kocovic, R. Behringer, M. Ramachandran, &

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

| Називи предмета                                                       | Оцена      | ЕСПБ |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|------|
| Интернет маркетинг и друштвени медији - одабрана поглавља             | 10 (десет) | 10   |
| Електронско пословање - одабрана поглавља                             | 10 (десет) | 10   |
| Напредне cloud инфраструктуре и сервиси                               | 10 (десет) | 10   |
| Интернет технологије - одабрана поглавља                              | 10 (десет) | 10   |
| Развој апликације електронског пословања                              | 10 (десет) | 10   |
| Интернет интелигентних уређаја                                        | 10 (десет) | 10   |
| Big data инфраструктура и сервиси                                     | 10 (десет) | 10   |
| Мобилно пословање - одабрана поглавља                                 | 10 (десет) | 10   |
| Методологија научно-истраживачког рада у техничко-технолошким наукама | 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 Иван Јездовић у потпуности квалификован да тему докторске дисертације самостално истражује и пружи научно-стручне доприносе у тој области.

## **2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА**

Предмет истраживања дисертације је развој IoT система за мерење буке у саобраћају (енг. *Internet of Things*, IoT). Циљ истраживања је развој IoT инфраструктуре и сервиса који ће омогућити прикупљање, дистрибуцију и анализу података о буци у саобраћају у паметним градовима и повећати доступност отворених података.

Миграције становништва и висок степен насељености градова повећали су потребу за ефикаснијом градском инфраструктуром, управом и сервисима [1]. У великим градовима чести проблеми су гужве у саобраћају, бука, емисија штетних гасова, сигурност учесника у саобраћају [2]–[4]. Ови проблеми се у великој мери могу решити применом концепта паметних градова [5]. Развој паметних градова се заснива на коришћењу одговарајуће инфраструктуре и сервиса заснованих на интернету интелигентних уређаја [1], [6]–[14].

У великим градовима је проблем буке изражен, посебно у неефикасним саобраћајним системима [15]. Бука може представљати ризик по човеково здравље и може утицати на смањење квалитета живота. Дефинише се као звук из непосредне човекове околине, који не прија слуху и штети здрављу [15]–[20]. Може негативно утицати на емоционално, физиолошко и психолошко стање људи [21]. Због ових ефеката важно је посебну пажњу посветити смањењу буке у окружењима где је она изнад граница нормале [22]. Бука у

животној средини представља главни узрок поремећаја сна, може изазвати повишен крвни притисак, кардио-васкуларне или друге здравствене проблеме [23], [24].

У циљу одређивања нивоа буке у окружењу битан елемент представљају индикатори буке. Користе се за одређивање и предвиђање нивоа буке и утицаја у одређеном окружењу, израду мапа буке и планирање мера заштите од буке [25]. Индикатори буке су физичке величине које се користе да се утврди, процени и предвиди ниво буке и ниво њених штетних ефеката. Индикатори буке су дескриптори којима се изражавају граничне вредности буке [26]. У зависности од земље, граничне вредности буке су дефинисане регулаторним оквиром за мерење буке и препорукама Светске здравствене организације [27], [28]. У Европској унији, поједине државе чланице мапирају буку према Директиви Европске уније 2002-49-ЕС [29]–[31]. Земље у развоју углавном немају законодавство за мерење, процену и контролу буке [32]. У Републици Србији граничне вредности нивоа загађења буком дефинисане су Уредбом о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке и штетних ефеката буке у животној средини [33].

Бука се мери коришћењем одговарајућих мерних инструмената, који могу бити аналогни, дигитални или засновани на софтверском решењу [34]. Коришћењем софтверских решења олакшава се прикупљање, складиштење и централизовање великих количина података, што омогућава ефикаснију и ефективнију анализу.

Подаци о буци у паметним градовима се могу прикупити применом *crowdsensing*-а [35], [36]. *Crowdsensing* омогућава да се сензорима интелигентних уређаја прикупе геолокацијске и друге информације, и да се доставе заинтересованим корисницима [37]–[41]. Ова техника за прикупљање података постала је више заступљена појавом паметних телефона. Постоје различите специјализоване мобилне *crowdsensing* апликације за мерење буке [42]–[51]. Мобилне *crowdsensing* апликације за мерење буке као што су *EarPhone*, *NoiseSpy*, *NoiseBattle*, *NoiseTube* и *NoiseMap* користе се за мерење и мапирање буке у реалном времену користећи микрофон и сензоре на мобилном телефону и *GPS* пријемник [31], [42]–[49]. Као подршка мобилним апликацијама користе се и веб платформе које корисницима омогућавају приказ и контролу података о измереној буци на одређеним микролокацијама у граду, генерисање графика и мапа буке. Подаци су доступни коришћењем јавног веб сервиса, или *JavaScript API*-ја [44], [46], [49].

Анализом литературе може се закључити да већина мобилних *crowdsensing* апликација за мерење буке користи мобилне уређаје за мерење и мапирање буке. Мали је број радова у коме се користи интернет интелигентних уређаја за прикупљање података о буци у саобраћају у реалном времену. У дисертацији примарни циљ истраживања биће развој система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја. Биће пројектовани различити модели имплементације система за мерење буке у саобраћају засновани на примени *Raspberry Pi* микрорачунара, *Arduino* микроконтролера и мобилних уређаја. У дисертацији биће предложен нови методолошки поступак мерења буке применом интернета интелигентних уређаја. Имајући у виду да се путем интелигентних уређаја могу прикупити велике количине података које треба чувати и обрадити, биће развијена и примењена *cloud computing* и *big data* инфраструктура [52]–[54]. Подаци о измереној буци ће се чувати у оквиру *cloud* инфраструктуре и биће јавно доступни (енг. *open data*). Применом *big data* технологија биће развијени сервиси за анализу података. На основу добијених

информација биће предложене методе за смањење нивоа буке у саобраћају и персонализоване поруке намењене учесницима у саобраћају. Развијени систем за мерења буке у саобраћају треба да се интегрише са постојећим сервисима паметних градова.

Циљ рада се реализује кроз развој и примену савремене инфраструктуре за мерење буке у саобраћају засноване на интернету интелигентних уређаја. Развој система за мерење буке у саобраћају обухватиће:

- дефинисање процеса мерења буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја;
- изградњу *IoT* инфраструктуре за мерење буке у саобраћају;
- изградњу *cloud computing* и *big data* инфраструктуре за чување и анализу отворених података о измереној буци у саобраћају;
- анализу имплементационих аспеката развијеног система;
- развој сервиса за идентификацију узрока настајања буке у саобраћају;
- дефинисање параметара за оцену система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.

Најважнији циљеви које треба постићи мерењем буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја су:

- омогућавање грађанима да учествују у мерењу буке у саобраћају коришћењем *crowdsensing* техника и интелигентних уређаја;
- могућност мерења буке у саобраћају на различитим микролокацијама у реалном времену;
- коришћење иновативних решења за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја;
- већа транспарентност података о измереној буци у саобраћају у паметним градовима;
- могућност анализе великих количина података и спровођење превентивних мера у циљу смањења нивоа буке у саобраћају.

Задаци истраживања, с обзиром на постављене циљеве су:

- анализа постојећих система за мерење буке у саобраћају;
- моделирање система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја;
- пројектовање *IoT* инфраструктуре за мерење буке у саобраћају у паметним градовима;
- пројектовање *cloud computing* и *big data* инфраструктуре за чување и анализу отворених података о измереној буци у саобраћају;
- примена и евалуација развијеног система за мерење буке у саобраћају;
- моделирање показатеља перформанси система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.

У процесу евалуације развијени систем за мерење буке ће бити примењен и тестиран на одабраним локацијама у Београду у периодима када је повишен интензитет саобраћаја.

Резултати овог истраживања допринеће унапређењу система мерења буке у саобраћају у паметним градовима. Развијени систем се може интегрисати са другим сервисима паметног града. Примена развијеног система за мерење буке у саобраћају би омогућила надгледање узрока настајање буке у градовима и ефикасније спровођење превентивних активности за редуковање загађења градова буком. Грађани би коришћењем *crowdsensing* техника и *IoT* сервиса паметног града активно учествовали у решавању проблема буке у великим градовима и имали лакши приступ отвореним подацима о нивоу загађености буком, различитим анализама и предвиђањима. Државној управи и креаторима здравствене политике пружа се могућност да ефикасно одговоре на проблем буке у градовима и обезбеде превентивне мере у циљу очувања здравственог стања грађана.

Научни циљ дисертације огледа се у развоју иновативног система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја. За мерење и контролу буке у свакодневним животним ситуацијама биће коришћене *crowdsensing* технике. Коначни резултати даће допринос формализацији и стандардизацији процеса пројектовања система за мерење буке у саобраћају у паметним градовима.

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

- [1] K. Kourtit, P. Nijkamp, and D. Arribas, "Smart cities in perspective – a comparative European study by means of self-organizing maps," *Innov. Eur. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 25, no. 2, pp. 229–246, Jun. 2012.
- [2] I. Jezdović, "Razvoj veb aplikacije za upravljanje pametnim taksi vozilima," 2016.
- [3] "This DIY Traffic Counter Could Change Everything About Transportation Planning - CityLab," 2012. [Online]. Available: <https://www.citylab.com/transportation/2012/11/diy-traffic-counter-could-change-everything-about-transportation-planning/3846/>. [Accessed: 25-Jun-2018].
- [4] G. Somasundaram, R. Sivalingam, V. Morellas, and N. Papanikolopoulos, "Classification and Counting of Composite Objects in Traffic Scenes Using Global and Local Image Analysis," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 14, no. 1, pp. 69–81, Mar. 2013.
- [5] S. P. Mohanty, U. Choppali, and E. Kougianos, "Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone," *IEEE Consum. Electron. Mag.*, vol. 5, no. 3, pp. 60–70, Jul. 2016.
- [6] J. Jin, J. Gubbi, S. Marusic, and M. Palaniswami, "An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 2, pp. 112–121, Apr. 2014.
- [7] I. Jezdović, "Sistem za merenje buke u saobraćaju u pametnim gradovima System for noise measurement in traffic in smart cities," *InfoM časopis za Inf. Tehnol. i multimedijalne Sist.*, 2018.
- [8] R. Goncalves, N. B. Carvalho, P. Pinho, and L. Roselli, "Smart environment technology as a possible enabler of smart cities," in *2014 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014)*, 2014, pp. 1–3.
- [9] P. Vlacheas *et al.*, "Enabling smart cities through a cognitive management framework for the internet of things," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 51, no. 6, pp. 102–111, Jun. 2013.
- [10] S. Sabri, A. Rajabifard, S. Ho, M.-R. Namazi-Rad, and C. Pettit, "Alternative Planning and Land

Administration for Future Smart Cities [Leading Edge],” *IEEE Technol. Soc. Mag.*, vol. 34, no. 4, pp. 33–73, Dec. 2015.

- [11] C.-M. Li, B. Liu, R.-F. Qin, and N. Yang, “An urban mobile monitoring system integrating remote sensing and environmental sensors,” in *Design, Manufacturing and Mechatronics*, 2015, pp. 510–519.
- [12] J. Lukić, M. Radenković, M. Despotović-Zrakić, A. Labus, and Z. Bogdanović, “A hybrid approach to building a multi-dimensional business intelligence system for electricity grid operators,” *Util. Policy*, vol. 41, pp. 95–106, Aug. 2016.
- [13] D. Barać, A. Labus, and B. Živko, *Internet inteligentnih uređaja*. Beograd, 2017.
- [14] A. Bahga and V. Madiseti, *Internet of Things: A Hands-On Approach*. 2014.
- [15] “Control of Noise Emissions Guidelines,” 2017. [Online]. Available: <https://www.leanbusinessireland.ie/environmental-assistance-overview/control-of-noise-emissions-guidelines/>. [Accessed: 25-Jun-2018].
- [16] L. Standing and G. Stace, “The Effects of Environmental Noise on Anxiety Level,” *The Journal of General Psychology*, 2016. [Online]. Available: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00221309.1980.9921007>. [Accessed: 25-Jun-2018].
- [17] L. Goines and L. Hagler, “Noise Pollution: A Modern Plague,” *South. Med. J.*, pp. 287–294, 2007.
- [18] S. A. Stansfeld and M. P. Matheson, “Noise pollution: non-auditory effects on health,” *Br. Med. Bull.*, vol. 68, no. 1, pp. 243–257, Dec. 2003.
- [19] F. E. Rheindt, “The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution?,” *J. f?r Ornithol.*, vol. 144, no. 3, pp. 295–306, Jul. 2003.
- [20] I. Jezdović and A. Ivković, “Development of an IoT system for fire-fighting in smart homes,” *Zb. Rad. na CD-u sa XVI međunarodnog Simp. SymOrg*, 2018.
- [21] “Noise Emission by Outdoor Equipment,” 2016. [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/growth/sectors/mechanical-engineering/noise-emissions\\_en](http://ec.europa.eu/growth/sectors/mechanical-engineering/noise-emissions_en). [Accessed: 25-Jun-2018].
- [22] P. H. T. Zannin, F. B. Diniz, and W. A. Barbosa, “Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil,” *Appl. Acoust.*, vol. 63, no. 4, pp. 351–358, Apr. 2002.
- [23] “Zakon o zaštiti od buke u životnoj sredini,” 2010. [Online]. Available: [https://www.paragraf.rs/propisi/zakon\\_o\\_zastiti\\_od\\_buke\\_u\\_zivotnoj\\_sredini.html](https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_od_buke_u_zivotnoj_sredini.html). [Accessed: 25-Jun-2018].
- [24] A. L. Bronzaft and L. Hagler, “Noise: The Invisible Pollutant that Cannot Be Ignored,” in *Emerging Environmental Technologies, Volume II*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2010, pp. 75–96.
- [25] “Noise nuisance and the law,” 2015. [Online]. Available: <https://www.government.nl/topics/environment/noise-nuisance/noise-nuisance-and-the-law>. [Accessed: 25-Jun-2018].
- [26] “Uredba o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini,” *Službeni Glas.*, no. 75/2010, 2010.
- [27] “Measurement of Workplace Noise,” 2014. [Online]. Available: [https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys\\_agents/noise\\_measurement.html](https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/noise_measurement.html). [Accessed: 25-Jun-2018].
- [28] *Night noise guidelines for Europe*. 2009.
- [29] “European Parliament and Council, Directive 2002/49/EC of 25 June 2002 relating to the assessment

and management of environmental noise,” *Off. J. Eur. Communities*, vol. 45, pp. 12–26, 2002.

- [30] K. Kaliski, E. Duncan, and J. Cowan, “Community and Regional Noise Mapping in the United States.”
- [31] N. Maisonneuve, M. Stevens, M. E. Niessen, and L. Steels, “NoiseTube: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones,” Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 215–228.
- [32] E. Murphy and E. A. King, “Strategic environmental noise mapping: Methodological issues concerning the implementation of the EU Environmental Noise Directive and their policy implications,” *Environ. Int.*, vol. 36, no. 3, pp. 290–298, Apr. 2010.
- [33] D. Cvetković, “Merenje i ocena buke.”
- [34] L. Sanchez *et al.*, “SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed,” *Comput. Networks*, vol. 61, pp. 217–238, Mar. 2014.
- [35] I. Jezdovic, N. Nedeljkovic, L. Zivojinovic, B. Radenkovic, and A. Labus, “A system for measuring noise pollution,” *ORASE Intel. SI DEZVOLTARE Reg.*, vol. II, no. 01, pp. 79–86, 2018.
- [36] G. Cardone *et al.*, “Fostering participation in smart cities: a geo-social crowdsensing platform,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 51, no. 6, pp. 112–119, Jun. 2013.
- [37] “IoT Technology | 2018 Overview Guide on Protocols, Software, Hardware and Network Trends,” 2018. [Online]. Available: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-technologies/>. [Accessed: 25-Jun-2018].
- [38] P. Bellavista, G. Cardone, A. Corradi, L. Foschini, and R. Ianniello, “Crowdsensing in Smart Cities: Technical Challenges, Open Issues, and Emerging Solutions Guidelines,” IGI Global, 2015, pp. 316–338.
- [39] K. Farkas and I. Lendak, “Simulation environment for investigating crowd-sensing based urban parking,” in *2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, 2015, pp. 320–327.
- [40] Á. Petkovics, V. Simon, I. Gódor, and B. Böröcz, “Crowdsensing Solutions in Smart Cities,” in *Proceedings of the 13th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia - MoMM 2015*, 2015, pp. 33–37.
- [41] M. Talasila, R. Curtmola, and C. Borcea, “Improving location reliability in crowd sensed data with minimal efforts,” in *6th Joint IFIP Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC)*, 2013, pp. 1–8.
- [42] E. Kanjo, “NoiseSPY: A Real-Time Mobile Phone Platform for Urban Noise Monitoring and Mapping,” *Mob. Networks Appl.*, vol. 15, no. 4, pp. 562–574, Aug. 2010.
- [43] M. Stevens and E. D’Hondt, “Empowering technologies for environmental participatory sensing,” 2015.
- [44] M. Stevens and E. D’hondt, “Crowdsourcing of Pollution Data using Smartphones,” *Int. Conf. Entertain. Comput.*, pp. 562–571, 2012.
- [45] R. K. Rana, C. T. Chou, S. S. Kanhere, N. Bulusu, and W. Hu, “Ear-phone an end-to-end participatory urban noise mapping system,” in *Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks - IPSN ’10*, 2010, pp. 105–116.
- [46] I. G. Martí *et al.*, “Mobile Application for Noise Pollution Monitoring through Gamification Techniques,” Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 562–571.

- [47] S. Cinderby, C. Snell, and J. Forrester, "Participatory GIS and its application in governance: the example of air quality and the implications for noise pollution," *Local Environ.*, vol. 13, no. 4, pp. 309–320, Jun. 2008.
- [48] B. Davidovic and A. Labus, "A smart home system based on sensor technology," *Facta Univ. - Ser. Electron. Energ.*, vol. 29, no. 3, pp. 451–460, 2016.
- [49] I. Schweizer, R. Artl, A. Schulz, F. Probst, and M. Uhl Auser, "NoiseMap -Real-time participatory noise maps," *Second Int. Work. Sens. Appl. Mob. Phones*, pp. 1–5, 2011.
- [50] Chun-Yu Chen and Chieh-Hsiun Kuan, "Design and calibration of a noise measurement system," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 49, no. 1, pp. 77–82, 2000.
- [51] "Noise measurement system," Feb. 1998.
- [52] J. H. Lee, R. Phaal, and S.-H. Lee, "An integrated service-device-technology roadmap for smart city development," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 80, no. 2, pp. 286–306, Feb. 2013.
- [53] P. Wang, A. Ali, and W. Kelly, "Data security and threat modeling for smart city infrastructure," in *2015 International Conference on Cyber Security of Smart Cities, Industrial Control System and Communications (SSIC)*, 2015, pp. 1–6.
- [54] M. Despotović-Zrakić, K. Simić, A. Labus, A. Milić, and B. Jovanić, "Scaffolding Environment for Adaptive E-learning through Cloud Computing," *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 16. International Forum of Educational Technology & Society, pp. 301–314, 2013.

### 3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Основна хипотеза у раду гласи:

Применом интернета интелигентних уређаја могу се побољшати системи за мерење буке у саобраћају.

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

H1. Интернет интелигентних уређаја омогућује развој флексибилне инфраструктуре за мерење буке у саобраћају.

H2. Примена интернета интелигентних уређаја омогућава мерења буке у саобраћају засновано на *crowdsensing*-у.

H3. Квалитет и доступност података о загађењу буком у паметним градовима могуће је унапредити применом *big data* технологија и рачунарства у облаку.

### 4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Од општенаучних метода користиће се метода анализе и синтезе постојећих научних резултата, моделирање, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Методама анализе и синтезе биће дефинисане и анализиране теоријске основе мерења буке у саобраћају, интернета интелигентних уређаја, *crowdsensing*-а, *big data* и рачунарства у облаку. Метода моделирања ће се користити приликом израде система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја. Аналитичко-дедуктивне методе користиће се за анализу података о постојећим системима за мерење буке у саобраћају, технологијама интернета интелигентних уређаја и *crowdsensing* техникама за прикупљање података о буци

у саобраћају. Статистичка метода ће се користити за анализу добијених резултата мерења буке у саобраћају.

У експерименталном делу дисертације рада биће извршена евалуација развијеног система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја. Експеримент мерења буке ће се вршити на одабраним микролокацијама у Београду применом *crowdsensing* техника. 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 прикупљени у експерименталном делу рада биће приказани интерактивним мапама буке.

Истраживање је мултидисциплинарно и обухватиће информатику, електронику, науку о саобраћају и екологију.

## 5. ОЧЕКIVАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Најзначајнији допринос дисертације биће развој система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја са циљем редуковања нивоа буке у паметним градовима. Осим тога, допринос ће бити и развој сервиса за добијање отворених података о измереној буци у градовима.

Очекивани научни доприноси резултата планираног истраживања огледају се у:

- развоју система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја;
- формалном опису система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја;
- развијеној IoT инфраструктури система за мерење буке у саобраћају;
- развијеној *cloud computing* и *big data* инфраструктури за чување и анализу отворених података о измереној буци у саобраћају;
- анализи метода и развоју система за мерење буке у саобраћају;
- анализи метода за редуковање и контролу буке у саобраћају;
- моделу интеграције система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја са сервисима паметног града;
- развоју методолошких поступака за оцену перформанси система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.

Очекивани стручни доприноси планираног истраживања огледају се у следећем:

- утврђивање могућности развоја система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја;
- развој инфраструктуре интернета интелигентних уређаја за мерење буке у саобраћају употребом микрорачунара, микроконтролера и мобилних уређаја;
- развој *cloud computing* и *big data* инфраструктуре за чување и анализу отворених података о измереној буци у саобраћају употребом одговарајућих софтверских алата;

- прегледу и анализи технологија потребних за имплементацију система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја;
- развоју методолошких поступака за систематизацију и обраду података о буци у саобраћају применом *big data* технологија;
- утврђивању начина редуковања или елиминисања буке у саобраћају.

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

- афирмација увођења система мерења буке у саобраћају са циљем подизања нивоа свести грађана о факторима настанка буке у саобраћају и о штетности буке по здравље;
- афирмација увођења система мерења буке у саобраћају са циљем ефикаснијег спровођења активности праћења, редуковања и елиминисања буке у саобраћају;
- афирмација примене *crowdsensing* техника у мерењу буке у саобраћају у циљу мотивисаности грађана за преузимање бриге о редуковању и елиминисању фактора настанка буке;
- утврђивање потенцијала за унапређење сервиса паметних градова усвајањем система мерења буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја;
- могућност коришћења резултата истраживања од стране надлежних служби са циљем ефикаснијег спровођења превентивних активности и могућности праћења загађења буком.

## 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 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Прикупљање информација и анализа постојећег стања, као и досадашњих резултата истраживања у развоју и имплементацији система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.</li> <li>- Систематизација постојећих система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Претраживање научне литературе.</li> <li>- Претраживање индексних база података.</li> <li>- Претраживање стручне литературе.</li> <li>- Претраживање интернет садржаја.</li> <li>- Студије случаја.</li> </ul> |
| 2. | Развој система за мерење буке у саобраћају применом         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Моделирање IoT инфраструктуре за мерење буке у саобраћају.</li> <li>- Моделирање <i>cloud computing</i> и <i>big data</i> инфраструктуре за чување и</li> </ul>                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Претраживање стручне и научне литературе.</li> <li>- Претраживање интернет</li> </ul>                                                                                                                          |

|    | ФАЗА                                                                                        | ЗАДАТАК                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | МЕТОДЕ, ТЕХНИКЕ,<br>СТАНДАРДИ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | интернета<br>интелигентних<br>уређаја                                                       | <p>анализу отворених података о измереној буци у саобраћају.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Моделирање сервиса система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.</li> <li>- Систематизација и анализа примене интелигентних уређаја и <i>crowdsensing</i> техника за мерење буке у саобраћају.</li> <li>- Систематизација и анализа примене сервиса система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.</li> <li>- Систематизација и анализа примене апликација система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.</li> <li>- Интеграција сервиса мерења буке у саобраћају са сервисима паметног града.</li> </ul> | <p>ресурса.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Студије случаја.</li> <li>- Примена микроконтролера, микрорачунара и различитих сензора у IoT инфраструктури.</li> <li>- Примена постојећих уграђених сензорских технологија у мобилним уређајима.</li> <li>- Протоколи и комуникационе технологије за реализацију IoT инфраструктуре.</li> </ul>            |
| 3. | Развој сервиса система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Развој модела случајева коришћења.</li> <li>- Анализа софтверског система.</li> <li>- Пројектовање софтверског система.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методе пројектовања софтвера.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4. | Постављање хардверско-софтверске инфраструктуре                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Развој IoT инфраструктуре.</li> <li>- Имплементација система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.</li> <li>- Тестирање прототипа решења.</li> <li>- Постављање <i>cloud computing</i> и <i>big data</i> инфраструктуре.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Веб сервиси.</li> <li>- Мобилне технологије.</li> <li>- <i>Crowdsensing</i> технике.</li> <li>- <i>PHP, JavaScript</i>.</li> <li>- Микроконтролери, микрорачунари.</li> <li>- Различити сензори и интелигентни уређаји.</li> <li>- <i>Cloud computing</i> инфраструктура.</li> <li>- Инфраструктура за <i>big</i></li> </ul> |

|    | ФАЗА           | ЗАДАТАК                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | МЕТОДЕ, ТЕХНИКЕ, СТАНДАРДИ                                                                                                                                           |
|----|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>data.</i>                                                                                                                                                         |
| 5. | Примена модела | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Тестирање и имплементација развијене методологије и система.</li> <li>- Имплементација система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.</li> <li>- Примена система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја.</li> <li>- Анализа резултата примене.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методе управљања процесом анализе података.</li> <li>- Верификација и валидација.</li> <li>- Статистичке методе.</li> </ul> |
| 6. | Закључак       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализа предложеног решења.</li> <li>- Предлог будућег истраживања.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализа</li> <li>- Синтеза</li> </ul>                                                                                       |

| 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

- Дефинисање предмета истраживања
- Циљеви истраживања
- Полазне хипотезе
- Методологија истраживања
- Структура и организација рада

#### 2. Паметни градови

- Појам и дефиниција паметних градова
- Домени паметних градова
- Инфраструктура паметних градова
- Сервиси паметних градова
- Технологије примењене на развој паметних градова
  - Интернет интелигентних уређаја
  - Мобилне технологије
  - *Crowdsensing* технике

- Рачунарство у облаку
- *Big data*

### 3. Мерење буке у саобраћају

- Појам буке
- Регулатива у мерењу буке у саобраћају
- Анализа постојећих система за мерење буке у саобраћају
  - Анализа система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја
  - Анализа система за мерење буке у саобраћају применом *crowdsensing* техника
  - Анализа буке у саобраћају применом *big data* технологија

### 4. Моделирање система за мерење буке у саобраћају применом интернета интелигентних уређаја

- Моделирање архитектуре система за мерење буке у саобраћају
- Моделирање IoT инфраструктуре за мерење буке у саобраћају
- Моделирање *cloud computing* и *big data* инфраструктуре за мерење буке у саобраћају
- Моделирање података
- Моделирање сервиса за мерење и анализу буке
- Интеграција сервиса за мерење буке у саобраћају са сервисима паметног града

### 5. Примена и евалуација развијеног система

- Пројектни захтеви
- Пројектовање и имплементација решења
- Евалуација развијеног решења
- Анализа постигнутих резултата

### 6. Научни и стручни допринос

### 7. Будућа истраживања

### 8. Закључак

### 9. Литература

## 7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Из изложеног се може закључити да кандидат Иван Јездовић, маг. инж. испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације под насловом „Развој IoT система за мерење буке у саобраћају“.

Иван Јездовић 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 развијеног IoT система за мерење буке у саобраћају могу да допринесу унапређењу система мерења буке у саобраћају у паметним градовима, надгледању узрока настајања буке у градовима и ефикаснијем спровођењу превентивних активности за редуковање загађења градова буком.

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

---

др Александра Лабус, ванредни професор  
Факултета организационих наука,  
Универзитета у Београду

---

др Вељко Јеремић, ванредни професор  
Факултета организационих наука,  
Универзитета у Београду

---

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

Београд, \_\_\_\_\_