

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Марка Батића** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. **5035/10-1** од **11.07.2016.** године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Марка Батића** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Софтверски систем за више-критеријумско планирање и управљање хибридном микро-мрежом“** односно **“Software system for multi-criteria planning and management of hybrid micro-grids”**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Марко Батић је рођен 6. новембра 1985. године у Београду, Република Србија, од оца Часлава и мајке Соње. Основну школу „Вук Стефановић Караџић“ је завршио 2000. године у Београду са одличним успехом, као ђак генерације и носилац „Вукове“ дипломе. Математичку гимназију је завршио 2004. године са одличним успехом. Током основног и средњег образовања остварио је запажене резултате на такмичењима из области математике, физике и српског језика. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао школске 2004/2005 године. Дипломирао је јула 2008. године на истом факултету, на Одсеку за телекомуникације и информационе технологије са просечном оценом 8,98 у току студија и оценом 10 на дипломском испиту. Исте године уписао је дипломске академске студије на истом факултету у оквиру модула Системско инжењерство и радио комуникације, које је потом завршио почетком 2010. године са просечном оценом 9,60 у току студија и оценом 10 за завршни рад. Крајем исте године уписује докторске академске студије на модулу Софтверско инжењерство, под менторством Проф. др Сање Вранеш, на којима и до данас активно учествује. Положио је све испите предвиђене на поменутом модулу са просечном оценом 10,00. Такође, положио је и два додатна испита као предуслов за упис на одабрани модул.

У току трајања дипломских академских студија, крајем 2009. године, запослио се као истраживач приправник у Институту „Михајло Пупин“, тачније у одељењу *Fraunhofer-Pupin Joint Project Office*, под вођством генералног директора института проф. др Сање Вранеш. На позицији истраживача приправника у Институту стекао је значајно радно искуство радећи

како на националним тако и међународним истраживачким пројектима у области примене напредних информационих и комуникационих технологија (ИКТ) у домену енергетске ефикасности и обновљивих извора енергије. С тим у вези, радио је на развоју софтверског окружења за моделовање, симулацију и управљање обновљивим изворима енергије као и њихове интеграције у тзв. „паметне мреже“, развој интелигентних система за повећање енергетске ефикасности комплексних објеката попут аеродрома, развој алгоритама и ИКТ инфраструктуре за интелигентно управљање енергетским ресурсима на нивоу појединачних ентитета као и њиховог удруживања у суседство. У звање истраживач сарадник изабран је на Научном већу Института „Михајло Пупин“ у Београду 28. маја 2015. године.

У оквиру VIII Међународног форума о чистим енергетским технологијама „Енергетска повеља 2014 – Одрживи развој Србије“, одржаном у октобру 2014. у Новом Саду, имао је запажено излагање под насловом „Софтверски пакет за дизајн оптималне конфигурације хибридног система обновљивих извора енергије“. На 57. Међународном сајму технике и техничких достигнућа, одржаном у мају 2013. године у Београду, добио је посебно признање „Корак у будућност“ у области електро-енергетика за „Систем за симулацију и планирање дистрибуиране микро-мреже базиране на обновљивим изворима енергије“.

Активно је учествовао на три међународна (FP7) научно-истраживачка пројекта, финансираним од стране Европске Комисије, као и једном финансираном од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије, у оквиру програма Технолошког развоја, из области примене напредних информационих и комуникационих технологија у домену енергетске ефикасности и обновљивих извора енергије.

Аутор или коаутор је већег броја техничких решења насталих у оквиру пројекта Министарства науке и технолошког развоја, као и више радова публикованих у часописима и на конференцијама националног, регионалног и међународног значаја. Служи као рецензент реномираних међународних часописа *Energy Conversion and Management* и *Energy and Buildings*.

Говори течно енглески језик.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Марко Батић је докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао 2010. године (школске 2010/2011). На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 3058/2 од 28.12.2010. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2010/2011, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета.

У току студија, кандидат Марко Батић је положио све испите предвиђене студијским планом и програмом модула за Софтверско инжењерство са просечном оценом 10,00. Такође, кандидат је као предуслов за полагање испита на изабраном модулу положио и два допунска испита (Оперативни системи 1 и Базе података 1).

Преглед положених испита

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ	Предметни наставник
Софтверски системи за рад у реалном времену	(десет) 10	9	Сања Вранеш
Интернет програмирање	(десет) 10	9	Бошко Николић
Примена информационих технологија у електро енергетици	(десет) 10	9	Нинел Чукалевски

Софтверска техника	(десет) 10	9	Драган Бојић
Пројектовање база података	(десет) 10	9	Мирослав Бојовић
Вештачка интелигенција и експертски системи	(десет) 10	9	Бошко Николић
Интеграција обновљивих извора у дистрибутивни систем	(десет) 10	9	Жељко Ђуришић
Ветроенергетика и соларна енергетика	(десет) 10	9	Јован Микуловић
Нумеричка анализа	(десет) 10	9	Синиша Јешић
Енглески језик	(десет) 10	6	Милош Ђурић

Преглед одрађених обавеза

Назив обавезе	ЕСПБ
Научно стручни рад	3
Студијски истраживачки рад I	15
Студијски истраживачки рад II	15

Научноистраживачки рад

Током студија, кандидат Марко Батић се активно бавио научноистраживачким радом што је резултирало бројним референцама. Аутор или коаутор је више радова публикованих у часописима и на конференцијама националног, регионалног и међународног значаја. Ови радови су из области примене напредних информационих и комуникационих технологија у домену енергетске ефикасности и обновљивих извора енергије, семантичких технологија и других.

Радови публиковани у научним часописима међународног значаја

Категорија M21

1. **Marko Batić**, Nikola Tomašević, Giovanni Beccuti, Turhan Demiray, Sanja Vraneš, “Combined energy hub optimisation and demand side management for buildings”, Energy and Buildings, Vol. 127, 1 Sept. 2016, pp. 229-241, ISSN 0378-7788, **IF 2.884**, DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.087>
2. Nikola M. Tomašević, **Marko Č. Batić**, Luis M. Blanes, Marcus M. Keane, Sanja Vraneš, “Ontology-based facility data model for energy management”, Advanced Engineering Informatics, Vol. 29, Issue 4, Oct. 2015, pp. 971-984, ISSN 1474-0346, **IF 1.627**, DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2015.09.003>
3. Maria Kouveletsou, Nikos Sakkas, Stephen Garvin, **Marko Batic**, Daniela Reccardo, Raymond Sterling, “Simulating energy use and energy pricing in buildings: The case of electricity”, Energy and Buildings, Vol. 54, Nov. 2012, pp. 96-104, ISSN 0378-7788, **IF 2.465**, DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.031>

Категорија M26

1. Bogdan Pavkovic, **Marko Batic**, and Nikola Tomasevic. 2015. “The importance of cross-layer considerations in a standardized WSN protocol stack aiming for IoT: the internet of things”, *Ubiquity* 2015, Article 2 (Dec. 2015), 18 pages. <http://dx.doi.org/10.1145/2822879>

Радови публиковани у зборницима међународних научних скупова

Категорија M33:

1. **Marko Batić**, Nikola Tomašević, Vuk Mijović, Sanja Vraneš, "*ICT Platform for Holistic Energy Management of Neighbourhoods*", Proceedings of the 6th International Conference on Information Society and Technology, ISBN: 978-86-85525-18-6, pp. 112-117, Kopaonik, 28.02.-02.03.2016.
2. Nikola Tomašević, **Marko Batić**, Sanja Vraneš, "*Interfacing with SCADA system for energy management in multiple energy carrier infrastructures*", Proceedings of the 6th International Conference on Information Society and Technology, ISBN: 978-86-85525-18-6, pp. 106-111, Kopaonik, 28.02.-02.03.2016.
3. Jovan Popovic, Sofija Puric, **Marko Batic**, Dragan Bojic, "Enhancing Use Case Point estimation method using Fuzzy algorithms", 2015 23rd Telecommunications Forum (TELFOR), ISBN: 978-1-5090-0054-8, pp. 886-889, Belgrade, Serbia, November 24-26, 2015.
4. G. Beccuti, T. Demiray, **M. Batic**, N. Tomasevic and S. Vranes, "Energy hub modelling and optimisation: an analytical case-study", PowerTech, 2015 IEEE Eindhoven, Eindhoven, 2015, pp. 1-6. DOI:<http://dx.doi.org/10.1109/PTC.2015.7232413>.
5. **Marko Batić**, Nikola Tomašević, Sanja Vraneš, "*Software Module for Integrated Energy Dispatch Optimization*", ICIST 2015, Proceedings of the 5th International Conference on Information Society and Technology, ISBN: N/A, pp. 83-88, Kopaonik, 08-11.03.2015.
6. Nikola Tomašević, **Marko Batić**, Vuk Mijović, Sanja Vraneš, "*Data point Mapping Approach to Airport Ontology Modelling and Population*", ICIST 2015, Proceedings of the 5th International Conference on Information Society and Technology, ISBN:N/A, pp. 233-238, Kopaonik, 08-11.03.2015.
7. Nikola Tomasevic, **Marko Batic**, Sanja Vranes, "*Genetic Algorithm Based Energy Demand-Side Management*" ICIST 2014, Proceedings of the 4th International Conference on Information Society and Technology, ISBN: 978-86-85525-14-8, pp. 61-66, Kopaonik, 09-13.03.2014.
8. **Marko Batic**, Nikola Tomasevic, Sanja Vranes, "*Integrated Energy Dispatch Approach Based on Energy Hub and DSM*" ICIST 2014, Proceedings of the 4th International Conference on Information Society and Technology, ISBN: 978-86-85525-14-8, pp. 67-72, Kopaonik, 09-13.03.2014.
9. **Marko Batic**, Nikola Tomasevic, Sanja Vranes, "*Ontology API for web-enabled FDD system*", ICIST 2013, Proceedings of the 3rd International Conference on Information Society and Technology, ISBN: 978-86-85525-12-4, pp. 142-147, Kopaonik, 03-06.03.2013.
10. Nikola Tomasevic, **Marko Batic**, Sanja Vranes, "*Ontology-enabled airport energy management*", ICIST 2013, Proceedings of the 3rd International Conference on Information Society and Technology, ISBN: 978-86-85525-2-4, pp. 112-117, Kopaonik, 03-06.03.2013.
11. Dejan Paunović, **Marko Batić**, Sanja Vraneš, "*Web Application For Residential Renewable Energy System Feasibility Appraisal*", ICIST 2013, Proceedings of the 3rd International Conference on Information Society and Technology, ISBN: 978-86-85525-12-4, pp. 118-123, Kopaonik, 03-06.03.2013.
12. **Marko Batić**, Panayiotis Philimis, Nikos Sakkas, Alessandro Giusti, Dejan Paunovic, Sanja Vraneš, "*Simulation of Hybrid Renewable Energy System*", 1st WSEAS International Conference on Energy and Environment Technologies and Equipment (EEETE "12), ISBN: 978-1-61804-122-7, pp. 15-20, Zlin, Czech Republic, 20.09-22.09.2012.
13. **Marko Batić**, Nikola Tomašević, Dejan Paunović, Sanja Vraneš, "*A novel approach to microgrid data modelling*", Proceedings of the 2nd International Conference on Information Society and Technology ICIST 2012, 29.02-03.03. 2012, Kopaonik, Serbia, pp. 153-157.
14. Nikola Tomašević, **Marko Batić**, Gordan Konečni, Sanja Vraneš, "*Ontology-based airport data model*", Proceedings of the 2nd International Conference on Information Society and Technology ICIST 2012, 29.02-03.03. 2012, Kopaonik, Serbia, pp. 158-163.

Радови публиковани у зборницима часописа националног значаја

Категорија M51

1. **Marko Batić**, Iva Babić, Željko Đurišić, “Dizajn kuće nulte energije putem integracije obnovljivih izvora”, Energija, Ekonomija i Ekologija, br. 3, Mart 2015. ISSN 0354-8651.

Радови публиковани у зборницима скупова националног значаја

Категорија M63

1. Nikola Tomašević, **Marko Batić**, "ICT tehnologije za energetski efikasne aerodrome," IX Međunarodni forum o čistim energetskim tehnologijama, Energetski Horizont Srbije 2020, Novi Sad, 29-30.09.2015., ISBN 978-86-7892-737-9, pp. 44-56.
2. Dejan Paunović, Aleksandar Vitorović, **Marko Batić**, “Web enabling of the Matlab/Simulink models”, 17th Conference and Exhibition YU INFO, ISBN 978-86-85525-08-7 Kopaonik, 06.03.-09.03.2011., pp. 706-710.
3. **Marko Batić**, Aleksandar Vitorović, Željko Despotović, “The Consideration Of Optimal Control Algorithms For Hybrid Renewable Energy Systems“, 16th Conference and Exhibition YU INFO, ISBN 978-86-85525-02-5, pp. 100-101, Kopaonik, 03.03.-06.03. 2010.

Учешће на пројектима

Као сарадник у Институту Михајло Пупин, кандидат Марко Батић је учествовао у реализацији неколико пројеката у области примене напредних информационих и комуникационих технологија у домену енергетске ефикасности и обновљивих извора енергије. Учествовао је на три научно-истраживачка пројекта која је финансирала Европска Комисија у Седмом оквирном програму (FP7) као и на једном научно-истраживачком пројекту које је финансирало Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије из програма Технолошког развоја.

Пројекти:

1. „*Energy Positive Neighbourhoods Infrastructure Middleware based on Energy-Hub Concept (EPIC-HUB)*“
Наручилац: European Commission, Seventh Framework Programme (Fp7), Call ID: FP7-2012-NMP-ENV-ENERGY-ICT-EeB, Topic: EEB-ICT-2011.6.5: ICT for energy-positive neighbourhoods, Collaborative project - STREP, GA no. 600067, duration 43 months, 2012-2016. (Учешће у пројекту, руководилац радног задатка).
2. „*ICT for Energy Efficient Airports (CASCADE)*“
Наручилац: European Commission, Seventh Framework Programme (Fp7), Call ID: FP7-2012-NMP-ENV-ENERGY-ICT-EeB, Collaborative project - STREP, GA no. 284920, duration 42 months, 2011-2014. (Учешће у пројекту, руководилац радног задатка).
3. „*Design and Real Time Energy Sourcing Decisions in Buildings (Energy Warden)*“
Наручилац: European Commission, Seventh Framework Programme (Fp7), Call ID: FP7-ICT-2009-4, Topic: ICT-2009.6.3: ICT for Energy Efficiency, Collaborative project - STREP, GA no. 246745, duration 42 months, 2010-2013. (Учешће у пројекту, руководилац радног задатка).
4. „*Софтверско окружење за интелигентно и адаптивно управљање комплексним објектима (SOFIA)*“
Наручилац: Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије, 2010. – 2016. (Учешће у пројекту), евиденциони бр. TP-32010.

Одбрана приступног рада за израду дисертације

Кандидат Марко Батић је 02. септембра 2016. године полагао докторски испит на Електротехничком факултету у Београду, при чему је комисија у саставу:

1. др Бошко Николић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду
2. др Младен Станојевић, доцент, Рачунарски факултет, РАФ у Београду
3. др Жељко Ђуришић, доцент, Електротехнички факултет у Београду

једногласно закључила да су кандидат и тема подобни за израду докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа досадашњег рада и оствареног искуства могу се сумирати следећи резултати:

- Током свог научноистраживачког рада, кандидат Марко Батић је остварио запажене резултате и активно се бавио проблемима који су у блиској вези са предложеном темом докторске дисертације.
- Кандидат Марко Батић је до сада публикувао три рада у међународним часописима са SCI листе, који су у директној вези са облашћу којом се бави докторска дисертација, седамнаест радова на конференцијама међународног и националног значаја, као и један рад у часопису националног значаја.
- Кандидат Марко Батић поседује одговарајуће знање и искуство потребно за решавање проблема из области предложене теме докторске дисертације.
- Кандидат Марко Батић је положио све испите на докторским студијама Електротехничког факултета са просечном оценом 10,00. Поред тога, кандидат Марко Батић је пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета, на јавној усменој одбрани, успешно положио докторски испит, одржан 02.09.2016. године.

На основу наведених резултата, наша је процена да је кандидат Марко Батић у стању да успешно реализује и заврши израду докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет предложене докторске дисертације Марка Ч. Батића јесте развој софтверског решења за планирање и оптимално управљање енергетском инфраструктуром са вишеструким конвенционалним и обновљивим изворима. Глобални трендови у енергетској регулативи стимулишу развој и коришћење како нових технологија, попут обновљивих извора, тако и нових парадигми за контролу и управљање енергетском инфраструктуром како би се побољшале оперативне перформансе и постигли дугорочни циљеви који се тичу заштите животне средине и економске исплативости. Стога, енергетски системи будућности ће све више комбиновати контролабилне конвенционалне изворе енергије великог капацитета са релативно непредвидивим обновљивим изворима значајно мањег капацитета. Планирање и управљање оваквим хетерогеним системима на најефикаснији начин, уз често контрадикторне критеријуме, постаје питање од све већег значаја. Штавише, овај проблем превазилази домен дистрибутивне мреже и постаје веома заступљен и на нивоу индустријских, комерцијалних па чак и резиденцијалних постројења. Проблем ефикасног управљања ће бити додатно отежан ако се има у виду да ће дистрибутивне мреже различитих типова енергената (нпр. електричне енергије и гаса) бити повезаније у будућности кроз присуство напредних уређаја за конверзију (попут комбиноване производње топлотне и

електричне енергије) али и све већег присуства локалних ресурса за складиштење енергије. Како би допринео решавању наведених проблема, рад кандидата ће се превасходно базирати на истраживању нових парадигми за оптимално планирање и управљање енергетским ресурсима у оквиру микро-мреже са обновљивим и конвенционалним изворима енергије уз помоћ напредних информационих и комуникационих технологија.

Када је реч о планирању оваквих микро-мрежа, циљ је да се креира систем за подршку одлучивању о улагањима у обновљиве изворе енергије који ће узимати у обзир бројне параметре попут географске локације, захтеваног профила потрошње, просторног капацитета, предвиђеног буџета, варијабилних цена енергената, субвенција државе и других, те низа техничких, економских и еколошких критеријума које је потребно симултано проценити и релативно упоредити. С тим у вези, циљ је да се развије детаљно, генеричко, интегрисано, симулационо окружење које укључује оптимизацију система са различитим обновљивим изворима, како електричне тако и топлотне енергије. Такође, поред различитих извора, у разматрање ће бити укључено и складиштење енергије, потрошња као и спрега са дистрибутивном мрежом. Посебан аспект биће посвећен развоју иновативног симулатора потрошње електричне енергије који се базира на подацима о постојећим потрошачима и навикама корисника, насупрот уобичајеним притупима који се примарно базирају на моделовању објеката. Коначно, како би се обезбедио практично неограничен приступ, сам систем ће бити развијен као *Web* апликација уз помоћ најмодернијих *open source* интернет технологија. Посебан значај предложеног софтверског система огледа се у томе што ће као резултат бити понуђена оптимална топологија микро-мреже као и карактеристике појединих компоненти, који ће бити директно примењив у свакодневnoj пракси и допринети већој пенетрацији обновљивих извора енергије.

Када је реч о управљању системом који поседује различите конвенционалне и обновљиве изворе енергије, основни циљ овог истраживања јесте да се унапреде постојећи системи за управљање (попут *SCADA* система) кроз развој иновативног софтверског слоја који би омогућио оптимално снабдевање енергентима али и њихову потрошњу, узимајући у обзир варијабилне цене енергената, ефикасност конверзије појединих елемената енергетске инфраструктуре, стање у складиштима енергије и друге. Значај овог истраживања огледа се у широкој применљивости предложеног решења јер се уз релативно скромна улагања у постојеће системе могу остварити значајне уштеде у трошковима експлоатације.

Коначно, предмет овог истраживања биће и развој семантичког модела комплексних инфраструктура, коришћењем парадигме семантичког *Web-a*, који ће послужити за развој слоја мета-података који ће са једне стране омогућити интероперабилност разноврсних компоненти система, а са друге пружити могућност за напредно резоновање над подацима са циљем постизања иновативних функција система за унапређење енергетске ефикасности.

Литература

- [1] K.H. Chang, "A decision support system for planning and coordination of hybrid renewable energy systems", *Decision Support Systems*, Volume 64, August 2014, Pages 4-13, ISSN 0167-9236.
- [2] A. Mattiussi, M. Rosano, P. Simeoni, "A decision support system for sustainable energy supply combining multi-objective and multi-attribute analysis: An Australian case study", *Decision Support Systems*, Volume 57, January 2014, Pages 150-159, ISSN 0167-9236.
- [3] Pau Fonseca i Casas, Antoni Fonseca i Casas, Núria Garrido-Soriano, Josep Casanovas, Formal simulation model to optimize building sustainability, *Advances in Engineering Software*, Volume 69, March 2014, Pages 62-74, ISSN 0965-9978
- [4] Juan P. Torreglosa, Pablo García-Triviño, Luis M. Fernández-Ramírez, Francisco Jurado, Control based on techno-economic optimization of renewable hybrid energy system for stand-alone applications, *Expert Systems with Applications*, Volume 51, 1 June 2016, Pages 59-75, ISSN 0957-4174

- [5] Yokoyama R., Hasegawa Y., Ito K., "A MILP decomposition approach to large scale optimization in structural design of energy supply systems." *Energy Conversion and Management*, Volume 43, Issue 6, April 2002, pp. 771–790.
- [6] T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, "Micropower System Modeling with HOMER", Book chapter, published in "Integration of Alternative Sources of Energy", by F. Farret and M. Simões, 2006, John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Manwell, J. F., A. Rogers, G. Hayman, C. T. Avelar, J. G. McGowan, U. Abdulwahid, and K. Wu. "Hybrid2—a hybrid system simulation model—theory manual." *Renewable Energy Research Laboratory, University of Massachusetts* (2006).
- [8] Hawkes A.D., Leach M.A., "Modelling high level system design and unit commitment for a microgrid," *Applied Energy*, Volume 86, Issues 7–8, July–August 2009, pp. 1253–1265.
- [9] Moraisa H., Kadarb P., Fariaa P., Valea Z.A., Khodra H.M., "Optimal scheduling of a renewable micro-grid in an isolated load area using mixed-integer linear programming," *Renewable Energy*, Vol. 35, Issue: 1, pp. 151-156, 2010.
- [10] Kienzle F., Ahcin P., Andersson G. "Valuing Investments in Multi-Energy Conversion, Storage, and Demand Side Management Systems under Uncertainty", *IEEE Transaction on Sustainable Energy*, Vol. 2, No.2, April 2011.
- [11] M. Stanojević, S. Vraneš, I. Gökalp, Green accounting for greener energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, Issue 9, December 2010, Pages 2473-2491, ISSN 1364-0321
- [12] Stephen Boyd and Lieven Vandenberghe. 2004. *Convex Optimization*. Cambridge University Press, New York, NY, USA.
- [13] Hitzler P., Krötzsch M., Rudolph S., *Foundations of Semantic Web Technologies*, Chapman & Hall/CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011.
- [14] Lacy L.W., *Owl: Representing Information Using the Web Ontology Language*, Trafford Publishing, 2005.
- [15] Studer R., Benjamins R., Fensel D., "Knowledge engineering: Principles and methods," *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 25, Iss. 1–2, pp. 161–198, 1998.
- [16] Caffarel J., Jie S., Olloqui J, Martínez R., "Bat-MP: An ontology-based energy management platform," *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*, Springer, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7656, pp. 9-16, 2012.
- [17] Tanasiev V., Badea A., "Energy efficiency through intelligent management of building equipment," *UPB Scientific Bulletin. Series C. Electrical engineering and computer science*, Vol. 74, pp.49-56, Iss. 1, 2012
- [18] Dibley M.J., Li H., Miles J.C., Rezgui Y., "Towards intelligent agent based software for building related decision support," *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 25, Iss. 2, pp. 311-329, 2011.

3. Полазне хипотезе

- Процена оптималне конфигурације микро-мреже са обновљивим изворима повезане на дистрибутивну мрежу се може извршити уз помоћ софтверског система за подршку при одлучивању који се базира на моделовању и дугорочној симулацији рада микро-мреже као и алгоритмима за више-критеријумску анализу понуђених алтернатива.
- Могућа је интелигентна надоградња постојећих система за надзор и управљање у оквиру комплексних инфраструктура (нпр. *SCADA* система) на апликативном нивоу, помоћу софтверске компоненте за оптимизацију управљања енергетском инфраструктуром са вишеструким конвенционалним и обновљивим изворима енергије, која ће у реалном времену узимати у обзир варијабилне цене енергената, флексибилну потрошњу као и капацитет складишта, како би се значајно смањили трошкови експлоатације таквих инфраструктура. Такође, биће узета у обзир претпоставка да се интегралном оптимизацијом снабдевања и потрошње могу постићи значајне уштеде.
- Увођењем слоја мета-података на бази семантичког модела (нпр. коришћењем онтологија) у оквиру комплексних система за унапређење енергетске ефикасности комплексних инфраструктура, на бази *ISO 50001* стандарда, може се омогућити семантичка интероперабилност разноврсних компоненти система, једнозначно

мапирање сигнала/протокола које они користе као и додатно резонување над прикупљеним подацима.

- У циљу сагледавања ефеката профила потрошње енергената на планирање и управљање микро-мрежом обновљивих и конвенционалних извора могуће је користити софтверски симулатор потрошње који се базира на информацијама о постојећој енергетској инфраструктури и навикама крајњег корисника, уместо конвенционалних приступа који укључују физику самог објекта.

4. Научне методе истраживања

За потребе развоја софтверске компоненте за оптимизацију токова енергије, превасходно су коришћени алгоритми линеарног и целобројног програмирања, а у случају нелинеарне природе неких од улазних параметара као и критеријумске функције, коришћен је Генетски Алгоритам (ГА). Способност система за мулти-критеријумско одлучивање имплементирано је на бази алгоритма *Promethee II*. Развој алгоритама као и моделовање система биће спроведено у оквиру *Matlab* окружења док ће за његову коначну верзију прототипа као *Web* апликације бити коришћене *open source* технологије попут *Java*, *Java Server Faces*, *Java Script*, *Ajax* и других, како би се обезбедила његова неограничена доступност и једноставност при коришћењу.

За потребе развоја софтверске компоненте за оптимизацију управљања енергетском инфраструктуром биће превасходно коришћено *Matlab* окружење у фази моделовања и тестирања одговарајућих алгоритама, док ће коначна верзија прототипа бити развијена коришћењем *Java* технологије. Сама компонента представљаће део апликативног слоја софтверског система који ће се базирати на сервисно оријентисаној архитектури. Као интегративна компонента биће коришћен *ESB (Enterprise Service Bus)*, и то имплементација *WSO2*, који ће омогућити робусну комуникациону инфраструктуру, док ће за потребе саме комуникације бити коришћени *Web* сервиси (*WSDL* за моделовање сервиса, *REST* за саму имплементацију). Имајући у виду високе захтеве по питању оптимизационих перформанси, биће коришћен и професионални алат за линеарну и целобројну оптимизацију *CPLEX (IBM-ово решење)* док ће за потребе пред-процесирања, које подразумева манипулисање матрицама веома великих димензија (неколико стотина хиљада), бити коришћене робусне *Java* библиотеке за линеарну алгебру (нпр. *La4J*, *Colt*, *Commons math* и др.).

Када је у питању развој семантичког модела биће коришћени али и значајно проширени и прилагођени постојећи стандард у овом домену *CIM (Common Information Model – део IEC 61970)*, постојећа генеричка онтологија *SUMO (Suggested Upper Merged Ontology)*, као и доменска онтологија *IFC (Industry Foundation Classes)*. За сам развој онтологије и класног дијаграма биће коришћени отворени алат *Protégé*, као и комерцијални *TopBraid*, док ће за потребе инстанцирања онтологије, које подразумева екстракцију велике количине података похрањених у датотекама и табелама, бити коришћени алати *OpenRefine*, *SPIN* и *SPARQL Update*.

5. Очекивани научни dopринос

- У дисертацији ће бити развијен иновативни софтверски систем за више-критеријумско планирање хибридне микро-мреже са обновљивим изворима енергије повезаној на дистрибутивну мрежу. Овај систем ће омогућити одређивање оптималне конфигурације микро-мреже и евалуацију њених техно-економских перформанси у току експлоатације.
- Биће развијен оригинални софтверски модул за оптимизацију управљања енергетском инфраструктуром са вишеструким конвенционалним и обновљивим изворима енергије, одговарајућим складиштима енергије и флексибилном потрошњом, који ће омогућити значајне уштеде трошкова експлоатације.
- Биће развијен семантички модел комплексне инфраструктуре на бази онтологије за потребе система за унапређење енергетске ефикасности сложених објеката, попут аеродрома. Модел ће омогућити семантичку интероперабилност разноврсних компоненти система, једнозначно мапирање сигнала/протокола које они користе, као и додатно резоновање над прикупљеним подацима.
- Коначно, биће развијен и оригинални софтверски симулатор потрошње електричне енергије (и проистеклих трошкова) на бази информација о постојећој енергетској инфраструктури и навикама крајњег корисника који ће омогућити примену алгоритама за планирање и управљање будуће односно задате инфраструктуре.

6. План истраживања и структура рада

- Истраживања на бази доступне иностране и домаће литературе из наведене области.
- Преглед најновијих истраживања из наведене области, као и тренутног стања наведеног области.
- Рад на софтверском систему за више-критеријумско планирање микро-мреже са обновљивим изворима енергије.
- Рад на софтверском модулу за оптимизацију управљања са вишеструким изворима енергије и флексибилном потрошњом.
- Рад на семантичком моделу комплексне инфраструктуре за потребе унапређења енергетске ефикасности.
- Рад на софтверском симулатору потрошње и трошкова електричне енергије на бази информација о постојећој инфраструктури и навикама крајњег корисника.
- Верификација очекиваних научних доприноса објављивањем резултата истраживања у научним часописима са SCI листе, као и у другим часописима и на конференцијама националног, регионалног и међународног значаја.
- Израда докторске дисертације на основу добијених резултата истраживања и научних доприноса.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Марка Батића, мастер инж. електротехнике и рачунарства, Комисија је закључила да:

1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме за израду докторске дисертације.
2. Предложена тема докторске дисертације кандидата Марка Батића „Софтверски систем за више-критеријумско планирање и управљање хибридном микро-мрежом“ је у тренду са глобалним научним кретањима из области примене информационих и

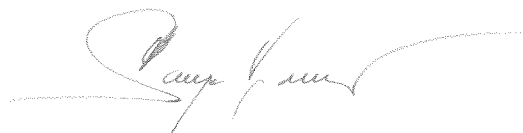
комуникационих технологија, чији се резултати тренутно објављују у истакнутим међународним часописима. Предложена тема је поред теоријског значаја, значајна и интересантна из угла праксе. Предложена истраживања у оквиру дисертације имају велики потенцијал да доведу до нових научних резултата.

3. Кандидат Марко Батић се током свог научноистраживачког рада бавио тематиком која спада у најужу област дисертације. Комисија сматра да континуитет досадашњег научноистраживачког рада несумњиво указује на чињеницу да је кандидат подобан и способан за реализацију предвиђених циљева истраживања.
4. Кандидату се одобрава писање дисертације на енглеском језику уз наведени наслов „Софтверски систем за више-критеријумско планирање и управљање хибридном микро-мрежом“ односно “Software system for multi-criteria planning and management of hybrid micro-grids”

Научна област дисертације је Електротехника и рачунарство, а ужа научна област је Рачунарска техника и информатика, за коју је Универзитет у Београду – Електротехнички факултет матичан. Имајући све претходно у виду, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Марку Батићу одобри израду докторске дисертације под горе наведеним називом. За ментора дисертације предлаже се др Сања Вранеш, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет. Уз овај извештај прилаже се списак радова ментора на одговарајућем формулару Универзитета.

У Београду, 08. септембар 2016. године.

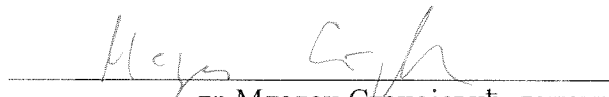
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Сања Вранеш, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(ментор)



др Бошко Николић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Младен Станојевић, доцент
РАФ у Београду – Рачунарски факултет



др Жељко Ћуришић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет