

Универзитет у Београду,
Електротехнички факултет

Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду

Предмет: Подобност теме и кандидата Новака Заграђанина за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5063/12-1 од 26. октобра 2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Новака Заграђанина за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под називом:

“Аутономна претрага окружења применом вишекритеријумског одлучивања и унапређеног приступа за планирање путање робота базираног на D* Lite алгоритму”

односно на енглеском:

“Autonomous exploration of environment by applying multicriteria decision making and an advanced approach to robot path planning based on the D* Lite algorithm”.

Комисија је уз консултацију са кандидатом, предложила промену наслова теме, те се предлаже следећи наслов:

“Планирање путање робота базирано на D* Lite алгоритму и аутономној претрази окружења”

односно на енглеском:

“Robot path planning based on D* Lite algorithm and autonomous exploration of environment”.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Новак Заграђанин, дипломирани инжењер електротехнике, рођен је 08.02.1979. године у Сјеници - Република Србија. Основну школу је завршио у Сјеници 1994. године са одличним успехом као носилац Вукове дипломе, након чега је уписао Војну гимназију, коју је такође завршио са одличним успехом 1998. године, као други у класи.

Војнотехничку академију, смер ваздухопловнотехничке службе, специјалност електроника ракетних система, завршио је 2003. године, са просечном оценом 8.81, као први у класи на поменутом смеру. Члан је удружења *MENSA*.

У периоду од 2003. до 2011. године службовао је у 250. рбр за ПВД, где је успешно обављао већи број дужности. Године 2011. је постављен је на дужност вишег истраживача у Одељењу за вођење и управљање ракета Сектора за ракетно наоружање Војнотехничког института. У Управу за одбрамбене технологије Сектора за материјалне ресурсе Министарства одбране постављен је 2013. године, где је обављао дужност референта за ресурсе средстава ПВО у Групи за ресурсе НВО (наоружање и војна опрема) РВиПВО Одељења за ресурсе НВО. Године 2018. је постављен на садашњу дужност координатора за развој средстава НВО у Одељењу за заједничке послове Сектора за материјалне ресурсе Министарства одбране. У оквиру садашње дужности прописане су му обавезе да прати рад, врши координацију и усмерава активности на пројектима везаним за развој наоружања и војне опреме у ВТИ, привредним друштвима из групације Одбрамбене индустрије Србије и осталим организацијама које се баве развојем НВО, као и активности везане за проширење и јачање технолошке базе од интереса за систем одбране. У оквиру даљег војностручног усавршавања завршио је Основни командно-штабни курс (2013. године) и Командно-штабно усавршавање (2019. године) у организацији Универзитета одбране. У току досадашње службе оцењиван је одличним службеним оценама. Завршио је већи број курсева у земљи, као и један курс у иностранству (Оберамергау, Немачка), на тему развоја и опремања средствима наоружања и војне опреме. Био је члан тимова ВТИ за развој више средстава која су уведена у наоружање Војске Србије, као што су роботизована борбена платформа Мали Милош, противавионски систем ПАСАРС, модернизовани ПВО систем КУБ, итд.

1.2 Стечено научно-истраживачко искуство

Кандидат Новак Заграђанин је уписао докторске студије на Електротехничком факултету у Београду школске 2012./2013. године на модулу „Управљање системима и обрада сигнала”. Током докторских студија испунио је све обавезе и положио све испите предвиђене наставним планом и програмом, са просечном оценом 9,70.

р. бр.	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1.	Неуралне мреже	10	9
2.	Аутономни роботски системи без људске посаде	10	9
3.	Одабране примене дигиталне обраде слике	10	9
4.	Сложени мулти-агент системи	10	9
5.	Специјални роботски системи	10	9
6.	Теорија роботских система	10	9
7.	Класификација и естимација сигнала	8	9
8.	Аутоматско вођење објеката у простору	10	9

9.	Праћење покретних циљева	9	9
10.	Увод у научни рад	10	6
р. бр.	Назив обавезе	Оцена	ЕСПБ
	Научно стручни рад	/	3
	Студијски истраживачки рад I	/	15
	Студијски истраживачки рад II	/	15
	Укупно остварено:		120

Кандидат је први аутор 3 часописна рада и 3 конференцијска рада, наведених у наставку:

- **Novak Zagradjanin**, Dragan Pamucar, Kosta Jovanovic, Nikola Knezevic, Bojan Pavkovic, „Autonomous Exploration Based on Multi-Criteria Decision-Making and Using D* Lite Algorithm“, accepted for publication in Intelligent Automation & Soft Computing, Vol. 32, No. 3, 2022 (**M23, IF=1.647**).
- **Novak Zagradjanin**, Dragan Pamucar, Kosta Jovanovic, „Cloud-Based Multi-Robot Path Planning in Complex and Crowded Environment with Multi-Criteria Decision Making using Full Consistency Method“, Symmetry, Vol. 11, No. 10, pp. 1-15, 2019 (**M22, IF=2.645**).
- **Novak Zagradjanin**, Aleksandar Rodic, Dragan Pamucar, Bojan Pavkovic, „Cloud-Based Multi-Robot Path Planning in Complex and Crowded Environment Using Fuzzy Logic and Online Learning“, Information Technology and Control, Vol. 50, No. 2, pp. 357-374, 2021 (**M23, IF=1.228**).
- **Novak Zagradjanin**, Aleksandar Rodic, „Cloud-Based Distributed Intelligence of Robot Team in Complex Accident Situation“, 4th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering – IcETRAN 2017, Kladovo, Serbia, 2017.
- **Novak Zagradjanin**, Stevica Graovac, „Autonomous Mobile Robot Path Planning in Complex and Dynamic Environments“, International Scientific Conference on Defensive Technologies - OTEH 2016, Belgrade, Serbia, 2016.
- **Novak Zagradjanin**, Stevica Graovac, „Analysis and Comparison of a Command Guidance and the Combination of Programmed and Homing Guidance“, International Scientific Conference on Defensive Technologies - OTEH 2014, Belgrade, Serbia, 2014.

Дана 23.11.2021. године на Електротехничком факултету у Београду, Новак Заграђанин је имао јавни усмени испит о подобности теме и кандидата пред комисијом у саставу:

1. др Жељко Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет (председник комисије)

2. др Бојан Павковић, научни сарадник, Војнотехнички институт (члан комисије који није запослен на ЕТФ-у)
3. др Милан Бебић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

Комисија је једногласно закључила да кандидат испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације и оценила испит оценом - **задовољно**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказаног резултата досадашњег рада и активности Новака Заграђанина и узимајући у обзир претходно наведене чињенице, Комисија је стекла увид у способности и научно-истраживачки рад кандидата, те констатује да је кандидат:

- Положио све испите и завршио све обавезе предвиђене наставним планом и програмом и тиме остварио 120 ЕСПБ бодова.
- Јавно одбранио тему докторске дисертације 23.11.2021. године пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду.
- Публиковао више значајних радова у међународним научним часописима и на међународним научним скуповима из области којима припада предложена тема докторске дисертације.
- Има вишегодишње искуство у истраживању области коју покрива тема докторске дисертације.

Комисија закључује да кандидат Новак Заграђанин у сваком погледу испуњава услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет, циљ и значај истраживања:

Аутономна претрага непознатог окружења један је од најважнијих задатака у мобилној роботизици. Може се дефинисати као скуп акција које предузима аутономни мобилни робот у складу са претходно дефинисаном стратегијом, са крајњим циљем откривања карактеристика окружења које су од интереса за задату мисију. Самим тим, претрага окружења је основа бројних примена роботике у пракси, као што су мапирање [1-2], трагање и спасавање [3], планетарне мисије [4], визуелне инспекције [5], рударство [6], роботски усисивачи [7], итд. Примера ради, код мапирања карактеристике окружења које су од интереса при претраживању су слободан простор и препреке, док у мисијама трагања и спасавања то може бити лоцирање повређених лица или жртава природних непогода, пожара или неких других акцидената. Претрага окружења може се у начелу класификовати у две групе у зависности од примењеног приступа [8]. Први приступ подразумева претходно потпуно или делимично познавање окружења, на основу чега се користе off-line алгоритми за стратегију претраге. Код овог приступа путања робота се обично одређује унапред тј. пре саме мисије. Други приступ се примењује када је окружење потпуно непознато или када нема довољно информација за ефикасну примену off-line алгоритама. У овом случају, претрага окружења је много изазовнија и подразумева

on-line инкрементални принцип претраге, тј. након прикупљања података са актуелне позиције робот бира следећу позицију, премешта се на њу, извршава опсервацију окружења са нове позиције и понавља овај процес све док се не испуни задатак или заврши мисија [9]. Главни проблем оваког концепта претраге окружења је избор следеће позиције и планирање путање робота. Највећи број стратегија за претрагу окружења базира се на избору следеће позиције робота између низа позиција-кандидата које леже на граници између истражених и неистражених делова окружења [10-12] (frontier-based стратегије) и то најчешће анализирајући погодност сваке позиције-кандидата према унапред одређеним критеријумима комбинујући их у форми неке функције [13-16]. Осим frontier-based стратегија, за претрагу окружења примењују се и друге врсте стратегија. Неке стратегије, на пример, подразумевају учешће човека у петљи избора следеће позиције робота, затим примену анализе вероватноће бенефита у процесу селекције кандидата или се једноставно следећа позиција бира случајним избором, итд. Оно што је заједничко за све стратегије за претрагу окружења јесте да имају за циљ да се претрага реализује за што краће време или за што краћи укупан пређени пут робота. У дисертацији се истражују стратегије за претрагу окружења које за избор следеће позиције осматрања и прикупљања података користе класичне методе вишекритеријумског одлучивања (ВКО) које до сада нису коришћене за ту намену. Опште карактеристике стратегија за претрагу окружења које користе ВКО су да омогућавају избор следеће позиције робота на основу разматрања различитих критеријума који утичу на квалитет одлуке, као и да обезбеђују једноставно имплементирање нових критеријума у процес одлучивања. Основна специфичност примене вишекритеријумског одлучивања у претрази окружења није обезбеђење најбоље стратегије за претрагу, већ то да ВКО пружа флексибилан приступ у смислу избору критеријума и њихових тежина. Овај приступ за претрагу окружења, међутим, није довољно истражен имајући у виду разноликост метода ВКО и њихову све већу примену у различитим научним дисциплинама. Предности стратегија за претрагу окружења које користе ВКО у односу на друге приступе у претрази окружења сумиране су у [8,14]. Поред дужине или тежине путање од тренутне позиције робота до позиције-кандидата коју је израчунао планер, критеријуми за избор наредне позиције робота могу бити различити, нпр. очекивани информативни потенцијал сваке позиције-кандидата, њена удаљеност од базне станице (или вероватноћа успостављања комуникације између робота и базне станице), врста или тип објеката у делу окружења којем припада позиција-кандидат (битно код мисија трагања и спасавања), итд [17-20].

Примарни алгоритам који се у оквиру дисертације предлаже за израчунавање путање најмање тежине или дужине (специјални случај) до сваке позиције кандидата и који се користи за планирање путање до изабране позиције је D* Lite. При томе се истражује могућност унапређења процеса планирања путање робота у мисијама претраге окружења применом наведеног алгоритма у комбинацији са фази логиком и on-line учењем. Алгоритми из фамилије A* алгоритма, у које спада и D* Lite, се често примењују за планирање путање робота уопште, па тако и у стратегијама за претрагу окружења [21-25]. Функционишу на бази претраге графа којим се моделира мапа окружења у којем се креће робот [26-28]. Основне карактеристике D* Lite алгоритма су те да увек даје путању најмање тежине и ефикасно процесуирање промена у окружењу. Такође се анализирају и могућности коришћења за ову намену алгоритама ARA* и AD*. ARA* је Anytime Replanning верзија A* алгоритма, тј. при процесуирању чворова користи пондерисану

хеуристичку процену удаљености актуелног до циљног чвора како би убрзао претрагу и генерисао иницијалну путању за што краће време, али тада даје субоптимално решење које накнадно поправља у току кретања робота. Мана овог алгоритма је што у случају настанка промена у окружењу ресетује резултате претраге и почиње планирање путање из почетка. AD* је Anytime верзија D* Lite алгоритма. Код њега су имплементиране предности и ARA* и D* Lite. Дакле има особину Anytime алгоритма, што значи да има могућност коришћења пондерисане хеуристичке процене удаљености актуелног до циљног чвора како би иницијалну путању генерисао за што краће време (иницијална путања је такође субоптимална и иста се накнадно поправља у току кретања робота). Уједно има особину ефикасног процесуирања промена у окружењу као и D* Lite тј. када настане промена не ресетује претрагу већ у максималној мери користи резултате из претходних итерација.

Имајући у виду претходно изнето, **предмет** истраживања у оквиру докторске дисертације су стратегије за претрагу окружења које за избор следеће позиције осматрања и прикупљања података користе класичне методе вишекритеријумског одлучивања (ВКО) које до сада нису коришћене за ту намену и које користе унапређен приступ за планирање путање робота базиран на D* Lite алгоритму.

Конкретни **циљеви** истраживања у дисертацији односе се на:

- проширење базе on-line стратегија за претрагу окружења које користе ВКО кроз имплементирање различитих стандардних ВКО метода које до сада нису коришћене за ту намену – SAW, COPRAS i TOPSIS [29-31].
- истраживање утицаја различитих ВКО метода на ефикасност претраге у специфичним ситуацијама и мисијама, као што су комплексна окружења (окружења са великим бројем препрека) и мисије трагања и спасавања.
- унапређени приступ за планирање путање робота у мисијама претраге окружења применом D* Lite алгоритма у комбинацији са фази логиком и on-line учењем.

Листа референци на које се позива претходни текст:

- [1] B. Tovar, L. Munoz-Gomez, R. Murrieta-Cid, M. Alencastre-Miranda, R. Monroy et al., "Planning exploration strategies for simultaneous localization and mapping," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 54, no. 4, pp. 314-331, 2006.
- [2] F. Amigoni, V. Caglioti and U. Galtarossa, "A mobile robot mapping system with an information-based exploration strategy," in *Proceedings of the International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, pp. 71-78, 2004.
- [3] S. Kohlbrecher, J. Meyer, T. Graber, K. Petersen, O. von Stryk et al., "Hector open source modules for autonomous mapping and navigation with rescue robots," *RoboCup: Robot World Cup XVII, ser. Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI)*, Springer, pp. 624-631, 2013.
- [4] K. Otsu, A.-A. Agha-Mohammadi and M. Paton, "Where to look? Predictive perception with applications to planetary exploration," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 3, no. 2, pp. 635-642, 2018.
- [5] A. Ahrary, A. A. Nassiraei and M. Ishikawa, "A study of an autonomous mobile robot for a sewer inspection system," *Artificial Life and Robotics*, vol. 11, no. 1, pp. 23-27, 2007.
- [6] T. Neumann, A. Ferrein, S. Kallweit and I. Scholl, "Towards a mobile mapping robot for underground mines," in *Proceedings of the RobMech*, 2014.
- [7] S. Navarro Heredia, "Exploration Strategies for Robotic Vacuum Cleaners," Master thesis, KTH Royal Institute of Technology - School of Industrial Engineering and Management Stockholm, Sweden, 2018.
- [8] N. Basilico and F. Amigoni, "Exploration strategies based on multi-criteria decision making for an autonomous mobile robot," in *Proceedings of the 4th European Conference on Mobile Robots*, pp. 259-264, 2009.

- [9] M. Kulich, T. Juchelka and L. Preucil, "Comparison of exploration strategies for multi-robot search," *Acta Polytechnica*, vol. 55, no. 3, 2015.
- [10] B. Yamauchi, "A frontier-based approach for autonomous exploration," in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*, pp. 146-151, 1997.
- [11] B. Yamauchi, A. Schultz, W. Adams and K. Graves, "Integrating map learning, localization and planning in a mobile robot," in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Intelligent Control*, pp. 331-336, 1998.
- [12] A. Franchi, L. Freda, G. Oriolo and M. Vendittelli, "A decentralized strategy for cooperative robot exploration," in *Proceedings of the 1st international conference on Robot communication and coordination*, pp. 1-8, 2007.
- [13] N. Basilico and F. Amigoni, "Exploration strategies based on multi-criteria decision making for search and rescue autonomous robots," in *Proceedings of the 10th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 2011.
- [14] P. Taillandier and S. Stinckwich, "Using the PROMETHEE multi-criteria decision making method to define new exploration strategies for rescue robots," in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics*, 2011.
- [15] C. Stachniss and W. Burgard, "Exploring unknown environments with mobile robots using coverage maps," in *Proceedings of the 18th international joint conference on Artificial intelligence*, pp. 1127-1132, 2003.
- [16] H. H. Gonzales-Banos and J.-C. Latombe, "Navigation strategies for exploring indoor environments," *International Journal of Robotics Research*, vol. 21, no. 10, pp. 829-848, 2002.
- [17] A. Visser and B. A. Slamet, "Including communication success in the estimation of information gain for multi-robot exploration," in *Proceedings of the 6th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks and Workshops*, pp. 680-687, 2008.
- [18] F. Amigoni and A. Gallo, "A multi-objective exploration strategy for mobile robots," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 3850-3855, 2005.
- [19] R. Semenas and R. Bausys, "Autonomous navigation in the robots' local space by multi criteria decision making," *Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences*, 2018.
- [20] M. Luperto, D. Fusi, N. Alberto Borghese and F. Amigoni, "Exploiting inaccurate a priori knowledge in robot exploration," in *Proceedings of the 18th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*, pp. 2102-2104, 2019.
- [21] L. Lu, C. Redondo and P. Campoy, "Optimal frontier-based autonomous exploration in unconstructed environment using RGB-D sensor," *Sensors*, vol. 20, no. 22, 2020.
- [22] A. Vellucci, "Multi-robot Frontier-based Exploration Strategies for Mapping Unknown Environments," Master thesis, Politecnico di Torino, Torino, Italy, 2019.
- [23] C. Wang, W. Chi, Y. Sun and M. Q.-H. Meng, "Autonomous robotic exploration by incremental road map construction," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 16, no. 4, pp. 1720-1731, 2019.
- [24] J. Williams, S. Jiang, M. O'Brien, G. Wagner, E. Hernandez et al., "Online 3D frontier-based UGV and UAV exploration using direct point cloud visibility," *IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI)*, 2020.
- [25] S. Liu, S. Li, L. Pang, J. Hu, H. Chen et al., "Autonomous exploration and map construction of a mobile robot based on the TGHM algorithm," *Sensors*, vol. 20, no. 22, 2020.
- [26] S. Koenig and M. Likhachev, "D* Lite," in *Proceedings of the Eighteenth National Conference on Artificial Intelligence*, Edmonton, Canada, pp. 476-483, 2002.
- [27] S. Koenig and M. Likhachev, "Fast replanning for navigation in unknown terrain," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 21, no. 3, pp. 354-363, 2005.
- [28] M. Likhachev, D. Ferguson, G. Gordon, A. Stentz and S. Thrun, "Anytime Dynamic A*: an anytime, replanning algorithm," in *Proceedings of the International Conference on Automated Planning and Scheduling*, Monterey, USA, pp. 262-271, 2005.
- [29] I. Petrovic and M. Kankaras, "A hybridized IT2FS-DEMATEL-AHP-TOPSIS multicriteria decision making approach: case study of selection and evaluation of criteria for determination of air traffic control radar position," *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 146-164, 2020.
- [30] E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, A. Banaitis and N. Kvederyte, "Housing credit access model: the case for Lithuania," *European Journal of Operational Research*, vol. 155, no. 2, pp. 335-352, 2004.
- [31] M. R. Gharib, "Comparison of robust optimal QFT controller with TFC and MFC controller in a multi-input multi-output system," *Reports in Mechanical Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 151-161, 2020.

3. Полазне хипотезе:

Полазне хипотезе заснивају се на следећем:

- Примена стратегија за претрагу окружења које користе вишекритеријумско одлучивање за избор следеће позиције робота обезбеђује ефикасно управљање мисијом претраге у зависности од услова у којима се одвија и њених циљева, имајући у виду флексибилност ВКО у смислу избора критеријума и тежина.
- Примена TOPSIS методе ВКО обезбеђује ефикаснију претрагу комплексних окружења у односу на методе SAW и COPRAS, као и у односу на остале анализиране класичне стратегије за претрагу окружења из литературе, када се избор следеће позиције робота врши на бази критеријума "дужина путање до следеће позиције-кандидата" и "информативни потенцијал следеће позиције-кандидата" (уз потенцијално додавање критеријума "удаљеност следеће позиције-кандидата од базне станице" при чему би он имао мању тежину у односу на прва два критеријума).
- Примена алгоритама за планирање путање базираних на A^* алгоритму који пондерисањем хеуристичке процене са инфлаторним фактором $\epsilon > 1$ (ARA^* и AD^*) генеришу иницијално решење за краће време у поређењу са D^* Lite немају предност у погледу примену у претрази окружења (у односу на D^* Lite), јер је у том случају иницијално решење субоптимално (путања није најкраћа могућа), што може нарушити ваљаност процеса одлучивања при избору следеће позиције робота.
- Примена фази логике и алгоритама учења за дефинисање тежина ћелија мапе коју за генерисање решења користи D^* Lite алгоритам може да унапреди процес планирања путање робота у мисијама претраге окружења.

4. Методе истраживања:

Методологија која ће се користити у докторској дисертацији подразумева најпре систематску анализу литературе која обрађује стратегије за аутономну претрагу иницијално непознатог окружења. Након тога прелази се на истраживање примене вишекритеријумског одлучивања при управљању мисијом претраге окружења уз проширење базе стратегија за претрагу које користе ВКО имплементирањем метода SAW, COPRAS, TOPSIS (уз анализу њиховог утицаја на ефикасност претраге окружења различите сложености). У стратегијама за претрагу окружења се за планирање путање робота примарно користи D^* Lite алгоритам, а анализира се и могућност примене за ову намену додатна два алгоритма ARA^* и AD^* . Уједно се истражује могућност имплементације фази експертских система и алгоритама учења за потребе дефинисања тежина ћелија мапе коју користи D^* Lite алгоритам за генерисање решења, у циљу унапређења процеса планирања путање робота у мисијама претраге окружења.

5. Очекивани научни доприноси:

Очекивани научни доприноси докторске дисертације су:

- Извршиће се систематичан и детаљан преглед литературе која обрађује област аутономне претраге окружења у мобилној роботизи.
- Прошириће се база стратегија за претрагу окружења које користе ВКО кроз имплементирање стандардних ВКО метода које до сада нису коришћене у ту сврху - SAW, COPRAS и TOPSIS.
- Унапредиће се процес планирања путање робота у мисијама претраге окружења применом D* Lite алгоритма у комбинацији са фази логиком и/или алгоритмом учења када за то постоје услови.
- Унапредиће се стратегије за претрагу окружења које користе ВКО за избор следеће позиције робота са аспекта употребе у специфичним ситуацијама и мисијама (претраге комплексних окружења уз критеријуме најкраћег укупно пређеног пута робота, дужине путање до следеће позиције-кандидата, информативног потенцијала следеће позиције-кандидата, удаљеност следеће позиције-кандидата од базне станице).

6. План истраживања:

Најпре ће се у Матлабу развити симулациони модел стратегије за претрагу окружења које корист ВКО за избор следеће позиције робота, који ће бити флексибилан у смислу да ће моћи да подржи промену ВКО методе и алгоритма за планирање путање робота. Такође ће се развити модели неколико других релевантних стратегија за претрагу окружења из доступне литературе, ради поређења различитих приступа. За потребе планирања путање робота креираће се алгоритми базирани на A* алгоритму, примарно D* Lite, а затим ARA* и AD*. Ефикасност стратегија за претрагу окружења ће се тестирати на моделе окружења различите сложености. Том приликом ће се, у циљу унапређења процеса планирања путања робота у ситуацији када за то постоје услови, у комбинацији са D* Lite алгоритмом имплементирати фази експертски систем и алгоритам учења.

7. Закључак и предлог

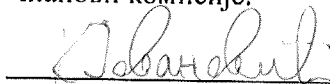
На основу приложене документације и непосредног увида у досадашњи рад кандидата Новака Заграђанина, дипломираног инжењера електротехнике, Комисија закључује следеће:

1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом Електротехничког факултета у Београду за израду докторске дисертације.
2. Предложена тема **“Планирање путање робота базирано на D* Lite алгоритму и аутономној претрази окружења”**, односно на енглеском: **“Robot path planning based on D* Lite algorithm and autonomous exploration of environment”**, је научно заснована, а резултати теме ће представљати значајан и оригиналан допринос. Тема дисертације се бави проблемима кретања аутономних мобилних робота и припада ужој научној области “Аутоматика”.

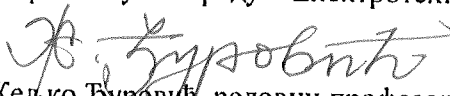
На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Новаку Заграђанину одобри израду докторске дисертације под називом **“Планирање путање робота базирано на D* Lite алгоритму и аутономној претрази окружења”**, односно на енглеском: **“Robot path planning based on D* Lite algorithm and autonomous exploration of environment”**, а под менторством др Косте Јовановића, ванредног професора Електротехничког факултета у Београду.

У Београду, 6.12.2021.

Чланови комисије:



др Коста Јовановић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Жељко Туровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милан Бебић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Бојан Павковић, научни сарадник
Војнотехнички институт

