

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Владимира Чеперковића, дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 1645 од 18. новембра 2022. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Владимира Чеперковића, дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под називом “Дистрибуирани метод за само-калибрацију магнеторезистивних сензора угаоне позиције у серво системима” (енг. “*A distributed method for self-calibration of magnetoresistive angular position sensor within a servo system*”).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Владимир Чеперковић је рођен 9. Јула 1976. године у Краљеву. Дипломирао је 2008. године на Одсеку за аутоматику Електротехничког факултета у Београду. Од 2011. године је запослен на Електротехничком факултету у Београду. До 2015. године је био запослен на Катедри за електронику, на позицији истраживач приправник, а после у Центру за научноистраживачки рад, као истраживач сарадник на пројекту. Од јануара 2022. године је запослен у компанији Synchrotek Београд.

Докторске академске студије је уписао 2019. године на Електротехничком факултету у Београду. Области научног истраживања обухватају системе аутоматског управљања, дигиталну обраду сигнала, и микропроцесорске системе.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Владимир Чеперковић је уписао докторске студије на Електротехничком факултету у Београду школске 2019/20. године на модулу “Електроника”. Током докторских студија је испунио све обавезе и положио све испите предвиђене наставним планом и програмом студија, са просечном оценом 10. Списак положених предмета и обавеза је дат у следећој табели:

Р. бр.	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1.	Примена микрорачунара	10	9
2.	Савремене методе за пројектовање регулатора у системима управљања	10	9
3.	Сензорски системи и специјална инструментација	10	9
4.	Примена програмабилних система на чипу	10	9
5.	Примена сигма-делта технике у обради сигнала	10	9

6.	Мултирезолуциона обрада сигнала	10	9
7.	Пројектовање и примена паметних сензора	10	9
8.	Мрежни наменски системи	10	9
9.	Развој микропроцесорског софтвера	10	9
10.	Комуникологија	10	6
11.	Студијски истраживачки рад I		15
12.	Научно стручни рад		3
13.	Студијски истраживачки рад II		15
	Укупно остварено		120

Кандидат је аутор 11 научних радова, 9 техничких решења и 9 одобрених патената:

1. **Vladimir Čeperković**, Vladimir Rajović, Milan Prokin, "A distributed method for self-calibration of magnetoresistive angular position sensor within a servo system," *Sensors* 2022, 22(16), 5974, 10 Aug. 2022, <https://doi.org/10.3390/s22165974> (категорија **M21**, **IF=3.847**)
2. Vladimir Rajović, Goran Savić, **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "Combined one-dimensional lowpass and highpass filters for subband transformer," *Electronics Letters*, vol. 49, no. 18, pp. 1150-1152, 01 Aug. 2013, <https://doi.org/10.1049/el.2013.0931> (категорија **M22**, **IF=1.068**)
3. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, Dragana Prokin, "Efficient cumulative probability distribution estimation for arithmetic coding," *Proceedings of 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2020*, Budva, Montenegro, 8-11 June 2020, pp. 1-4, <https://doi.org/10.1109/MECO49872.2020.9134309> (категорија **M33**)
4. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, Dragana Prokin, "Efficient Bernoulli Probability Distribution Estimation for Arithmetic Coding," *Proceedings of 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2020*, Budva, Montenegro, 8-11 June 2020, pp. 1-4, <https://doi.org/10.1109/MECO49872.2020.9134094> (категорија **M33**)
5. Vladimir Rajović, Milan Prokin, **Vladimir Čeperković**, Dragana Prokin, "An image codec with minimum memory size," *Proceedings of 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2013*, Budva, Montenegro, 15-20 June 2013, pp. 148-151, <https://doi.org/10.1109/MECO.2013.6601342> (категорија **M33**)
6. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "Non-stationary one-dimensional subband transformer filters," *Proceedings of Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2012*, Bar, Montenegro, 19-21 June 2012, pp. 132-135, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6268943> (категорија **M33**)
7. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "One-dimensional codec with minimum memory size," *Proceedings of International Scientific Conference UNITECH 2011*, Gabrovo, Bulgaria, 18-19 Nov. 2011, pp. I-174 – I-179. (категорија **M33**)
8. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "Fast image codec with minimum required memory," *Proceedings of International Scientific Conference UNITECH 2011*, Gabrovo, Bulgaria, 18-19 Nov. 2011, pp. I-180 – I-186. (категорија **M33**)
9. **Vladimir Čeperković**, Vujo Drndarević, "Metod za samokalibraciju magnetno-rezistivnog senzora ugaone pozicije u servo sistemima," *Telnika*, vol. 69, no. 4, pp. 469-476, 2020, <https://www.sits.org.rs/include/data/docs2749.pdf> (категорија **M53**)
10. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "Non-stationary two-dimensional subband transformer filters," *Telfor Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 113-117, 2013, https://journal.telfor.rs/Published/Vol5Nc2/Vol5No2_A6.pdf (категорија **M53**)

11. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "Non-stationary two-dimensional subband transformer filters," *Proceedings of 20th Telecommunications Forum (TELFOR)*, 20-22 Nov. 2012, Belgrade, pp. 772-775, <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2012.6419322> (kategorija **M63**)
12. Vladimir Rajović, Goran Savić, Ivan Popović, **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, Dragana Prokin, "CIFF I-frame Decoder Hardware" za *Northrop Grumman Systems Corp – Information Systems*, USA, preko CIFF BE od CIFF TC, 2013. (kategorija **M81**)
13. Vladimir Rajović, Goran Savić, Ivan Popović, **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, Dragana Prokin, "CIFF I-frame Encoder Hardware" za *Northrop Grumman Systems Corp – Information Systems*, USA, preko CIFF BE za CIFF TC, 2012. (kategorija **M81**)
14. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, Dragana Prokin, "CIFF Video Wall Software," za *Northrop Grumman Systems Corp – Information Systems*, USA preko CIFF BE od CIFF TC, 2012. (kategorija **M81**)
15. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "CIFF Capture Video Sender Software," za *Northrop Grumman Systems Corp – Information Systems*, USA preko CIFF BE od CIFF TC, 2011. (kategorija **M81**)
16. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "CIFF Player Video Receiver Software," za *Northrop Grumman Systems Corp – Information Systems*, USA preko CIFF BE od CIFF TC, 2011. (kategorija **M81**)
17. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "CIFF Capture Transmitting Video System," za *CIFF Business Enterprises*, USA od CIFF TC, 2009-2010. (kategorija **M81**)
18. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "CIFF Player Receiving Video System," za *CIFF Business Enterprises*, USA od CIFF TC, 2009-2010. (kategorija **M81**)
19. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "CIFF Command Line System for Image and Video Compression," za *CIFF Business Enterprises*, USA od CIFF TC, 2007-2008. (kategorija **M81**)
20. **Vladimir Čeperković**, Milan Prokin, "CIFF Command Line System for Image and Video Decompression," za *CIFF Business Enterprises*, USA od CIFF TC, 2007-2008. (kategorija **M81**)
21. **Vladimir Čeperković**, Nikola Bulatović, "HVAC system of the vehicle passenger compartment with air flow topology alteration," U.S. Patent US10696135B2, 30.06.2020. (kategorija **M91**)
22. **Vladimir Čeperković**, Nikola Bulatović, "HVAC system of the vehicle passenger compartment with air flow topology alteration," EU Patent EP3286026B1, 28.10.2020. (kategorija **M91**)
23. **Vladimir Čeperković**, Saša Pavlović, Dušan Mirković, Milan Prokin, "Fast codec with high compression ratio and minimum required resources," Canadian patent CA2499212, 19.11.2013. (kategorija **M91**)
24. **Vladimir Čeperković**, Saša Pavlović, Dušan Mirković, Milan Prokin, "Fast codec with high compression ratio and minimum required resources," U.S. Patent US8306340B2, 6.11.2012. (kategorija **M91**)
25. **Vladimir Čeperković**, Saša Pavlović, Dušan Mirković, Milan Prokin, "Fast codec with high compression ratio and minimum required resources," Korean Patent KR10-11296550000, 16.03.2012. (kategorija **M91**)
26. **Vladimir Čeperković**, Saša Pavlović, Dušan Mirković, Milan Prokin, "Fast codec with high compression ratio and minimum required resources," Japanese patent 2004-568967, 20.10.2011. (kategorija **M91**)

27. **Vladimir Čeperković**, Saša Pavlović, Dušan Mirković, Milan Prokin, "Fast codec with high compression ratio and minimum required resources," Chinese patent ZL 03825219.8, 9.07.2008. (категорија **M91**)
28. **Vladimir Čeperković**, Nikola Bulatović, "HVAC system of the vehicle passenger compartment with air flow topology alteration," Serbian Patent RS56955B1, 31.05.2018. (категорија **M92**)
29. **Vladimir Čeperković**, Saša Pavlović, Dušan Mirković, "Fast codec with high compression ratio and minimum required resources," Serbian Patent RS49934B, 29.09.2008. (категорија **M92**)

Дана 14. децембра 2022. године на Електротехничком факултету у Београду, кандидат је имао јавни усмени испит о подобности предложене теме докторске дисертације, пред комисијом у саставу:

1. др Владимир Рајовић, ванредни професор, Електротехнички факултет у Београду
2. др Петар М. Лукић, редовни професор, Машински факултет у Београду
3. др Милош Бјелић, доцент, Електротехнички факултет у Београду
4. др Жељко Ђуровић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду
5. др Радивоје Ђурић, ванредни професор, Електротехнички факултет у Београду.

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

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада, а узимајући у обзир претходно наведене чињенице, комисија констатује да је кандидат стекао неопходно искуство за научно-истраживачки рад, као и да је кандидат способан да током израде докторске дисертације оствари резултате, који могу бити вредновани од стране међународне научне заједнице. На основу претходно наведеног, комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Прецизни електромоторни серво системи имају широку примену у аутомобилској индустрији, где се користе за управљање возилом, контролу протока смеше ваздуха и горива код мотора са унутрашњим сагоревањем, те управљање контролним површинама за усмеравање ваздуха у систему вентилације. У многим од поменутих примена серво систем је критична компонента за функционалну безбедност возила, па се њега очекује поуздан рад у изразито неповољном радном окружењу, широком опсегу радних температура, уз присуство вибрација, прашине и влаге. Истовремено, избор одговарајућег сензора механичког угла, његова тачност и поузданост, критично утиче на перформансе, поузданост, и безбедност таквог серво система.

Стога не изненађује да је велика температурна стабилност и механичка робусност довела је до широке примене магнетно-резистивних (MR) сензора угаоне позиције. Код ових сензора сталан магнет причвршћен на осовину ствара магнетно поље, чија се оријентација мери MR сензорским елементима применом *anisotropic magnetoresistive* (AMR), *giant magnetoresistive* (GMR), или *tunnel magnetoresistive* (TMR) ефекта. Кључан апсект њихове примене је прецизно механичко поравнање магнета и сензора, пошто чак и мала одступања доводе до неприхватљиво велике грешке мерења. Супротно, у присуству уобичајених

механичких толеранција током серијске производње, неопходна је примена *end-of-line* (EOL) калибрације да би се постигла жељена тачност.

Међутим, поред инхерентног ограничења дугорочне тачности, EOL калибрација није ни увек применљива. Значајан је пример представља примена магнетнорезистивних сензора за мерење угаоне позиције регулационих вентила високог притиска, где је магнет смештен у чаури од нерђајућег челика, на релативно великој удаљености од сензора и уз значајну грешку поравнања оса ротације, магнета и сензора. Стога је магнетно поље на сензору слабо, са веома израженим паразитним компонентама. Истовремено, осовина није механички доступна, па није ни могуће извршити EOL калибрацију.

Предмет овог истраживања јесте развој нових метода само-калибрације магнетнорезистивних сензора угаоне позиције. Разматраће се сензори примењени у повратној спрези серво система, а посебно у контексту аутомобилских примена, ограничења локалних рачунских ресурса, и дистрибуираних система.

Циљ овог истраживања биће развој дистрибуиране методе за само-калибрацију магнетнорезистивних сензора угаоне позиције у серво системима, чиме би се избегла потреба за EOL калибрацију и унапредила дугорочна тачност система. Метода ће се базирати на идентификацији параметара мерног процеса у ситуацијама када осовина серво система досеже највећу допуштену брзину ротације. Кроз практичну реализацију биће извршена експериментална провера хипотеза, практичне променљивости саме методе, резултирајућа тачности мерног система, и преостала грешка мерења.

2.1. Релевантни библиографски извори

- [1] Meier, P.; Rohrmann, K.; Sandner, M.; Prochaska, M. *A method to calculate displacements as End of Line Calibration for AMR-based angular sensors*. In Proceedings of the 2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Houston, TX, USA, 14–17 May 2018; pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2018.8409737>.
- [2] Drljača, P.M.; Demierre, M.; Schott, C.; Popović, R.S. *Nonlinear effects in magnetic angular position sensor with integrated flux concentrator*. In Proceedings of the 2002 23rd IEEE International Conference on Microelectronics, Niš, Serbia, 12–15 May 2002; pp. 223–226. <https://doi.org/10.1109/MIEL.2002.1003180>.
- [3] Ausserlechner, U. *Inaccuracies of Giant Magneto-Resistive Angle Sensors Due to Assembly Tolerances*. IEEE Trans. Magn. 2009, 45, 2165–2174. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2009.2013712>.
- [4] Ausserlechner, U. *The Optimum Layout for Giant Magneto-Resistive Angle Sensors*. IEEE Sens. J. 2010, 10, 1571–1582. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2010.2040732>.
- [5] Faber, J. *Self-calibration and noise reduction of resolver sensor in servo drive application*. In Proceedings of the 2012 ELEKTRO, Rajecké Teplice, Slovakia, 21–22 May 2012; pp. 174–178. <https://doi.org/10.1109/ELEKTRO.2012.6225633>.
- [6] Gao, Z.; Zhou, Z.B.; Hou, B.; Li, C.; Wei, Q.; Zhang, R. *Self-Calibration of Nonlinear Signal Model for Angular Position Sensors by Model-Based Automatic Search Algorithm*. Sensors 2019, 19, 2760. <https://doi.org/10.3390/s19122760>.
- [7] Arami, A.; Rechenmann, J.D.; Aminian, K. *Reference-free Automated Magnetic Sensor Calibration for Angle Estimation in Smart Knee Prostheses*. IEEE Sens. J. 2014, 14, 1788–1796. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2014.2303644>.
- [8] Zambrano, A.; Kerkhoff, H. *Online Digital Offset Voltage Compensation Method for AMR Sensors*. In Proceedings of the 2015 IEEE International Instrumentation and Measurement

Technology Conference, Pisa, Italy, 11–14 May 2015; pp. 1512–1515. <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2015.7151502>.

- [9] Meier, P.; Rohramann, K.; Sandner, M.; Prochaska, M. *Analysis of output signals of angular position sensors for the use of neural networks*. In Proceedings of the 2019 IEEE Sensors Applications Symposium, Sophia Antipolis, France, 11–13 March 2019; pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/SAS.2019.8706010>.
- [10] Fitzgibbon, A.; Pilu, M.; Fisher, R.B. *Direct least square fitting of ellipses*. In Proceedings of the 13th International Conference on Pattern Recognition, Vienna, Austria, 25–29 August 1996; pp. 253–257. <https://doi.org/10.1109/ICPR.1996.546029>.
- [11] Halir, R.; Flusser, J. *Numerically stable direct least squares fitting of ellipses*. In Proceedings of the 6th International Conference in Central Europe on Computer Graphics and Visualisation, Plzen-Bory, Czech Republic, 9–13 February 1998; pp. 125–132.
- [12] Boyd, S.; Vandenberghe, L. *Convex Optimization*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2004. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804441>.

3. Полазне хипотезе

Истраживање у оквиру предметне дисертације базира се на следећим хипотезама:

- У примењеним електромоторним серво системима употребљени су магнеторезистивни сензори угаоне позиције.
- Постоје повремене скоковите промене задатог угла серво система, током које се осовина равномерно ротира највећом допуштеном брзином.
- Грешка мерења магнеторезистивног сензора угаоне позиције потиче од механичких толеранција у производњи сензора и поравнању сензора и магнета, и може се адекватно моделовати применом комбинације линеарног и хармонијског модела.
- Применом разних метода оптимизације могуће је идентификовати модел мерног процеса магнеторезистивног сензора угаоне позиције.
- Контролери електромоторних серво система су реализовани као дигиталне контролне јединице са ограниченим рачунским капацитетом, које су повезане са електронским контролним јединицама.
- У савременим возилима постоји бар један сервер са значајним расположивим рачунским капацитетом, који са електронским контролним јединицама формира комуникациону мрежу.

4. Научне методе истраживања

У овом истраживању биће примењене следеће методе:

- Компаративна анализа различитих приступа које се користе у литератури и индустрији.
- Моделирање параметризованог процеса мерења, математичка анализа добијеног модела, и одређивање апроксимативног инверзног модела.
- Прилагођење методе идентификације параметара модела мерења за примену на конкретном проблему.
- Прилагођење методе идентификације параметара модела дистрибуираној реализацији.
- Реализација методе, и експериментална верификација рада у различитим околностима.
- Статистичка и фреквентна анализа експерименталних података.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће ова дисертација довести до следећих научних доприноса:

- Предлог рачунски ефикасног метода калибрације мерења угаоне позиције употребом магнеторезистивних сензора, поступком апроксимативне инверзије модела процеса мерења.
- Предлог методе идентификације параметара модела процеса мерења угаоне позиције употребом магнеторезистивних сензора, поступком оптимизације критеријумске функције у току великих промена позиције серво система, те применом обсервера позиције серво система за унутрашњу референцу.
- Предлог дистрибуираног метода за идентификацију параметара модела процеса мерења угаоне позиције употребом магнеторезистивних сензора, са рачунски ефикасном методом прикупљања и агрегације података, и аутономном методом за одређивање параметара на основу агрегата.
- Предлог методологије за реализацију методе у склопу дистрибуираног рачунског система возила.
- Експериментална валидација предложених метода.

Добијени научни резултати ће бити дати на увид јавности путем публикација у релевантним научним часописима и представљањем на научно-стручним скуповима.

6. План истраживања и структура рада

Планирано је да се истраживање изведе у следећим фазама:

1. Анализа релевантних приступа у литератури и индустрији.
2. Развој модела мерног процеса, и рачунски ефикасне методе калибрације на основу инверзије модела мерног процеса.
3. Развој методе идентификације параметара модела мерног процеса.
4. Развој дистрибуиране методе за идентификације параметара модела мерног процеса.
5. Развој методологије за реализацију дистрибуиране методе само-калибрације у контексту возила као дистрибуираног рачунског система.
6. Имплементација развијене методе, реализација експерименталне лабораторијске поставке, и експериментална верификација модела.
7. Статистичка анализа експерименталних резултата, са посебним освртом на карактеристике резидуала.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, непосредног увида у досадашњи рад, и усменог испита о подобности предложене теме докторске дисертације, Комисија доноси следеће закључке:

- Кандидат испуњава све законске, формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду, и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за израду докторске дисертације,

- Предложена тема “Дистрибуирани метод за само-калибрацију магнеторезистивних сензора угаоне позиције у серво системима” (енг. “*A distributed method for self-calibration of magnetoresistive angular position sensor within a servo system*”) је научно заснована и резултати до којих ће се доћи током израде ове дисертације представљаће значајан и оригинални допринос. Тема припада ужој научној области Електроника.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Владимиру Чеперковићу одобри израду докторске дисертације под насловом “Дистрибуирани метод за само-калибрацију магнеторезистивних сензора угаоне позиције у серво системима” (енг. “*A distributed method for self-calibration of magnetoresistive angular position sensor within a servo system*”). За ментора Комисија предлаже др Милана Прокина, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 16.12.2022.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



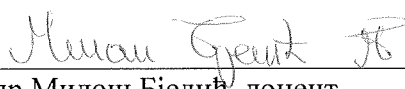
др Милан Прокин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



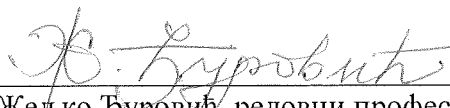
др Владимир Рајовић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



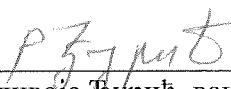
др Петар М. Лукић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет



др Милош Бјелић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



др Радивоје Ђурић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет