

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Хариса Туркмановића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства.

Одлуком број 266/41 од 10.02.2026 године, донетој на 924. седници Изборног и Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Хариса Туркмановића под насловом

Оптимизација процене стања напуњености батерије у наменским рачунарским системима
(енг. *Optimization of Battery State of Charge Estimation in Embedded Systems*)

После прегледа достављене Дисертације, других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Харис Туркмановић је уписао докторске студије 10.10.2019. године на Електротехничком факултету у Београду, модул Електроника. Током студија положио је десет испита са просечном оценом 10,00 и одрадио све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене планом и програмом. На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

Тему докторске дисертације, под насловом „Оптимизација процене стања напуњености батерије у наменским рачунарским системима”, кандидат је пријавио 29.01.2025. године Комисији за студије трећег степена на Електротехничком факултету у Београду. Комисија за студије трећег степена, на својој седници одржаној 04.02.2025. године, разматрала је предлог теме докторске дисертације а затим је предлог комисије за оцену подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу на усвајање.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду именовало је комисију за оцену услова и прихватања теме докторске дисертације (одлука број 272/21 од 11.02.2025.) у следећем саставу:

- др Лазар Сарановац, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
- др Петар Лукић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Жељко Ђуровић, редовни професор Универзитет у Београду, Електротехнички факултет.

За менторе докторске дисертације предложени су проф. др Иван Поповић и проф. др Владимир Рајовић.

Јавни усмени испит о подобности теме и кандидата одржан је 11.03.2025. године, на Електротехничком факултету у Београду пред именованом комисијом која је једногласно оценила одбрану предложене теме оценом „задовољио“.

Наставно-научно веће је, на својој 907. седници, усвојило Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука број 650/10 од 08.04.2025. године).

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 27.05.2025. године, дало је сагласност на предложену тему докторске дисертације под насловом „Оптимизација процене стања напуњености батерије у наменским рачунарским системима“ (одлука број 61206/2-25 од 27.05.2025).

Кандидат је 26.01.2026. године предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена је, на својој седници 03.02.2026. године, потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду за формирање комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

Наставно-научно веће је, на 902. седници одржаној 10.02.2026. године, именовало комисију за преглед и оцену докторске дисертације (одлука број 266/41 од 10.02.2026. године) у следећем саставу:

- др Лазар Сарановац, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
- др Жељко Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
- др Ненад Јевтић, редовни професор, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет,
- др Ненад Јовичић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет.
- др Александар Ракић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,

1.2. Научна област дисертације

У ширем смислу, тема докторске дисертацији припада научној области Техничке науке – Електротехника и рачунарство, за коју је матичан Електротехнички факултет у Београду. У ужем смислу, тема докторске дисертације припада научној области Електроника – Наменски рачунарски системи.

За менторе докторске дисертације одређени су:

- др Иван Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
- др Владимир Рајовић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет.

Оба ментора имају вишегодишње истраживачко искуство везано за научну област којој припада докторска дисертација кандидата.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Харис Туркмановић је рођен 21.05.1995. године у Пријеполју. Основну школу завршио је у Новој Вароши као носилац дипломе „Вук Караџић“. Након завршене основне школе уписује гимназију „Пиво Караматијевић“ у Новој Вароши коју завршава 2014. године, такође као носилац дипломе „Вук Караџић“.

Електротехнички факултет у Београду уписао је 2014. године. Након завршене прве године одређује се за модул Електроника на коме и дипломира у септембру 2018. године са просечном оценом 9.02. Под менторством проф. др Лазара Сарановца, са оценом 10, одбранио је дипломски рад под називом „Имплементација функција за праћење тока извршавања програма у FreeRTOS оперативном систему“.

Након завршених основних академских студија, 2018. године уписује мастер академске студије на катедри за електронику Електротехничког факултету у Београду. Након годину дана завршава мастер академске студије са просечном оценом 10. Мастер рад, под називом „Реализација симулатора за анализу скалабилности и перформанси дистрибуираних наменских система“, одбранио је са оценом 10 под менторством проф. др Ивана Поповића.

На Електротехничком факултету у Београду 2019. године уписује докторске академске студије, када и започиње своје научно истраживање. У току досадашњег истраживачког рада, у оквиру докторских студија, започео је две области истраживања у вези са наменским рачунарским система:

- (1) мрежни наменски рачунарски системи
- (2) батеријски напајани наменски рачунарски системи

У оквиру наведених области истраживања објавио је четири рада у научним часописима међународног значаја, десет конференцијских радова, један рад у часопису од националног значаја и једно техничко решење. У току докторских студија, са просечном оценом десет, положио је десет предмета предвиђених планом и програмом по акредитацији 2013.

У току основних академских студија, у школској 2018/19, први пут је ангажован на Електротехничком факултету као студент демонстратор при катедри за електронику. На истој катедри, након уписа мастер академских студија школске 2019/20, продужава звање демонстратора за трајања једног (зимског) семестра, а затим се од 01.02.2019. године и запошљава као сарадник у настави на Електротехничком факултету у Београду. Од 21. фебруара 2020. године први пут је изабран у звање асистента.

У току досадашњег ангажовања на Електротехничком факултету у Београду, Харис Туркмановић је објавио један универзитетски уџбеник и учествовао је на три међународна, једном научном и једном комерцијалном пројекту.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација, под називом „Оптимизација процене стања напуњености батерије у наменским рачунарским системима”, је написана на српском језику на укупно 173 стране. Садржи 6 поглавља, 50 табела, 107 слика и листу од 151 референце.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед области
3. Преглед методологије
4. Експериментална поставка
5. Верификација методологије
6. Закључак

Поред основних поглавља, дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, станицу са подацима о ментору и члановима комисије, сажетак са кључним речима и подацима о научној области на српском и енглеском језику, биографију аутора и обавезне изјаве: изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

После увода, у оквиру друге секције, најпре је извршена категоризација батеријски напајаних наменских рачунарских система са становишта временског облика струје потрошње карактеристичних класа примене батеријски напајаних наменских рачунарских система. Након тога, представљен је основни скуп параметара батерије који су важни приликом пројектовања батеријски напајаних наменских рачунарских система, а затим су представљени типови батерија који се најчешће користе у оквиру батеријски напајаних наменских рачунарских система. У последњем делу ове секције анализиране су различите методе за процену тренутне вредности параметра стања напуњености батерије – *SoC* (енг. *State of Charge*) параметра. У оквиру овог дела, најпре су идентификоване особине, као што су тачност, рачунарска сложеност, робусност и сложеност припремних прорачуна, које су важне у случају примене ових метода у батеријски напајаним наменским рачунарским системима а затим је извршено рангирање сваке од метода у скупу претходно поменутих особина.

У трећој секцији представљена је методологија која обухвата две методе за процену стања напуњености батерије: једну засновану на употреби проширеног Калмановог филтра и другу, методу адаптивне процене, која је предложена и дефинисана у овој докторској дисертацији. Поред две методе, разматрана методологија анализира и скуп различитих приступа који се могу искористити у случају имплементације ових метода на батеријски напајаним наменским рачунарским системима како би се остварила минимална деградација оперативног времена система, тј. смањила потрошња енергије која одлази на извршавање алгоритама за процену стања напуњености батерије уз истовремено очување захтеваног нивоа тачности процене. Сходно томе, у овој секцији је најпре спроведена анализа проширеног Калмановог филтра са становишта особина које су битне у случају софтверске имплементације на наменским рачунарским системима, као што су рачунарска комплексност, тачност, робусност и комплексност припремних прорачуна. Анализиране су две варијанте проширеног Калмановог филтра: K0 варијанта, која користи једноставан електрични модел батерије заснован на редној отпорности батерије, и K2 варијанта, која користи комплекснији електрични модел батерије кола другог реда. У другом делу ове секције представљена је мотивација, као и софтверски имплементациони аспекти, методе адаптивне процене (адаптивна метода) која представља синтезу две варијанте проширеног

Калмановог филтра и која омогућава интеграцију у оквиру великог броја различитих класа примене батеријски напајаних наменских рачунарских система. Главна карактеристика функционалности предложене методе је заснована на динамичкој промени периоде позивања алгорита, као и динамичкој промени коришћеног електричног модела батерије, како би се на интервалу оперативног времена система остварио компромис између тачности процене, потрошње енергије која одлази на процену али и искоришћености процесорског времена потребног за извршавање алгорита методе.

У четвртој секцији је описана експериментална поставка, као и вредности експериментално одређених параметара разматраних електричних модела батерије и параметара рачунарске сложености. Централни део експерименталне поставке чини мерни систем који обухвата хардверске компоненте за мерење струје и напона батерије, као и софтверске компоненте задужене за анализу прикупљених података, управљање хардверским ресурсима и генерисање произвољних временских облика струје потрошње. Основне компоненте мерног система, реализованог за потребе израде ове докторске дисертације, описане су у првом делу ове секције. Спроведене експерименталне процедуре за одређивање вредности параметара разматраних електричних модела, за случај конкретне литијумске батерије, су представљене у другом делу ове секције. У оквиру трећег дела ове секције анализирани су различити приступи за имплементацију обе варијанте проширеног Калмановог филтра (K0 и K2), и адаптивне методе, како би се добиле вредности параметара рачунарске сложености у случају имплементације на конкретној наменској рачунарској платформи. Вредности параметара, добијени у овој секцији, представљају основне улазне параметре за анализе спроведене у петој секцији.

У петој секцији спроведена је верификација предложене методологије која има за циљ да квантификује утицај периоде позивања проширеног Калмановог филтра на тачност процене, потрошњу енергије и искоришћеност процесорског времена, као и верификацију функционалности нове методе адаптивне процене. Верификација је спроведена коришћењем симулационог окружења, развијеног за потребе израде ове докторске дисертације, које омогућава комбиновање експериментално одређених параметара са произвољним временским облицима струје потрошње који су одређени функционалностима батеријски напајаног наменског рачунарског система који нису везани са алгоритмом методе за процену стања напуњености батерије. Компоненте симулационог окружења су представљене у првом делу ове секције док су критеријуми и услови верификације описани у другом делу. У трећем делу ове секције представљени су резултати верификације методологије. Први део резултата квантификује утицај периоде позивања на тачност процене стања напуњености батерије и потрошњу енергије за сваку варијанту проширеног Калмановог филтра и различите класе примене батеријски напајаних наменских рачунарских система. Добијени резултати су анализирани у циљу одређивања оптималне фиксне периоде позивања којом се, на интервалу оперативног времена система, постиже компромис између тачности процене тренутне вредности стања напуњености батерије и потрошње енергије која одлази на процену. Други део резултата верификује функционалност адаптивне методе и, за сваку од разматраних класа примене батеријски напајаних наменских рачунарских система, пореди добијене особине са обема варијантама проширеног Калмановог филтра које се позивају са оптималним периодима.

Главни закључци анализа спроведених у овој докторској дисертацији, као и смернице за даља истраживања, су представљени у шестој секцији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Ова докторска дисертација се бави проблемом оптимизације процене стања напуњености батерије у батеријски напајаним наменским рачунарским системима, који представља један од кључних изазова у процесу пројектовања модерних батеријски напајаних наменских рачунарских система. У контексту растућих захтева за енергетском ефикасношћу, квантификовање утицаја периоде позивања једног од најчешће коришћених алгоритама за процену стања напуњености батерије, заснованог на проширеном Калмановом филтру, као и описане процедуре одређивања оптималне периоде позивања овог алгоритама, представљају важне кораке за развој енергетски ефикасних батеријски напајаних уређаја. Оригиналност дисертације се огледа у формализацији методологије за избор оптималне периоде позивања проширеног Калмановог филтра, као и у развоју нове адаптивне методе која динамички прилагођава периоду позивања и комплексност електричног модела у зависности од тренутних режима рада батеријски напајаног наменског рачунарског система. Додатно, употребом симулационог окружења и мерног система, који су развијени као резултат рада на овој докторској дисертацији, омогућена је интеграција параметара електричног модела, произвољних једноћелијских батерија, и параметара рачунарске сложености, произвољног наменског рачунарског система, у јединствен алат који поставља основе за даљу анализу особина различитих метода за процену стања напуњености батерије у случају софтверске имплементације на наменским рачунарским системима.

Резултати представљени у оквиру ове дисертације су актуелни имајући у виду велики број референци новијег датума које су коришћене за компаративну анализу, као и растући број индустријских решења у овој области.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Анализирана литература, дата у списку референци, је обимна и релевантна. Наведено је укупно 151 библиографских референци на које се кандидат позива, како приликом увођења теоријских појмова везаних за конкретне батеријски напајане наменске рачунарске системе, типове батерија и постојеће методе за процену стања напуњености батерије, тако и приликом детаљне анализе употребе проширеног Калмановог филтра за потребе процене стања напуњености батерије. Приказана литература даје комплетну анализу тренутних достигнућа у областима које покрива тема дисертације. У оквиру наведене литературе изложени су и радови публиковани у часописима и на конференцијама на којима је кандидат Харис Туркмановић првопотписани аутор или коаутор.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методе истраживања, које је су вези са овом докторском дисертацијом, обухватиле су теоријске и експерименталне методе. Коришћене теоријске метода истраживања обухватиле су:

- анализу доступне литературе која обрађује алгоритме за процену напуњености батерија и њихову систематизацију са становишта основних параметара особина као што су тачност, рачунарска сложеност, робусност, сложеност припремих прорачуна и применљивост у оквиру система ограничених ресурса као што су батеријски напајани рачунарска система,
- анализу литературе која обрађује моделе различитих врста батерија,
- анализу различитих метрика за тачност процене напуњености батерија,
- анализу метода за одређивање параметара електричног модела батерија,

- анализу техника за оптимизацију софтвера, које се могу применити на проширени Калманов филтар како би се на наменској рачунарској платформи смањило трајање извршавања једног циклуса алгоритма и постигла уштеда рачунарских и енергетских ресурса,
- дефинисање математичке зависности тачности процене и потрошње енергије од периоде позивања проширеног Калмановог филтра.

Неке од коришћених експерименталних метода обухватиле су:

- развој прототипа уређаја који се користи за мерење напона и струје батерије и генерисање различитих временских облика струје потрошње како би се омогућила екстракција параметара батерије и емулација потрошње наменских система,
- пуњење и пражњење батерије струјама различитих временских облика које су дефинисане техникама за одређивање параметара електричног модела батерије,
- анализу експериментално добијених резултата и одређивање вредности параметара електричног модела батерије,
- спровођење експериментално пражњења батерије струјама различитих временских облика, који емулирају различите режиме рада наменског рачунарског система,
- имплементацију и валидацију функционалности проширеног Калмановог филтра, и адаптивне методе, на рачунару опште намене, на основу које је извршена анализа тачности и енергетске ефикасности,
- квантификовање особина проширеног Калмановог филтра у области брзине извршавања на конкретном наменском рачунарском систему.

Примењена методологија у потпуности одговара проблемима који су решавани у докторској дисертацији, као и стандардима научно-истраживачког рада, а у сагласности је са циљевима дефинисаним на почетку израде дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати представљени у овој докторској дисертацији имају применљивост у процесу пројектовања батеријски напајаних наменских рачунарских система јер анализирају и квантификују различите приступе за имплементацију обе варијанте проширеног Калмановог филтра, као и утицај периоде позивања на потрошњу енергије и тачност процене SoC параметра. Добијени резултати, заједно са развијеним мерним системом и симулационим окружењем, омогућавају инжењерима да, у зависности од ограничења конкретне хардверске платформе и класе примене батеријски напајаног наменског рачунарског система, одаберу варијанту филтра (K0 или K2), изврше подешавање параметара одабране варијанте филтра и одреде оптималну фиксну периоду позивања. Посебан значај резултата огледа се у дефинисању јасних критеријума оптимизације за избор оптималне периоде позивања које у појединим класама примене система омогућава вишеструко продужење оперативног времена или значајно смањење искоришћености процесорског времена, чиме се унапређују особине система битне за рад у реалном времену. Поред тога, предложена адаптивна метода омогућава практичну примену, без потребе за сложеним анализама оптималне периоде позивања, што додатно повећава применљивост резултата у практичним применама и развоју модерних батеријски напајаних наменских рачунарских система где процена стања напуњености батерије представља неизоставну функционалност.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Харис Туркмановић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, показао је све особине неопходне за самосталан научно-истраживачки рад. У прилогу томе сведочи да је до сада објавио 15 научно-стручних радова, од чега 4 публикована у међународним часописима са импакт фактором, где је на свим радовима првопотписани аутор.

Начин на који је написана докторска дисертација, као и научни доприноси који су у њој представљени, потврђују спремност кандидата за самосталан научно-истраживачки рад, почевши од систематичног прегледа доступне литературе, преко уочавања недостатака и ограничења предложених методологија и постојећих решења, до развијања новог решења за процену стања напуњености батерије које омогућава динамичку промену периоде позивања, и комплексности коришћених електричних модела батерије, како би се минимално деградирало оперативно време система одређено извршавањем осталих функционалности батеријски напајаног наменског рачунарског система.

Научни рад кандидата одликује темељан и систематичан приступ решавања научних проблема.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени доприноси ове дисертације су следећи:

- сагледани су тренутни недостаци приступа за процену стања напуњености батерије код наменских рачунарских система, како по питању избора технике процене тако и по питању ефикасности процене у смислу тачности процене и енергетских захтева,
- извршена је теоријска анализа утицаја периоде позивања проширеног Калмановог филтра, као и његове рачунарске сложености, на тачност процене и потрошњу енергије, која као резултат дефинише критеријум за одређивање вредности оптималне фиксне периоде позивања проширеног Калмановог филтра за изабрану варијанту алгорита и изабране параметре оптимизације,
- квантификоване су особине обе варијанте проширеног Калмановог филтра за процену стања напуњености батерија, у области параметара рачунарске сложености, за случај примене на наменском рачунарском систему,
- дефинисана је нова метода за процену стања напуњености батерије, заснована на проширеном Калмановом филтру, која постиже компромис између остварене тачности процене, уложене енергије, и утрошеног процесорског времена које одлази на процену,
- аутоматизован је процес одређивања параметара електричног модела батерије реализацијом специјализованог скупа хардверских и софтверских компоненти.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У оквиру ове дисертације јасно су идентификовани недостаци који постоје у случају имплементације метода за процену стања напуњености батерије, као чисто софтверског решења, на системима ограничених ресурса као што су батеријски напајани наменски рачунарски системи. Већина истраживања која се бави методама за процену стања напуњености батерије анализира особине методе искључиво у области тачности, док се са друге стране јасно уочава одсуство анализе особине које су у вези са потрошњом енергије која одлази на процену. Квантификовање ових особина је важно у случају имплементације

метода за процену стања напуњености батерије на системима ограничених ресурса као што су батеријски напајани наменски рачунарски системи.

Како би се илустровао и квантификовао утицај потрошње енергије која одлази на извршавање саме методе, што као последицу има смањење оперативног времена батеријски напајаног наменског рачунарског система, у овој докторској дисертацији, на конкретном наменском рачунарском систему, имплементирани су две најчешће коришћене методе за процену стања напуњености батерије засноване на проширеном Калмановом филтру. Добијени резултати, у области времена извршавања једне итерације, су искоришћени у анализама које нумерички квантификују утицај који периода позивања, али и сложености коришћеног електричног модела батерије, има на деградацију оперативног времена система и остварену тачност процене.

Анализом резултата закључено је да избор периоде, као и одговарајућег електричног модела батерије, представља кључан корак у случају пројектовања батеријски напајаних наменских рачунарских система. Додатно, јасно је дефинисан критеријум који, за различите класе примене батеријски напајаних система, омогућава избор фиксне оптималне периоде позивања. Резултати добијени у овим анализама представљали су основни мотив за дефинисање методе која ће, уместо фиксне периоде на интервалу оперативног времена система, омогућити динамичку промену периоде позивања, као и сложености електричног модела батерије, у зависности од тренутне динамике струје потрошње система.

Увидом у циљеве истраживања, полазне хипотезе и остварене резултате, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на значајна питања из проблематике која је анализирана у дисертацији. Приказани резултати су нови, оригинални и савремени, а доприноси дисертације се могу искористити како у даљим истраживањима, тако и у практичним индустријским системима.

4.3. Верификација научних доприноса

У оквиру истраживачког рада у области теме докторске дисертације кандидат Харис Туркмановић је објавио два рада као првопотписани аутор у часопису са SCI листе и два рада на међународним конференцијама који су директној вези са темом докторске дисертације.

Категорија M22:

1. **H. Turkmanović, I. Popović, V. Rajović**, "Toward Energy Efficient Battery State of Charge Estimation on Embedded Platforms," *Electronics*, Vol. 13, No. 21, Oct. 2024, doi: 10.3390/electronics13214256 (IF: 2.9)
2. **H. Turkmanović, M. Karličić, V. Rajović, I. Popović**, "High Performance Software Architectures for Remote High-Speed Data Acquisition, Electronics," *Electronics*, Vol. 12, No. 20, Oct. 2023, doi: 10.3390/electronics12204206 (IF: 2.9)

Категорија M33:

1. **V. Denić, H. Turkmanović, I. Popović**, "Implementation of Extended Kalman Filter for Battery State of Charge Estimation on an Embedded Platform," *32nd Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, Nov. 2024, doi: 10.1109/TELFOR63250.2024.10819130.
2. **H. Turkmanović and I. Popović**, "A systematic approach for designing battery management system for embedded applications," *Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, Novi Sad, Serbia, May 2021, doi: 10.1109/ZINC52049.2021.9499253. (M33)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Хариса Туркмановића, под насловом „Оптимизација процене стања напуњености батерије у наменским рачунарским системима” (енг. *Optimization of Battery State of Charge Estimation in Embedded systems*) написана је на српском језику, у складу са образложењем наведеним у пријави теме и садржи све елементе који се захтевају Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета у Београду.

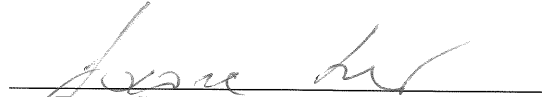
Резултати добијени у анализама спроведеним у оквиру докторске дисертације показују да у случају батеријски напајаних наменских рачунарских система периода позивања у великој мери утиче на тачност процене, потрошњу енергије која одлази на процену али и искоришћеност процесорског времена. У системима са релативно великим статичким струјама потрошње, избором одговарајуће периоде позивања могуће је остварити уштеде до 15% у процесорском времену потребном за извршавање методе, за случај K0 варијанте, док је у случају K2 варијанте могуће уштедети и до 50% процесорског времена. На тај начин је могуће остварити боље особине ових система које су битне за рад у реалном времену. Коришћењем оптимизационог критеријума, предложеног у овој докторској дисертацији, за сваку разматрану класу система са статичком струјом потрошње одређене су вредности оптималне периоде позивања. У случају система мале статичке потрошње (у анализираном опсегу од C/5 до C/5000) избором оптималне методе могу се остварити продужење оперативног времена система до 16 пута, у случају K0 варијанте, и 50 пута, у случају K2 варијанте, уз минималну деградацију тачности процене. У случају батеријски напајаних наменских рачунарских система са малом динамичком струјом потрошње, показано је да се коришћењем K0 варијанте, која се позива са оптималном периодом, постиже значајно продужење оперативног времена система али и боља тачност процене у односу на K2 варијанту. Са друге стране, показано је да је K0 варијанте неупотребљива у системима средње и велике динамичке струје потрошње уколико је потребно постићи да грешка процене буде у реалним границама од 1%. Са друге стране, периодичним извршавањем K2 варијанте проширеног Калмановог филтра са оптималном периодом, постиже се продужење оперативног времена система од 34 %, у случају система средње динамичке потрошње, док се у случају система велике динамичке потрошње могу остварити уштеде и до 50% у области процесорског времена што значајно побољшава особине система битне за рад у реалном времену. Резултати анализе адаптивне методе показују да се у случају њене примене у наменским рачунарским системима елиминише потреба за спровођењем сложених и временски захтевних анализа усмерених на одређивање оптималне периоде позивања обе варијанте проширеног Калмановог филтра. Уместо тога, алгоритам адаптивне методе, уз адекватну конфигурацију параметара која обезбеђује задовољење захтева у домену тачности процене, омогућава да се остварене особине у области потрошње енергије која одлази на процену, тачности процене и удела процесорског времена аутоматски позиционирају у опсегу вредности који је упоредив са резултатима добијеним применом појединачних варијанти проширеног Калмановог филтра које се позивају са претходно одређеним оптималним периодама.

Најважније резултате проистекле из истраживања спроведеног у оквиру дисертације кандидат је публиковао у часопису са SCI листе и на међународним конференцијама. На основу увида у докторску дисертацију и објављене радове, Комисија констатује да дисертација „Оптимизација процене стања напуњености батерије у наменским рачунарским системима”, кандидата Хариса Туркмановића, садржи оригиналне научне доприносе.

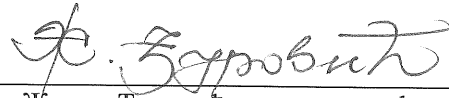
На основу претходног, Комисија констатује да је Харис Туркмановић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом „Оптимизација процене стања напуњености батерије у наменским рачунарским системима” треба да прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду како би се одобрила јавна усмена одбрана.

У Београду, 03.03.2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



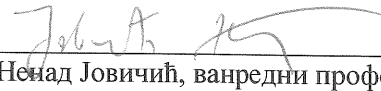
др Лазар Сарановац, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



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



др Ненад Јевтић, редовни професор
Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет



др Ненад Јовичић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Александар Ракић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет