

Универзитет у Београду  
Електротехнички факултет

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мастер инжењера електротехнике и рачунарства Драгомира Ел Мезенија.

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду бр 5034/10-3 донетој на 825. седници одржаној 17.4.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Драгомира Ел Мезенија под насловом

**Локални оператор за репродукцију слика широког динамичког опсега уз очување детаља**

односно

**Local tone mapping operator for detail preserving reproduction of high dynamic range images**

После прегледа достављене Дисертације и пратећег материјала, као и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Драгомир Ел Мезени је уписао докторске студије у школској 2010/11. години на Електротехничком факултету у Београду, са почетком у пролећном семестру. Тему под насловом "Локални оператор за репродукцију слика широког динамичког опсега уз очување детаља" пријавио је 1.12.2016. године. Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације 6.12.2016. године и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно-научном већу на усвајање. Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је на 808. седници одржаној 13.12.2016. године, Одлуком бр. 5034/10-1 од 21.12.2016. године, именовало Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Лазар Сарановац, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Милан Прокин, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Миодраг Поповић, редовни професор у

пензији (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Марко Барјактаровић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

Извештај комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације је усвојен на 810. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета, Одлуком бр. 5034/10-2 од 14.2.2017. године. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је дало сагласност на предложену тему докторске дисертације на седници одржаној 27.2.2017. године, Одлуком бр 61206-870/2-17.

Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену 4.4.2018. године. Комисија за студије трећег степена је потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације 10.4.2018. године. Наставно-научно веће Електротехничког факултета је на 825. седници одржаној 17.4.2018. године, Одлуком бр 5034/10-3 од 26.4.2018. године, именовало Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Лазар Сарановац, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Милан Прокин, редовни професор (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Миодраг Поповић, редовни професор у пензији (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Марко Барјактаровић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Јелена Поповић-Божовић, доцент (Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

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. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета, као и додатно продужење за годину дана на основу Одлуке 24-06/02-2010/5034 од 6.2.2018. године.

## **1.2. Научна област дисертације**

Дисертација обухвата развој локалног оператора за репродукцију слика широког динамичког опсега уз очување детаља. У оквиру дисертације је предложена и хардверска архитектура алгорита вођеног филтра великих димензија, који представља рачунски најзахтевнији корак у оквиру представљеног алгорита. С тим у виду дисертација припада научној области Техничких наука - електротехнике, а у ужем смислу научној области Електроника.

За ове области матичан је Електротехнички факултет. Ментор дисертације је др Лазар Сарановац, редовни професор на Електротехничком факултету Универзитета у Београду због значајних научних доприноса у области теме докторске дисертације, посебно у области наменских рачунарских система и дигиталној обради сигнала.

## **1.3. Биографски подаци о кандидату**

Драгомир Ел Мезени је рођен 26.11.1985. године у Београду. Основну школу "Јован Јовановић Змај" је завршио у Обреновцу 2000. године, а Математичку гимназију у Београду 2004. године. Основне студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду уписао је 2004. године, а дипломирао је 2008. године на Одсеку за електронику са просеком 9.96. Дипломски рад под називом "Имплементација

периферија на *Embedded PowerPC* процесору" је одбранио са оценом 10 под менторством проф. др Лазара Сарановца. Мастер студије на истом одсеку је завршио 2010. године са просечном оценом 10. Мастер рад под називом "Имплементација *JPEG XR* енкодера на хетерогеном мултипроцесорском систему" је одбранио 2010. године са оценом 10 под менторством проф. др Лазара Сарановца. Докторске студије на одсеку за електронику Електротехничког факултета, Универзитета у Београду је уписао 2010. године. Све испите на докторским студијама је положио са оценом 10. Тему докторске дисертације под називом "Локални оператор за репродукцију слика широког динамичког опсега уз очување детаља" је пријавио у децембру 2016. године. У марту 2018. године је прихваћен рад са називом "*Enhanced local tone mapping for detail preserving reproduction of high dynamic range images*" у врхунском међународном часопису са *SCI* листе, категорије M21, чиме је остварен услов за предају докторске дисертације. Кандидат је предао докторску дисертацију на преглед и оцену у априлу 2018. године.

Од 2008. кандидат је запослен на Катедри за електронику као сарадник у настави, а 2011. је унапређен у звање асистента. У звању асистента је био до јуна 2017. године када је почео да ради у својству вишег лабораторијског инжењера. Изводио је вежбе на табли из већег броја предмета Катедре за електронику међу којима су: Основи аналогне електронике за ИП, Основи дигиталне електронике, Дигитална електроника, Увод у пројектовање интегрисаних кола, Увод у пројектовање *VLSI* система, Дигитални *VLSI* системи, Интегрисани вишепроцесорски системи, Дигитална обрада слике, Практикум из рачунара.

Од јула 2009. до априла 2010. године кандидат је обављао стручну праксу у компанији *Silicon Hive* из Ајндховена где је радио на имплементацији *JPEG XR* алгоритма за компресију слике на хетерогеном вишепроцесорском систему погодном за коришћење у мобилним уређајима. Резултати ове праксе искоришћени су за мастер рад. Од 2011. године кандидат је ангажован на пројекту који компанија *Intel* има са Електротехничким факултетом, а који се бави развојем и имплементацијом алгоритама дигиталне обраде слике за употребу на преносним платформама. Од 2011. године је такође ангажован на два пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Од 2013. године је започео рад на пројекту који се бави развојем система за рад са сликама широког динамичког опсега. Конкретан циљ је био да се развије алгоритам који омогућава ефикасну редукцију динамичког опсега уз што боље очување детаља. Само решење је намењено за мобилне платформе уз захтев да се подржи рад са видео секвенцама. Резултат рада на овом пројекту представљају 3 *US* патента и 3 рада од којих је један објављен у часопису категорије M21, други је прихваћен за објављивање у часопису категорије M23, док је трећи рад тренутно на рецензији.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на српском језику и садржи 214 страна куцаног текста, 116 слика, 14 табела и 129 библиографских референци. Дисертација садржи насловну страну, кратак резиме на српском и енглеском језику, садржај, 6 поглавља и списак коришћене литературе. Наслови поглавља докторске дисертације су:

1. Увод
2. Оператори за репродукцију *HDR* слика
3. Локални оператор - *ELTM*
4. Примена *ELTM* –а у видео секвенцама
5. Анализа убрзања и хардверска реализација вођеног филтра великих димензија
6. Закључак

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводној глави дисертације су изложени основни проблеми перцепције, аквизиције и репродукције слика широког динамичког опсега. Анализирано је функционисање људског визуелног система и механизми који омогућавају перцепцију сцена широког динамичког опсега. Након тога су детаљно представљени системи за аквизицију слика широког динамичког опсега. Аквизицију слика широког динамичког опсега могуће је постићи модификацијом постојећих пиксела, модификацијом постојећих сензора или коришћењем постојећих сензора и специјализованих техника аквизиције. Сва три приступа су детаљно анализирана, при чему су описани кључни правци истраживања. Посебан акценат је стављен на могућности аквизиције слика широког динамичког опсега коришћењем стандардних сензора, с обзиром да је овај приступ тренутно доминантан. Затим је анализирана могућност репродукције слика широког динамичког опсега. Детаљно су анализирани могућности тренутно доступних технологија дисплеја за репродукцију слика широког динамичког опсега, као и тренутни правци истраживања.

У другој глави дисертације је представљен проблем репродукције слика широког динамичког опсега на дисплејима знатно мањег динамичког опсега и уведен је појам оператора за репродукцију. Након тога је дата класификација ових алгоритама, представљени су основни приступи решавања овог проблема, при чему су детаљно описани оператори који представљају сваку од класа. Детаљно су описана постојећа решења и анализирани су перформансе сваког од њих. На крају овог поглавља је сумирано тренутно стање у области и указана је потреба за новим оператором који поседује квалитет слике локалних оператора, робусност глобалних и има могућност флексибилног подешавања различитих аспеката излазне слике.

Алгоритам новог локалног оператора за репродукцију слика широког динамичког опсега је детаљно описан у трећој глави. Детаљно су образложени сви кораци алгоритма и представљена је њихова веза за постојећим решењима. Након тога је описан проблем евалуације квалитета оператора за репродукцију слика широког динамичког опсега и описани су кључни правци истраживања у овом домену. Анализирана је робусност представљеног алгоритма на великој бази јавно доступних слика коришћењем више различитих објективних метода евалуације квалитета. Резултати су упоређени са постојећим решењима који представљају основне правце

приступа проблему репродукције слика широког динамичког опсега. У овој глави је такође описан поступак аутоматске корекције параметра осветљаја предложеног алгоритма којим се значајно повећава робусност.

Проблем репродукције видео секвенци широког динамичког опсега је анализиран у четвртој глави. Описани су основни проблеми који се јављају овом приликом, као и тренутно актуелни правци истраживања у овој области. Описан је поступак темпоралне контроле предложеног локалног оператора којим се омогућава његова употреба за репродукцију видео секвенци.

У петој глави дисертације анализирана је могућност ефикасне имплементације великих филтара осетљивих на ивице. Најпре су анализирани могућности ефикасне имплементације билатералног филтра и представљени су основни правци истраживања. Затим је анализиран алгоритам вођеног филтра и могућност његове ефикасне имплементације. Приказана су постојећа хардверска решења билатералног и вођеног филтра. У овој глави је предложено побољшање алгоритма брзог вођеног филтра којим се значајно побољшава квалитет апроксимације. У оквиру ове главе је такође детаљно описана хардверска архитектура унапређене варијанте брзог вођеног филтра. Детаљно су анализирани различити аспекти предложене хардверске архитектуре и дато је поређење са тренутно актуелним решењима.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидата Драгомира Ел Мезенија припада ужој научној области Електроника а у још ужем смислу припада области дигиталне обраде слике. Предмет истраживања ове докторске дисертације је развој алгоритма за репродукцију слика широког динамичког опсега на дисплејима знатно ужег динамичког опсега. Други део дисертације се бави контролом овог алгоритма за репродукцију видео секвенци широког динамичког опсега. Трећи део рада припада области наменских система за обраду сигнала. Предложено је побољшање алгоритма брзог вођеног филтра, као и хардверска архитектура која омогућава смањену потрошњу система.

У претходних тридесетак година настао је велики број оператора за репродукцију слика широког динамичког опсега. Ови оператори се могу сврстати у две класе и то су глобални и локални оператори. Глобални оператори су једноставнији за контролу, робуснији и производе задовољавајући глобални контраст. Међутим, ово се постиже по цену лоше репродукције детаља. Локални оператори производе бољи квалитет слике, али по цену веће комплексности и теже контроле. Оператор предложен у овој дисертацији тежи да помири ова два приступа и да споји најбоље карактеристике сваког од њих. Приликом пројектовања оператора, пажљиво су анализирани поступци који се користе у постојећим решењима, као и њихов утицај на финални изглед излазне слике. На основу тога је предложен оператор који, иако спада у класу локалних оператора у виду репродукције детаља, саму редукују динамичког опсега обавља применом глобалног мапирања. На тај начин је постигнут квалитет који одговара локалним операторима при чему је задржана једноставност контроле глобалних, а комплексност представља компромис између овде две класе. Приликом пројектовања оператора постављена су два основна циља, а то су робусност и флексибилност. Робусност подразумева конзистентан квалитет репродукције за фиксирани сет параметара, за најразличитије улазне слике. Флексибилност подразумева могућност независног подешавања различитих аспеката излазне слике.

Имајући у виду све већу присутност слика широког динамичког опсега и ограничени опсег репродукције тренутних технологија дисплеја, тема ове дисертације је важна за даљи развој ове области. Робусност и флексибилност омогућавају употребу предложеног оператора у најразличитијим комерцијалним уређајима широке намене.

Поред развоја оператора за репродукцију статичних слика широког динамичког опсега, анализирана је могућност репродукције видео секвенци, која представља један од најактуелнијих проблема у овој области. У ову сврху је неопходно обезбедити неки вид темпоралне контроле оператора за репродукцију како би се обезбедио темпорално конзистентан излазни резултат, без треперења финалне видео секвенце. Поред обезбеђивања темпоралне конзистентности, алгоритми темпоралне контроле се обично пројектују са циљем темпоралне адаптивности или темпоралне кохерентности. Темпорална адаптивност подразумева прилагођавање параметара оператора на тренутни осветљај видео секвенце како би се постигао што бољи квалитет излазног видеа. Међутим, адаптација на сваки појединачни део видео секвенце нарушава темпорални контраст. Темпорална кохерентност подразумева очување темпоралног контраста у процесу мапирања, по цену непотпуне адаптације у неким деловима видео секвенце. Како би се одржао основни циљ флексибилности који је постављен приликом пројектовања оператора, у дисертацији је предложена контрола која омогућава постизање оба наведена циља. Уведен је параметар темпоралне адаптације чијим подешавањем се излазна видео секвенца може приближити више темпорално адаптивним или темпорално кохерентним решењима.

Како би се обезбедила ефикасна имплементација предложеног оператора разматрана је могућност ефикасне реализације великих филтара осетљивих на ивице. Значај ефикасне реализације филтара осетљивих на ивице надилази проблем репродукције слике широког динамичког опсега с обзиром да су ови оператори постали један од основних алата у дигиталној обради слике. У оквиру дисертације су детаљно анализирани карактеристике алгоритма брзог вођеног филтра који се показао као најбољи кандидат за ефикасну реализацију филтара великих димензија. Такође, у тези је предложено унапређење овог алгоритма којим се побољшава квалитет апроксимације. Предложена је хардверска реализација која обезбеђује обраду видео сигнала у реалном времену уз знатно смањену потрошњу целог система.

Предложена тема докторске дисертације припада актуелној и значајној области репродукције слика и видео секвенци широког динамичког опсега, о чему говори велики број радова публикованих у најзначајнијим међународним часописима у протеклих неколико година.

### **3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу**

Током израде дисертације кандидат је детаљно истражио постојећу релевантну литературу и коректно навео радове који су у вези са темом дисертације. Наведено је укупно 129 библиографских референци. Литература садржи најновије радове релевантне за проблематику истражену у дисертацији, при чему је Драгомир Ел Мезени аутор или коаутор 2 рада.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације састојала се у следећем:

- Детаљно је анализирана постојећа литература у области репродукције слика широког динамичког опсега, представљена је класификација ових алгоритама и описани су основни приступи у свакој од класа. Анализиране су предности и мане сваког од наведених приступа.
- На бази претходне анализе постављен је оквир новог локалног оператора који има за циљ да задржи добре стране глобалних решења. За сваки корак предложеног решења прављена је паралела са постојећим решењима и анализирани су утицаји одговарајућег корака на укупан резултат оператора.
- Демонстрирана је флексибилност предложеног оператора независним подешавањем различитих аспеката излазне слике. Обезбеђено је независно подешавање засићености боја, интензитета осветљаја, оштрине, локалног контраста, као и односа између локалног и глобалног контраста.
- Детаљно је анализирана постојећа литература у области евалуације квалитета оператора за репродукцију, представљена је класификација ових алгоритама и описани су основни приступи у свакој од класа.
- Квалитет представљеног решења је верификован на великој бази слика, коришћењем више различитих објективних метода квалитета, које представљају сваку од наведених класа. Резултати су упоређени са релевантним постојећим решењима који су представници различитих приступа проблему репродукције слике широког динамичког опсега.
- Детаљно је анализирана постојећа литература у области репродукције видео секвенци широког динамичког опсега. Идентификовани су основни проблеми и правци решавања.
- На бази приказане анализе предложена је нова контрола, која омогућава примену предложеног оператора у видео секвенцама. Представљена контрола је флексибилна и омогућава постизање различитих циљева, у погледу односа темпоралног и просторног контраста, променом параметара контролног алгорита.
- Урађена је детаљна анализа могућности ефикасне реализације билатералног и вођеног филтра великих димензија.
- На бази ове анализе, издвојен је алгоритам брзог вођеног филтра као најбољи кандидат за реализацију филтара великих димензија.
- Предложено је унапређење алгоритма брзог вођеног филтра којим се значајно побољшава квалитет апроксимације.
- Детаљно су анализиране доступне хардверске реализације билатералног и вођеног филтра, као и могућности њихове примене у видео секвенцама.
- Предложена је архитектура унапређеног брзог вођеног филтра. Детаљно су анализирани различити аспекти и скалирања предложене архитектуре.
- Урађена је имплементација предложене архитектуре на програмабилној хардверској платформи и постигнути резултати су упоређени са постојећим решењима.

Примењена методологија у потпуности одговара стандардима научно-истраживачког рада и у сагласности је са циљевима дефинисаним на почетку израде дисертације.

### **3.4. Применљивост остварених резултата**

Дисертација садржи више оригиналних доприноса значајних како за теоријски аспект области репродукције слика широког динамичког опсега, тако и за практичну реализацију оваквих алгоритама у наменским системима смањене потрошње. Проблеми решавани у дисертацији су актуелни и битни с обзиром на све већу количину садржаја широког динамичког опсега. Разноликост хардверских платформи које су у употреби и различите преференције корисника постављају захтеве за робусном и флексибилном репродукцијом овог садржаја. Локални оператор и темпорална контрола представљени у овој дисертацији су пројектовани управо са циљем да се омогући употреба на најразличитијим комерцијалним уређајима широке намене.

Предложена хардверска архитектура алгоритма брзог вођеног филтра омогућава коришћење филтара великих димензија, осетљивих на ивице, на наменским платформама које захтевају рад у реалном времену и са смањеном потрошњом. На овај начин су отворена врата за ефикасну реализацију различитих алгоритама дигиталне обраде слике који захтевају употребу оваквих филтара.

### **3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад**

Кандидат је приликом израде дисертације показао способност за препознавање отворених питања у научној литератури и зрелост при анализи и решавању проблема. Кандидат је у дисертацији пружио решења отворених проблема који су постојали у литератури и унапредио нека постојећа решења. Доприноси дисертације у овој области су оригинални, савремени и потврђују способност кандидата за самосталан успешан научно-истраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1. Приказ остварених научних доприноса**

Научни допринос докторске дисертације огледа се у развоју оператора и темпоралне контроле за репродукцију слика и видео секвенци широког динамичког опсега. Поред тога, унапређен је алгоритам брзог вођеног филтра којим се омогућава реализација филтара великих димензија и предложена је ефикасна хардверска архитектура. Конкретно, научни доприноси остварени у дисертацији су следећи:

- Развијен је нови оригинални алгоритам за репродукцију слика широког динамичког опсега. Перформансе оператора су верификоване на великој бази јавно доступних слика, коришћењем више различитих објективних метрика и поређењем са најрелевантнијим постојећим решењима.
- Уведен је нови слој детаља у процесу декомпозиције, чиме је омогућена независна контрола оштрине и локалног контраста излазне слике.
- Процес редукције динамичког опсега је подељен у два корака: на адаптацију опсега у логаритамском домену и поправку контраста у линеарном домену. Ова подела је најзаслужнија за постигнуту робусност.



- Предложено је увођење адаптивне логаритамске криве за поправку контраста која се прилагођава улазној слици и оставља простор за реконструкцију детаља у последњем кораку алгоритма. Коришћење ове криве омогућава постизање доброг глобалног контраста и спречава одсецање детаља у регионима екстремне осветљености. Овај корак је најзаслужнији за добру репродукцију детаља и глобални контраст.
- Описана је корекција параметра осветљаја којом се додатно повећава робусност и омогућава прилагођавање предложеног оператора на сцене са екстремним вредностима осветљаја.
- Предложена је флексибилна темпорална контрола којом се обезбеђује темпорално конзистентно функционисање новог локалног оператора, као и његова употреба у репродукцији видео секвенци. Темпорална контрола је пројектована тако да је једноставном променом параметра могуће постићи произвољан однос између темпоралног и просторног контраста.
- Унапређен је алгоритам брзог вођеног филтра додавањем компоненти децимираног бокс филтра. На тај начин је квалитет апроксимације побољшан за више од 20dB.
- Описана је и реализована архитектура унапређеног брзог вођеног филтра. Представљена архитектура укључује три домена такта, при чему се највећи део процесирања обавља на најспоријем такту. Такође, предложена архитектура не захтева екстерне меморије и може се лако интегрисати у постојеће проточне системе. Смањена учестаност такта и одсуство екстерне меморије значајно смањују потрошњу система.

#### **4.2. Критичка анализа резултата истраживања**

Увидом у циљеве истраживања, полазне претпоставке и остварене резултате, констатујемо да је кандидат успешно одговорио на сва значајна питања из проблематике која је анализирана у дисертацији.

Развијени алгоритам и темпорална контрола за репродукцију слика и видео секвенци широког динамичког опсега, као и реализација великих филтара осетљивих на ивице, представљају значајан научни и практични допринос у области дигиталне обраде слике и наменских система за обраду сигнала.

#### **4.3. Верификација научних доприноса**

У току истраживачког рада у области теме докторске дисертације Драгомир Ел Мезени је као аутор или коаутор објавио рад у међународним часопису са SCI листе, категорије M21 у коме је првопотписани аутор. Поред тога, резултате приказане у дисертацији кандидат је објавио и у раду који је презентовао на конференцији од међународног значаја категорије M33. Резултат дисертације представљају и 3 патента од којих је један регистрован и спада у категорију M91, док су 2 објављена и спадају у категорију M93.

Анализом резултата приказаних у дисертацији и у радовима које је објавио кандидат, констатујемо да су приказани оригинални и савремени резултати.

## Часописи међународног значаја (M20):

### Категорија M21

**Dragomir El Mezeni**, Lazar Saranovac, "Enhanced local tone mapping for detail preserving reproduction of high dynamic range images", Journal of Visual Communication and Image Representation, 2018, vol 53, pp. 122-133 DOI: 10.1016/j.jvcir.2018.03.007, (IF(2016):2.164) (ISSN 1047-3203)

## Међународне конференције (M30):

### Категорија M33

**Dragomir El Mezeni**, Lazar Saranovac "Fast self-guided filter with decimated box filters", INFOTEH-JAHORINA, Mar. 2016, Vol. 15, pp. 633-638

## Патенти (M90):

### Категорија M91

**Dragomir El Mezeni**, Nemanja Tonic i Stojan Rakić, "Spatially adaptive tone mapping for display of high dynamic range (HDR) images", US9621767 B1, Apr. 2017, Intel Corporation, Santa Clara

### Категорија M93

**Dragomir El Mezeni**, Nemanja Tonic i Stojan Rakić, "Temporal control for spatially adaptive tone mapping of high dynamic range video", US 2017/0289571 A1, Oct. 2017, Intel Corporation, Santa Clara

**Dragomir El Mezeni**, "Brightness control for spatially adaptive tone mapping for display of high dynamic range (HDR) images", US 2018/0047141 A1, Feb. 2018, Intel Corporation, Santa Clara

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација мастер инжењера Драгомир Ел Мезенија под насловом "Локални оператор за репродукцију слика широког динамичког опсега уз очување детаља", односно "Local tone mapping operator for detail preserving reproduction of high dynamic range images" је написана на српском језику, у складу са образложењем наведеним у пријави теме, и садржи све елементе који се захтевају Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У дисертацији је представљен нови локални оператор за репродукцију слика широког динамичког опсега. Представљени оператор комбинује добре особине локалних и глобалних оператора у јединствено робусно и флексибилно решење. Описан је метод корекције параметра осветљаја којим се додатно повећава робусност алгоритма за сцене са екстремним вредностима осветљаја. Резултати предложеног алгоритма су упоређени са најрелевантнијим постојећим решењима која представљају различите приступе решавања постављеног проблема. Приликом евалуације је коришћена велика база јавно доступних слика из различитих извора, као и више различитих објективних метода евалуације квалитета. Затим је предложена темпорална контрола којом се омогућава примена предложеног оператора за репродукцију видео секвенци. Предложена контрола је флексибилна и омогућава постизање различитих степени темпоралне адаптивности и кохерентности. На крају је анализирана могућност

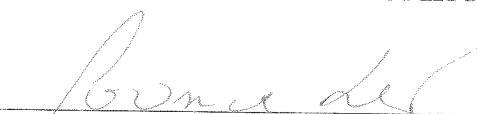
ефикасне имплементације великих филтара осетљивих на ивице и предложено је унапређење алгоритма брзог вођеног филтра којим се значајно побољшава квалитет апроксимације. Представљена је хардверска архитектура овог решења којом се омогућава употреба великих филтара осетљивих на ивице у наменским системима смањене потрошње.

Резултате проистекле из истраживања спроведеног у оквиру докторске дисертације кандидат је публиковао у врхунском међународном часопису са SCI листе и презентовао стручној јавности на међународној конференцији. Такође, током рада на дисертацији објављена су три патента од којих је један регистрован. На основу увида у докторску дисертацију и објављене радове кандидата, Комисија констатује да дисертација "Локални оператор за репродукцију слика широког динамичког опсега уз очување детаља" мастер инжењера Драгомира Ел Мезенија садржи оригиналне научне доприносе.


На основу претходног Комисија констатује да је Драгомир Ел Мезени, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да се овај реферат прихвати и у складу са законском процедуром упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање и давање одобрења кандидату да приступи усменој одбрани.

У Београду, 30.4.2018. године

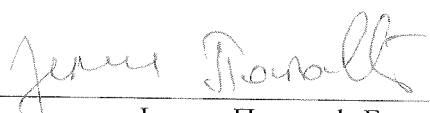
#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

  
ментор, др Лазар Сарановац, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

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

  
др Миодраг Поповић, редовни професор у пензији  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

  
др Марко Барјактаровић, доцент  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

  
др Јелена Поповић-Божовић, доцент  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет