

# КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 14.07.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Матеја Стојковић под насловом „Растеризација 3D Gaussian Splatting алгоритма на Tenstorrent хардверу“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Биографски подаци кандидата

Матеја Стојковић је рођен 15.11.2002. године у Београду. Завршио је основну школу „Лаза Костић“ у Београду са одличним успехом. Уписао је Електротехничку школу Никола Тесла у Београду коју је завршио као вуковац. Електротехнички факултет уписао је 2021. године. Дипломирао је на одсеку за Сигнале и системе 2025. године са просечном оценом 8,93. Дипломски рад одбранио је у септембру 2025. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Сигнале и системе уписао је у октобру 2025. године. Положио је све испите са просечном оценом 10.

### 2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Матеја Стојковић је као припрему за израду мастер рада урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област којој припада тема мастер рада. Конкретно, анализирана су постојећа решења у области синтезе нових погледа на сцену (novel view synthesis): метода NeRF (Neural Radiance Fields), која сцену представља имплицитно, помоћу неуралне мреже, и метода 3D Gaussian Splatting (3DGS), која сцену представља експлицитно, скупом анизотропних Гаусових расподела, а слику формира растеризацијом уз alpha blending поступак. Проучене су и теоријске основе ових метода: EWA splatting поступак пројекције Гаусијана на раван слике, volume rendering интеграл и front-to-back композиција слика. Поред тога, истражени су архитектура и програмски модел Tenstorrent Blackhole чипа (tt-metal/TT-NN програмски стек), као и постојећи радови који испитују перформансе Tenstorrent хардвера на задацима ван области машинског учења (N-body симулације, FFT, нумеричка језгра). Анализом области утврђено је да су постојеће имплементације 3DGS алгоритма чврсто везане за SIMT модел извршавања графичких процесора (CUDA), као и да имплементација овог алгоритма на Tenstorrent хардверу до сада није постојала, што је дефинисало предмет истраживања овог мастер рада.

### 3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 40 страна, са укупно 27 слика, 3 табеле и 11 референци. Рад садржи увод, 4 поглавља и закључак (укупно 6 поглавља) и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Представљен је проблем синтезе нових погледа на сцену, дат је кратак преглед метода NeRF и 3D Gaussian Splatting и образложена је мотивација за испитивање могућности извршавања рачунски најзахтевније фазе 3DGS алгоритма на новој класи чипова намењених вештачкој интелигенцији.

У другом поглављу детаљно је описан 3D Gaussian Splatting алгоритам: репрезентација сцене скупом Гаусијана, геометрија Гаусијана, задавање боје сферичним хармоницима, пројекција на раван слике (EWA splatting), alpha blending једначине и tile растеризација.

У трећем поглављу представљени су архитектура и програмски модел Tenstorrent хардвера: преглед Blackhole чипа, грађа Tensix језгра, модел меморије и комуникације (NoC мрежа), као и програмски модел заснован на reader/compute/writer кернелима и циркуларним баферима.

Четврто поглавље детаљно описује дизајн и имплементацију решења: alpha-blend кернел, распоређивање tile-ова по језгрима по правилу најдужега посла (Longest-Processing-Time first, LPT), паралелизацију унутар tile-а засновану на асоцијативности оператора front-to-back слагања, остале оптимизације прилагођене хардверу, као и питања нумеричке прецизности.

У оквиру петог поглавља приказани су експерименти и резултати: експериментална поставка (две сцене различите густине, четири резолуције), поређење три backend-а (CPU, CUDA и Tenstorrent), поређење три стратегије расподеле посла (round robin, LPT и сегментација) и анализа уских грла.

Шесто поглавље је закључак у оквиру кога су резимирани резултати и значај рада и предложени правци даљег развоја: пребацивање host фаза на уређај, сортирање на уређају, подршка за више степене сферичних

хармоника, скалирање на више чипова и имплементација backward pass-a, односно диференцијабилне растеризације.

#### 4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Матеје Стојковића бави се проблематиком извршавања рачунски најзахтевније фазе 3D Gaussian Splatting алгоритма за синтезу нових погледа на сцену, alpha blending фазе, на Tenstorrent Blackhole чипу, представнику нове класе хардвера намењеног вештачкој интелигенцији. Постојеће имплементације 3DGS алгоритма чврсто су везане за SIMT модел извршавања графичких процесора, па је од посебног интереса питање да ли се овај алгоритам може ефикасно извршити на архитектури заснованој на мрежи независних језгара са експлицитним управљањем меморијом и комуникацијом.

Имплементиран је tt-metal кернел који alpha blending извршава на Tenstorrent хардверу - прва имплементација 3DGS алгоритма на Tenstorrent чипу. Иза истог интерфејса имплементирана су три backend-a (CPU, CUDA и Tenstorrent), што је омогућило поређење под истим условима, на две сцене различите густине и четири резолуције. Мерења показују убрзање од 132× до 200× у односу на CPU референцу, чиме се време рендеровања једне слике са неколико секунди спушта на неколико стотина милисекунди, док у односу на CUDA имплементацију, за коју је 3DGS изворно писан, решење заостаје свега 1,4× до 1,6× на густим сценама.

Основни резултати рада су: 1) прва имплементација alpha blending фазе 3DGS алгоритма на Tenstorrent хардверу; 2) распоређивање tile-ова по правилу најдужег посла (LPT) и сегментација густих tile-ова по дубини уз асоцијативно комбиновање парцијалних резултата, које у најгорем случају обарају време кернела 8,5×; 3) детаљно поређење три backend-a и анализа уских грла, која показује да након оптимизација кернел више није ограничење, већ host фазе, чиме су дефинисани правци даљег развоја.

## 5. Закључак и предлог

Кандидат Матеја Стојковић је у свом мастер раду успешно решио проблем ефикасног извршавања alpha blending фазе 3D Gaussian Splatting алгоритма на Tenstorrent хардверу и развио систем који, захваљујући распоређивању посла и паралелизацији прилагођеним хардверу, постиже перформансе упоредиве са CUDA имплементацијом за коју је алгоритам изворно писан. Рад такође показује да чипови намењени вештачкој интелигенцији, попут Tenstorrent Blackhole чипа, могу ефикасно да се користе и за задатке рендеровања. Предложена проширења могу значајно да унапреде могућности примене развијеног решења.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Матеје Стојковића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 26.08.2026. године

Чланови комисије:

---

др Вељко Папић Ванредни професор  
сагласан, 26.08.2026.

---

др Томислав Шекара Редовни професор  
сагласан, 26.08.2026.