

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 23.06.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Ђорђе Станојевић под насловом „Примена неуроеволуцијских алгоритама за аутономно управљање возилом у симулираном окружењу". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Ђорђе Станојевић је рођен 2001. у Крушевцу. Завршио је основну школу „Марко Орешковић” као носилац Вукове дипломе. Завршио је средњу школу Девета гимназија „Михаило Петровић Алас” у Београду са одличним успехом. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2019. године. Дипломске академске студије завршио је септембра 2023. године са просечном оценом 7,7, и одбраном дипломског рада под насловом "Реализација игре билијар у савременим веб технологијама", под менторством проф. др Дражена Драшковића, на коме је добио оцену 10.

Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за софтверско инжењерство, уписао је 2023. године. Током студија стекао је практично искуство у области развоја софтвера. Тренутно је запослен у компанији Убисофт као инжењер за развој игара, где учествује у развоју комерцијалних видео-игара у C++ окружењу. Поља његовог интересовања обухватају развој игара, симулације физичких система, еволуционе алгоритме и вештачку интелигенцију у рачунарским играма.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Ђорђе Станојевић је у истраживачком раду обухватио анализу релевантне научне литературе из области вештачких неуронских мрежа, еволуционих алгоритама и њихове синтезе кроз неуроеволуцију. Посебан акценат стављен је на алгоритам NEAT (NeuroEvolution of Augmenting Topologies) и његове кључне механизме: кодирање генома помоћу иновационих бројева, структурне мутације, укрштање различитих топологија и заштиту структурних иновација путем спецификације. Такође, анализирана су сродна истраживања која обухватају еволуцију контролера, симулирана окружења за аутономну вожњу (попут TORCS симулатора), претраживање засновано на новостима (Novelty Search) и методе учења поткрепљивањем у контексту аутономних возила. На основу спроведене анализе уочена је потреба за развојем флексибилне платформе која омогућава истраживање тополошке еволуције и оптимизације параметара управљачких модела у контролисаном, поновљивом 2D симулираном окружењу.

3. Опис мастер рада

Мастер рад припада области софтверског инжењерства и подобластима примене вештачке интелигенције и рачунарске симулације. Предмет рада представља пројектовање и имплементација система за аутономно управљање возилом применом NEAT алгоритма неуроеволуције, као и експериментална анализа утицаја различитих параметара на процес еволуције и перформансе контролера.

Рад је писан на српском језику, ћириличним писмом, има 42 стране, са укупно 8 слика, 7 табела и 20 референци. Мастер рад након насловне стране и садржаја, садржи уводна разматрања, пет (5) поглавља, листу коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика и списак табела.

Увод рада дефинише мотивацију, примарне циљеве и истраживачке задатке, методологију рада и детаљан преглед структуре целог документа.

У другом поглављу (Теоријска основа) изложени су основни концепти вештачких неуронских мрежа и еволуционих алгоритама, са посебним детаљним описом NEAT алгоритма (кодирање генома, мутације, укрштање, спецификација, тополошко сортирање) и прегледом сродних истраживања.

У трећем поглављу (Опис имплементираног система) детаљно је приказана архитектура система развијеног у C++20 уз SFML библиотеку. Описани су симулатор стазе заснован на Catmull-Rom спиралама и систему контролних тачака, кинематски модел возила са сензорским зрацима, улази и излази мреже, сопствена

имплементација свих NEAT механизма, као и графички интерфејс и headless режим за аутоматизоване експерименте.

У четвртом поглављу (Експерименти и резултати) приказана је методологија и спроведене су три серије контролисаних експеримената (утицај броја сензора, утицај величине популације и поређење NEAT са фиксном топологијом) са по 10 упарених семена кроз 200 генерација, уз детаљну дискусију добијених резултата.

У петом поглављу (Закључак) сумирани су главни научни доприноси рада, продискутована су тренутна ограничења развијеног система и наведени су могући будући правци истраживања у овој области.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад кандидата Ђорђа Станојевића бави се развојем комплетног симулационог система у C++20 за еволуцију контролера аутономног возила применом NEAT алгорита, без коришћења спољних библиотека за машинско учење. Евалуација је спроведена кроз 60 појединачних покретања (6 конфигурација x 10 семена током 200 генерација) уз мерење фитнеса, стопе успеха, брзине конвергенције и тополошке сложености.

Главни доприноси рада су:

- 1) Потпуна сопствена имплементација NEAT алгорита у C++ 20 без спољних зависности, која обухвата развој механизма за кодирање генома, праћење иновационих бројева, спецификацију, управљање стагнацијом и тополошко сортирање за мреже са пропагацијом унапред.
- 2) Развој детерминистичке симулационе платформе са графичким и headless режимом, која обухвата кинематски модел возила са сензорским зрацима, Catmull-Rom генератор стазе, систем контролних тачака и трокомпонентну фитнес функцију (напредовање, брзина, ефикасност).
- 3) Квантитативна анализа утицаја перцептивне резолуције (броја сензора), где је показано да већи број сензора (9 сензора) омогућава бржу конвергенцију (медијана 25. генерација за 60 контролних тачака) и виши финални фитнес у односу на конфигурације са 5 и 7 сензора.
- 4) Емпиријска анализа утицаја величине популације и заједничке тополошке еволуције, која је кроз упарене експерименте (популације 50, 100, 200) и поређење са фиксном топологијом потврдила да тополошка еволуција постепено гради сложеност мреже и одржава робустност управљачке стратегије.

5. Закључак и предлог

Кандидат Ђорђе Станојевић је у истраживању и реализацији овог мастер рада успео да покаже изузетан значај и практичну применљивост неуроеволуцијских алгоритама за решавање проблема аутономног управљања возилом у симулираном окружењу. При реализацији система и спровођењу експеримената, колега Ђорђе Станојевић је показао висок степен самосталности, инжењерске систематичности и у потпуности је одговорио на све постављене истраживачке и софтверске захтеве.

На основу свега изложеног, Комисија за преглед и оцену мастер рада предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад под називом „Примена неуроеволуцијских алгоритама за аутономно управљање возилом у симулираном окружењу“, кандидата Ђорђа Станојевића, дипл. инж. софтвера, прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 30.08.2026. године

Чланови комисије:

др Дражен Драшковић Ванредни професор
сагласан, 30.08.2026.

др Урош Раденковић Доцент
сагласан, 30.08.2026.