

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 25.08.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Павле Дукић под насловом „Развој игре Сокобан применом функционалног програмирања". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Павле Дукић је рођен 10.07.2002. године у Београду. Основну школу „Ђирило и Методије" и Четрнаесту београдску гимназију, на природно-математичком смеру, завршио је са одличним успехом. Електротехнички факултет уписао је 2021. године, на студијском програму Електротехника и рачунарство, модул Рачунарска техника и информатика. Дипломирао је 2025. године са просечном оценом 9,35, а дипломски рад одбранио је у октобру исте године са оценом 10. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу за Рачунарску технику и информатику, уписао је у новембру 2025. године. Положио је све испите са просечном оценом 9,80.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Павле Дукић је као припрему за израду мастер рада спровео истраживање релевантне литературе из две области којима припада тема. Прва област обухвата принципе функционалног програмирања и алгебарско моделовање, где су проучени концепти теорије категорија (монаде, Kleisli стреле, композиција) и алгебарске структуре (полугрупе, моноиди, слободни моноиди, моноидски хомоморфизми). Друга област обухвата аутоматско решавање игре Сокобан, где су анализирана постојећа решења и проблеми у области претраге простора стања. Истраживањем је утврђено да је проблем одлучивања решивости нивоа PSPACE-комплетан, због чега исцрпна претрага није изводљива за веће нивое, те да перспективан приступ представља претрага вођена хеуристиком уз доменско знање (мртва поља, замрзнуте кутије, макро потези) и паралелизацију алгоритама, што примењују и постојећи решавали попут Rolling Stone-a.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 41 страну, са укупно 9 слика, 9 табела и 17 референци. Рад садржи увод, четири поглавља и закључак (укупно 6 поглавља) и списак коришћене литературе. Садржај је наведен пре уводног поглавља.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Представљена је игра Сокобан и њена рачунарска сложеност, а рад је подељен на две целине, алгебарски заснован едитор нивоа и аутоматско решавање нивоа.

У другом поглављу приказано је алгебарско моделовање едитора нивоа. Полази се од елементарног скупа операција над мапом, чији се потписи обједињавају, неуспех се моделује монадом грешке, а композиција операција посматра кроз појам моноида. Програм, који се састоји од операција, представља се као елемент слободног моноида, над којим се дефинишу различите интерпретације у виду моноидних хомоморфизама. У трећем поглављу дат је преглед претраге простора стања, са освртом на репрезентацију стања и доменско знање специфично за Сокобан, сачињено од мртвих поља, замрзнутих кутија, тунела и макро потеза, транспозиције и хеширања стања, као и хеуристичке функције.

Четврто поглавље посвећено је алгоритмима претраге и њиховој паралелизацији. Обрађују се претрага у ширину и итеративно продубљивање, са својим паралелним варијантама, као и паралелна претрага снопом, уз приказ дељене транспозиционе табеле.

Пето поглавље приказује резултате експерименталне евалуације имплементираних алгоритама на одабраним нивоима, као и на целој Microban колекцији нивоа, уз анализу доприноса појединих техника и убрзања која доноси паралелизација.

Шесто поглавље је закључак у оквиру кога су резимирани постигнути резултати и допринос рада, наведени нивои које ниједан имплементирани алгоритам не решава и предложени правци даљег развоја.

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Павла Дукића бави се комплетном имплементацијом игре Сокобан у програмском

језику Scala 3, обухватајући алгебарски заснован едитор нивоа и скуп алгоритама за аутоматско решавање. Оваква решења налазе примену у домену комбинаторне оптимизације и планирања, где су величина простора стања и брзина претраге од нарочитог интереса.

Систематичном евалуацијом на Microban скупу утврђено је да не постоји један најбољи алгоритам, већ да избор зависи од природе нивоа. На лакшим нивоима најбоље перформансе даје претрага у ширину, док на већим нивоима, где она остаје без меморије, итеративно продубљивање и претрага снопом настављају да решавају нивое, а паралелизација на довољно великим нивоима доноси вишеструко убрзање.

Основни резултати рада су: 1) алгебарски заснован модел едитора нивоа у коме је програм измена елемент слободног моноида, а његова тумачења моноидни хомоморфизми; 2) имплементација и паралелизација алгоритама претраге за аутоматско решавање нивоа, који се ослањају на доменско знање; 3) систематична анализа перформанси која квантификује допринос појединих техника и ефекте паралелизације, са назначеним правцима даљег развоја.

5. Закључак и предлог

Кандидат Павле Дукић је у свом мастер раду успешно реализовао едитор и решавач игре Сокобан у духу функционалног програмирања и експериментално вредновао перформансе имплементираних алгоритама. Предложена унапређења, попут базе deadlock образаца и асинхроне паралелизације, могу значајно да прошире могућности решавача.

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 студента Павла Дукића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 11.09.2026. године

Чланови комисије:

др Урош Раденковић Доцент
сагласан, 11.09.2026.

Предраг Обрадовић Асистент
сагласан, 11.09.2026.