



# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

## КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 23.06.2020. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Николе Шолаје под насловом „Анализа сигнала снимљених током симулације вожње са применом у неурологији” који је писан на енглеском језику (наслов на енглеском „Analysis of signals recorded during driving simulation with application in neurology”). Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Никола Шолаја је рођен 07.09.1995. године у Београду. Завршио је основну школу "Никола Тесла" у Новим Бановцима као ћак генерације, а потом Математичку гимназију у Београду. Током школовања освајао је награде на такмичењима из биологије и физике. Основне академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је 2014. године и дипломирао у року 2018. године на одсеку за Сигнале и системе са просечном оценом 9,28, дипломски рад одбранио са оценом 10. Исте године је уписао дипломске академске мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за сигнале и системе и положио је све испите са просечном оценом 9,80.

Током академских мастер студија Никола Шолаја је био коаутор на раду *Artificial intelligence for assisting diagnostics and assessment of Parkinson's disease – A review*, који је објављен 2019. године у часопису *Clinical neurology and neurosurgery* категорије M23, doi: 10.1016/j.clineuro.2019.105442, IF = 1,876. Он је коаутор и рада *Driving activity assessment using accelerometer data* који је представио на IEEE међународној конференцији електротехничких и рачунарских наука одржаној 2019. године у Порторожу у Словенији, а који представља наставак рада на награђеном пројекту из предмета Технике обраде биомедицинских сигнала (13M051ТОБС).

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 28 страна, са укупно 11 слика, 6 табела и 42 референце. Рад садржи увод, три поглавља и закључак (укупно 5 поглавља) и списак коришћене литературе, списак скраћеница, слика и табела.

Прво поглавље претставља увод у коме је описан значај симулација вожње за оцену вожње код неуролошких пацијената. У оквиру овог поглавља представљени су циљ рада, преглед релевантне литературе, а приказана је и структура рада по поглављима.

У другом поглављу је дат детаљан опис коришћене базе података, опис примењених метода обраде и анализе сигнала, опис метода екстракције и одабира обележја од значаја и опис примењених метода машинског учења за класификацију пацијената према способности за вожњу. Ово поглавље садржи и одговарајуће теоријске основе за примену одобраних метода за обраду сигнала, екстракцију обележја и примену и одабир одговарајућих алгоритама машинског учења.

Табеларни приказ резултата класификације пацијената у две групе према способности за вожњу је дат у трећем поглављу.

Четврто поглавље садржи дискусију примењених метода и резултата. У дискусији је дато и поређење резултата са закључцима сличних студија, као и предлози могућих

унапређења протокола за мерење сигнала, али и процедура за обраду и анализу коришћених сигнала.

У петом поглављу дат је закључак у оквиру кога је одговорено на питања постављена на почетку истраживања уз кратак преглед значаја представљених резултата.

### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Николе Шолаје се бави проблематиком препознавања способности за вожњу неуролошких пацијената на основу сигнала снимљених током симулације вожње. Коришћени сигнали укључују пречник зенице, откуцаје срца, електричну проводљивост коже, позицију фиксације погледа, убрзање зглоба шаке и време реакције.

Структуиран приступ обради и анализи сигнала, укључујући погодно одабран скуп обележја, резултовали су релативно добрим перформансама једног од примењених класификатора, на основу чега је закључено да је неуролошке пацијенте могуће класификовати према спремности за вожњу са релативно добрим резултатима – успешност класификације је  $>80\%$ .

Основни доприноси рада су: 1) јасан и детаљан опис приступа чишћењу, обради и анализи базе сигнала; 2) релативно добар резултат примене машинског учења за аутоматску процену способности неуролошких пацијената за вожњу; 3) предлози могућих унапређења протокола аквизиције и методологије анализе и обраде сигнала.

### 4. Закључак и предлог

Кандидат Никола Шолаја је у свом мастер раду под називом „**Анализа сигнала снимљених током симулације вожње са применом у неурологији**“ који је написан на енглеском језику (наслов рада на енглеском „**Analysis of signals recorded during driving simulation with application in neurology**“) успешно решио проблем реализације метода анализе и обраде описаних сигнала, који је резултовао задовољавајућом тачношћу препознавања способности неуролошких пацијената за вожњу. Рад представља једну од малобројних студија где су коришћени искључиво сигнали директно мерени на испитаницима, те описане методе и резултат носе посебан значај.

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

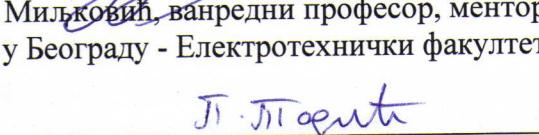
На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Николе Шолаје прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 06.09.2021. године

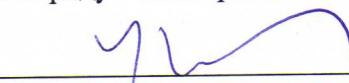
Чланови комисије:



Др Надица Миљковић, ванредни професор, ментор  
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



Др Предраг Тадић, доцент  
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



Др Јака Содник, редовни професор  
Електротехнички факултет Универзитета у Љубљани, Словенија



# UNIVERSITY OF BELGRADE – SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING

Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia

Tel. +381 11 324 84 64, Fax: +381 11 324 86 81

## TO THE COMMITTEE FOR MASTER STUDIES AT THE UNIVERSITY OF BELGRADE – SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING

By the decision of Committee for Master studies at the University of Belgrade – School of Electrical Engineering from June 6, 2020, we are appointed as Committee members for examination and evaluation of Master thesis titled “**Analysis of signals recorded during driving simulation with application in neurology**” (in Serbian “**Analiza signala snimljenih tokom simulacije vožnje sa primenom u neurologiji**”) for candidate **dipl. eng. Nikola Šolaja**. The thesis is written in English language. After examination of submitted materials and Master thesis, the Committee prepared the following

### REPORT

#### 1. Candidate's biographical data

Nikola Šolaja was born on September 7, 1995 in Belgrade. He finished elementary school “Nikola Tesla” in Novi Banovci with *summa cum laude* and he received the best student award. Then, he finished the Mathematical High School in Belgrade. During his schooling, he won awards at competitions in biology and physics. He enrolled in Bachelor studies at the School of Electrical Engineering, University of Belgrade in 2014 and graduated in 2018 at the Department of Signals and Systems with an average grade of 9.28 (out of 10.00), and he defended Bachelor Thesis with a grade of 10 (out of 10). In the same year he enrolled in Master studies at the School of Electrical Engineering in Belgrade, at the Module for Signals and Systems and passed all exams with an average grade of 9.80 (out of 10.00).

As master student, Nikola Šolaja co-authored the paper titled *Artificial intelligence for assisting diagnostics and assessment of Parkinson's disease - A review*, which was published in 2019 in the journal *Clinical Neurology and Neurosurgery* category M23, doi: 10.1016/j.clineuro.2019.105442, IF = 1.876. He is also the co-author of the paper *Driving activity assessment using accelerometer data*, which he presented at the IEEE International Conference of Electrical and Computer Sciences held in 2019 in Portorož, Slovenia, and presents a continuation of work on the awarded project in Biomedical Signal Processing Techniques course (13M051TOBS).

#### 2. Master thesis description

Master thesis has 28 pages, 11 figures, 6 tables, and 42 references. The thesis has introduction, three chapters, and conclusion (5 chapters in total), and a list of references with list of figures, tables, and abbreviations.

The first chapter is an introduction that describes relevance of the driving simulator application for assessment of neurology patients. It contains aim and the purpose of the work together with the relevant background are presented. The thesis outline is provided in the first chapter.

In the second chapter contains a detailed description of available database, description of applied methods for preprocessing and signal analysis, representation of methods for feature extraction and selection, and rationale for application of machine learning algorithms for classification of patients with neurological disorders according to their fitness to drive. This chapter contains appropriate theoretical background for application of selected methods for signal processing, feature extraction and application and selection of the machine learning algorithm.

Overview of the classification results of patients into groups according to their driving abilities for is presented in the third chapter.

The fourth chapter contains a discussion of the applied methods and results. More specifically, obtained results are compared with the results from similar studies and suggestions for

possible improvements of the protocol for signal measurements and of the procedures for signal processing and analysis are presented.

In the fifth chapter, the conclusion with the answer to the research question was provided with a brief overview of the significance of the presented results.

### 3. Analysis of the presented work with key results

Master thesis of candidate dipl. eng. Nikola Šolaja deals with the problem of recognizing the ability of neurological patients to drive by analyzing signals recorded during the driving simulation. Analyzed and available signals used in this study are pupil diameter, heart rate, electrical skin conductivity, position of gaze fixation, wrist acceleration, and reaction time.

A structured approach to signal processing and analysis, including a suitably selected set of features, resulted in relatively good performance of selected classifier - classification accuracy was > 80%. This result suggests that neurological patients could be classified according to their fitness to drive with relatively good results.

The main contributions of the paper are: 1) a clear and detailed description of the approach for data cleaning, signal processing, and applied analysis; 2) relatively good result of the application of machine learning for automatic assessment of the ability of neurological patients to drive; 3) presented proposals for possible improvements of the acquisition protocol, signal analysis, and processing methodology.

### 4. Conclusion and proposal

Candidate Nikola Šolaja in his Master thesis titled „**Analysis of signals recorded during driving simulation with application in neurology**“ and written in English language (in Serbian „**Analiza signala snimljenih tokom simulacije vožnje sa primenom u neurologiji**“) successfully solved applied appropriate methods for signal analysis and pre-processing, which resulted in satisfactory accuracy of automated recognition of patients' ability to drive. The presented results are obtained only from signals directly measured from subjects and therefore the results are of special importance for the area of driving assessment.

Nikola Šolaja expressed independence and applied systematic thinking during the work on the proposed Master thesis, so as innovative elements in solving and understanding assignments and problems presented in this Thesis.

Having in mind all aforementioned facts, the Committee proposes to the Committee for Master studies at the University of Belgrade – School of Electrical Engineering to accept the work presented by candidate dipl. eng. Nikola Šolaja as Master thesis and to approve public oral defense.

in Belgrade, September 6, 2021

Committee members:

Assoc. Prof. Nadica Miljković, PhD, Mentor  
University of Belgrade – School of Electrical Engineering

Assist. Prof. Predrag Tadić, PhD  
University of Belgrade – School of Electrical Engineering

Full Prof. Jaka Sodnik, PhD  
Faculty of Electrical Engineering University of Ljubljana, Slovenia