

УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУМУМ  
Депарتمان за последипломске студије  
Данијелова 32, Београд

## ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

Одлуком Већа Департамана за последипломске студије број 4 - 111/2019 од 25.04.2019. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милоша Антонијевића под називом **Примена вештачке интелигенције за анализу интеракције између човека и рачунара и процену когнитивних перформанси** о чему подносимо следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Основни подаци о кандидату и докторској дисертацији

Кандидат Милош Антонијевић је рођен 17.04.1982. године у Јагодини, где је завршио основну школу и Гимназију "Светозар Марковић", природно-математички смер. У току средњешколског образовања био је учесник вишегодишњих курсева у Истраживачкој станици Петница из области Рачунарство и информатика. Носилац је "Вукове дипломе". Након завршене средње школе уписује Електротехнички факултет у Београду (2001.) и Богословски Факултет (2002.) у Београду. После две године напушта студије електротехнике и посвећује се студијама друштвено-хуманистичких наука. Богословски факултет завршава 2008. године након чега се запошљава на месту наставника у средњој школи. Мастер студије на Факултету организационих наука уписује 2012. године, а звање "Мастер инжењер организационих наука, смер Електронско пословање" стиче 2014. године.

Од 2008. године ради као наставник верске наставе у средњој школи, а од 2016., односно 2019., као наставник на предметима Основи веб дизајна и Основи програмирања у Графичкој школи. У периоду од 2016. до 2018. године обављао је дужност помоћника директора у Графичкој школи. Од 2017. године запослен је на Универзитету Сингидунум, као асистент на предметима Оперативни системи, Заштита у рачунарским мрежама, Развој Веб апликација, Етичко хаковање и тестирање пробојности и Заштита на вебу. Од 2020. године обавља послове директора компаније Digital Umbrella DOO, која се бави израдом софтвера и безбедношћу ИТ простора.

У периоду од 2017. године је учествовао у развоју неколико пројеката под покровитељством Европске уније - IPA 2017/CBIB+3/SRV/002 и IPA 2017/CBIB+3/SRV/002 као руководилац развојног тима. Поседује међународне

индустријске сертификате из области ИТ безбедности - PECB Certified Lead Pen Test Professional, PECB Certified ISO/IEC 27032 Lead Cybersecurity Manager и PECB Certified Cybersecurity Audit Foundation.

Кандидат има објављен рад категорије M22:

1. M. Antonijevic, M. Zivkovic, S.Arsic, A. Jevremovic, "Using AI-Based Classification Techniques to Process EEG Data Collected during the Visual Short-Term Memory Assessment", Journal of Sensors, vol. 2020, 2020., <https://doi.org/10.1155/2020/8767865>

чиме је испуњен предуслов за одбрану докторске дисертације.

**Преостали објављени радови:**

#### **Списак резултата M24**

1. M. Antonijevic, G. Shimic, A. Jevremovic, M. Veinovic, S. Arsic, "The Potential for the Use of EEG Data in Electronic Assessments", Serbian Journal of Electrical Engineering, vol. 15, no. 3, pp. 339-351, 2018., DOI: <https://doi.org/10.2298/SJEE1803339A>

#### **Списак резултата M30**

1. M. Antonijević, M. Živković, S. Arsić, A. Jevremović, "The Potential Of Using EEG Data In Evaluation Of Visual Short-Term Memory Test Results", Zbornik radova, pp. 1045 - 1047, Jun, 2019, IcETRAN ([https://etran.rs/2019/Proceedings\\_IcETRAN\\_ETRAN\\_2019.pdf](https://etran.rs/2019/Proceedings_IcETRAN_ETRAN_2019.pdf))
2. A. Jevremovic, S. Arsic, M. Antonijevic, A. Ioannou, N. Garcia, "Human-Computer Interaction Monitoring and Analytics Platform - Wisconsin Card Sorting Test Application", HealthyIoT 2018 - 5th EAI International Conference on IoT Technologies for HealthCare, Guimaraes, Portugal, November 21-23, 2018.
3. M. Antonijevic, G. Shimic, A. Jevremovic, M. Veinovic, "Potentials of Using Artificial Intelligence and EEG Data in Electronic Assessments", 5th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Palic, Serbia, Zbornik radova, pp. 1253-1255, 2018. (<https://www.etran.rs/common/Zbornik%20ETRAN%20IC%20ETRAN-18-final.pdf>)
4. M. Milosaljevic, S. Adamovic, A. Jevremovic, M. Antonijevic, "Secret key agreement by public discussion from EEG signals of participants", 5th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, Palic, Serbia, Zbornik radova, pp. 1253-1255, 2018. (<https://www.etran.rs/common/Zbornik%20ETRAN%20IC%20ETRAN-18-final.pdf>)

Докторска дисертација кандидата Милоша Антонијевића је урађена на укупно 145 страна, од чега 37 страна чине прилози и списак литературе. Списак литературе обухвата 104 референце које чине научни радови, књиге, зборници радова и електронски извори. Уз основни текст дисертација садржи и 75 слика и 30 табела.

Докторска дисертација кандидата Милоша Антонијевића је била подвргнута провери софтвером за установљавање преклапања/плагијаризма (iThenticate Plagiarism Detection Software). *Укупан процентуални износ запажених преклапања износи 3% дисертације.*

## **2. Предмет и циљ истраживања**

Предмет овог истраживања је интеракција између човека и рачунара, односно могућност примене вештачке интелигенције за њену анализу и процену когнитивних перформанси испитаника. У зависности од приступа који могу бити центрирани око људи или око рационалности, вештачка интелигенција се може дефинисати као систем који размишља или се понаша као човек или као систем који размишља или се понаша рационално. Когнитивне способности (перформансе) се дефинишу као процедуре које људски мозак користи за стицање нових знања и за доношење одлука на основу стеченог знања. Различите когнитивне функције играју важну улогу у процесима перцепције, пажње, меморије, резонавања итд. Сви наведени когнитивни процеси раде заједно на стицању новог знања и утичу на тумачење и схватање света који нас окружује.

Циљ истраживања је применити вештачку интелигенцију за аутоматизовану обраду прикупљених података о интеракцији између човека и рачунара коришћењем различитих сензора и на основу тога извршити процену когнитивних способности испитаника. У ову сврху коришћени су подаци добијени са три сензора: ЕЕГ уређаја, eye tracker уређаја и компјутерског миша.

Треба нагласити да је кандидат дао опширан критички осврт на постојеће резултате истраживања у предметној области у својим приступним радовима под називом "Бележење емотивних перформанси корисника у реалном времену коришћењем EMOTIV EROS+ уређаја" и "Могућности примене ЕЕГ мерења у електронској провери знања", које је одбранио на Сингидунум Универзитету у склопу докторских студија и објавио рад под називом "The Potential for the Use of EEG Data in Electronic Assessments" у часопису категорије M24, чиме је стекао формално право да пријави докторску дисертацију из наведене области.

### 3. Хипотетички оквир истраживања

Основна хипотеза је да је могуће користити вештачку интелигенцију за анализу интеракције између човека и рачунара и да ће се њеном применом остварити приближни или бољи резултати од оних у којима анализу врши човек.

Могућа је примена дистрибуираних (*cloud*) решења са циљем добијања тачних и благовремених резултата (благовремених: погодних за употребу у реалном времену, за слање повратне информације, оптимизацију итд.). Погодност дистрибуираних система је што у кратком времену могу обрадити велике количине података (добијених од различитих сензора и апликација), што је нарочито значајно код система вештачке интелигенције који захтевају високе хардверске перформансе за рад у реалном времену.

Анализом добијених резултата вештачке интелигенције могућа је процена когнитивних перформанси учесника. Способност система вештачке интелигенције да размишљају као човек чини их погодним за анализу резултата тестова којима се врши процена когнитивних способности код људи.

### 4. Методологија истраживања

У овом раду примењене су теоријске и експерименталне методе истраживања. Теоријска метода моделовања коришћена је за развој модела за прикупљање, синхронизацију и обраду података о интеракцији човека и рачунара. Теоријски модел подразумева прикупљање информација о интеракцији човека са рачунаром на основу података са више сензора и апликација преко којих корисник обавља интеракцију. Његова имплементација омогућава приказивање обрађених резултата у форматима погодним за анализу од стране људи или рачунара.

Један од основних изазова представља временска синхронизација прикупљених података. За потребе коришћења у склопу теоријског модела развијен је мрежни протокол базиран на Network Time Protocol (NTP) протоколу, који омогућава усклађивање времена добијених са различитих временских извора у окружењима у којима постоји потенцијално кашњење у преносу података.

Практична имплементација развијеног теоријског модела за прикупљање, синхронизацију и обраду података са различитих сензора реализована је у виду HSI-MAP платформе. Платформа се састоји од скупа модуларних Веб апликација и сервиса који за комуникацију са сензорима и другим клијентским апликацијама користе HTTP(S) протокол. Због своје једноставности, за формат порука које се размењују између платформе и клијентских апликација одабран је JSON стандард.

Комуникација сензора са платформом може бити директна, кроз алгоритме који претварају изворне сигнале у облик разумљив за даљу обраду од стране платформе, или посредна, преко додатних уређаја или интерфејса. Тако, на пример, информације о динамици коришћења миша се прикупљају кроз апликацију инсталирану на клијентском рачунару, док се, са друге стране, софтвер који прикупља податке са ЕЕГ уређаја налази на таблет уређају, који са самим сензором комуницира путем Bluetooth протокола.

Метода научног експеримента примењена је на групи испитаника на примеру различитих тестова когнитивних способности. Тестови су реализовани путем четири различите Веб апликације - Wisconsin Card Sorting Test, Visual Short Term Working Memory Test, mTutor (Electronic assesment) и AC Test.

Анализом прикупљених података, применом различитих статистичких метода, развијен је модел вештачке интелигенције за процену когнитивних способности испитаника.

## **5. Кратак приказ садржаја докторске дисертације**

Дисертација се састоји од увода, три поглавља и закључка.

У уводу је направљен кратак преглед проблема којим се истраживање бави и опис предложеног приступа за његово решавање. Дефинисан је циљ, хипотезе и методе које ће се примењивати и представљени су теоријски основи и оквири интеракције човек-рачунар, когнитивних перформанси и вештачке интелигенције, који су потребни за целовито сагледавање тематике дисертације. Објашњени су основни закони на којима се базира интеракција између човека и рачунара и анализирана је њихова примена на дизајнирање корисничког интерфејса. Дефинисани су неопходни појмови који се односе на когнитивне перформансе људи и постојећа метрика којом се могу процењивати. Приказани су циљеви и задаци сваког од четири спроведена теста когнитивних особина испитаника. Размотрени су системи вештачке интелигенције и машинског учења који се могу применити за анализу података добијених са сензора и клијентских апликација током интеракције.

У оквиру првог поглавља направљен је преглед постојећих радова који се баве проучавањем интеракције човека и рачунара, коришћењем ЕЕГ сензора, сензора за праћење погледа и рачунарског миша. Посебан фокус је стављен на студије које истражују емотивне карактеристике и когнитивне способности испитаника приликом интеракције.

Друго поглавље се односи на опис уређаја и примењених технологија за израду софтверске архитектуре која омогућава синхронизовано прикупљање и фузију података са сензора. Основне компоненте свеобухватне софтверске архитектуре су: платформа за синхронизацију и обраду података, сензорске апликације и клијентске апликације. Описане су карактеристике коришћених сензорских уређаја и детаљно је објашњено

функционисање појединачних сензорских и клијентских апликација и њихова комуникација са платформом. Приказана су експериментална окружења у четири спроведена експеримента, апаратура и ограничења спроведених тестова когнитивних перформанси, начин на који су испитаници обављали интеракцију и технике прикупљања и обраде добијених података.

Треће поглавље садржи квантитативну и квалитативну анализу података добијених на основу спроведених експеримената. Приказани су резултати обраде података о интеракцији човека са рачунаром и предложена решења за аутоматизацију процена когнитивних перформанси испитаника. Поглавље се бави анализом резултата сваког експеримента појединачно и предлаже најефикасније методе за анализу од стране вештачке интелигенције.

У закључном разматрању је направљен преглед проблема којим се истраживање бави и предложених решења до којих се дошло анализом резултата спроведених експеримената. Наведени су могући правци будућих истраживања у циљу развоја ефикасних система за анализу интеракције човек-рачунар.

## **6. Постигнути резултати и научни допринос докторске дисертације**

Научни допринос овог рада се огледа у развијању модела вештачке интелигенције за аутоматизацију процена прикупљања и анализе података добијених интеракцијом човека и рачунара. Овако развијени модел омогућава обраду прикупљених података са циљем процене когнитивних способности испитаника. Због брзине анализирања података која далеко надмашује могућности обраде од стране људи, систем може у реалном времену да шаље повратну информацију кориснику, чиме постаје активни учесник интеракције.

Научни резултати су:

- Потврда хипотезе о могућности примене вештачке интелигенције у анализи резултата неуропсихолошког *Wisconsin Card Sorting Test* експеримента, кроз методолошки исправно спроведено истраживање,
- Потврда хипотезе о могућности примене вештачке интелигенције у одређивању врсте слике коју је корисник гледао и присуства публике у току *Visual short term memory* тестирања, кроз методолошки исправно спроведено истраживање,
- Потврда хипотезе о могућности примене вештачке интелигенције за умањивање стреса и повећање интересовања и фокусираности испитаника у току електронске провере знања, кроз методолошки исправно спроведено истраживање,

- Потврда хипотезе о могућности примене вештачке интелигенције за процену когнитивних перформанси испитаника у току АС теста и детектовање корелације између локације погледа корисника и положаја миша у току тестирања, кроз методолошки исправно спроведено истраживање,

- Допринос науци и у делу научног описивања и објашњења предмета истраживања

## 7. Мишљење и предлог Комисије о докторској дисертацији

На основу свега изложеног Комисија је мишљења да докторска дисертација кандидата Милоша Антонијевића по својој теми, приступу, структури и садржају рада, квалитету и начину излагања, методологији истраживања, начину коришћења литературе, релевантности и квалитету спроведеног истраживања и донетим закључцима задовољава критеријуме захтеване за докторску дисертацију, те се може прихватити као подобна за јавну одбрану.

Сагледавајући укупну оцену докторске дисертације кандидата Милоша Антонијевића под називом "Примена вештачке интелигенције за анализу интеракције између човека и рачунара и процену когнитивних перформанси" предлажемо Већу департамента за последипломске студије и Сенату Универзитета Сингидунум да прихвати напред наведену докторску дисертацију и одобри њену јавну одбрану.

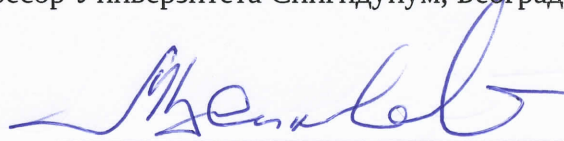
Потврђујемо својим потписом, под пуном професионалном одговорношћу, да су подаци у Извештају веродостојни и у потпуности тачни, укључујући тачну категоризацију научноистраживачких резултата кандидата, а све у складу са Правилницима и актима Универзитета.

Београд, 29.04.2020.

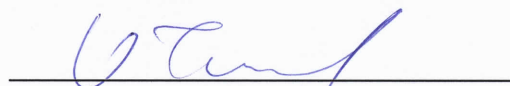
Чланови комисије:



проф. др Александар Јевремовић, ментор  
редовни професор Универзитета Сингидунум, Београд



проф. др Младен Веиновић, председник комисије  
редовни професор Универзитета Сингидунум, Београд



проф. др Иван Чорбев, члан  
редовни професор Универзитета Св. Кирил и Методиј, Скопје