

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ивана Вајса, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 1470-30 од 10.10.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ивана Вајса под насловом

**„Интелигентни системи за детекцију дислексичних образаца очних покрета током читања на српском језику“**

**„Intelligent systems for the detection of dyslexic eye movement patterns during reading in the Serbian language“**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Иван Вајс је школске 2020/2021. године уписао докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул „Управљање системима и обрада сигнала“. Током студија је положио све испите са просечном оценом 10,00 и испунио све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене планом и програмом.

Кандидат је 26.01.2023. поднео пријаву теме за израду докторске дисертације под насловом „Интелигентни системи за детекцију дислексичних образаца очних покрета током читања на српском језику“. Комисија за студије трећег степена је на својој седници 14.02.2023. године разматрала предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације упутила Наставно-научном већу на усвајање.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је на својој седници бр. 833 одржаној 21.02.2023. године именovalo Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације (одлука број 337 од 03.03.2023. године) у следећем саставу:

1. др Горан Квашчев, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Вања Ковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Филозофски факултет

3. др Милош Цветановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
4. др Андреј Савић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
5. др Владислава Крсмановић, научни сарадник, Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду.

За ментора докторске дисертације је предложена др Милица Јанковић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет.

Јавна усмена одбрана теме докторске дисертације кандидата је одржана на Електротехничком факултету у Београду дана 14.03.2023. године пред комисијом у саставу др Горан Квашчев, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет, др Вања Ковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Филозофски факултет, др Милош Цветановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет, др Андреј Савић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет и др Владислава Крсмановић, научни сарадник, Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду. Комисија је једногласно закључила да је кандидат Иван Вајс на јавној усменој одбрани предложене теме добио оцену „задовољно“. Заједно са предложеним ментор докторске дисертације, др Милицом Јанковић, ванредним професором Електротехничког факултета Универзитета у Београду, комисија је поднела Извештај за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду је на својој седници бр. 885 одржаној 11.04.2023. године усвојило Извештај за оцену научне заснованости теме докторске дисертације (одлука број 551/22 од 24.04.2023.). Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је дало сагласност на одлуку Наставно-научног већа Електротехничког факултета о прихватању докторске дисертације Ивана Вајса под називом „Интелигентни системи за детекцију дислексичних образаца очних покрета током читања на српском језику“ и одређивању др Милице Јанковић, ванредног професора, Универзитета у Београду - Електротехничког факултета за ментора докторске дисертације (одлука број 61206-1682/2-23 од 15.05.2023.).

Кандидат је 25.09.2023. године предао урађену докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена је на својој седници 03.10.2023. године потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета је на својој седници бр. 890 одржаној 10.10.2023. године именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (одлука број 1470-30 од 10.10.2023.) у следећем саставу:

1. др Горан Квашчев, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Бошко Николић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
3. др Вања Ковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Филозофски факултет
4. др Андреј Савић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
5. др Владислава Крсмановић, научни сарадник, Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду.

Провера оригиналности докторске дисертације је извршена на основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и на основу извештају из програма iThenticate је констатовано подударане текста од 13%, као

последица цитата, личних имена, наставних и истраживачких звања, библиографских података о коришћеној литератури и сличних општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања који су проистекли из његове дисертације и на којима је наведен као први аутор. У складу с тим, став Комисије је да докторска дисертације представља оригинални научни рад кандидата Ивана Вајса.

### 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научној области Техничке науке – Електротехника и рачунарство за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду. У ужем смислу, дисертација припада научној области биомедицинско инжењерство. Прецизније, у докторској дисертацији су описане иновативне методе за анализу образаца покрета очију током процеса читања код деце са и без дислексије.

За ментора докторске дисертације је одређена др Милица Јанковић, ванредни професор за ужу научну област биомедицинска техника Електротехничког факултета, Универзитета у Београду. Ментор има вишегодишње истраживачко и наставно искуство у домену докторске дисертације.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Иван Вајс је рођен 9.10.1996. године у Београду. Завршио је првих 6 разреда основне школе у ОШ „Лазар Саватић“. Седми и осми разред основне школе завршио је у „Основној школи при Математичкој гимназији“ у Београду са просечном оценом 5,00. Уписао је Математичку гимназију коју је завршио са просечном оценом 5,00. Електротехнички факултет Универзитета у Београду је уписао 2015. године где је дипломирао на одсеку Сигнали и системи са просечном оценом 9,38. Дипломски рад под насловом „Валидација алгорита за анализу хода применом оптичког система“ одбранио је у септембру 2019. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на модулу Сигнали и системи је уписао у октобру 2019. године, а завршио 2020. године са просечном оценом 9,83. Мастер рад под насловом „Софтвер отвореног кода за анализу хода у реалном времену коришћењем инерцијалних сензора“ одбранио је са оценом 10. Докторске студије је уписао 2020. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, смер Управљање системима и обрада сигнала. Све испите на докторским студијама је положио са просечном оценом 10.

У јануару 2023. године, Иван Вајс је поднео пријаву тему докторске дисертације са називом „Интелигентни системи за детекцију дислексичних образаца очних покрета током читања на српском језику“ (енг. *Intelligent systems for the detection of dyslexic eye movement patterns during reading in the Serbian language*), под менторством др Милице Јанковић, ванредни професор.

Иван Вајс је током основних и мастер студија био корисник „Стипендије за изузетно надарене студенте“ коју је додељивало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Научно-истраживачко искуство је стекао радећи као истраживач приправник у Иновационом центру Електротехничког факултета у Београду.

Поред истраживачког рада, Иван је у Иновационом центру Електротехничког факултета у Београду ангажован и као сарадник на развоју пројеката, где је стекао искуство са развојем и организацијом пројектних предлога и администрацијом пројектних активности, као и са активностима промоције науке, научних резултата, интер-институционалне сарадње и иновација. Током досадашњег рада, учествовао је у следећим истраживачким и комерцијалним пројектима:

- Међународни пројекат програма Horizon2020 L4MS, „FOF-12-2017 ICT Innovation for manufacturing SMEs (I4MS), Area 2: Robotics“, бр. 767642, 2019.
- Национални пројекат програма развоја науке и технологије Министарства науке, технолошког развоја и иновација (до 2023. године Министарства просвете, науке и технолошког развоја) Републике Србије „Подршка остваривању заједничког интереса у научноистраживачкој делатности“, 2021-данас.
- Национални пројекат „Нова решења у развоју софтвера заснована на сличности текстова“ (AVANTES), Фонд за науку Републике Србије, бр. 6526093, 2021-2022.
- Комерцијални пројекат „Дизајн и развој хибридне мреже за праћење квалитета ваздуха“ за фирму DNET Labs, суфинансиран од стране Фонда за иновациону делатност Републике Србије, бр. 918, иновациони ваучер, 2021.
- Комерцијални пројекат „Студија изводљивости за бесконтактни мониторинг спавања применом радарске технологије и референтног мултимодалног система“ за фирму Novelic доо, Београд, суфинансирана од стране Фонда за иновациону делатност Републике Србије, бр. 760, иновациони ваучер, 2021.
- Комерцијални пројекат: курс Дигитална фабрикација – рад са 3Д штампачима за Бизнис инкубатор удружења за истраживање и развој Ваљево, 2020-2021.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Интелигентни системи за детекцију дислексичних образаца очних покрета током читања на српском језику“ написана је на српском језику на 101 страници ћириличним писмом и садржи 55 слика, 18 табела и 130 референци наведених по редоследу појављивања у дисертацији. Дисертација обухвата следећих девет поглавља:

1. Увод
2. Биометријски приступи у дијагнози дислексије
3. Разликовање дислексичних образаца применом метода статистичке анализе
4. Препознавање дислексичних образаца помоћу метода машинског учења
5. Терапија дислексије и асистивне технологије
6. База података
7. Детекција дислексије применом класификације обележја
8. Детекција дислексије применом конволуционих неуралних мрежа
9. Закључак

На почетку дисертације су насловна страна на српском и енглеском језику, подаци о ментору и члановима комисије, захвалница на српском језику, сажетак дисертације на српском и енглеском језику, садржај, списак слика, списак табела и списак скраћеница. Након последњег поглавља се налазе Прилог А, Прилог Б, Прилог В, Прилог Г и списак референци. На крају тезе се налазе биографија кандидата, изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије и изјава о коришћењу.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прва секција представља увод, у коме постоји 2 потпоглавља. У првој секцији увода, секцији 1.1, је приказан кратак осврт на различите дефиниције дислексије и њену



заступљеност у општој популацији. Затим се, у секцији 1.2 даје преглед метода за стандардно успостављања дијагнозе дислексије укључујући примере коришћених тестова за евалуацију различитих језичких способности.

У другој секцији се описују биометријски приступи за успостављање дијагнозе дислексије. У секцији 2.1. описују се методе магнетне резонанце и функционалне магнетне резонанце које се користе у студијама дислексије. Секција садржи кратак опис инструментације која се користи, као и метода за обраду података. У секцији 2.2 се описује метода електроенцефалографије и њена примена у успостављању дијагнозе дислексије, пратећи инструментацију у постојећим студијама и коришћене методе обраде података. У секцији 2.3. је дат детаљан преглед инструмената и обележја која су коришћена у различитим студијама дислексије везаним за праћење покрета очију. Дат је преглед обележја по категоријама као и кратка дискусија о заступљености обележја у литератури.

У секцији 3 даје се преглед студија које користе статистичку анализу за поређење групе са дислексијом и контролне групе. Ова секција даје свеобухватан увид у спроведене студије, са кратким описом студије и наведеним најважнијим закључцима.

Секција 4 даје преглед студија у којима се врши препознавање дислексичних образаца применом машинског учења, уз кратак опис студија и постигнуте тачности класификације.

Секција 5 даје кратак преглед метода за терапију дислексије, као и могућности асистивних технологија.

Секција 6 обухвата опис базе података која је коришћена у раду, укључујући дизајн стимулуса, експерименталну поставку, број испитаника и остале детаље релевантне за студију.

Секција 7 представља поглавље које се фокусира на карактеризацију покрета очију помоћу обележја и коришћење алгоритама машинског учења за класификацију испитаника у групу са дислексијом или у неуротипичну групу. На почетку поглавља у секцији 7.1 дат је кратак увод у поглавље са мотивацијом. Затим је у секцији 7.2 приказан развијени начин приказа очних покрета, који је коришћен за анализу и испитивање постојећих података. Анализа визуелизације је резултовала развојем обележја заснованих на просторним и временским карактеристикама сакада и фиксација, која су описана у секцији 7.3. Ова секција садржи опис методе, представљене резултате са дискусијом и изведене закључке. Затим се у секцији 7.4 представљају обележја која не захтевају поделу секвенце погледа на фиксације и сакада, и која су робусна спрам фреквенције одабирања података. Секција 7.4 садржи комплетан опис методе, постигнутих резултата и коначни закључак. Анализа утицаја конфигурације боја на којима је приказан текст је такође приказана у секцијама 7.3 и 7.4 користећи одговарајућа описана обележја.

Секција 8 представља поглавље које описује класификацију очних покрета на дислексичне и неуротипичне без коришћења обележја, употребом конволуционих неуралних мрежа. На почетку осмог поглавља, у секцији 8.1 дат је кратак увод и опис литературе у којој су коришћене конволуционе неуралне мреже за детекцију дислексије. Такође је дат опис конволуционих неуралних мрежа, њихове примене, и једног конкретног типа архитектуре неуралне мреже – конволуционог аутоенкодера, који је коришћен у даљим секцијама овог поглавља. У секцији 8.2 описани су метода, резултати, дискусија и закључак класификације очних покрета испитаника у дислексичне и неуротипичне применом конволуционе неуралне мреже. Описан је принцип *encoding*-а података (конверзија секвенци координата у слике) и архитектура неуралне мреже, као и постигнути резултати и њихове импликације. У секцији 8.3 је приказан алгоритам обраде који се заснива на конволуционом аутоенкодеру, а који користи више различитих елемената како би омогућио класификацију дислексичних очних покрета која је неосетљива на различите експерименталне услове. У секцији 8.3 је поред базе испитаника чији је матерњи језик српски (која је коришћена у остатку дисертације) коришћена још једна отворена база података коју чине испитаници чији је матерњи језик шведски.

Посматране базе података имају веома различите експерименталне поставке, а описани алгоритам квантификује просторну сложеност покрета очију тако да се може обучити на једној бази, а применити на другој.

На крају дисертације је дат закључак, са наведеним хипотезама и научним доприносима дисертације (секција 9.1) и наведеним смерницама за даљи рад (секција 9.2).

У Прилогу А су приказани примери слајдова који су коришћени као стимулуси за базу података коришћену у дисертацији.

У Прилогу Б је дат пример приказа очних покрета за све испитанике током читања на белој боји, помоћу методе визуелизације предложене у дисертацији.

У Прилогу В се налази кратак преглед коришћених алгоритама машинског учења, њихових функционалности и хиперпараметара.

У Прилогу Г се налазе додатне метрике за евалуацију класификатора обученим на појединачним обележјима из секције 7.3.2.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1 Савременост и оригиналност

Заступљеност неуроразвојних поремећаја који резултују потешкоћама у идентификовању речи, правопису и разумевању прочитаног се процењује да је 20% у општој популацији (17.5% у школском узрасту), док 5–7% популације има теже облике оваквих потешкоћа и дијагнозу дислексије. Сходно заступљености и негативним утицајима које дислексија може имати на квалитет живота укључујући едукативне, социјалне и емоционалне аспекте, она је предмет мултидисциплинарних истраживања, како за успостављање дијагнозе, тако и за евалуацију, мониторинг и асистенцију.

Циљ истраживања предложене докторске дисертације је развој интелигентних система за класификацију образаца очних покрета дислексичних и неуротипичних читача чији је матерњи језик српски. Истраживање је обухватило два приступа анализе покрета очију: 1) приступ базиран на проналажењу репрезентативне дескрипције тј. обележја фиксација/сакада и 2) приступ заснован на минималном претпроцесирању и конволуционим неуралним мрежама. Осим недвосмислене националне важности овог истраживања, посебан значај овог истраживања у техничком смислу лежи у превазилажењу изазова који прате отежану детекцију дислексије у језицима плитке ортографије где је српски језик репрезент „идеалне“ ортографије (бијективно пресликавања слова и фонема).

Први приступ обухвата проналажење нових обележја за карактеризацију очних покрета на основу фиксација и сакада која помоћу алгоритама машинског учења успешно раздвајају неуротипичну групу испитаника и групу испитаника са дислексијом. Такође, у оквиру овог приступа су развијена обележја која су робусна, имају потенцијал за имплементацију у реалном времену и не захтевају поделу секвенци погледа на фиксације и сакаде. Имплементирана обележја су коришћена за анализу утицаја приказа текстуалног садржаја (боја) на перформансе испитаника. Добијени резултати указују на то да боје могу имати значајан утицај на перформансе читања, али да је тај утицај индивидуалан и да није могуће издвојити универзално најбољу боју која ће олакшати читање целој групи испитаника.

Истраживање дисертације обухвата и други приступ заснован на имплементацији конволуционих неуралних мрежа за класификацију испитаника на основу очних покрета. Коришћен је приказ података у форми слике и иницијално је имплементирана класификација испитаника помоћу дводимензионалне конволуционе неуралне мреже у оквиру базе података испитаника чији је матерњи језик српски. Затим је имплементиран алгоритам обраде заснован

на конволуционом аутоенкодеру који је тестиран и евалуиран на две различите базе података (једне на српском, а друге на шведском матерњем језику). Алгоритам је обучен на једној бази, а тестиран на другој (и обрнуто), и постигао је резултате упоредиве са онима из литературе упркос постојању различитих експерименталних фактора (разлика у матерњем језику између база података, типу уређаја за снимање очних покрета и начину приказа текста).

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је наведено 130 релевантних библиографских референци. Кандидат је детаљно проучио литературу у области успостављања дијагнозе дислексије, како коришћењем конвенционалних метода, тако и применом различитих биометријских приступа. Кандидат је показао ширину у сагледавању проблема који је предмет дисертације, цитирајући базичне радове из области докторске дисертације, али и актуелне радове објављене у престижним међународним часописима и зборницима радова међународних конференција. Списак литературе укључује и радове које је кандидат публиковао као аутор верификујући научне доприносе ове дисертације.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су коришћене адекватне инжењерске и научне методе (засноване на релевантној литератури) које се тичу обраде сигнала очних покрета и машинског учења. Истраживање је обухватило следеће целине:

- анализирање карактеристика покрета очију код неуротипичне деце и деце са дислексијом током читања на српском језику;
- имплементирање конвенционалних обележја на сигнаlima очних покрета сегментираним на фиксације и сакаде;
- имплементирање нових просторних и временских обележја на сигнаlima очних покрета сегментираним на фиксације и сакаде и на несегментираним сигнаlima очних покрета;
- статистичку анализу имплементираних обележја између групе неуротипичне деце и групе деце са дислексијом;
- статистичку анализу утицаја боје позадине текста за читање на сепарабилност између групе неуротипичне деце и групе деце са дислексијом;
- имплементирање различитих алгоритама машинског учења и испитиване важности имплементираних обележја и њихових индивидуалних/комбинованих утицаја на тачност препознавања дислексичних образаца очних покрета;
- имплементирање различитих архитектура конволуционих неуралних мрежа и *encoding*-а несегментираних података очних покрета са циљем класификације образаца читања неуротипичне деце и деце са дислексијом прикупљених у различитим експерименталним условима.

Кандидат је на потпуно професионалан начин применио методе научних истраживања. Истраживања су рађена на бази података испитаника чији очни покрети су снимљени током читања на српском матерњем језику, доступној захваљујући претходним истраживањима Лабораторије за биомедицинско инжењерство и технологије Електротехничког факултета Универзитета у Београду и Лабораторије за неурокогницију и примењену когницију Филозофског факултета Универзитета у Београду, као и на јавно доступној бази података испитаника чији очни покрети су снимљени током читања на шведском матерњем језику.



### 3.4. Применљивост остварених резултата

Рад на докторској дисертацији је био инспирисан идејом да се превазиђу ограничења постојећих метода за објективно успостављање дијагнозе дислексије код испитаника чији је матерњи језик српски. Методологија представљена у докторској дисертацији омогућава терапеуту да на једноставан и прецизан начин визуелизује разлику у обрасцима читања неуротичног испитаника и испитаника са дислексијом, да користи систем за подршку при одлучивању у успостављању дијагнозе као и да прати ефекат примењене терапије. Имплементирани алгоритми показују велики потенцијал за даље примене, како у дијагностици дислексије и праћењу терапије, тако и у креирању робусних алата који се могу користити у реалном времену или на различитим базама података.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током својих докторских студија, кандидат је обавио опсежан преглед релевантне литературе из области анализе покрета очију и дислексије, показао је да је у стању да сагледа предности и недостатке постојећих решења, да самостално дефинише хипотезе истраживања и да их на систематичан начин тестира и валидира. Кандидат је резултате истраживања успешно презентовао на међународној конференцији и публиковао у научним часописима. На основу свега наведеног, Комисија констатује да је кандидат достигао ниво самосталности неопходан за даљи научно-истраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни допринос овог рада чини нова методологија која омогућава једноставно, објективно, интерпретабилно и робусно успостављање дијагнозе дислексије на основу покрета очију током читања.

Током истраживања у оквиру докторске дисертације, постигнути су научни доприноси:

1. увођење нових просторних и временских обележја очних покрета ефикасних у детекцији дислексичних образаца током читања на српском језику помоћу алгоритама машинског учења;
2. увођење робусних и интерпретабилних обележја очних покрета погодних за детекцију дислексичних тенденција у реалном времену током читања на српском језику помоћу алгоритама машинског учења;
3. анализа утицаја боје позадине текста за читање на сепарабилност дислексичних и недислексичних образаца очних покрета;
4. предлог новог интелигентног система за детекцију дислексичних тенденција на основу несегментираних сигнала покрета очију при читању применом конволуционих неуралних мрежа;
5. предлог новог интелигентног система за детекцију дислексичних тенденција заснованог на *encoding*-у сигнала покрета очију при читању, робусног у погледу експерименталних услова.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу увида у полазне хипотезе, циљ истраживања и остварене резултате, констатујемо да је кандидат Иван Вајс успешно одговорио на сва релевантна истраживачка питања докторске дисертације. У оквиру докторске дисертације је дефинисан и валидиран развој



интелигентних система за класификацију образаца очних покрета испитаника са дислексијом и неуротипичних испитаника чији је матерњи језик српски.

Нове метрике за карактеризацију дислексичких образаца очних покрета на основу фиксација и сакада током читања испитаника на српском матерњем језику представљају важан научни допринос ове докторске дисертације. Резултати овог дела истраживања су публиковани у међународном часопису 2022. године (M21).

Значајан део истраживања представља и развој робусних и интерпретабилних обележја очних покрета, која се могу имплементирати у реалном времену, а успешно раздвајају неуротипичну групу и групу са дислексијом. Резултати ових истраживања су публиковани у међународном часопису 2023. године (M23).

У контексту холистичког приступа, развијен је и принцип *encoding*-а у комбинацији са применом конволуционих неуралних мрежа за класификацију дислексије уз минимално претпроцесирање и без поделе секвенци погледа на фиксације и сакаде. Резултати овог истраживања су представљени на међународној конференцији 2022. године (M33).

Имплементација алгорита који није осетљив на различите експерименталне услове и који се може применити на експериментално различитим базама података представља веома значајан научни допринос ове докторске дисертације. Приказ овог алгорита као и постигнути резултати су публиковани у међународном часопису 2023. године (M22).

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Главни резултати истраживања који су предмет ове тезе су објављени у радовима у међународним часописима (3 рада) и зборнику са међународне конференције (1 рад):

##### а) Радови објављени у научним часописима међународног значаја:

1. **I. Vajs**, V. Ković, T. Papić, A. M. Savić, and M. M. Janković, "Spatiotemporal Eye-Tracking Feature Set for Improved Recognition of Dyslexic Reading Patterns in Children," *Sensors*, vol. 22, no. 13, 2022. ISSN 1424-8220, Impact factor 3.847, doi: <https://doi.org/10.3390/s22134900> (M21)
2. **I. A. Vajs**, G. S. Kvaščev, T. M. Papić, and M. M. Janković, "Eye-Tracking Image Encoding: Autoencoders for the Crossing of Language Boundaries in Developmental Dyslexia Detection," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 3024–3033, 2023. ISSN 2169-3536, Impact factor: 3.476, doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3234438> (M22)
3. **I. Vajs**, T. Papić, V. Ković, A. M. Savić, M. M. Janković, "Accessible Dyslexia Detection with Real-Time Reading Feedback through Robust Interpretable Eye-Tracking Features," *Brain Sciences*, vol. 13, no. 3, p. 405, 2023. ISSN 2076-3425, Impact factor: 3.333, doi: <https://doi.org/10.3390/brainsci13030405> (M23)

##### б) Радови објављени у зборницима са међународних конференција:

1. **I. Vajs**, V. Ković, T. Papić, A. M. Savić, and M. M. Janković, "Dyslexia detection in children using eye tracking data based on VGG16 network," *Proceedings of 30th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2022)*, pp. 1601 - 1605, 29. Aug-2. Sep, Belgrade, 2022. (M33)

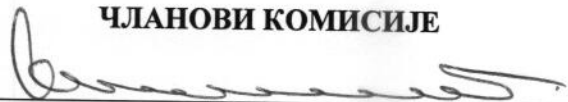
## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација Ивана Вајса под насловом „Интелигентни системи за детекцију дислексичних образаца очних покрета током читања на српском језику“ (енг. „Intelligent systems for the detection of dyslexic eye movement patterns during reading in the Serbian language“) испуњава све суштинске и формалне услове предвиђене Законом о високом образовању, као и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета. У докторској дисертацији је кандидат доказао хипотезу да се обрасци покрета очију током читања на српском језику разликују у просторном и временском домену између деце са дислексијом и неуротипичне деце тако да је могуће обезбедити аутоматску идентификацију дислексичних образаца. Такође је доказана и хипотеза да је могуће, у реалном времену, помоћу интерпретабилних и робусних обележја идентификовати дислексичне обрасце несегментираних очних покрета током читања на српском језику. Доказана је и хипотеза да је могуће развити алат за детекцију дислексичних тенденција на основу несегментираних сигнала очних покрета који се може применити у различитим експерименталним условима. У оквиру докторске дисертације је демонстриран потенцијал који предложени алати имају у детектовању дислексичних образаца очних покрета, а резултати докторске дисертације су верификовани публикацијама кандидата.

Узимајући у обзир све наведено Комисија сматра да докторска дисертација Ивана Вајса садржи оригиналне научне доприносе у области биомедицинског инжењерства као и да је током рада на докторској дисертацији кандидат Иван Вајс показао самосталност и зрелост у научно-истраживачким активностима. Стога Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Интелигентни системи за детекцију дислексичних образаца очних покрета током читања на српском језику“ кандидата **Ивана Вајса**, мастер инжењера електротехнике и рачунарства прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 24.10.2023. године

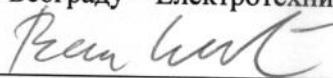
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



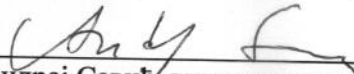
др Горан Квашчев, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Бошко Николић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Вања Ковић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Филозофски факултет



др Андреј Савић, виши научни сарадник  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Владислава Крсмановић, научни сарадник  
Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду