



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 08.06.2021. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Марије Милутиновић под насловом „Вишециљно машинско учење за класификацију замишљених моторних радњи на основу ЕЕГ сигнала“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Марија Милутиновић је рођена 11.08.1996. у Лозници где је завршила Основну школу „Анта Богићевић“ као ђак генерације и носилац Вукове дипломе и Основну музичку школу „Вук Караџић“ на одеку за клавир као носилац Вукове дипломе. Природно математички смер Гимназије „Вук Караџић“ у Лозници завршила је као ђак генерације и носилац Вукове дипломе. У току школовања је освојила једанаест награда на државним такмичењима из математике и физике.

Основне академске студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду уписала је 2015. године и дипломирала на Модулу сигнали и системи у јулу 2019. године са просечном оценом 9,62. Дипломски рад на тему „Препознавање статичких симбола знаковног језика применом конволуционих неуралних мрежа“ урадила је под менторством доц. др Предрага Тадића и одбранила са оценом 10. На конкурс ЕТФ ВАФА 2020 освојила је награду за један од четири најбоља дипломска рада одбрањених у школској 2018/19. години.

Током основних студија своја интересовања је усмерила ка областима дигиталне обраде сигнала и биомедицинског инжењерства. На такмичењу *Електријада* освојила је екипно прво место из предмета *Теорија електричних кола* 2017. године и области *Аутоматика* 2018. године.

Стручну праксу је похађала 2017. године на Max Planck Institute for Software Systems (Немачка) где је радила на пројекту примене алгоритама машинског учења у системима за препоручивање, док је 2019. године била учесник програма Excellence in Engineering на École Polytechnique fédérale de Lausanne (Швајцарска) где се бавила одређивањем функционалне повезаности региона мозга на основу снимака са функционалне магнетне резонанце применом дубоких неуралних мрежа. Поседује сертификат Siemens TIA-MICRO1. Током основних студија била је ангажована као демонстратор на катедри за Рачунарску технику и информатику и студент сарадник у Истраживачкој станици Петница на семинару физике, семинару техничких наука и Petnica International програму.

Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу сигнали и системи уписала је у октобру 2019. године. Положила је све испите са просечном оценом 9.80. У периоду од октобра 2019. године до октобра 2021. године била је ангажована као сарадник у настави на Катедри за сигнале и системе на предметима из области дигиталне обраде сигнала, аутоматике и вештачке интелигенције. Током мастер студија учествовала је на двомесечном програму CERN openlab у организацији Европске организације за нуклеарна истраживања (CERN) и семинару BioCamp у организацији фармaceutске компаније Novartis у току 2020. године. Почетком 2021. године, у оквиру компаније McKinsey & Company била је полазник програма Next Generation Women Leaders EMEA.

2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 52 стране, са укупно 12 слика, 4 табеле и 18 референци. Рад садржи резиме на српском и енглеском језику, а потом 6 поглавља на енглеском језику: увод, преглед релевантних радова из области, опис база података, опис метода за издвајање обележја и развијених метода класификације, резултате са дискусијом, закључак; додаток са програмском имплементацијом решења, списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак псеудо-алгоритама, списак слика и списак табела.

Прво поглавље представља увод у коме су описане примене мозак-рачунар интерфејс система (BCI) базираних на вољним замислима моторних радњи у рехабилитацији особа која пате од психомоторних поремећаја или мишићне атрофије. Приступ пружа могућност обнове оштећених моторних путева, бољу контролу активације мишића, као и управљање роботским протезама или инвалидским колицима. Представљене су најчешће коришћене методе за издвајање релевантних фреквенцијских обележја из ЕЕГ сигнала као и методе за класификацију замисли моторних активности.

У другом поглављу дат је кратак преглед до сада развијених метода у овој области и истакнуте су њихове предности и мане у погледу реализације у реалном окружењу. Посебна пажња посвећена је парадигми вишециљног учења чија је основна предност могућност примене без неопходне калибрације за сваког појединца.

У трећем поглављу су представљени поступак аквизиције, састав база података и кораци у претпроцесирању ЕЕГ сигнала. Једна база података се састоји од замисли покрета горњих екстремитета (десне руке, леве руке и обе руке) снимљених на 13 здравих испитаника, док је друга база јавно доступна и садржи ЕЕГ записе замисли четири различите моторне радње (покрет леве руке, покрет десне руке, покрет језика и покрет стопала).

Четврто поглавље детаљно описује методу за издвајање заједничких просторних обележја (Common Spatial Pattern) и Риманових коваријационих обележја из забележених кортикалних активности у току спроведеног експеримента. Представљен је приступ вишециљног учења за проблем са две класе и дат псеудо-алгоритам обучавања за примену у класификацији замисли моторних активности. Од посебног значаја је ефикасност класификатора на бази вишециљног учења у погледу брзине извршавања.

У оквиру петог поглавља извршена је евалуација пројектованих класификатора на описаним базама података у погледу тачности класификације, брзине обучавања и ефикасности у продукцији. Разматране су перформансе адаптације модела за сваког појединачног испитаника.

Шесто поглавље је закључак у оквиру ког је описан значај предложених модела и њихова ограничења. Резимирани су резултати рада и изложени могуће путање даљег развоја пројекта.

3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Марије Милутиновић се бави испитивањем метода за издавајање обележја из електроенцефалографских (ЕЕГ) сигнала снимљених у току имагинације различитих моторних покрета, као што су замисли покрета екстремитета и пројектовањем модела за препознавање истих. Пројекат је реализован у сарадњи са Департманом за биомедицинско инжењерство, Универзитета у Глазгову.

Модел носећих вектора базиран на класификацији применом заједничких просторних и Риманових обележја достиже задовољавајуће перформансе на трокласном и четворокласном проблему, док се предност модела вишециљног учења заснованог на Хјортховим обележјима огледа у временској ефикасности и одсуству потребе за адаптацијом за сваког појединачног испитаника.

Основни доприноси рада су: 1) приказ и методологија издвајања обележја из ЕЕГ сигнала у проблемима имагинације моторних активности; 2) адаптација модела вишециљног

учења у мозак-рачунар интерфејс системима у рехабилитацији оштећених неуромоторних путева; 3) могућност ефикасне адаптације модела без претходне калибрације за сваког новог испитаника.

4. Закључак и предлог

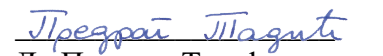
Кандидаткиња Марија Милутиновић је у свом мастер раду успешно реализовала проблем класификације замисли моторних радњи на основу електроенцефалографских сигнала применом метода за издавајање заједничких просторних обележја, Риманових и Хјортхових обележја уз пројектовање класификатора на бази методе носећих вектора и вишециљног учења. Резултати овог рада представљају добро полазиште у развоју система за рехабилитацију и подршку особама које пате од различитих неуролошких обољења, те имају ограничену могућност контроле мишићне активности и интеракције са околином. Предложене су могућности унапређења постојећих модела које умногоме могу приближити пројектовани систем примени у реалном окружењу.

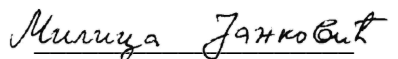
Кандидаткиња је исказала самосталност у истраживању теме, као и иновативност и систематичност у реализацији решења.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад „Вишециљно машинско учење за класификацију замишљених моторних радњи на основу ЕЕГ сигнала“ дипл. инж. Марије Милутиновић прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 17. 09. 2021. године

Чланови комисије:


Др Предраг Тадић, доцент


Др Милица Јанковић, ванредни професор


Др Александра Марјановић, доцент