

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“
на маг. инж. Аделина Георгиева Кременска
от проф. д-р Мая Иванова Димитрова – Институт по роботика, Българска академия на науките (ИР-БАН), секция: Интерактивна роботика и системи за управление (ИРСУ)
Тема на дисертационния труд: **Проектиране на мозъчно-машинен интерфейс към различни устройства и услуги в „интернет на нещата“**
Професионално направление: 5.2 Електротехника, електроника и автоматика; Научна специалност: Приложение на принципите и методите на кибернетиката в различни области на науката

Магистър инж. Аделина Георгиева Кременска е завършила висше образование в ТУ - София специалност "Телекомуникации", ОКС "бакалавър" през 2015г. и ОКС "магистър" в същата специалност през 2017г. Тя е зачислена в задочна докторантура от 01.01.2020г. в ИР-БАН. Има заповед на Директора на Института по роботика, БАН за отчисляване от докторантура с право на защита № 46/31.05.2024г. Понастоящем тя работи на длъжност „Инженер“ (половин работен ден) в секция "Интерактивна роботика и системи за управление - ИРСУ " при Института по роботика на Българската академия на науките –София.

1. Общо описание на дисертационния труд и на приложените към него материали

Дисертационният труд е с обем 134 страници, съдържа 34 фигури, 5 таблици и се състои от увод, 4 глави, заключение и насоки за бъдещи изследвания. Използваната литература включва 102 публикации на класически и съвременни изследвания, както и програмни продукти с отворен код. Като цяло библиографията е достатъчна и адекватна на поставените задачи в дисертационния труд.

2. Актуалност на проблема

Реализирането на мозъчно-машинен интерфейс към различни устройства и услуги в „интернет на нещата“ е изключително важно актуално направление на изследванията в съвременните електроника и роботика за целите на подобряването на жизнената среда на хора с увреждания, както и за управление на различни електронни устройства във враждебни среди като космос, например. Прототип на подобен мозъчно-машинен интерфейс на базата на устройството за регистрация на мозъчни

вълни Open BCI, свързан в ролята си на „нещо“ в „интернет на нещата“, който при това би бил достъпен и реализуем от неспециалисти в програмирането, е създаден, програмиран и апробиран в настоящия дисертационен труд. Дисертацията е както навременна, така и достатъчно завършена за да бъде основа за развитие на подобни устройства и в бъдеще, което определя нейната значимост.

3. Познаване състоянието на проблема

Докторантът инж. Аделина Кременска познава много добре състоянието на разглеждания проблем. Тя е оформила библиография от 102 заглавия на английски език. Прави впечатление балансът на източници както в областта на програмирането на приложения с различни езици с отворен код, така и значими източници в областта на невроинформатиката, което е важно в контекста на конкретното изследване.

Дисертацията се състои от увод, четири глави, заключение и насоки за бъдещи изследвания. В първа глава е направен обзорен анализ на софтуерните технологии за проектиране на мозъчно-машинен интерфейс, както и инструментите за свързване и комуникиране с хора и обекти в „интернет на нещата“. От тази гледна точка са формулирани целта и задачите на дисертационния труд, а именно:

Целта на дисертационния труд да се предложи *нов принцип* на програмна реализация и *размит модел* на обработка на сигналите чрез софтуер с отворен код, като се *синтезира* устройство, което транслира мозъчни сигнали, регистрирани в различен честотен диапазон и пространствена локализация в кората на главния мозък на човека, съответстващи на състояние на *концентрация* на вниманието, в устройство за управление на роботизирана ръка.

За постигане на тази цел са поставени 4 основни задачи:

1) Критичен анализ на определен кръг от съвременни научни разработки, посветени на темата на дисертацията. Систематизация на съществуващи софтуерни продукти с цел избор на най-подходящите за реализация;

2) Проектиране и разработване на иновативен модел за регистриране, предаване, анализ и обработка на ЕЕГ сигнали с цел преобразуването им в команди за управление на устройства и услуги в „интернет на нещата“;

3) Изследване, проектиране и разработване на оригинални методи и алгоритми за регистриране, интерпретиране и класифициране на ЕЕГ сигнали с цел проектиране и интегриране на основан на записи на ЕЕГ мозъчно-машинен интерфейс в „интернет на нещата“. Проектиране и разработване на софтуер с отворен код, който да може да се

приложи за различни ЕЕГ устройства за предаване на електроенцефалографски данни, характеристики и метрики през интернет без умения в програмирането;

4) Експериментални изследвания на разработения софтуер за верификация на проектиран и разработен мозъчно-машинен интерфейс, основан на запис на ЕЕГ, за свързване към различни устройства и услуги в „интернет на нещата“. Разработване на методика и протокол за експериментални изследвания на мисловната концентрация за правилно интерпретиране на намерението на хората, кодирано в мозъчни сигнали. Статистически анализ на регистрираните ЕЕГ сигнали.

4. Подход и решение на проблема

Докторант Аделина Кременска е възприела реалистичен методичен подход за постигане на целта. На базата на литературните източници и въз основа на собствени анализи формира концептуален подход за решаване на поставените задачи, който е систематичен и адаптивен към нови предизвикателства пред мозъчно-машинните интерфейси на бъдещето.

Във втора глава е разработен иновативен модел за предаване, анализ и обработка на ЕЕГ сигнали и преобразуването им в команди за управление на устройства и услуги в „интернет на нещата“. В трета глава е проектиран и разработен софтуер с отворен код, който да може да се приложи за различни ЕЕГ устройства с възможност за предаване на електроенцефалографски данни, характеристики и метрики през интернет. В четвърта глава е апробиран разработеният софтуер чрез експериментално изследване с доброволци след одобрение на предложената методика от етична комисия.

Постулирането на праг на активацията чрез размита логика до известна степен коригира възможността за „фалшива тревога“ от регистрираните данни, което е допълнително предимство на предложения подход.

Оценявам възприетите от автора подходи и приложени решения като правилни за постигане на целта и формулираните задачи в дисертационния труд, което се потвърждава и от постигнатите резултати.

5. Достоверност на получените резултати

Дисертационният труд е разработен в обем от 134 страници основна текстова част, вкл. илюстрации, списък на използваната литература и 3 приложения. За решаване на поставените задачи е използван съвременен инструментариум, в т.ч. софтуерно програмиране, размита логика, математическа статистика, ANOVA, post hoc Tuckey, и др.

Исследванията, представени в дисертационния труд, а именно: методи на инженерния анализ и синтез, разработени модели, алгоритми и получени данни приемам за достоверни и достатъчни за исканата образователна и научна степен „доктор“.

6. Основни приноси

Приносите в дисертационния труд имат сериозна научна и научно-приложна стойност.

Научен принос:

1. Предложен е нов концептуален модел за комуникация „мозък към обект в интернет на нещата“, който използва интелигентни и удобни за потребителя технологии за регистриране и интерпретиране на мозъчните вълни. Изследвани, проектирани и разработени са оригинални методи и алгоритми за регистриране, интерпретиране и класифициране на ЕЕГ сигнали с цел *синтез* на основан на електроенцефалографски сигнали мозъчно-машинен интерфейс в „интернет на нещата“.

Научно-приложни приноси:

2. Формулирани са основните функционални изисквания към системите за предаване, анализ и обработка на ЕЕГ сигнали в мозъчно-машинния интерфейс и преобразуването им в команди за управление на устройства и услуги в интернет на нещата без необходимост от умения в програмирането.

3. Проектирана и разработена е системна архитектура за основан на електроенцефалографски сигнали мозъчно-машинен интерфейс за комуникация с устройства и услуги в „интернет на нещата“ с цел верификация на разработения модел. Системата е проектирана така, че да работи в реално време чрез използване на иновативни платформи и библиотеки като поддържа гъвкавост и адаптивност към различни устройства и услуги в „интернет на нещата“.

4. Проектиран и разработен е софтуер с отворен код, който да може да се приложи за различни ЕЕГ устройства с възможност за предаване на електроенцефалографски данни, характеристики и метрики през интернет. Описан е процесът на публикуване в софтуерния регистър „npm“ на проектираните и разработени нови персонализирани възли, добавени в библиотеката на развойния инструментариум Node-RED (GitHub) – „openBCI-streaming“, „openBCI-Data“ и „openBCI-EEGmetrics“, позволяващи на потребителите да регистрират, интерпретират и квалифицират данни от различни ЕЕГ устройства.

5. Предложеният софтуер е експериментално верифициран с устройство за мозъчно-машинен интерфейс OpenBCI за контролиране на роботизирана ръка в „инернет на нещата“. Предложена е методика и изследователски протокол за експериментално верифициране на метода за регистрация на мозъчни сигнали, корелиращи с нивото на мисловна концентрация при изпълнение на умствена задача, които са одобрени от етична комисия. Получените данни от експериментите са статистически анализирани и обобщени. Определено е кои електроди и с каква мощност на честотната лента са съществено значими при състояния на внимание и концентрация. Емпирично е установен среден праг на показателя „внимание“, предложен за включване като интервал в библиотеката на BrainFlow (brainflow.org).

7. Публикации по темата на дисертацията

Представени са 3 излезли от печат публикации във връзка с дисертацията, като две са на международни конференции, индексирани в Scopus, в които дисертантът е първи автор, както и статия в списание, индексирано в WoS. Една вече е привлякла независими цитирания. Това надхвърля изискванията и е повече от достатъчно за защита на представения труд.

8. Използване на получените резултати в практиката

От изразената признателност в публикациите се вижда, че резултатите от дисертационния труд са включени в редица изследователски проекти, сред които един финансиран от ФНИ, един Център по компетентност и един проект по програмата Еразъм +, което е важен показател за използването и разпространението на получените резултати в дисертационния труд.

9. Лични впечатления

Познавам инж. Аделина Кременска като колега в секция ИРСУ на Институт по роботика, БАН. Нямаме общи научни изследвания или публикации. Определено считам, че магистър инж. А. Кременска притежава необходимите качества и е доказала своите задълбоченост, мотивираност и креативност в реализацията на научни изследвания както самостоятелно, така и в екип.

10. Критични бележки и препоръки по дисертацията

Основните ми критични бележки са свързани със стила на представяне на проведените научни изследвания на български език. Те са иновативни за страната и биха популяризирали темата по-добре ако голяма част от използваните аббревиатури бяха заместени с еквивалентни изрази на български език. Това не влияе на

завършеността и качеството на дисертационния труд, който е структуриран и представен в пълно съответствие с изискванията.

11. Заключение

Моята обща оценка за представения дисертационен труд е положителна. Същият е завършен по обем и съдържание. Докторантът инж. Аделина Кременска е събрала необходимите кредити при изпълнението на минималните национални изисквания, както е указано в ЗРАС, Правилника на БАН и Вътрешните правила на Института по роботика, БАН.

Въз основа на запознаването ми с представената дисертационна работа и съдържащите се в нея приноси считам, че представеният материал на дисертационен труд отговаря напълно на изискванията на Закона за РАСРБ и Правилника за реда и условията за придобиване на научни степени на Българската академия на науките. Изпълнени са всички изисквания за получаване на образователната и научна степен „доктор“.

София, 02.10.2024 г.

Подпис: