



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен
„доктор”

Автор на дисертационния труд: Гагандийп Каур

Тема на дисертационния труд: „Неврокогнитивен подход, базиран на мозъчно-компютърен интерфейс, за идентифициране на емоционални и ментални състояния” (A Neurocognitive Approach Based on a Brain–Computer Interface for Identifying Emotional and Mental States)

Професионално направление: 5.2 Електротехника, електроника и автоматика

Докторска програма „Приложение на принципите и методите на кибернетиката в различни области на науката”

Рецензент: проф. д-р Таньо Колев Танев, Институт по роботика –БАН

1. Общо описание на дисертационния труд

Дисертационният труд е с общ обем от 123 страници и е оформен в 4 глави. Съдържа заглавна страница; съдържание, увод; изложение; заключение, приноси на дисертационния труд, декларация за оригиналност; библиография от 116 използвани литературни източника, списък на публикациите по дисертационния труд (3 публикации по темата на дисертационния труд). В документите е представен и протокол и разпечатка от специализиран софтуер за липса на плагиатство.

2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно приложно отношение

Дисертацията разглежда актуален и значим изследователски проблем, свързан с обективната оценка на емоционални и психични състояния чрез EEG-базирани методи на мозъчно-компютърен интерфейс, като умората на преподаватели в сугестопедично обучение е използвана като основен случай за валидиране.

Дисертацията има ясно изразена интердисциплинарна ориентация, съчетавайки когнитивна невронаука, обработка на EEG сигнали, методология на

пасивни VCI и изследване на преподавателската умора. Оригиналността се състои

в опита да се изведе EEG-базираната оценка на умората и да се приложи в реален образователен контекст. Използването на EEG записи в състояние на покой преди и след реална преподавателска дейност е ценно и оригинално изследване. Темата е изключително актуална в контекста на бързото развитие на невронауките, изкуствения интелект и дигиталното здравеопазване, като в частност придобива особена значимост при изследването на умората при учителите – професионална група, подложена на високо когнитивно и емоционално натоварване. Дисертацията идентифицира реален неизследван проблем. Съществуващите EEG-базирани изследвания на умората обикновено се фокусират върху шофьори, машинни оператори, студенти или лабораторно базирани когнитивни задачи. Фокусът върху преподавателите, и по-специално върху сугестопедичните преподаватели, придава на работата отличителен и оригинален изследователски контекст.

3. Степен на познаване на състоянието на проблема

В дисертационния труд са посочени 116 използвани литературни източници, като голяма част от тях са публикувани в последните 10 години. По същество те са свързани с темата на дисертацията.

В литературния обзор е разгледана съществуващата литература относно EEG маркерите на умората, включително тета, алфа, бета и делта осцилациите, както и ролята на VCI системите при разпознаването на когнитивни състояния. Представеният обзор и библиографска справка, показват, че докторантът добре познава проблема и използваните методи и техники, свързани с темата на дисертацията и интерпретира правилно достиженията в тази област.

4. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи с постигнатите приноси

Избраната методика на изследване е логична и постига основната цел и задачите на дисертационния труд.

Разработената и валидирана нова методология за VCI (Мозъчно-компютърен интерфейс), базирана на EEG, за оценка на емоционалните състояния при работещи възрастни, експерименталната ѝ верификация и статистическият анализ са свързани в логична последователност, което води до завършено изследване по темата на дисертацията и показва, че авторът е избрал и приложил подходяща методика за изследване съгласно поставените цел и задачи на дисертационния труд.

5. Обща характеристика на дисертационния труд

В глава 1 (Introduction and Literature Review of EEG based analysis of Fatigue - Въведение и литературен обзор на EEG базиран анализ на умората) са анализирани литературни източници, коментира се умствената умора като представителен случай за разработване и валидиране на по-широка EEG-базирана методология за мозъчно-компютърен интерфейс (BCI), предназначена за идентифициране на емоционални и умствени състояния.

Главата подчертава значението на оценката на умората в образователна среда, като специално внимание се отделя на учителите и по-конкретно на практикуващите метода на преподаване Сугестопедия. Разгледана е съществуващата литература относно EEG маркерите на умората, включително тета, алфа, бета и делта осцилациите, както и ролята на BCI системите при разпознаването на когнитивни състояния. Обзорът идентифицира редица неизследвани научни проблеми, по-специално липсата на EEG-базирани изследвания на умората при учители в реални условия на преподаване и ограниченото използване на експериментална архитектура в състояние на покой преди и след интервенция. Въз основа на тези неизследвани научни проблеми са формулирани целта на дисертационния труд, която може да се резюмира като разработване на нова EEG-базирана методология за неврокогнитивна оценка, както и са очертани изследователските задачи и структурата на дисертацията. Главата завършва със заключението, че са необходими стандартизирани и устойчиви, контекстно-специфични подходи за обективна оценка на умората, като предложената методология се позиционира като принос към удовлетворяването на тази потребност.

Глава 2 (Systematic Research of EEG BCI-based methods for assessment and analysis of mental states - Систематично изследване на методите, базирани на EEG и BCI, за оценка и анализ на психическите състояния) представя систематичен преглед на EEG-базирани методи за мозъчно-компютърен интерфейс (BCI), предназначени за оценка и анализ на умствени и емоционални състояния. Главата изгражда концептуалната и методологичната основа на дисертационния труд, като обяснява как пасивните BCI системи могат да се използват за мониторинг на когнитивни и афективни процеси чрез електроенцефалография (EEG). Разгледани са принципите на генериране на EEG сигнала, мозъчните осцилации и ролята на различните честотни диапазони при отразяване на неврокогнитивни състояния. Освен това главата разглежда цялостния процес на обработка на EEG данни, включително придобиване на сигнала, предварителна обработка, отстраняване на артефакти, извличане на признаци и статистически анализ. Особено внимание е отделено на анализа на спектралната мощност, относителните мерки за мощност в честотни диапазони и статистическите подходи, базирани на оценяване, за изследване на промените в умствените състояния. Въз основа на този преглед е предложена систематична EEG-базирана рамка за пасивен BCI, която осигурява методологичната основа за новия модел за неврокогнитивна оценка на умората, разработен и валидиран в следващите глави.

Глава 3 (A Novel Methodology for Neurocognitive Analysis and Assessment of Mental and Emotional States Based on a Brain-Computer Interface - Нова методология за неврокогнитивен анализ и оценка на умствени и емоционални състояния, базирана на мозъчно-компютърен интерфейс) представя нова EEG-базирана методология за мозъчно-компютърен интерфейс (BCI), предназначена за неврокогнитивна оценка на умствени и емоционални състояния, като умствената умора се използва като основен случай за валидиране. Главата въвежда рамка с оценяване преди и след интервенция, при която EEG в състояние на покой се записва преди и след реална когнитивна дейност. Методологията включва подбор на участниците, етични процедури, придобиване на EEG сигнали, експериментален дизайн, предварителна обработка на сигналите, спектрален анализ на делта, тета, алфа и бета честотните диапазони, осредняване на данните и статистическа оценка.

Проведено е пилотно изследване с цел проверка на приложимостта и чувствителността на предложената рамка. Резултатите показват, че промените в EEG активността в състояние на покой могат да отразяват неврокогнитивни изменения, свързани с продължително когнитивно ангажиране и умора. Чрез поставяне на акцент върху записите в състояние на покой, анализа на относителната мощност в честотни диапазони и статистическите методи, базирани на оценяване, главата установява възпроизводим подход за оценка на умствени и емоционални състояния в реални условия. Предложената методология служи като основа за пълномащабното валидиращо изследване, представено в Глава 4.

Глава 4 (Implementation, Verification and Validation of Proposed Methodology for Assessing Fatigue Levels in Suggestopedia Teachers - Прилагане, проверка и валидиране на предложената методология за оценяване на нивата на умора при учители по Сугестопедия) прилага, проверява и валидира EEG-базираната методология за неврокогнитивна оценка, предложена в Глава 3, с цел оценяване на нивата на умора при учители по Сугестопедия. Изследването използва подход с оценяване преди и след интервенция, като EEG в състояние на покой се записва преди и след учебни занятия, за да се установи дали продължителната преподавателска дейност предизвиква измерими неврофизиологични промени, свързани с умствената умора. Анализът се фокусира върху измененията в спектралната мощност в делта, тета, алфа и бета честотните диапазони, допълнени от оценка на размера на ефекта и анализ на доверителните интервали. Резултатите осигуряват обективна оценка на EEG моделите, свързани с умората, и оценяват взаимовръзките между различните честотни диапазони като индикатори за бдителност, когнитивно натоварване и умора. Чрез статистически и визуални анализи в главата се изследва дали преподаването по метода Сугестопедия води до значими промени в мозъчната активност, свързани с умората. Получените резултати представляват емпирично валидиране на предложената методология и допринасят с доказателства относно неврокогнитивните ефекти на преподаването в рамките на Сугестопедията.

6. Научни и/или научно-приложни приноси на дисертационния труд

Формулирани са 5 научни приноси, които имат и приложно измерение. Приемам тези приноси като реално постигнати в дисертационния труд.

Обобщено приносите се свеждат до: разработване на нова EEG-базирана неврокогнитивна методология за идентифициране и оценяване на умствени и емоционални състояния чрез рамка на пасивен мозъчно-компютърен интерфейс (BCI); създадена е адаптивна рамка за обработка и интерпретация на умората, използваща експериментален дизайн „преди-след интервенция“; разработена и приложена е иновативна експериментална методология в реална среда извън контролирани лабораторни условия чрез изследване на учители, прилагащи Сугестопедия; извършено е експериментално валидиране на EEG биомаркери на умората чрез анализ на активността в делта, тета, алфа и бета честотните диапазони, размерите на ефекта, доверителните интервали и взаимовръзките между честотните диапазони, с цел обективно оценяване на промените в бдителността и умората, свързани с продължителна преподавателска дейност; чрез статистически анализ е идентифициран оригинален неврофизиологичен модел в EEG изследванията на умората, характеризиращ се с доминираща активност на дясното полукълбо.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Резултати от дисертационния труд са отразени в 3 публикации - 2 колективни и една самостоятелна. В колективните публикации, докторантът е първи автор. Една от публикациите е с $IF=2.8$ и попада в квантила Q2. Втора публикация е с $SJR=0.166$ и попада в квантила Q4. Забелязани са 2 цитирания на една от статиите към дисертацията.

Тези публикации показват, че резултатите от дисертацията са докладвани на широк кръг от научната общност и удовлетворяват изискванията по защита на докторска дисертация.

8. Автореферат

Авторефератът е с обем от 43 страници, като всяка глава от дисертацията е представена накратко и коректно. Представени са основните приноси на дисертационния труд. Авторефератът е представен на български с кратко резюме на английски език.

9. Критични бележки и препоръки

Не открих съществени грешки в дисертационния труд и нямам съществени критични забележки. Въпреки това, може да се отбележат следните препоръки:

- Един допълнителен плюс за дисертацията би бил предоставянето на точна дефиниция за „умора“. Какъв конкретен EEG модел се очаква да показва умора и какъв EEG модел би противоречал на интерпретацията за умора?
- Може да се помисли и за известно стесняване на нулевата хипотеза.
- При бъдещи изследвания и публикации е необходимо да се отчетат и променливите в реална преподавателска среда - кои от тези променливи са контролирани, измерени или оставени неконтролирани като част от натуралистична изследователска среда.

Направените препоръки не омаловажават качествата на получените резултати, а по-скоро са предложения за следващи публикации на докторанта.

10. Заключение

Темата на дисертационния труд е актуална и изследването е оригинално. Докторантът показва задълбочено познаване на тематиката по дисертацията и постиженията на редица водещи научни колективи в световен мащаб, което е ясно от представения литературен обзор. Получени са научни и приложни приноси при работата по дисертационния труд. В заключение, считам че са изпълнени изискванията на ЗРАСР, Правилника за неговото прилагане и Правилника на БАН и **оценявам положително** този дисертационен труд, което ми дава основание да **предложа Гагандийп Каур** да получи образователната и научна степен **„ДОКТОР“** в **Професионално направление: 5.2 Електротехника, електроника и автоматика.**

08.06.2026 г.

Рецензент:

/ проф. д-р Таньо Танев/