

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, кандидата технічних наук, старшого викладача кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету **Коробова Артема Геннадійовича**, на дисертацію П'ятаченка Владислава Юрійовича «Моделі та методи інформаційної технології розпізнавання системою керування протезом кінцівки руки електроміографічних біосигналів», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми роботи

Нове покоління протезів верхніх кінцівок має на меті подолання проблеми ефективної компенсації втрати функціональності користувача. Втрата кінцівки значно ускладнює природню взаємодію людини із світом.

Вирішуючи важливе науково-технічне та соціальне завдання, інтелектуальний протез має, в рамках машинного навчання системи, набути властивостей адаптуватись до сигналів з м'язів користувача, швидко та ефективно класифікувати отримані імпульси за заданим алфавітом класів розпізнавання. Крім того, актуальною задачею протезування верхньої кінцівки є ефективне керування численними можливими ступенями свободи з метою наближення її функціональності до здорової руки.

Порівнюючи з іншими відомими біоелектричними сигналами, аналіз сигналу поверхневої електроміографії є складним, оскільки сигнал має стохастичний характер. На складний процес керування неінвазивним протезом кисті руки значно впливають негативні фактори середовища та характеристики електроміографічного сигналу, що в свою чергу відображається на продуктивності систем розпізнавання. Серед факторів впливу виділяють зміну характеристик самого сигналу з часом, зсув розташування електродів, м'язову втому, відмінності між суб'єктами, варіації інтенсивності скорочення м'язів, а також зміни в положенні кінцівок і орієнтації передпліччя.

У дисертаційному дослідженні П'ятаченка В.Ю. машинне навчання системи керування протезом виконувалось в рамках інформаційно-

екстремальної інтелектуальної технології аналізу даних, яка ґрунтується на максимізації інформаційної спроможності системи розпізнавання в процесі машинного навчання. Ідея розроблених методів інформаційно-екстремального машинного навчання системи керування протезом кисті руки для розпізнавання електроміографічних сигналів як і в нейроподібних алгоритмах машинного навчання полягає в адаптації в процесі машинного навчання вхідного математичного опису до максимальної повної ймовірності прийняття правильних діагностичних рішень.

Оскільки методи інформаційно-екстремального машинного навчання розроблені у рамках функціонального підходу до моделювання когнітивних процесів, то це дозволяє надати властивість гнучкості системи при повторному навчанні системи з зміною розміру алфавіту класів розпізнавання. Водночас геометричний підхід у формуванні вирішальних правил дозволяє реалізувати інваріантність до багатовимірності словника ознак розпізнавання.

Тому можна стверджувати, що тема дисертаційного дослідження «Моделі та методи інформаційної технології розпізнавання системою керування протезом кінцівки руки електроміографічних біосигналів» є **актуальною**.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації

Дисертаційне дослідження Владислава Юрійовича П'ятаченка відзначається високим методичним рівнем та використанням сучасного комплексу методів дослідження. Основні наукові тези та висновки, які викладені в дисертації, логічно випливають з отриманих результатів і мають належне обґрунтування.

В дисертації чітко структуровані головні напрямки дослідження, включаючи питання створення математичного опису системи керування протезом кінцівки руки, а також метод інформаційно-екстремального машинного навчання системи з оптимізацією квантування електроміографічних сигналів та формування ієрархічної структури даних.

Оцінка новизни наукових результатів дисертаційного дослідження

Наукова новизна одержаних автором результатів дисертаційного дослідження полягає у наступному:

1. Вперше розроблено категорійні моделі та методи інформаційно-екстремального машинного навчання за ієрархічною структурою даних у вигляді декурсивного бінарного дерева, що дозволяє звести машинне навчання за багатовимірним алфавітом класів розпізнавання до двокласового.

2. Вперше розроблено модель та метод інформаційно-екстремального машинного навчання з оптимізацією рівня квантування електроміографічних сигналів з формуванням розрідженої навчальної матриці, що дозволяє збільшити повну ймовірність правильного прийняття класифікаційних рішень через врахування впливу значущих ознак розпізнавання на навчальні набори даних.

3. Удосконалено метод інформаційно-екстремального машинного навчання системи керування протезом з оптимізацією періоду квантування за часом електроміографічного сигналу.

4. Отримав подальший розвиток метод агломеративного кластер-аналізу, що дозволяє автоматично формувати ієрархічну структуру класів розпізнавання для машинного навчання системи керування протезом кінцівки руки.

Практична цінність отриманих результатів

Подані в дисертаційній роботі моделі та методики дозволяють сформувати та практично реалізувати нові модулі системи керування протезом кінцівки руки. На основі запропонованих моделей, методів та алгоритмів реалізовано засоби інформаційної технології машинного навчання системи, які визначають модулі формування вхідного математичного опису, машинного навчання та функціонування системи в режимі екзамену. Одержані наукові результати досліджень у вигляді інформаційного та програмного забезпечення впроваджено в план дослідно-конструкторських робіт ТОВ «НВП «Метекол» та в навчальний процес Сумського державного університету.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота П'ятаченка В.Ю. відповідає пріоритетним напрямкам наукових досліджень Сумського державного університету, зокрема держбюджетним науково-дослідним роботам «Інтелектуальний протез кінцівки, що самонавчається» (ДР № 0117U002248) та «Інформаційна технологія автономної навігації безпілотної літального апарату за наземними природними та інфраструктурними орієнтирами» (ДР № 0122U000786).

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 15 наукових працях, зокрема 4 статті у наукових фахових виданнях України (у тому числі, дві статті у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами Scopus та WoS), 8 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних конференцій (зокрема 3 у виданнях, що індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus).

В опублікованих працях автором в повному обсязі висвітлені основні наукові положення, результати та висновки дисертації. Результати досліджень, отримані дисертантом проходили апробацію та доповідалися на наукових конференціях міжнародного рівня.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення

Дисертаційна робота П'ятаченка В.Ю. мають закінчений змістовний обсяг наукової праці. За структурою, мовою та стилем викладення оформлення дисертації відповідає вимогам, затвердженим МОН України, наказ №40 від 12.11.2017.

Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження

1. У другому розділі, сторінка 87, функція належності, подана формулою 2.25, може набувати від'ємних значень, що не характерно для понять належності, наприклад в теорії нечітких множин. Доцільно використати ступеневу формулу належності, наприклад функцію дзвоноподібної кривої, в якій значення належності буде в межах від 1 до 0.

2. У формулі модифікованої міри Кульбака 3.18 відсутнє пояснення змінних K_1 і K_2 . Доцільно пояснити перехід від точностних характеристик, достовірностей та помилок, до нових коефіцієнтів.

3. Аналіз рисунку 3.4а і 3.4б показує наявність ділянок екстремальних значень параметра типу "плато". Доцільно було б пояснити як у цьому випадку визначались оптимальні значення відповідного параметра.

4. У другому розділі, сторінка 85, варто було б пояснити механізм впливу "зрідженої навчальної матриці" на значення повної імовірності прийняття класифікаційних рішень.

5. В роботі є певна кількість друкарських помилок, серед яких варто вказати стиль шрифту, використаний для номерів сторінок, який відрізняється від використаного для оформлення основного тексту дисертаційної роботи та розмір шрифту в таблиці 1.1.

Вище подані зауваження не впливають на рівень наукової цінності поданої на захист дисертаційної роботи П'ятаченка Владислава Юрійовича, в якій представлено результати вирішення нової актуальної наукової задачі, що має теоретичне і практичне значення.

Висновок

Дисертаційна робота П'ятаченка В.Ю. є завершеною науковою роботою, що містить нові наукові результати, які в сукупності вирішують актуальне наукове завдання щодо підвищення ефективності розпізнавання електроміографічних сигналів системою керування протезу кінцівки руки.

За рівнем наукової новизни, якістю досліджень, достовірністю та обґрунтованістю висновків дисертація П'ятаченка В.Ю. на тему «Моделі та методи інформаційної технології розпізнавання системою керування протезом

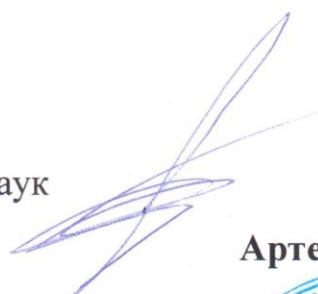
кінцівки руки електроміографічних біосигналів» відповідає спеціальності 122 – Комп’ютерні науки і чинним вимогам п. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. А автор поданої роботи – П’ятаченко Владислав Юрійович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп’ютерні науки.

Рецензент

кандидат технічних наук,

старший викладач кафедри комп’ютерних наук

Сумського державного університету



Артем КОРОБОВ



Підпис Коробова А.А.
засвідчую
прізвище
ім'я, по батьку
Артем Коробов