

Голові разової спеціалізованої
вченої ради
Національного університету
«Одеська політехніка»
доктору технічних наук, професору
ПОЛОЖАЄНКУ С.А.

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, завідувачки кафедри інженерії програмного забезпечення Інституту комп'ютерних систем Національного університету «Одеська політехніка», кандидата технічних наук, доцента КОМЛЕВОЇ Наталії Олегівни на дисертацію ШАМАНІНОЇ Тетяни Володимирівни за темою: *«Моделі, методи та засоби нелінійної динамічної ідентифікації окуло-моторної системи людини на основі технології айтрекінгу»* подану до захисту в разову спеціалізовану вчену раду Національного університету «Одеська політехніка» Міністерства освіти і науки України на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення»

1. Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота ШАМАНІНОЇ Тетяни Володимирівни присвячена актуальній проблемі, що полягає у створенні методів та засобів нелінійної динамічної ідентифікації окуло-моторної системи (ОМС) та їх застосуванню в інформаційних системах діагностики психофізіологічного стану людини і розпізнавання особистості.

Дослідження рухів очей людини і траєкторії їх переміщення дозволяють розкрити структуру взаємовідносин індивіда з середовищем, людини зі світом. Аналіз взаємозв'язку окуло-моторики з центральною нервовою системою сприяє дослідженню механізмів роботи мозку і їх порушення, виявленню динаміки психофізіологічних станів людини, і в такий спосіб розширює можливості вивчення специфіки багатьох професій з метою підвищення ефективності функціонування суб'єкта трудової діяльності або навчального процесу.

Однак, більшість систем на основі технології айтрекінга, для успішного функціонування вимагають нових методів математичного опису окуло-моторної системи (ОМС) людини і спеціального обладнання для експериментальних досліджень. Для реалізації технології айтрекінгу застосовуються спеціальні прилади для визначення позицій ока та траєкторії його руху – айтрекери.

Для успішного вирішення задач управління, контролю і діагностики в медичних застосуваннях необхідно мати ефективні методи ідентифікації ОМС. Не маючи адекватної математичної моделі ОМС, що враховує індивідуальні властивості людини, неможливо створювати сучасні програми

з розширеним набором персоналізованих можливостей, наприклад, медичні і спортивні тренажери, авторизований доступ до даних та ін.

Значним недоліком існуючих апаратних засобів, що реалізують цю технологію, є принципова неможливість вимірювання динамічних і нелінійних характеристик ОМС – перспективний напрямок розвитку моделювання біологічних об'єктів – без знання яких неможлива побудова ефективної системи управління. Для усунення такого недоліку традиційна структура системи відстеження поведінки зіниці за допомогою відеореєстрації в даній роботі отримала подальший розвиток, що дозволяє визначати динамічні характеристики ОМС людини за експериментальними даними спостережень «вхід-вихід» (задача ідентифікації).

Ефективність використання сучасних методів ідентифікації, в значній мірі залежить від адекватності застосовуваних математичних моделей реальним об'єктам. В якості інформаційних моделей об'єктів живої природи (у тому числі і ОМС), що розглядаються як «чорний ящик», використовуються інтегро-степеневі ряди та поліноми Вольтерри. При цьому ядра Вольтерри в компактній формі одночасно характеризують нелінійні та динамічні властивості досліджуваного об'єкта.

Практичне застосування інформаційної технології діагностування на основі даних ідентифікації ОМС за допомогою айтрекінга доцільно: в медичних діагностичних дослідженнях – в неврології при захворюванні головного мозку; в психіатрії – хвороби Паркінсона, Альцгеймера, при шизофренії; в офтальмології – при корекції косоокості; в практичній психології – для психодіагностики особистості, дослідження когнітивних процесів; в спорті високих досягнень – при плануванні тренувального процесу спортсменів; у військових – для ефективного профвідбору в військові спецпідрозділи, при лікуванні посттравматичного синдрому у військовослужбовців – учасників бойових дій; у військовій і цивільній авіації – для тестування функціонального стану пілотів перед виконанням польотів; в біометрії – для захисту інформацій в комп'ютерних системах та мережах, аутентифікації.

Зміст дисертаційної роботи, її основні задачі відповідають постанові Президії НАН України від 30.01.2019 № 30 «Про основні наукові напрямки та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019–2023 роки», зокрема щодо пунктів: 1.2.1.1. Розроблення математичних методів та систем моделювання об'єктів та процесів; 1.2.1.4. Дослідження математичних моделей, проблем комп'ютерної математики, оптимізації, оцінювання, ідентифікації; 1.2.3. Дослідження складних систем різної природи, теорія та методи системного аналізу; 1.2.3.2. Розроблення методологічних і теоретичних основ формалізації предметних галузей з позиції системного підходу; 1.2.4. Інтелектуальні інформаційні технології та системи; 1.2.8.5. Дослідження та розроблення методів інформаційної безпеки комп'ютерних систем і мереж;

1.2.9.4. Розроблення комп'ютерних засобів та систем експрес-діагностики стану біологічних об'єктів.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності з пріоритетними напрямками науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету "Одеська політехніка", згідно координаційних планів МОН України, зокрема, в рамках наукових досліджень за держбюджетною НДР за участю автора: «Засоби моніторингу динамічних об'єктів, засновані на застосуванні моделей у вигляді нечітких множин», № ДР 0118U006825 (2019-2022).

Таким чином можна констатувати, що дисертаційне дослідження ШАМАНІНОЇ Тетяни Володимирівни є, безперечно, актуальним, маючим важливе науково-практичне значення.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Аналіз змісту дисертаційної роботи і наукових публікацій ШАМАНІНОЇ Т.В. дають змогу зробити висновок про те, що основні наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, відповідають темі досліджень. Належний ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх вірогідність забезпечені коректністю визначення об'єкту та предмету дослідження, які узгоджено з метою і завданнями наукового дослідження.

У Вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, ступінь наукової розробленості теми, розкрито наукову новизну, теоретичне і практичне значення одержаних результатів, визначено ступінь їх апробації та особистий внесок дисертантки.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України до подібних досліджень. Ступінь обґрунтованості сформульованих автором наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються всебічним аналізом значного переліку літературних джерел з досліджуваної теми, а також, не останньою чергою, було забезпечено завдяки вдалому застосуванню комплексу загальнонаукових і спеціальних методів дослідження.

Кожен наступний розділ чи підрозділ органічно пов'язаний з попереднім і доповнює його.

Для дисертації характерна системність та ясність викладення матеріалу, вміння виділити суттєві моменти, чітка їх аргументація. Висновки дисертаційної роботи цілком обґрунтовані, коректні та логічно впливають з викладеного матеріалу.

Ознайомлення з текстом дисертації дозволяє констатувати актуальність розроблення авторкою досліджуваної проблематики в цілому, виокремлення найбільш важливих задач у межах предмета проведеного дослідження, а також наявність новизни їх наукових напрацювань.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розвитку та поглибленні теорії і методології побудови моделей Вольтерри окуло-моторної системи людини та їх застосуванню в дослідженнях когнітивних процесів та для біометричної ідентифікації особистості.

Вперше запропоновано і теоретично обґрунтовано формальні співвідношення, які представляють універсальні вираження для оцінки діагональних перетинів багатовимірних перехідних функцій (n -вимірних інтегралів від ядер Вольтерри) ОМС у вигляді лінійної комбінації відгуків ОМС на тестові візуальні стимули із різною відстанню від стартової позиції, що дало змогу алгоритмізувати і спростити програмну реалізацію процедури ідентифікації.

Вперше запропоновано метод побудови апроксимаційної моделі ОМС на основі поліному Вольтерри із застосуванням тестових візуальних стимулів, що відображаються на екрані монітора на різних відстанях від стартової позиції, який на відміну від відомих методів для визначення діагональних перетинів багатовимірних перехідних функцій використовується регуляризований метод найменших квадратів, що дозволяє підвищити точність та обчислювальну стійкість процедури ідентифікації.

Вперше побудовано моделі ОМС на основі поліномів Вольтерри другого та третього порядків за даними айтрекінгу у вигляді діагональних перетинів відповідних перехідних функцій, які відрізняються від відомих тим, що надають можливість моделювання ОМС у заданому інтервалі вхідних сигналів за межею радіусу збіжності ряду Вольтерри. Моделі залучені при побудові класифікаторів психофізіологічних станів людини.

Вперше побудовано моделі ОМС на основі ряду Вольтерри за даними айтрекінгу у вигляді діагональних перетинів перехідних функцій першого, другого та третього порядків, які відрізняються від відомих підвищеною точністю, що досягається використанням більшої кількості (більше двох) експериментів «вхід-вихід» з ОМС. Моделі задіяні для побудови класифікаторів біометричної ідентифікації особистості.

Отримала подальший розвиток інформаційна технологія діагностування психофізіологічних станів людини та біометричної ідентифікації особистості за рахунок використання в якості джерела первинних даних інформаційних моделей ОМС типу «вхід-вихід» на основі рядів і поліномів Вольтерри. Для побудови моделей застосовується технологія айтрекінгу. Це дозволяє підвищити точність моделювання ОМС і, як наслідок, підвищити достовірність діагностування в просторі запропонованих евристичних ознак, які визначаються за допомогою інтегральних і диференціальних перетворень багатовимірних перехідних функцій ОМС, що значно спрощує визначення ознак та практичну реалізацію байєсівських класифікаторів.

4. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковано у 11 наукових працях, з яких: 7 наукових праць опубліковано у наукових фахових виданнях України, 4 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, що проіндексовані у міжнародній наукометричній базі Scopus, а також 21 публікація апробаційного характеру – у збірках матеріалів і тез конференцій.

Основні положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях.

Участь у науково-комунікативних заходах свідчить про ознайомлення наукової спільноти з результатами дисертаційного дослідження. Кількість опублікованих праць відповідає вимогам, що встановлені МОН України щодо дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

5. Значення роботи для науки та практики

Наукові досягнення, які здобуті в дисертаційній роботі розвивають та поглиблюють теорію і методологію побудови моделей Вольтерри окуломоторної системи людини на основі даних інноваційної технології айтрекінгу, що підвищує ефективність застосуванню отриманих моделей в дослідженнях когнітивних процесів та для біометричної ідентифікації особистості.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні інструментальних програмних засобів, що реалізують обчислювальні алгоритми детермінованої нелінійної динамічної ідентифікації ОМС у вигляді багатовимірних перехідних функцій і впровадження їх у наукові дослідження та навчальний процес.

Розроблено програмні засоби:

програма «SignalManager» – дозволяє формувати на екрані монітора комп'ютера детерміновані або випадкові тестові візуальні стимули будь-якої конфігурації для проведення ідентифікаційних експериментів «вхід-вихід» з ОМС людини із застосуванням інноваційної технології айтрекінгу;

програма «eSmart» – інструментальні програмні засоби для Android-смартфонів, які здійснюють автоматичне розпізнавання зображень об'єктів (обличчя, ока, зіниці) на послідовності кадрів відеореєстрації та обчислення координат зіниці в динаміці процесу руху ока;

програма «VolterraApp» – реалізує обчислювальні алгоритми нелінійної динамічної ідентифікації ОМС на основі поліному Вольтерри у вигляді багатовимірних перехідних функцій;

програма «VolterraSerie» – реалізує обчислювальні алгоритми нелінійної динамічної ідентифікації ОМС на основі ряду Вольтерри у вигляді багатовимірних перехідних функцій.

За допомогою розроблених обчислювальних алгоритмів і програмних засобів обробки експериментальних даних (відгуків на тестові візуальні стимули) отримано нелінійні динамічні моделі ОМС людини у вигляді перехідних функцій першого, другого та третього порядку. Отримані

результати ідентифікації ОМС надають можливості ранньої діагностики нейро-дегенеративного процесу при хворобах Паркінсона та синдромів паркінсонізму, а також можуть бути використані в діагностичних дослідженнях при встановленні стадії захворювання; при апаратній корекції зору; в людино-машинних системах при професійному відборі операторів швидкоплинних технологічних процесів; для біометричної ідентифікації користувачів в комп'ютерних системах та мережах у пристроях захисту інформації.

Отримані в дисертації наукові і практичні результати можуть бути застосовані для розв'язання проблеми виявлення обдарованої особистості в системі освіти, діагностики та моніторингу розвитку її потенціалу в освітньому процесі, підтримки та супроводу обдарованої особистості в освітньому середовищі та соціумі.

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

У результаті вивчення дисертаційної роботи порушень академічної доброчесності не виявлено. Всі запозичення, які є в роботі, мають посилання на відповідні джерела, інші – є загальноновживаними і не є плагіатом.

Публікація здобувачем результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень є одним із важливих підтверджень відсутності порушень академічної доброчесності.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

1. У першому розділі роботи не достатньо уваги приділено аналізу існуючих методів і засобів попереднього опрацюванню біометричних сигналів (відгуків ОМС на тестові сигнали), що у кінцевому рахунку впливає на якість розпізнавання (класифікації).

2. Не зрозуміло у чому полягає суттєва відмінність запропонованих методів ідентифікації ОМС на основі рядів і поліномів Вольтерри, в яких випадках слід застосовувати той чи інший метод. Таких рекомендацій в роботі не вистачає.

3. Доцільно було би привести оцінки обчислювальної складності розроблених методів ідентифікації ОМС та порівняння з іншими існуючими методами.

4. Практичне значення отриманих результатів доцільно було б сформулювати так, щоб було видно як використання результатів дисертаційної роботи покращує розпізнавання нейрофізіологічних станів індивіда та його біометричну ідентифікацію.

5. Якими міркуваннями керувалася авторка пропонуючи для побудови класифікаторів вказані евристичні ознаки, аналіз інформативності яких здійснюється в четвертому розділі роботи.

6. В роботі немає пояснення, чому автор використовує для побудови класифікаторів традиційні статистичні методи розпізнавання, а не сучасні нейромережеві технології.

7. При викладені змісту дисертації авторка допускає окремі неточності термінологічного і стилістичного плану. У тексті дисертації є повтори, наприклад, двічі наводиться формулювання мети досліджень на с. 11 та с. 13.

В цілому вказані зауваження не впливають на високий науковий рівень роботи і самого проведеного дисертаційного дослідження.

8. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота ШАМАНІНОЇ Т. В. «Моделі, методи та засоби нелінійної динамічної ідентифікації окуло-моторної системи людини на основі технології айтрекінгу» є цілісним, самостійним, завершеним науковим дослідженням, що вирішує важливе науково-прикладне завдання, має теоретичну і практичну цінність у галузі інформаційних технологій. На підставі вищезазначеного можна констатувати, що дисертаційна робота ШАМАНІНОЇ Т.В. відповідає вимогам 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 її авторка – ШАМАНІНА Тетяна Володимирівна – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Офіційний рецензент:

завідувачка кафедри інженерії
програмного забезпечення
Інституту комп'ютерних систем
Національного університету
«Одеська політехніка»,
кандидат технічних наук, доцент

Наталія КОМЛЕВА