

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
д.т.н, професору
Пастуху Олегу Анатолійовичу

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Біцака Дмитра Сергійовича
**«Методи та програмні засоби мультимодального аналізу
когнітивно-моторних сигналів»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуального науково-прикладного завдання, що полягає у розробленні методів та програмних засобів мультимодального аналізу когнітивно-моторних сигналів для об'єктивної оцінки моторних порушень.

Актуальність дослідження обґрунтовується наступним чином:

1. По-перше, у сучасній медичній практиці оцінка таких станів, як тремор, значною мірою базується на суб'єктивних клінічних шкалах. Це призводить до міжекспертної варіативності та ускладнює моніторинг динаміки стану пацієнта. У дисертації аргументовано показано, що існує потреба у кількісних, формалізованих цифрових показниках, які можуть бути інтегровані у програмні системи.

2. По-друге, сучасні дослідження здебільшого орієнтовані на аналіз або електроенцефалографічних сигналів, або моторних характеристик окремо, без їх повноцінної інтеграції. Це створює методологічний розрив між нейрофізіологічними процесами та моторними проявами. У роботі переконливо доведено, що саме мультимодальний підхід дозволяє підвищити інформативність аналізу.

3. По-третє, з позицій програмної інженерії існує дефіцит систем, які забезпечують:

- синхронізацію гетерогенних сигналів;
- масштабованість обчислень;
- відтворюваність експериментів;
- інтеграцію у хмарні середовища.

Таким чином, тема дисертації є актуальною, науково значущою та відповідає сучасним тенденціям розвитку інформаційних технологій і програмної інженерії у медицині.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація представлена у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя та відповідає науковим дослідженням кафедри програмної інженерії у галузі програмно-алгоритмічної обробки мультимодальних біомедичних сигналів, формалізації діагностично значущих ознак, побудови моделей взаємодії когнітивних і моторних компонентів та розроблення програмних систем аналізу складних даних. Отримані результати узгоджуються з сучасними напрямками обчислювальної нейроінформатики та нейроінженерії, що передбачають інтеграцію сигналів різної природи та застосування алгоритмічних методів їх аналізу.

3. Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації.

Основні положення, результати та висновки наукової роботи висвітлено у 10 публікаціях, з них: 5 – статті у наукових фахових виданнях України, 1 – стаття у науковому міжнародному виданні та 4 публікацій за матеріалами міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференцій.

За результатами роботи опубліковано:

Статті в наукових фахових виданнях України:

1. Біщак Д.С. і Петрик М.Р., «Роль мультимодального аналізу (ЕЕГ + графічні патерни) у підвищенні точності виявлення тремору: огляд сучасних підходів», Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, вип. 4(153), с. 134–142, 2025, doi: 10.32782/1995-0519.2025.4.16.

2. M. R. Petryk, D. S. Bishchak, M. V. Bachynskiyi, V. M. Brevus, Chyzh V.M., і D. M. Mykhalyk, «Analysis of involuntary movements of patients with tremor symptoms under the influence of cognitive influences», Applied Questions of Mathematical Modeling, вип. 7, – вип. 2, с. 150–165, Груд 2024, doi: 10.32782/mathematical-modelling/2024-7-2-14.

3. Біщак Д.С. і Петрик М.Р., «Кореляція між графомоторною активністю та ЕЕГ у пацієнтів із тремором при хворобі Паркінсона», Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського, серія «Технічні науки», вип. 2, вип. 4, с. 25–30, 2025, doi: 10.32782/2663-5941/2025.4.2/04.

4. Біщак Д.С. і Петрик М.Р., «Оцінка ефективності медикаментозного лікування тремору на основі аналізу ΔR та ЕЕГ», Вісник Херсонського національного технічного університету, вип. 2, вип. 2(93), с. 37–46, Чер 2025, doi: 10.35546/kntu2078-4481.2025.2.2.4.

5. D. Bishchak і M. Petryk, «Algorithmic approach to tremor classification based on EEG and graphomotor signals», Scientific journal of the Ternopil national technical university, вип. 119, вип. 3, с. 35–44, 2025, doi: 10.33108/visnyk_tntu2025.03.035.

6. Петрик М.Р., Бачинський М.В., Хіміч О.М., Біщак Д.С., і Легранд А.-П., «Інформаційна система цифрового аналізу мультисенсорних когнітивних впливів EEG-сигналів у випадку неврологічних розладів організму людини», Кібернетика та системний аналіз, с. 122–136, 2026, doi: 10.34229/KCA2522-9664.26.1.12.

Праці апробаційного характеру у збірниках матеріалів міжнародних науково-практичних конференцій:

1. Osiichuk, V. Brevus, D. Bishchak, Y. Mashtaliar, і I. Mudryk, «Leveraging graphics tablet and JPen library to detect essential tremor», в CEUR Workshop Proceedings, CEUR-WS, 2024, с. 111–126. Дата звернення: 13, Листопад 2025. [Online]. Доступний у: <https://ceur-ws.org/Vol-3742/paper8.pdf>

2. D. Bishchak, “High-performance methods and cloud-based information technologies for the analysis of cognitive signals of neural nodes,” Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference “Scientific Exploration: Bridging Theory and Practice” (February 16-18, 2026, Berlin, Germany). European Open Science Space. 82-86 pp. doi: 10.70286/EOSS-16.02.2026.006.82-86. Дата звернення: 19, Лютий 2026. [Online]. Доступний у: <https://www.eoss-conf.com/en/archive/scientific-exploration-bridging-theory-and-practice-16-02-26/>

3. Bishchak Dmytro, “High-performance processing and streaming architecture for multimodal neuro-motor signal analysis,” Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference “Scientific Research: Modern Innovations and Future Perspectives” (February 23-25, 2026, Montreal, Canada). European Open Science Space. 159-164 pp. doi: 10.70286/eoss-23.02.2026.004.159-164. Дата звернення: 24, Лютий 2026. [Online]. Доступний у: <https://www.eoss-conf.com/en/archive/scientific-research-modern-innovations-and-future-perspectives-23-02-26/>

4. Bishchak D. Architecture of a platform for multimodal analysis of cognitive-motor signals. Abstracts of X International Scientific and Practical Conference. Sofia, Bulgaria. Pp. 31-37. URL: <https://eu-conf.com/en/events/dynamics-of-development-of-science-and-education-integration-and-innovation/>.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Наукові положення та висновки, що наведені у дисертації, достатньо обґрунтовані коректним застосуванням математичного апарату, у комплексному підході до вирішення поставлених наукових задач. Тему дослідження розкрито всебічно і докладно. Базується на аналізі наукових та науково-технічних джерел згідно тематики дослідження, коректному формулюванні мети та задач, використанню апробованих методів дослідження, критичному аналізу отриманих результатів.), Представлені у дисертаційному дослідженні наукові положення та

результати підтверджені апробаціями на конференціях, публікаціями у фахових виданнях, а також актами впровадженням.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розробленні нових підходів до аналізу мультимодальних когнітивно-моторних сигналів.

Обґрунтовано встановлено, що:

Вперше:

– запропоновано архітектурний підхід до побудови програмної системи мультимодального аналізу, що базується на розділенні процесів збору, синхронізації, обробки та аналізу даних і забезпечує масштабованість та відтворюваність;

– розроблено модель взаємозв'язку між ЕЕГ-сигналами та графомоторним показником ΔR на основі крос-кореляційного аналізу з урахуванням часових зсувів;

– введено нову інтегральну метрику — індекс синусоїдальності, яка дозволяє кількісно оцінювати структуру тремору.

Удосконалено:

– методи аналізу графомоторних сигналів шляхом їх інтеграції з нейрофізіологічними даними;

– алгоритмічні підходи до формування ознак мультимодального аналізу.

Набули подальшого розвитку:

– підходи до інтеграції різнорідних біомедичних сигналів;
– методи побудови програмних систем аналізу часових рядів у медичних застосуваннях.

Таким чином, новизна результатів є обґрунтованою, доведеною та відповідає рівню PhD-дослідження.

6. Практичне значення результатів.

Практична цінність роботи полягає у створенні програмної платформи, яка забезпечує:

- об'єктивний аналіз тремору;
- оцінку динаміки стану пацієнта;
- інтеграцію результатів у медичні інформаційні системи;
- можливість використання у телемедичних рішеннях.

Особливо важливо, що запропонована система має:

- модульну архітектуру;
- можливість розширення;
- підтримку хмарного розгортання;
- API для інтеграції.

Це дозволяє розглядати результати не лише як наукові, але і як готові до практичного впровадження програмні рішення.

7. Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення.

Структура дисертації (анотація, зміст, перелік умовних позначень, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел) виконані, в цілому, з дотриманням вимог, містять всі необхідні структурні елементи та відповідають за змістом та об'ємом вимогам МОН України. Мова викладу – українська. Стиль викладення – науково-технічний.

8. Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона представляється до захисту.

Дисертація відповідає спеціальності 121 – «Інженерія програмного забезпечення», за якою вона представлена.

9. Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Доцільно розширити застосування методів машинного навчання у базовій частині роботи.
2. Потребує детальнішого аналізу продуктивності системи.
3. Варто розширити експериментальну вибірку для підвищення узагальненості результатів.
4. Зауважено обмежене використання AI-підходів.
5. Недостатній аналіз масштабованості.
6. Потребує розширення експериментальної бази.

Проте, зазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності роботи і не впливають на загальну позитивну оцінку наукових результатів, а лише можуть стати стимулом для подальших досліджень у цьому дуже важливому науковому напрямку.

10. Загальний висновок.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково-обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що у сукупності, які уможливають підвищення ефективності систем цифрової діагностики стану здоров'я, особливо людей уражених неврологічними захворюваннями.

Робота виконана за актуальною темою. Її зміст та одержані результати відповідають вимогам МОН України, освітньо-науковій програмі підготовки докторів філософії за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення».

В роботі простежується авторська логіка, системність викладення матеріалу та цілісність, відповідність меті дослідження основних аспектів обраної тематики.

Поставлені завдання розв'язані та достатньо ґрунтовно висвітлені у тексті дисертації.

Вважаю, що дисертаційна робота «Методи та програмні засоби мультимодального аналізу когнітивно-моторних сигналів» відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (із змінами) та Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р., а її автор, Бішак Дмитро Сергійович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення», галузь знань 12 «Інформаційні технології».

Кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри біотехнічних систем
ТНТУ ім. І. Пулюя

Євгенія ЯВОРСЬКА



[Handwritten signature]
Євгенія Яворська
[Handwritten signature]