

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії БІЩАК Дмитро Сергійович, 1982 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2005 році Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя за спеціальністю «Автоматизоване управління технологічними процесами», виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Інженерія програмного забезпечення».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом ректора Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України, м. Тернопіль

від 22 квітня 2026 року № 4/7-168 у складі:

Голови разової

спеціалізованої вченої ради – Олега ПАСТУХА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри програмної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;

Рецензентів –

Євгенії ЯВОРСЬКОЇ, кандидатки технічних наук, доцентки, завідувачки кафедри біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя; Миколи ХВОСТИВСЬКОГО, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;

Офіційних опонентів –

Андрія ПУКАСА, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри комп'ютерних наук Західноукраїнського національного університету;

Андрія ОЛІЙНИКА, доктора технічних наук, професора кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка»,

на засіданні 16 червня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології

Дмитру БІЩАКУ

на підставі публічного захисту дисертації «Методи та програмні засоби мультимодального аналізу когнітивно-моторних сигналів» за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Дисертацію виконано у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України, м. Тернопіль.

Науковий керівник: ПЕТРИК Михайло Романович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри програмної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, який містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, що забезпечують розв'язання актуального науково-прикладного завдання у галузі інженерії програмного забезпечення, яке полягає у розробленні методів та програмних засобів мультимодального аналізу когнітивно-моторних сигналів на основі інтеграції електроенцефалографічних та графомоторних даних для кількісного оцінювання характеристик тремору.

У дисертаційній роботі проаналізовано сучасні підходи до обробки ЕЕГ-сигналів та графомоторної активності, розроблено модель мультимодального аналізу когнітивно-

моторних сигналів на основі інтеграції ЕЕГ та показника радіального відхилення ΔR , запропоновано інтегральну спектральну ознаку для оцінювання структурованості треморної активності, спроектовано та реалізовано модульну програмну архітектуру і програмний фреймворк для збору, синхронізації, обробки, аналізу та візуалізації мультимодальних даних, а також експериментально підтверджено ефективність запропонованих методів і програмних засобів на реальних даних пацієнтів.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у розробленні методів, моделей та програмних засобів мультимодального аналізу когнітивно-моторних сигналів, які забезпечують формалізоване дослідження взаємозв'язків між електроенцефалографічною активністю та графомоторними проявами тремору, а також у створенні програмного фреймворку, що забезпечує відтворюваність експериментів, трасованість обчислень і масштабованість обробки даних. Наукова новизна дисертаційного дослідження виявляється у таких результатах:

- *вперше* запропоновано архітектурний підхід до побудови програмних систем мультимодального аналізу когнітивно-моторних сигналів, який базується на розділенні процесів збору, синхронізації, обробки та аналізу даних і реалізований у вигляді програмного фреймворку, що дозволило забезпечити відтворюваність експериментів, трасованість обчислень і масштабованість обробки даних;

- *вперше* запропоновано модель взаємозв'язку між ЕЕГ-сигналами та графомоторною активністю, в якій на основі використання показника ΔR спіралеграфічної траєкторії як узагальненого представлення моторного сигналу та крос-кореляційного аналізу з урахуванням часових зсувів реалізовано аналіз взаємозв'язків між ЕЕГ і ΔR , що дозволило здійснювати кількісне оцінювання когнітивно-моторної взаємодії;

- *вперше* запропоновано інтегральну спектральну метрику (індекс синусоїдальності) для кількісної оцінки структурної організації тремору, яка побудована на основі спектрального аналізу крос-кореляційних функцій, що дозволило оцінювати ступінь фокусованості й регулярності осциляцій, забезпечуючи узагальнене представлення треморної активності;

- *набули подальшого розвитку* підходи до аналізу графомоторних сигналів на основі використання спіральних траєкторій, радіального відхилення ΔR та частотного аналізу, шляхом їх узгодженого застосування в єдиному обчислювальному процесі, що дозволило підвищити інформативність оцінювання моторної активності;

- *дістали подальший розвиток* програмні засоби мультимодального аналізу ЕЕГ та графомоторних даних, які ґрунтуються на інтеграції методів синхронізації, спектрального та кореляційного аналізу в єдиному програмному середовищі, що дозволило забезпечити узгоджене виконання обчислювальних процедур та відтворюваність результатів.

Дисертація виконана державною мовою та оформлена відповідно до вимог, встановлених МОН. Дисертаційна робота викладена на 210 сторінках.

Результати дисертаційного дослідження висвітлено у 10 наукових працях: 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії Б, одна стаття у виданні, що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus, та 4 тези доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях:

1. Бішчак Д., Петрик М. Роль мультимодального аналізу (ЕЕГ + графічні патерни) у підвищенні точності виявлення тремору: огляд сучасних підходів. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2025. № 4(153). С. 134–142. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2025.4.16>

2. Petryk M. R., Bishchak D. S., Bachynskyi M. V., Brevus V. M., Chyzh V. M., Mykhalyk D. M. Analysis of involuntary movements of patients with tremor symptoms under the influence of cognitive influences. Applied Questions of Mathematical Modeling. 2024. Vol. 7, No. 2. P. 150–165. DOI: [10.32782/mathematical-modelling/2024-7-2-14](https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2024-7-2-14)

3. Бішчак Д., Петрик М. Кореляція між графомоторною активністю та ЕЕГ у пацієнтів із тремором при хворобі Паркінсона. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. 2025. Т. 2, № 4. С. 25–30. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.4.2/04>

4. Біщак Д. С., Петрик М. Р. Оцінка ефективності медикаментозного лікування тремору на основі аналізу ΔR та ЕЕГ. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2025. № 2(93). С. 37–46. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.2.2.4>
5. Bishchak D., Petryk M. Algorithmic approach to tremor classification based on EEG and graphomotor signals. Scientific journal of the Ternopil National Technical University. 2025. Vol. 119, No. 3. P. 35–44. DOI: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2025.03.035
6. Петрик М. Р., Бачинський М. В., Хіміч О. М., Біщак Д. С., Легранд А.-П. Інформаційна система цифрового аналізу мультисенсорних когнітивних впливів ЕЕГ-сигналів у випадку неврологічних розладів організму людини. Кібернетика та системний аналіз. 2026. Т. 62, № 1. С. 122–136. DOI: <https://doi.org/10.34229/KCA2522-9664.26.1.12>
7. Osiichuk I., Brevus V., Bishchak D., Mashtaliar Y., Mudryk I. Leveraging graphics tablet and JPen library to detect essential tremor. CEUR Workshop Proceedings. 2024. Vol. 3742. P. 111–126. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3742/paper8.pdf>
8. Bishchak D. High-performance methods and cloud-based information technologies for the analysis of cognitive signals of neural nodes. Scientific Exploration: Bridging Theory and Practice: proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference, Berlin, Germany, February 2026. Berlin, 2026. P. 82–86. DOI: 10.70286/eoss-16.02.2026.006.82-86
9. Bishchak D. High-performance processing and streaming architecture for multimodal neuro-motor signal analysis. Scientific Research: Modern Innovations and Future Perspectives : proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference, Montreal, Canada, February 2026. Montreal, 2026. P. 159–164. DOI: 10.70286/eoss-23.02.2026.004.159-164
10. Bishchak D. Architecture of a platform for multimodal analysis of cognitive-motor signals. Dynamics of Development of Science and Education: Integration and Innovation : abstracts of the X International Scientific and Practical Conference, Sofia, Bulgaria, March 09–11, 2026. Sofia, 2026. P. 31–37. URL: <https://eu-conf.com/en/events/dynamics-of-development-of-science-and-education-integration-and-innovation/>

У дискусії взяли участь голова, рецензенти та офіційні опоненти:

Олег ПАСТУХ, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (голова разової спеціалізованої вченої ради) відзначив належний науковий рівень дисертаційного дослідження та дав позитивну оцінку отриманим результатам, які дозволили розв'язати актуальне науково-прикладне завдання розроблення методів та програмних засобів мультимодального аналізу когнітивно-моторних сигналів на основі інтегрованого опрацювання електроенцефалографічних і графомоторних даних для оцінювання моторних порушень у пацієнтів із тремором.

Андрій ПУКАС, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук Західноукраїнського національного університету (офіційний опонент) вказав на обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, представлених у дисертаційній роботі, однак висловив такі зауваження:

- автором реалізовано модульний підхід до побудови програмної системи, проте аспекти автоматизованого тестування та перевірки узгодженості взаємодії між програмними компонентами розглянуто обмежено;

- у роботі значну увагу приділено архітектурі програмного фреймворку мультимодального аналізу, однак питання оцінювання продуктивності системи при роботі з великими обсягами мультимодальних даних могли б бути висвітлені детальніше;

- перспективним виглядає запропонований API-орієнтований підхід до інтеграції аналітичних модулів, однак питання уніфікації форматів обміну даними та інтеграції із зовнішніми медичними системами могли б бути деталізовані ширше;

- у роботі недостатньо уваги приділено питанням організації довготривалого зберігання мультимодальних даних та керування їх версіями у межах програмної системи;

– окремі теоретичні фрагменти дисертації містять перевантажені речення та повтори термінологічних конструкцій, що місцями ускладнює сприйняття матеріалу;

– у формулі (2.14), за якою розраховують глобальний індекс SI для пацієнта, не зрозуміло, чому кількість ЕЕГ-каналів рівна K, а сума обчислюється з N елементів;

– для відображення послідовності обробки та передачі даних у програмному фреймворку використано діаграму потоків даних, що відображена на рис. 3.14, не зовсім зрозуміло, для чого автор використовує функціональний підхід, якщо інші елементи проєктування системи представлено діаграмами об'єктно-орієнтованого підходу;

– у роботі лише частково розглянуто питання інформаційної безпеки та захисту медичних даних при інтеграції із зовнішніми медичними системами, що є важливим аспектом практичного використання подібних програмних рішень.

Андрій ОЛІЙНИК, доктор технічних наук, професор кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка» (офіційний опонент), висловивши загальне позитивне враження від дисертаційної роботи та відзначивши високий рівень наукової компетентності автора та його спроможності вирішувати складні науково-практичні завдання, вказав на деякі аспекти, які потребують уточнення, подальших досліджень та розвитку, зокрема:

– У дисертації запропоновано інтерпретований підхід до аналізу когнітивно-моторних взаємодій на основі крос-кореляційного аналізу та спектральних характеристик, однак порівняння отриманих результатів із сучасними ML-підходами до аналізу біомедичних сигналів представлено обмежено.

– Автором обґрунтовано використання індексу синусоїдальності як інтегральної характеристики тремору, проте доцільним було б провести його додаткову перевірку на ширшій вибірці даних та в різних функціональних станах пацієнтів.

– У роботі основна увага приділена ЕЕГ- та графомоторним сигналам, тоді як питання інтеграції інших типів біомедичних або сенсорних даних лише окреслено як перспективний напрям подальших досліджень.

– Перспективним напрямом розвитку запропонованої інформаційної технології могло б бути розширення системи шляхом інтеграції методів машинного навчання для автоматизованого налаштування параметрів аналізу та підтримки прийняття рішень.

– У тексті дисертації трапляються окремі стилістичні повтори та дещо перевантажені теоретичні формулювання. У роботі наявні окремі редакційні неточності та незначні недоліки оформлення, зокрема поодинокі пропуски нумерації, які не впливають на наукову цінність дисертації.

– У роботі лише частково розглянуто аспекти захисту медичних даних та безпечної інтеграції із зовнішніми інформаційними системами, що є важливим для практичного використання сучасних інтелектуальних медичних технологій.

Євгенія ЯВОРСЬКА, кандидатка технічних наук, доцентка, завідувачка кафедри біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (рецензент), позитивно оцінивши наукові результати дисертаційного дослідження та відзначивши його практичну цінність для задач аналізу біомедичних сигналів в інженерії програмного забезпечення, висловила такі зауваження:

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.

Микола ХВОСТИВСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана

Пулюя (рецензент), не применшуючи наукового здобутку дисертації та підкресливши важливість отриманих результатів для інженерії програмного забезпечення, зауважив:

1. Запропонована у роботі модульна архітектура програмної системи мультимодального аналізу є обґрунтованою, однак питання забезпечення її масштабованості та ефективного використання обчислювальних ресурсів розкрито недостатньо детально. Більш розгорнутий опис механізмів розподілу навантаження та обробки великих обсягів даних підвищив би інженерно-наукову обґрунтованість запропонованого рішення.

2. У роботі представлено програмний фреймворк із доступом до аналітичних функцій через API, проте питання стандартизації взаємодії між компонентами системи висвітлено обмежено. Чіткіше визначення принципів побудови інтерфейсів та форматів обміну даними сприяло б підвищенню узгодженості та розширюваності програмної системи.

3. Опис програмної реалізації зосереджений переважно на функціональних можливостях системи, тоді як аспекти забезпечення якості програмного забезпечення розглянуто недостатньо. Зокрема, доцільно було б більш детально подати підходи до тестування програмних модулів і перевірки коректності їхньої взаємодії.

4. У роботі використано мультимодальні дані (ЕЕГ-сигнали та графомоторні сигнали), однак питання організації їх зберігання, синхронізації та керування життєвим циклом даних розкрито не повністю. Більш детальне висвітлення цих аспектів підвищило б практичну цінність результатів, особливо в контексті розроблення медичних інформаційних систем.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» — членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Дмитру БІЩАКУ ступінь доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради



Олег ПАСТУХ
(власне ім'я та прізвище)