

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Мосія Любомира Євгенійовича здобувача ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки «Моделі та методи інтелектуального аналізу морфологічних і ритмічних ознак електрокардіосигналів»

Наукові керівники: д.т.н., професор, професор кафедри медичної інформатики Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського Свєрстюк Андрій Степанович; к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук Фриз Михайло Євгенович.

Ким і коли затверджена тема дисертації.

Тема дисертації на здобуття ступеня доктора філософії «Моделі та методи інтелектуального аналізу морфологічних і ритмічних ознак електрокардіосигналів» затверджена «25» жовтня 2022 р. на засіданні вченої ради Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 10, уточнена «19» лютого 2025 р. на засіданні вченої ради Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 2.

1. Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри. Дисертація містить нові науково обгрунтовані результати проведених здобувачем досліджень у напрямку підвищення ефективності автоматизованої діагностики серцево-судинних захворювань шляхом розроблення нових математичних моделей та методів інтелектуального аналізу морфологічних і ритмічних ознак електрокардіосигналів (ЕКС) та їх реалізації у вигляді інформаційної технології підтримки діагностичних рішень. Серцево-судинні захворювання (ССЗ) залишаються провідною причиною смертності у світі та в Україні зокрема. За даними ВООЗ, вони щорічно спричиняють понад 19,8 млн смертей у світі, що становить близько 32% від загальної смертності.

Попри значні досягнення у сфері автоматизованого аналізу ЕКС, низка задач залишається невирішеною. Зокрема, існуючі методи ідентифікації морфологічних ознак здебільшого не враховують міжциклову стохастичну динаміку амплітуд характерних хвиль ЕКС, а методи аналізу ритмічних ознак переважно обмежуються RR-інтервалами і не диференціюють часові інтервали між різними типами характерних хвиль. Це обмежує можливості виявлення локальних порушень електричної активності серця та знижує інформативність комплексу діагностичних ознак. Розроблення нових математичних моделей та методів, що дають змогу систематично описувати та аналізувати варіабельність як амплітудних, так і часових характеристик ЕКС у кожному кардіоциклі з врахуванням циклічності сигналу має важливе значення для галузі інформаційних технологій.

Таким чином, створення моделей та методів інтелектуального аналізу морфологічних і ритмічних ознак ЕКС на основі математичної моделі у вигляді циклічного випадкового процесу (ЦВП) із сегментною зонною структурою, нових математичних конструкцій функції амплітудної варіабельності (ФАВ) та функції часової варіабельності (ФЧВ) як джерела інформативних ознак, а також застосування сучасних методів машинного навчання для класифікації патологій, є актуальним науковим завданням, що визначає тему дисертаційного дослідження.

Дисертаційна робота пов'язана з науковими дослідженнями відповідно до напрямку наукової роботи міжнародної наукової школи «Моделювання та математичне забезпечення інтелектуалізованих інформаційних систем в медицині, техніці та економіці», яка функціонує на кафедрі комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Також дисертаційна робота пов'язана з дослідженням в рамках науково-дослідної роботи «Інтелектуальні моделі в кібер-фізичних системах медико-біологічних

процесів» (номер держреєстрації 0125U000105), виконаної в Тернопільському національному медичному університеті імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України – обґрунтування та розробка нових діагностичних ознак у формі коефіцієнтів ортогональних розкладів статистичних оцінок взаємних кореляційних функцій компонентів синхронно зареєстрованих серцевих сигналів у двовимірний тригонометричний ряд Фур'є для застосування в інтелектуальних системах кардіодіагностики.

2. Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації. Наукове завдання дисертаційного дослідження полягає у підвищенні ефективності діагностики серцевих захворювань шляхом розроблення та використання математичних моделей та методів інтелектуального аналізу інформативних ознак, алгоритмів класифікації з врахуванням циклічності електрокардіосигналу, а також варіабельності його морфологічної та ритмічної структури.

3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом та їх новизна, особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів. Основні наукові результати та висновки дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Зокрема, автором вперше запропоновано метод ідентифікації інформативних морфологічних ознак електрокардіосигналу на основі моделі циклічного випадкового процесу із сегментною зонною структурою, що враховує розкиди амплітудних значень між кардіоциклами. Дисертантом вперше сформульовано означення функції амплітудної варіабельності як стаціонарної випадкової послідовності різниць амплітуд характеристичних хвиль P, Q, R, S, T у послідовних кардіоциклах, а також самостійно досліджено її статистичні властивості, проведено перевірку стаціонарності та нормальності розподілу на реальних електрокардіографічних даних бази PhysioNet. Також здобувачем запропоновано функцію часової варіабельності як узагальнення класичного аналізу варіабельності серцевого ритму на всі характеристичні хвилі електрокардіосигналу, досліджено її статистичні властивості. Автором зроблено внесок у подальший розвиток методу ідентифікації інформативних ритмічних ознак на основі розкидів тривалостей сегментно-зонної структури, а також методу класифікації серцево-судинних патологій, зокрема здобувачем проведено порівняльний аналіз десяти моделей машинного навчання, обґрунтовано вибір алгоритму Random Forest, виконано оптимізацію гіперпараметрів та інтерпретацію результатів методом SHAP-аналізу.

Подана дисертація виконана автором особисто. Усі наведені в тексті теоретичні положення, практичні результати, а також висновки й рекомендації є наслідком власного аналізу та узагальнення зібраних наукових і емпіричних даних.

4. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, отриманих результатів і запропонованих рішень забезпечуються комплексом взаємопов'язаних чинників. Теоретична обґрунтованість забезпечується застосуванням сучасного математичного апарату теорії циклічних випадкових процесів, методів математичної статистики та лінійної алгебри, спектрального аналізу на основі рядів Фур'є, а також загальноновизнаних статистичних критеріїв перевірки стаціонарності та нормальності розподілу часових рядів. Запропоновані математичні моделі узгоджуються з відомими в літературі властивостями електрокардіосигналів та особливостями їх формування. Достовірність експериментальних результатів підтверджується проведенням досліджень на реальних електрокардіографічних даних із загальнодоступної бази PhysioNet, яка є міжнародно визнаним еталоном для тестування алгоритмів обробки електрофізіологічних сигналів. Вибірка охоплює 204 записи для валідації функцій варіабельності та 651 спостереження для задачі класифікації, що забезпечує статистичну репрезентативність отриманих результатів. Відповідність результатів класичним підходам підтверджується тим, що функція часової варіабельності при $k=R$ збігається з класичною варіабельністю серцевого ритму за RR-інтервалами, а отримані

метрики класифікації узгоджуються з результатами аналогічних досліджень, представлених у сучасній науковій літературі. Апробація результатів здійснена шляхом їх оприлюднення у 12 наукових публікаціях, а також обговорення на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях. Практична значимість підтверджена актами впровадження у ТНТУ імені Івана Пулюя, ТНМУ імені І.Я. Горбачевського та ТОВ «НВП «ІНФОТЕХМЕД». Наукова обґрунтованість результатів дисертаційної роботи сумнівів не викликає.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру. Вперше запропоновано метод ідентифікації інформативних морфологічних ознак електрокардіосигналів на основі його моделі у вигляді циклічного випадкового процесу із сегментною зонною структурою, що на відміну від існуючих методів враховує варіабельність розкидів амплітуди на циклах (дисперсію) сигналу. Це дає змогу ідентифікувати діагностичні ознаки ЕКС, які відображають варіабельність його морфологічної структури на циклах та запропонувати спосіб їх аналізу та комп'ютерного моделювання. Отримав подальший розвиток метод ідентифікації інформативних ритмічних ознак ЕКС на основі його моделі у вигляді циклічного випадкового процесу із сегментною зонною структурою, що на відміну від існуючих методів враховує розкиди тривалостей циклів і діагностичних зон на циклах сигналу. Це дає змогу ідентифікувати діагностичні ознаки ЕКС, які відображають варіабельність його ритму на циклах та запропонувати спосіб їх аналізу та комп'ютерного моделювання. Вперше запропоновано математичні моделі варіабельності ЕКС у вигляді функції амплітудної варіабельності – випадкової послідовності різниць амплітуд характерних хвиль ЕКС у послідовних кардіоциклах, та обґрунтовано застосування функції часової варіабельності – послідовності часових інтервалів між піками однойменних хвиль ЕКС у послідовних кардіоциклах, що на відміну від існуючих моделей враховують повну амплітудну та ритмічну структуру кардіоциклу та їх міжциклову стохастичну динаміку. Це дає змогу ідентифікувати відповідні комплекси морфологічних та ритмічних ознак – статистичних характеристик ФАВ і ФЧВ, а також методи їх оцінювання та прийняття діагностичних рішень. Отримала подальший розвиток розробка методів класифікації на основі виділених з ФАВ та ФЧВ ознак з використанням методів машинного навчання, що забезпечує підвищення точності автоматизованої діагностики порівняно з існуючими підходами. Запропонований підхід поєднує переваги існуючих математичних моделей (врахування циклічності, стохастичності, міжциклової залежності, сегментної структури) та усуває їх основні обмеження шляхом введення нових характеристик варіабельності як об'єктів систематичного аналізу.

6. Використання результатів роботи. Результати дисертаційної роботи впроваджено у трьох організаціях, що підтверджено відповідними актами впровадження.

1) у науково-дослідній діяльності – в рамках виконання науково-дослідної роботи «Інтелектуальні моделі в кібер-фізичних системах медико-біологічних процесів» (№ державної реєстрації 0125U000105) у Тернопільському національному медичному університеті імені І.Я. Горбачевського МОЗ України.

2) у виробничій діяльності – у ТОВ «НВП «ІНФОТЕХМЕД» (м. Тернопіль) при дослідженні та розробленні інформаційних засобів обробки і аналізу біомедичних сигналів.

3) у навчальному процесі – на кафедрі комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя при викладанні дисципліни «Моделі, технології проектування та управління інформаційних систем», а також на кафедрі медичної інформатики Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського при викладанні дисциплін «Інформаційні технології у фармації» та «Медична фізика з медичною інформатикою та статистикою».

7. Повнота викладення матеріалів дисертації та особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами та зарахованих за темою дисертації. Наукові результати дисертації висвітлені у наукових публікаціях:

- 1) Мосій Л. Є., Сверстюк А. С. Методи моделювання та класифікації електрокардіосигналів. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2025. № 58. С. 104–115. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-58-12>. (Особистий внесок: проведено систематизацію та порівняльний аналіз відомих методів математичного моделювання і класифікації електрокардіосигналів, обґрунтовано обмеження існуючих підходів та сформульовано вимоги до розроблених моделей та методів);
- 2) Mosiy L., Sverstiuk A. Methods of electrocardiogram classification and their mathematical model in the form of a cyclic discrete random process. *Computer systems and information technologies*. 2025. No. 1. P. 88–99. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-1-11>. (Особистий внесок: розроблено математичну модель електрокардіосигналів у вигляді циклічного дискретного випадкового процесу, проаналізовано її властивості та обґрунтовано придатність для задач автоматизованої класифікації серцевих патологій);
- 3) Сверстюк А., Мосій Л. Математична модель варіацій екстремумів характеристичних зубців електрокардіосигналів на основі дискретної функції амплітудної варіабельності. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2025. № 355(4). С. 404–413. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-57>. (Особистий внесок: розроблено дискретну математичну модель варіацій піків характеристичних зубців електрокардіосигналів на основі функції амплітудної варіабельності, формалізовано її означення та властивості);
- 4) Сверстюк А. С., Мосій Л. Є. Математичне моделювання амплітудної варіабельності електрокардіосигналів для інформаційної технології аналізу їх морфологічних та ритмічних ознак. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2025. № 59. С. 228–240. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-59-29>. (Особистий внесок: обґрунтовано відповідність функції амплітудної варіабельності нормальному розподілу, розроблено підхід до ідентифікації морфологічних ознак електрокардіосигналів на основі статистичного аналізу функції амплітудної варіабельності);
- 5) Mosiy L., Sverstiuk A. Information Technology for Electrocardiographic Signal Analysis Based on Mathematical Models of Temporal and Amplitude Variability. *Computer systems and information technologies*. 2025. No. 2. P. 36–44. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-2-4>. (Особистий внесок: розроблено математичну модель функції часової варіабельності електрокардіосигналів, формалізовано її означення та властивості, розроблено структурну схему інформаційної технології на основі функції амплітудної варіабельності і функції часової варіабельності);
- 6) Сверстюк А. С., Мосій Л. Є. Інформаційна технологія опрацювання та аналізу електрокардіосигналів з врахуванням їх морфологічних та ритмічних ознак. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2025. № 60. С. 40–52. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-60-04>. (Особистий внесок: розроблено інформаційну технологію опрацювання та аналізу електрокардіосигналів, яка інтегрує експрес-метод кардіодіагностики на основі функцій амплітудної та часової варіабельності і детальний математичний апарат на основі циклічних випадкових процесів для повного аналізу морфологічних і ритмічних ознак сигналу);
- 7) Sverstiuk A., Mosiy L. Results of application of information technology for processing and analysing electrocardiogram signals taking into account their morphological and rhythmic characteristics. *Computer systems and information technologies*. 2025. No. 3. P. 36–46. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-3-4>. (Особистий внесок: проведено обчислювальні експерименти із застосування розроблених моделей та методів до класифікації електрокардіосигналів, виконано аналіз та інтерпретацію отриманих результатів);
- 8) Мосій Л., Сверстюк А. Методи машинного навчання для класифікації електрокардіосигналів за ритмічними та морфологічними ознаками. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Інформаційні системи та мережі»*. 2025. № 18(2). С. 113–128. <https://doi.org/10.23939/sisn2025.18.2.113>.

(Особистий внесок: проведено дослідження та порівняльний аналіз методів машинного навчання для класифікації електрокардіосигналів за морфологічними та ритмічними ознаками, виділеними на основі функцій амплітудної та часової варіабельності);

- 9) Мосій Л. Є., Фриз М. Є. Статистична валідація моделі амплітудної варіабельності електрокардіосигналу. *Ukrainian Journal of Information Technology*. 2025. № 7(2). С. 50–57. <https://doi.org/10.23939/ujit2025.02.050>. (Особистий внесок: розроблено методику та проведено статистичну валідацію математичної моделі амплітудної варіабельності електрокардіосигналів із застосуванням критеріїв перевірки статистичних гіпотез);
- 10) Свєрстюк А. С., Мосій Л. Є. Багатофакторний регресійний аналіз для прогнозування кардіологічного діагнозу на основі функції амплітудної варіабельності. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2025. № 4. С. 136–145. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-181-4-136-145>. (Особистий внесок: розроблено математичну модель коефіцієнта прогнозування кардіологічного діагнозу на основі статистичних дескрипторів функції амплітудної варіабельності, проведено верифікацію моделі та оцінювання її діагностичної придатності);
- 11) Свєрстюк А. С., Мосій Л. Є. Підхід до оцінювання електрокардіосигналів на основі багатофакторного регресійного аналізу функції часової варіабельності. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2025. № 5. С. 96–104. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-182-5-96-104>. (Особистий внесок: розроблено математичну модель коефіцієнта прогнозування кардіологічного діагнозу на основі статистичних дескрипторів функції часової варіабельності, проведено верифікацію моделі та оцінювання її діагностичної придатності);
- 12) Мосій Л., Свєрстюк А., Ремез А., Марковський В. Аналіз досліджень жорсткості армованих композитів в радіотехніці та медицині. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2025. № 357(5.2). С. 55–71. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-357-66>. (Особистий внесок: проведено аналіз методів дослідження біомеханічних властивостей матеріалів у медичному застосуванні).

8. Відомості про апробацію результатів дисертації. Результати роботи апробовано на:

- 1) міжнародній науково-технічній конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», присвячена 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 28-29 травня 2025 р., Тернопіль, форма участі – очна;
- 2) II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні підходи до розвитку технологій та економіки», 06 червня 2025р., на базі Закарпатського навчально-наукового центру, Закарпатська обл., м. Свалява, Україна, форма участі – заочна;
- 3) 3rd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2025), 11-12 червня 2025 р., м. Тернопіль, Україна, форма участі – очна;
- 4) MSSE2025 – International Young Scientists Conference on Materials Science and Surface Engineering, 24-26 вересня 2025 р., м. Львів, Україна, форма участі – дистанційна;
- 5) ProfIT AI'25: 5th International Workshop of IT-professionals on Artificial Intelligence, 15-17 жовтня 2025 р., м. Ліверпуль, Великобританія, форма участі – дистанційна;
- 6) ITTAP'2025: The 5th International Conference on Information Technologies: (ITTAP-2025), 22-24 жовтня 2025 р., м. Тернопіль, Україна, м. Ополь, Польща, форма участі – очна;
- 7) ExplAI-2025: Advanced AI in Explainability and Ethics for the Sustainable Development Goals, 07 листопада 2025 р., м. Хмельницький, Україна, форма участі – дистанційна;
- 8) XIV Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11-12 грудня 2025 р., Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна, форма участі – очна.

9. Відповідність дисертації вимогам, що передбачені пунктом 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти». Дисертація відповідає вимогам, передбаченим пунктом 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

10. Список публікацій за темою дисертації.

1. Мосій Л. Є., Сверстюк А. С. Методи моделювання та класифікації електрокардіосигналів. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2025. № 58. С. 104–115. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-58-12>.
2. Mosiy L., Sverstiuk A. Methods of electrocardiogram classification and their mathematical model in the form of a cyclic discrete random process. *Computer systems and information technologies*. 2025. No. 1. P. 88–99. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-1-11>.
3. Сверстюк А., Мосій Л. Математична модель варіацій екстремумів характеристичних зубців електрокардіосигналів на основі дискретної функції амплітудної варіабельності. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2025. № 355(4). С. 404–413. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-57>.
4. Сверстюк А. С., Мосій Л. Є. Математичне моделювання амплітудної варіабельності електрокардіосигналів для інформаційної технології аналізу їх морфологічних та ритмічних ознак. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2025. № 59. С. 228–240. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-59-29>.
5. Mosiy L., Sverstiuk A. Information Technology for Electrocardiographic Signal Analysis Based on Mathematical Models of Temporal and Amplitude Variability. *Computer systems and information technologies*. 2025. No. 2. P. 36–44. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-2-4>.
6. Сверстюк А. С., Мосій Л. Є. Інформаційна технологія опрацювання та аналізу електрокардіосигналів з врахуванням їх морфологічних та ритмічних ознак. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2025. № 60. С. 40–52. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-60-04>.
7. Sverstiuk A., Mosiy L. Results of application of information technology for processing and analysing electrocardiogram signals taking into account their morphological and rhythmic characteristics. *Computer systems and information technologies*. 2025. No. 3. P. 36–46. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-3-4>.
8. Мосій Л., Сверстюк А. Методи машинного навчання для класифікації електрокардіосигналів за ритмічними та морфологічними ознаками. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Інформаційні системи та мережі»*. 2025. № 18(2). С. 113–128. <https://doi.org/10.23939/sisn2025.18.2.113>.
9. Мосій Л. Є., Фриз М. Є. Статистична валідація моделі амплітудної варіабельності електрокардіосигналу. *Ukrainian Journal of Information Technology*. 2025. № 7(2). С. 50–57. <https://doi.org/10.23939/ujit2025.02.050>.
10. Сверстюк А. С., Мосій Л. Є. Багатофакторний регресійний аналіз для прогнозування кардіологічного діагнозу на основі функції амплітудної варіабельності. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2025. № 4. С. 136–145. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-181-4-136-145>.
11. Сверстюк А. С., Мосій Л. Є. Підхід до оцінювання електрокардіосигналів на основі багатофакторного регресійного аналізу функції часової варіабельності. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2025. № 5. С. 96–104. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-182-5-96-104>.
12. Мосій Л., Сверстюк А., Ремез А., Марковський В. Аналіз досліджень жорсткості армованих композитів в радіотехніці та медицині. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2025. № 357(5.2). С. 55–71. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-357-66>.

Заслухавши та обговоривши доповідь Мосія Любомира Євгенійовича, а також за результатами попередньої експертизи представленої дисертації на засіданні кафедри комп'ютерних наук, прийнято висновок щодо дисертації «Моделі та методи інтелектуального аналізу морфологічних і ритмічних ознак електрокардіосигналів»:

1. Дисертація Мосія Любомира Євгенійовича «Моделі та методи інтелектуального аналізу морфологічних і ритмічних ознак електрокардіосигналів» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання підвищення ефективності діагностики серцевих захворювань шляхом розроблення та використання математичних моделей та методів інтелектуального аналізу інформативних ознак, алгоритмів класифікації з врахуванням циклічності електрокардіосигналу, а також варіабельності його морфологічної та ритмічної структури, що має важливе значення для інформаційних технологій.

2. У 12 наукових публікаціях, опублікованих у наукових фахових виданнях України, повністю відображені основні результати дисертації.

3. Дисертація Мосія Любомира Євгенійовича на тему: «Моделі та методи інтелектуального аналізу морфологічних і ритмічних ознак електрокардіосигналів» має наукову новизну, теоретичне та практичне значення і повністю відповідає вимогам п. 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Голова засідання:
завідувач кафедри комп'ютерних наук,
к.т.н., доцент


Ігор БОДНАРЧУК

Рецензент
професор кафедри програмної інженерії,
д.т.н., професор


Олег ПАСТУХ

Рецензент
доцент кафедри біотехнічних систем,
к.т.н., доцент


Микола ХВОСТІВСЬКИЙ

Підписи рецензентів
д.т.н., професора Олега Пастуха та к.т.н.,
доцента Миколи Хвостівського засвідчую:

Проректор з науково-педагогічної роботи
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя,
к.т.н., доцент




Степан ДЯЧУК