

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Андрій Володимирович ВОЛОЩУК, 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2022 році Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя за спеціальністю «Комп'ютерна інженерія», виконав акредитовану освітньо-наукову програму Комп'ютерні науки.

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом ректора Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Міністерства освіти і науки України, м. Тернопіль від 22 червня 2026 року № 4/7-312 у складі:

Голови разової

спеціалізованої вченої ради – Ярослава ЛИТВИНЕНКА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;

Рецензентів –

Олега ЯСНІЯ, доктора технічних наук, професора, професора кафедри систем штучного інтелекту та аналізу даних Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;

Михайла ФРИЗА, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;

Офіційних опонентів –

Романа ЮЗЕФОВИЧА, доктора технічних наук, професора, завідувача відділу № 9 Методів та засобів відбору й обробки діагностичних сигналів Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України;

Владислава ВОЛИНЦЯ, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри електричної інженерії Луцького національного технічного університету,

на засіданні 14 серпня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології.

Андрію ВОЛОЩУКУ

на підставі публічного захисту дисертації «Моделі та методи аналізу даних електроспоживання в розподілених електроенергетичних системах» за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

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

Наукові керівники: Галина ОСУХІВСЬКА, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя; Андрій СВЕРСТЮК, доктор технічних наук, професор, професор кафедри медичної інформатики Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, який містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які розв'язують важливу науково-практичну задачу аналізу даних електроспоживання на основі моделі у вигляді періодично корельованих випадкових процесів у поєднанні із методами машинного навчання для класифікації режимів електроспоживання в розподілених електроенергетичних системах.

Дисертаційну роботу виконано згідно з напрямом науково-дослідних робіт 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», № держреєстрації 0125U000105, Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України (ТНМУ).

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в обґрунтуванні методів аналізу даних електроспоживання на основі моделі періодично корельованих випадкових процесів у поєднанні з методами машинного навчання для класифікації режимів електроспоживання в розподілених електроенергетичних системах, а саме:

вперше:

- на основі компонентного методу аналізу періодично корельованого випадкового процесу запропоновано набір інформативних ознак для класифікації режимів електроспоживання вузлів розподіленої електроенергетичної системи, а використання математичної моделі у вигляді ПКВП на відміну від інших класичних статистичних моделей дозволило одночасно враховувати стохастичну природу та повторювану структуру сигналу електроспоживання;

- запропоновано метод класифікації режимів електроспоживання розподілених електроенергетичних систем на основі інформативних ознак, отриманих компонентним методом ПКВП, застосування методів машинного навчання, забезпечило можливість ідентифікації режимів електроспоживання вузлів розподіленої електроенергетичної системи на основі інформативних ознак;

удосконалено:

- підхід до вибору оптимального протоколу передавання даних електроспоживання в розподілених електроенергетичних системах з використанням методів машинного навчання при опрацюванні параметрів каналу передавання даних, що дало змогу забезпечити стабільність передавання даних в каналах зв'язку;

отримали подальший розвиток:

- метод вибору оптимального протоколу передавання даних електроспоживання в розподілених електроенергетичних системах на основі використання методів машинного навчання при аналізі параметрів каналу передавання даних, що дало змогу забезпечити стабільність передавання даних.

Дисертація виконана державною мовою та оформлена згідно вимог, встановлених МОН. Дисертаційна робота викладена на 213 сторінках. Текст основної частини дисертації становить 5,32 авторських аркушів.

Здобувач має 11 наукових публікацій за темою дисертації, з них 5 у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, та 6 праць у матеріалах конференцій, з яких 3 індексуються у наукометричній базі Scopus.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені у виробничу діяльність: ПП НВО «Енергоощадні технології», ДП «ДГ Подільське» та у навчальний процес: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя та Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського.

1. Voloshchuk A., Osukhivska H., Khvostivskyi M., Sverstiuk A. Application of periodically correlated stochastic processes for forecasting electricity consumption. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. 2025. no. 3. P. 393–403. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-83-48>.

2. Voloshchuk A., Osukhivska H., Khvostivskyi M., Sverstiuk A. Analysis of electricity consumption using the component method of periodically correlated random processes. Computer Systems and Information Technologies. 2025. no. 3. P. 74–82. <https://doi.org/10.31891/csit-2025-3-8>.

3. Voloshchuk A., Osukhivska H. Adaptive multi-protocol communication for energy systems. Scientific journal of the Ternopil National Technical University. 2025. Vol. 119, no. 3. P. 97–106. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2025.03.097.

4. Voloshchuk A., Osukhivska H. Application of a Cyclic Stochastic Process Model for Analyzing Electricity Consumption. *Computer-Integrated Technologies: Education, Science, Production*. 2025. no. 61. P. 35–42. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-61-05>.

5. Волощук, А. В., Осухівська, Г. М., Паляниця, Ю. Б., Луцків, А. М., Валяшек, В. Б. Визначення збалансованості електроенергетичних систем методами машинного навчання на основі інформативних ознак отриманих компонентним методом. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2025. Т. 4, № 112. С. 148–161. <https://doi.org/10.31713/vt4202514>.

6. Tymoshchuk D., Voloshchuk A., Sverstiuk A., Osukhivska H., Bahrui-Zaiats O. Machine learning-based information technology for analyzing energy peaks in power grid balancing. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Advanced Applied Information Technologies (AdvAIT 2025)*. Khmelnytskyi, Ukraine – Žilina, Slovakia, 2025. Vol. 4163. P. 204–220. <https://ceur-ws.org/Vol-4163/paper18.pdf>.

7. Voloshchuk A., Osukhivska H., Khvostivskyi M., Sverstiuk A., Khvostivska L. Component method for analyzing the energy consumption signal as a periodically correlated random process. *Proceedings of the International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2025)*. Ternopil, Ukraine – Opole, Poland, 2025. Vol. 4146. P. 128–137. <https://ceur-ws.org/Vol-4146/paper13.pdf>.

8. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024)*. Ternopil, Ukraine, 2024. Vol. 3742. P. 66–75. <https://ceur-ws.org/Vol-3742/paper5.pdf>.

9. Voloshchuk A., Osukhivska H. Artificial intelligence technologies in power grids. *Modern Trends of Social Transformations of Society in Conditions of Sustainable Development : abstracts of VIII Intern. Sci. and Pract. Conf.*, Stockholm, Sweden, February 24–26, 2025. Stockholm, 2025. P. 210.

10. Волощук А., Осухівська Г. Архітектура системи енергетичного підприємства для отримання даних про споживання електроенергії. *Матеріали XI наук.-техн. конф. «Інформаційні моделі, системи та технології»*, м. Тернопіль, 13–14 груд. 2023 р. Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2023. С. 140.

11. Осухівська Г., Волощук А. Технології передавання та опрацювання даних в комп'ютеризованих системах обліку електроенергії. *Матеріали X наук.-техн. конф. «Інформаційні моделі, системи та технології»*, м. Тернопіль, 7–8 груд. 2022 р. Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2022. С. 136.

У дискусії взяли участь голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні та висловили зауваження:

Ярослав ЛИТВИНЕНКО, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних наук 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 розв'язали важливу науково-практичну задачу розроблення моделей та методів інтелектуального аналізу морфологічних і ритмічних ознак електрокардіосигналів.

Роман ЮЗЕФОВИЧ, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу № 9 Методів та засобів відбору й обробки діагностичних сигналів Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України (офіційний опонент), вказав на обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, представлених у дисертаційній роботі, однак висловив наступні зауваження:

– автор на стор. 55 дисертації стверджує, що «Оцінки математичного сподівання та кореляційної функції ЦВП є незміщеними та узгодженими за умови ергодичності процесу та достатньої кількості спостережених циклів». Проте не вказано, яка саме кількість циклів є достатньою і які будуть величини похибок?;

– у формулах (2.6), (2.7) не пояснена змінна $M1$;

- використання терміну «узгоджений» до оцінювання статистичних параметрів є некоректним, загальноприйнятим є термін «слушність оцінки»;
- автор на стор. 72 дисертації стверджує, що оцінки кореляційних компонентів та їх усереднених реалізацій, отримані синфазним методом, є незміщеними та асимптотично ефективними, що забезпечує високу точність моделювання та прогнозування. З цього не зрозуміло, які величини похибок при моделюванні між реальними і симульованими даними, а також не вказана ймовірність та допустимі похибки прогнозування?;
- на стор. 72 «Синфазний метод забезпечує статистичне оцінювання ..., що дозволяє отримати інформативний опис структури процесу для кожної фази добового циклу». Слід було означити інформативний опис структури процесу для кожної фази добового циклу та описати, як саме забезпечується його наповнення;
- на стор. 98 дисертації згадано характеристику x_{45} , яка залежить від кількості відліків $N = 720$ у межах одного періоду. Чи вона втрачає свою інтерпретацію при інших значеннях N ? Автору слід було ввести характеристику, яка б визначала «критичну точку максимальної швидкості зростання сигналу» залежно від кількості відліків у межах одного періоду;
- підписи до рис. 2.18 і 2.19 однакові. Рис. 3.13, 3.31, 4.9, 4.10, 4.12, 4.13 слід було подати чіткіше. По тексту зустрічаються орфографічні та синтаксичні помилки.

Владислав ВОЛИНЕЦЬ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії Луцького національного технічного університету (офіційний опонент), позитивно оцінивши загальний науковий рівень дисертації та виокремивши її практичну цінність, зауважив:

- у дисертаційній роботі вживається термін «розподілена електроенергетична система», хоча у сучасній практиці більш поширеним є визначення «електроенергетична система з розподіленою генерацією» (Distributed Power Generation). Кращим варіантом терміну є «локальна енергетична система» або ж «micro grid»;
- на с. 16 вжито формулювання «опрацювання даних електроспоживання на всіх рівнях електроенергосистеми». З нього не зрозуміло, чи проводився аналіз даних про споживання в системах власних потреб електростанцій, підстанцій, розподільних пунктів тощо на всіх технологічних рівнях електроенергетичної системи, чи обробка інформації стосується лише найнижчого ієрархічного рівня, тобто активних споживачів;
- при описі практичного значення отриманих результатів автор недостатньо обґрунтував яким саме чином використані методи на основі теорії періодично корельованих випадкових процесів і алгоритмів машинного навчання можуть бути впроваджені у низьковольтних електричних мережах приватних домогосподарств;
- на с. 22 при описі можливостей впровадження автор пише про впровадження в енергетичні системи, які, як відомо містять елементи теплоенергетики, хоча в дисертаційній роботі розглядаються електроенергетичні системи;
- у списку використаних джерел відсутнє посилання на ДСТУ EN 50160:2023 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення», який регламентує допустимі наслідки від «збалансованих» і «незбалансованих» режимів електроспоживання (за версією автора);
- у п.1.1 на с. 28 вказана некоректна інформація щодо вимог для частоти в системах, які синхронно під'єднані до ОЕС України. Згідно ДСТУ EN 50160:2023 п. 4.2.1 вона складає $50\text{Гц} \pm 1\%$ (тобто 49,5 Гц.. 50,5 Гц) протягом 99,5 % часу за рік;
- у п.1.1 на с. 25 присутній вираз «При цьому такий аналіз є важливим для ... виявлення аномалій та передаварійних станів, ...». Вказана проблема та її вирішення не є завданням даного дисертаційного дослідження, оскільки вимагає інших методів дослідження та аналізу інших параметрів, зокрема опору ізоляції, температури провідників тощо.

Олег ЯСНІЙ, доктор технічних наук, професор, професор кафедри систем штучного інтелекту та аналізу даних Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (рецензент), не применшуючи наукового здобутку дисертації та підкресливши важливість отриманих результатів, зауважив:

- робота має чітку структуру (огляд, моделі, класифікація, програмна реалізація), однак вступ і висновки потребують більшої конкретизації щодо відповідності державним програмам і стратегічним пріоритетам енергетики України;
- у списку публікацій здобувача наведено значну кількість робіт, проте не завжди чітко простежується зв'язок між окремими статтями та дисертаційними результатами;
- автор обґрунтовує вибір моделі періодично корельованого випадкового процесу (ПКВП), проте не подано достатнього порівняння з іншими сучасними стохастичними моделями (наприклад, ARIMA, LSTM);
- у третьому розділі наведено результати класифікації режимів електроспоживання, однак не розкрито питання масштабованості методів для великих енергосистем або міжрегіональних даних;
- автор зазначає про створення програмного модуля, але не наводить прикладів його впровадження у промислових чи енергетичних компаніях;
- текст дисертації загалом витриманий у науковому стилі, однак трапляються громіздкі формулювання та повтори, що ускладнюють сприйняття;
- у переліку скорочень частина термінів подана англійською мовою без пояснень, що потребує їх уніфікації;

Михайло ФРИЗ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (рецензент), не применшуючи наукового здобутку дисертації та підкресливши вагомість одержаних результатів, зауважив:

- на рисунку 2.1 наведено графік електроспоживання приватного підприємства протягом року, де очевидно є наявність тренду. Однак ніде в роботі не вказано, яким чином тренд враховано у використовуваній моделі і які методи оцінювання та видалення тренду використовуються;
- у роботі автор використовує математичні моделі випадкових процесів із періодичними ймовірнісними характеристиками, зокрема, циклічні випадкові процеси та періодично корельовані випадкові процеси. Доцільно було б підтвердити гіпотезу про добову періодичність ймовірнісних характеристик досліджуваного процесу, використовуючи результати експериментальних даних;
- у дисертації наявні математичні формули, які подані некоректно, з помилками, інколи без пояснення усіх символів, що входять до цих формул;
- оскільки для аналізу використовувались погодинні дані електроспоживання, у дисертації доцільно було б охарактеризувати модель електроспоживання (а також її характеристики та способи їх оцінювання) у вигляді періодично корельованого випадкового процесу з дискретним часом;
- доцільно було б пояснити, яким чином побудовано довірчі інтервали, наведені у розділі 3;
- у дисертації зазначено, що «... використано реальні погодинні дані електроспоживання приватного підприємства, що спеціалізується на виробництві та обробці насінневої продукції». У той же час відсутність інформації щодо того, яке конкретно підприємство надало дані (чи хоча б у якому регіоні воно розміщене), якого календарного року стосуються дані, яким чином і хто визначав доби року, де електроспоживання було в збалансованому (206 діб) чи в незбалансованому (159 діб) режимі, тощо, ускладнює визначення рівня загальності отриманих результатів, оцінювання можливості їх застосування для аналізу даних інших підприємств.

Проте, варто підкреслити, що вказані зауваження ніяк не зменшують наукову та практичну цінність отриманих результатів дисертаційного дослідження і жодним чином не впливають на загальну позитивну та схвальну оцінку дисертаційної роботи.

Результати відкритого голосування:

«За» 112 осіб членів ради,

«Проти» 0 осіб членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Андрію ВОЛОЩУКУ ступінь доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради



(підпис)

Ярослав ЛИТВИНЕНКО

(власне ім'я та прізвище)