Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Image not found or type unknow

Державний обліковий номер: 0826U002989

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-06-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: 4/15-92 від 04.09.2026

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Волощук Андрій Володимирович
2. Andrii Voloshchuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-1478-1601

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп’ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерні науки

Дата захисту: 14-08-2026

Спеціальність за освітою: Комп'ютерна інженерія

Місце роботи здобувача: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15026

Повне найменування юридичної особи: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.29.29, 20.54, 27.43.15

Тема дисертації:

1. Моделі та методи аналізу даних електроспоживання в розподілених електроенергетичних системах
2. Models and Methods for Electricity Consumption Data Analysis in Distributed Electrical Power Systems

Реферат/анотація:

1. У дисертаційній роботі розв'язано актуальне науково-прикладне завдання аналізу даних електроспоживання на основі моделі у вигляді періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП) у поєднанні із методами машинного навчання (МН) для класифікації режимів електроспоживання в розподілених електроенергетичних системах. У першому розділі виконано аналіз сучасного стану електроенергетичних систем в умовах розвитку розподіленої генерації та інтеграції відновлюваних джерел енергії в концепції Energy 4.0, зокрема в контексті синхронізації ОЕС України з континентальною мережею ENTSO–E, що підвищує вимоги до оперативності та надійності аналізу даних електроспоживання. Визначено, що основними прикладними завданнями є прогнозування електроспоживання, виявлення аномальних та пікових режимів, а також класифікація збалансованих і незбалансованих режимів електроспоживання вузлів розподіленої електроенергетичної системи. Обґрунтовано, що адекватна модель сигналу

електроспоживання має одночасно враховувати стохастичну природу та повторювану (циклічну) структуру добового циклу. У другому розділі розглянуто клас математичних моделей, що одночасно описують стохастичну природу та повторювану структуру сигналу електроспоживання: модель циклічного випадкового процесу (ЦВП), яка дозволяє отримати інформацію про моменти вищих порядків та міжциклові кореляції, та модель періодично корельованого випадкового процесу з періодичністю математичного сподівання та автоковаріаційної функції. Обґрунтовано вибір моделі ПКВП як основної для аналізу даних електроспоживання. Детально розглянуто два методи аналізу ПКВП: компонентний метод, що базується на розкладі автоковаріаційної функції у ряд Фур'є за гармоніками періоду, та синфазний метод, що виконує когерентне усереднення реалізацій циклу у часовій області. Проведено порівняльний аналіз методів та обґрунтовано вибір компонентного методу як основного для формування інформативних ознак. У третьому розділі наведено результати експериментального дослідження реальних даних електроспоживання приватного підприємства за 365 діб (погодинна дискретизація). Підтверджено багаторівневу повторювану структуру електроспоживання з домінуванням добового періоду. На основі компонентного методу ПКВП сформовано набір із 13 інформативних ознак (9 компонентних та 4 часових), статистичний аналіз підтвердив їх дискримінантну здатність. Серед ознак визначено чотири найбільш значущі: середній рівень енергії (time_mean), інтенсивність флуктуацій після критичної точки (skew_after_45), часова локалізація точки перелому (tangent_45) та стандартне відхилення до точки перелому (std_before_45). Проведено порівняльний аналіз ефективності 14 моделей машинного навчання. Найвищий F1-score (0,9877) та Recall=1,0000 досягнуто для трьох моделей: Extra Trees, KNN (k=5) та SVM (RBF), за критерієм крос-валідаційної стабільності перевагу має Extra Trees (CV-F1=0,9826). Результати оцінювання за комплексом метрик якості (AUC, MCC, Kappa) підтверджують надійну роздільну здатність та узгодженість класифікації для всіх 14 моделей. У четвертому розділі розроблено програмний модуль, що реалізує повний цикл аналізу даних електроспоживання – від опрацювання вхідних даних методами ПКВП до класифікації режиму електроспоживання з візуалізацією результатів. Запропоновано підхід до адаптивного вибору оптимального протоколу передавання даних (MQTT, CoAP, HTTPS) на основі аналізу мережевих параметрів методами машинного навчання, що забезпечує своєчасність надходження телеметричної інформації у розподілених електроенергетичних системах. За результатами порівняльного аналізу чотирьох моделей машинного навчання найкращу точність класифікації протоколу забезпечила модель MLP Neural Network (F1=0,9020).

2. The dissertation addresses a relevant scientific and applied problem of electricity consumption data analysis based on the model of periodically correlated random processes (PCRP) combined with machine learning (ML) methods for classifying electricity consumption modes in distributed electrical power systems. The first chapter analyzes the current state of electrical power systems amid the development of distributed generation and the integration of renewable energy sources within the Energy 4.0 concept, particularly in the context of synchronization of the Ukrainian Integrated Power System with the ENTSO-E continental network, which imposes higher requirements on the timeliness and reliability of electricity consumption data analysis. The main applied tasks identified include electricity consumption forecasting, detection of anomalous and peak modes, and classification of balanced and unbalanced electricity consumption modes of nodes in a distributed electrical power system. It is substantiated that an adequate model of the electricity consumption signal must simultaneously account for both the stochastic nature and the repetitive (cyclic) structure of the daily cycle. The second chapter examines a class of mathematical models that simultaneously describe the stochastic nature and repetitive structure of the electricity consumption signal: the cyclic random process (CRP) model, which provides information about higher-order moments and inter-cycle correlations, and the periodically correlated random process model with periodicity in the mean and autocovariance function. Two PCRP analysis methods are examined in detail: the component method, based on Fourier series expansion of the autocovariance function over period harmonics, and the synphase method, which performs coherent averaging of cycle realizations in the time domain. A comparative analysis is performed, justifying the selection of the component method as the primary approach for generating informative features. The third chapter presents experimental results on real hourly electricity consumption data from a private enterprise over 365 days. The multi-level repetitive structure of

consumption with a dominant daily cycle is confirmed. Using the PCRP component method, a set of 13 informative features (9 component and 4 temporal) is formed; statistical analysis confirms their discriminative power. Four most significant features are identified: mean energy level (time_mean), fluctuation intensity after the critical point (skew_after_45), temporal localization of the inflection point (tangent_45), and signal standard deviation before the inflection point (std_before_45). A comparative evaluation of 14 machine learning models is conducted. The highest F1-score (0.9877) and Recall=1.0000 were achieved by three models: Extra Trees, KNN (k=5), and SVM (RBF), Extra Trees demonstrates the best cross-validation stability (CV-F1=0.9826). Evaluation results across the full set of quality metrics (AUC, MCC, Kappa) confirm reliable discriminative power and classification consistency for all 14 models. The fourth chapter describes the developed software module that implements the full analysis pipeline – from PCRP-based input data processing to electricity consumption mode classification with result visualization. An adaptive approach for selecting the optimal data transmission protocol (MQTT, CoAP, HTTPS) based on network parameter analysis using machine learning is proposed, ensuring timely delivery of telemetry data in distributed electrical power systems. A comparative analysis of four machine learning models showed that the MLP Neural Network achieved the best protocol classification accuracy (F1=0.9020).

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- Tymoshchuk D., Voloshchuk A., Sverstiuk A., Osukhivska H., Bahrii-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
- 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
- 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

- 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
- 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
- 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

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: "Інтелектуальні моделі в кіберфізичних системах медико-біологічних процесів" № 0125U000105

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Осухівська Галина Михайлівна

2. Halyna Osukhivska

Кваліфікація: к. т. н., доц., 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0132-1378

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сверстюк Андрій Степанович

2. Andrii Sverstiuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8644-0776

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України

Код за ЄДРПОУ: 02010830

Місцезнаходження: Майдан Волі, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство охорони здоров`я України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Юзефович Роман Михайлович
2. Roman Yuzefovych

Кваліфікація: д. т. н., 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5546-453X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534506

Місцезнаходження: вул. Наукова, Львів, 79060, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: 02jv3yx22

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Волинець Владислав Ігорович
2. Vladyslav Volynets

Кваліфікація: к. т. н., 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9192-2785

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Луцький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 05477296

Місцезнаходження: вул. Львівська, Луцьк, Луцький р-н., 43018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 02vn54r74

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ясній Олег Петрович

2. Oleh Yasnii

Кваліфікація: д. т. н., 01.02.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9820-9093

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Фриз Михайло Євгенович

2. Mykhailo Fryz

Кваліфікація: к. т. н., 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8720-6479

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Литвиненко Ярослав Володимирович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Литвиненко Ярослав Володимирович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Мартиняк Ірина Олександрівна
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна

