

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U001065

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 16-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ємець Кирило Вікторович

2. Kyrylo V. Yemets

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5157-9118

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: 01-05-2026

Спеціальність за освітою: 113 Прикладна математика

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, 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 12157

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, 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: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.06

Тема дисертації:

1. Методи попереднього опрацювання часових рядів для підвищення точності їхнього прогнозування моделями глибинного навчання
2. Time series preprocessing methods for improving forecasting accuracy using deep learning models

Реферат:

1. У дисертаційній роботі розв'язано актуальну наукову задачу підвищення точності коротко- та довгострокового прогнозування часових рядів із використанням моделей глибинного навчання шляхом розроблення та удосконалення методів попереднього опрацювання даних і архітектур штучних нейронних мереж, що забезпечують більш повне врахування багатомасштабної, спектральної та структурної організації часових рядів. Розроблені та удосконалені методи орієнтовані на ефективне виділення багатомасштабних закономірностей у даних, формування інформативних ознак у частотній області та підвищення точності результатів для різних горизонтів прогнозування в різних прикладних галузях. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літературних джерел та додатків. У першому розділі проведено аналіз існуючих методів та розглянуто постановку задачі прогнозування часових рядів, охарактеризовано ключові властивості нелінійних і нестационарних процесів, а також обґрунтовано потребу у застосуванні попереднього опрацювання даних для підвищення точності прогнозу. Виконано теоретичний

та експериментальний аналіз ефективності сучасних нейромережових моделей, методів та архітектур для прогнозування часових рядів, зокрема архітектури на основі трансформерів і суміші експертів. Проаналізовано недоліки існуючих методів попереднього опрацювання даних на основі швидкого перетворення Фур'є та вейвлет перетворень. Сформульовано мету і виконано постановку задач дослідження. У другому розділі удосконалено методи підвищення точності довгострокового прогнозування часових рядів із використанням швидкого перетворення Фур'є. Виконано адаптацію архітектури трансформера до задачі прогнозування часових рядів та обґрунтовано вибір процедур навчання і методу оптимізації цієї архітектури. Удосконалено методи попереднього опрацювання даних у частотній і часово-частотній областях. Перший метод передбачає заміну часових відліків повним фазово-амплітудним поданням спектральних компонент як вхідних ознак для обраної архітектури штучної нейронної мережі. Другий метод полягає у доповненні часових відліків відповідною спектральною інформацією з метою збереження часової структури сигналу. Така організація спектральних ознак забезпечує їх безпосереднє використання моделлю без необхідності відновлення сигналу з частотної області. Це спрощує інтеграцію у нейромережову архітектуру для задач прогнозування та зменшує втрати інформації на етапах проміжних перетворень. Удосконалені методи забезпечують підвищення точності довгострокового прогнозування часових рядів, що підтверджено результатами експериментальних досліджень і порівняльним аналізом на різних наборах даних. У третьому розділі розроблено метод попереднього опрацювання часових рядів на основі вейвлет-перетворень, орієнтований на виділення локальних у часі та масштабі закономірностей. В його основі покладено формування вейвлет-ознак із використанням стаціонарного вейвлет-перетворення та різних сімейств вейвлетів. Такий підхід забезпечує підвищену чутливість до короткочасних змін і структурних зламів у часових рядах. Також удосконалено метод відбору експертів у нейромережовій архітектурі суміші експертів, який забезпечує більш обґрунтований вибір підмножини експертів для розв'язання поставленої задачі та спрощує процес навчання цієї архітектури. Удосконалена таким чином модель забезпечує підвищення точності прогнозування для різних горизонтів прогнозу, що підтверджено аналізом експериментальних результатів та результатами порівняльних досліджень на різних наборах даних. Подано структурно-функціональні схеми, описано основні кроки формування ознак, навчання моделей і застосування розробленого методу та удосконаленої моделі для підвищення точності прогнозування часових рядів. У четвертому розділі розроблено програмний комплекс для розв'язання поставленої у роботі задачі, а також виконано апробацію розроблених і удосконалених методів. Описано архітектуру бібліотеки методів попереднього опрацювання часових рядів на основі частотних перетворень та її функціональні можливості, зокрема підготовку даних, формування спектральних ознак, підтримку різних сценаріїв навчання моделей і засоби відтворюваного експериментування. Реалізовано комплексну архітектуру нейромережової суміші експертів, у якій окремі спектральні характеристики, сформовані методами, описаними в розділах 2 та 3, використовуються незалежно в кожному експерті. Проведено експериментальне оцінювання та апробацію програмного комплексу на наборі даних для прогнозування екстремальних температур на території України. Виконано порівняння з поширеними базовими моделями, при цьому підвищення точності прогнозування підтверджено результатами експериментальних досліджень і порівняльного аналізу, що обґрунтовує доцільність використання розроблених та удосконалених методів та моделі у прикладних інформаційних системах аналізу та прогнозування даних.

2. The dissertation solves an important applied research task of improving the accuracy of short- and long-term time series forecasting using deep learning models is addressed by developing and refining data preprocessing methods and neural network architectures that account for the multiscale, spectral, and structural organization of time series. The developed and improved methods are aimed at effective extraction of multiscale patterns from data, formation of informative features in the frequency domain, and improvement of forecasting accuracy for different prediction horizons across various applied domains. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The first chapter considers the formulation of the time series forecasting task, characterizes the key properties of seasonal and non-stationary processes, and substantiates the necessity of data preprocessing to improve forecasting accuracy. A theoretical and experimental

analysis of the effectiveness of modern neural network models, methods, and architectures for time series forecasting is carried out, including transformer-based architectures and mixture-of-experts models. The limitations of existing data preprocessing methods based on the fast Fourier transform and wavelet transforms are analyzed. The research objective is formulated and the research tasks are defined. In the second chapter, methods for improving the accuracy of long-term time series forecasting using the fast Fourier transform are refined. The transformer architecture is adapted to the time series forecasting task, and the choice of training procedures and optimization methods for this architecture is substantiated. The data preprocessing methods in the frequency and time-frequency domains have been improved. The first method involves replacing time-domain samples with a complete phase-amplitude representation of spectral components as input features for the selected artificial neural network architecture. The second method consists in augmenting time-domain samples with corresponding spectral information in order to preserve the temporal structure of the signal. Such an organization of spectral features enables their direct use by the model without the need to reconstruct the signal from the frequency domain. This simplifies integration into neural network architectures for forecasting tasks and reduces information loss at intermediate transformation stages. The improved methods provide higher accuracy of long-term time series forecasting, which is confirmed by experimental results and comparative analysis on various datasets. In the third chapter, a time series preprocessing method based on wavelet transforms is developed, aimed at extracting patterns localized in time and scale. It is based on the formation of wavelet features using the stationary wavelet transform and different wavelet families. This approach provides increased sensitivity to short-term changes and structural breaks in time series. In addition, a method for expert selection in the neural network mixture-of-experts architecture is improved, ensuring a more justified selection of an expert subset for solving the given task and simplifying the training process of this architecture. The improved model thus ensures increased forecasting accuracy for different prediction horizons, which is confirmed by the analysis of experimental results and comparative studies on different datasets. Structural and functional diagrams are presented, and the main steps of feature formation, model training, and application of the developed method and improved model for enhancing time series forecasting accuracy are described. In the fourth chapter, a software system for solving the task addressed in the dissertation is developed, and the developed and improved methods are experimentally validated. The architecture of a library of time series preprocessing methods based on frequency transformations and its functional capabilities are described, including data preparation, spectral feature generation, support for different model training scenarios, and tools for reproducible experimentation. A comprehensive neural network mixture-of-experts architecture is implemented, in which individual spectral characteristics formed by the methods described in Chapters 2 and 3 are used independently within each expert. Experimental evaluation and validation of the software system are conducted on a dataset for forecasting extreme temperatures in Ukraine. A comparison with widely used baseline models is performed, and the improvement in forecasting accuracy is confirmed by experimental studies and comparative analysis, substantiating the feasibility of using the developed and improved methods and models in applied information systems for data analysis and forecasting.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Yemets K., Izonin I., Mitoulis S. Multi-family wavelet-based feature engineering method for short-term time series forecasting. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15, iss. 1. 39081. doi:10.1038/s41598-025-26685-8
- 2. Yemets K., Izonin I., Droniuk I. Time series forecasting model based on the adapted transformer neural network and FFT-based features extraction. *Sensors (Switzerland)*. 2025. Vol. 25, iss. 3. 652. doi:

10.3390/s25030652

- 3. Yemets K., Izonin I., Droniuk I. Enhancing the FFT-LSTM time-series forecasting model via a novel FFT-based feature extraction-extension scheme. *Big Data and Cognitive Computing*. 2025. Vol. 9, iss. 2. 35 doi: 10.3390/bdcc9020035
- 4. Yemets K., Gregus M. A transformer-based time series forecasting model with an efficient data preprocessing scheme. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2025. Vol 14, No. 4. P. 2537–2547. doi: 10.11591/eei.v14i4.9280
- 5. Yemets K., Gregus M. Schedule-free optimization of the transformers-based time series forecasting model. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*. 2025. Vol. 14, No 2. P. 1067–1076. doi: 10.11591/ijai.v14.i2.pp1067-1076
- 6. Ємець К. Методи прогнозування часових рядів з вираженою сезонністю на основі трансформерів. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2024. № 2 (333). С. 131–134. doi: 10.31891/2307-5732-2024-333-2-20
- 7. Ємець К. В., Ізонін І. В. Модифікація методу відбору експертів у нейромережевій моделі суміші експертів. *Наука і техніка сьогодні*. 2025. № 10 (51). С. 1537–1547. doi: 10.52058/2786-6025-2025-10(51)-1537-1547

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ізонін Іван Вікторович

2. Ivan V. Izonin

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9761-0096

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мулеса Оксана Юріївна
2. Oksana Y. Mulesa

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державний вищий навчальний заклад "Ужгородський національний університет"

Код за ЄДРПОУ: 02070832

Місцезнаходження: вул. Підгірна, Ужгород, Ужгородський р-н., 88000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Калініна Ірина Олександрівна
2. Iryna O. Kalinina

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8359-2045

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Код за ЄДРПОУ: 23623471

Місцезнаходження: вул. 68 Десантників, Миколаїв, Миколаївський р-н., 54003, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Теслюк Василь Миколайович
2. Vasyl M. Teslyuk

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5974-9310

Додаткова інформація: завідувач кафедри автоматизованих систем управління Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Медиковський Микола Олександрович

2. Mykola O. Medykovskiy

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2492-8578

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Яковина Віталій Степанович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Яковина Віталій Степанович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Віктор Михайлович Хавалко

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна