Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001930

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-05-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Токарєва Катерина Анатоліївна
2. Kateryna A. Tokarieva

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 113

Назва наукової спеціальності: Прикладна математика

Галузь / галузі знань: математика та статистика

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна математика

Дата захисту: 23-05-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна математика

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 76.051.048 (ID 5123)

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, 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: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.37, 20.54, 20.54.06, 27.43.15

Тема дисертації:

1. Гібридні та ансамблеві методи та моделі машинного навчання прогнозування фінансових часових рядів
2. Hybrid and ensemble machine learning methods and models for forecasting financial time series

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена побудові гібридних алгоритмів на основі методів та моделей машинного начання та класичних алгоритмів часових рядів. Результати дисертаційної роботи є підґрунтям для подальших теоретичних і практичних наукових розробок у дослідженні гібридних алгоритмів побудови прогнозу для фінансових часових рядів. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатку. У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету, завдання, предмет, об’єкт та методи дослідження, вказано наукову новизну, теоретичне та практичне значення отриманих результатів, проаналізовано зв’язок роботи з науковими дослідженнями та особистий внесок здобувача, а також наведено відомості про апробацію та публікації основних результатів дисертації. Описано структуру та обсяг дисертаційної роботи. У першому розділі

здійснено огляд наукової літератури, присвяченої основним напрямкам досліджень часових рядів вцілому та фінансових часових рядів зокрема, розглянуто ключові відомості з теорії часових рядів та методів машинного навчання, наведено опис основних напрямів досліджень та визначено завдання, якими займається теорія часових рядів включаючи основні проблеми побудови прогнозу фінансових часових рядів. Проведено детальний огляд основних класичних алгоритмів побудови прогнозу для часового ряду, зокрема, а також їх сфери застосування. Детально проаналізовано хронологію розвитку теорії часових рядів та умовні періоди ускладнення моделей. У другому розділі даного розділу розглянуто основні моделі штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу часових рядів, описано топології нейронних мереж, які будуть використовуатися при побудові гібридних алгоритмів. У другому розділі проведено дослідження гібридних моделей, в яких основний процес оцінювався на основі моделі часового ряду, а залишки моделі оцінювалися на основі нейронних мереж. Використання такого підходу дало змогу розширення використання класичних моделей часових рядів на випадок відсутніості гомоскедастичності у залишках та відсутності незалажності залишків часового ряду. А саме показано, що часові ряди фондових індексів містять як лінійну, так і не лінійну складову, а отже, окремо лінійна модель ARIMA та нелінійна модель ANN не можуть дати точну оцінку таких часових рядів; розроблено гібридну модель моделі авторегресії-ковзної середньої та штучної нейронної мережі прогнозування часових рядів фондових індексів; доведено, якщо часовий ряд є строго стаціонарним, то ARIMA модель є більш адекватною для гауссівських рядів в розробленій гібридній моделі. здійснено порівняльний аналіз запропонованого алгоритму із класичними алгоритмами оцінки прогнозу фінансових часових рядів, в результаті чого розроблений метод продемонстрував більшу точність порівняно з іншими гібридними моделями, оскільки ряд даних розкладається на компоненти з низькою та високою волатильністю (лінійну та нелінійну), а отже сумарна похибка моделі є низькою. У третьому розділі розглянуто зв'язок хаотичних динамічних систем та часових. Проаналізовано основні підходи до визначення детермінованого хаосу та основні методи врахування наявності детермінованого хаосу при оцінці прогнозу фінансового часового ряду. Для визначення існування хаосу в системі були представлені чотири методи: перетворення Фур'є; показник Ляпунова; показник Герста; фрактальна розмірність. Основним підходом для застосування теорії хаосу, а саме детермінованого хаосу, є використання теореми вкладення Такенса, згідно якої структуру хаотичного детермінованого процесу можна спростити використовуючи розбиття векторного простору (x(t),...,x(t+T)). Метод реконструкції фазового простору використовується для реконструкції точок фазового простору з хаотичних часових рядів з використанням розмірності вкладення D та часової затримки T. Відповідно до методу реконструкції фазового простору, точки фазового простору відтворюють ключові характеристики вихідного часового ряду. Для підтвердження ефективності запропонованої методики в даному розділі було досліджено три різні класичні хаотичні часових ряді:, Маккея-Глесса, логістичного та Ено. Запропонований метод об'єднувався з генетичними алгоритмами для покращення результатів прогнозування. Було показано, що новий метод прогнозування, покращений за допомогою GA, демонструє визначні результати. Порівняння результатів запропонованої методики з результатами, наведеними в літературі, обґрунтовує ефективність запропонованого методу. У розділі 4 дослідженно дві гібридні моделі, які ґрунтуються на моделях часових рядів. Перша модель являє собою неперервний та нелінійний аналог класичної лінійної ARMA моделі, друга модель являє собою узагальнення класичної LSTM нейронної мережі із врахуванням довільної скінченної передісторії. Перша модель базується на новому методі оцінки прогнозу процесів фінансових ринків в основі якого лежать моделі стохастичних диференціальних рівнянь із запізненням.

2. The dissertation is devoted to the construction of hybrid algorithms based on methods and models of machine learning and classical time series algorithms. The results of the thesis are the basis for further theoretical and practical research developments in the study of hybrid forecasting algorithms for financial time series. The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references and an appendix. The introduction substantiates the relevance of the research topic, formulates the purpose, objectives, subject, object and methods of the research, indicates the scientific novelty, theoretical and practical significance of the results obtained, analyses the relationship of the work with scientific research and the personal contribution of the applicant, and

provides information on the testing and publication of the main results of the dissertation. The structure and scope of the dissertation are described. The first chapter reviews the scientific literature in the main areas of research on time series in general and financial time series in particular, considers key information on time series theory and machine learning methods, describes the main research areas and identifies the tasks that time series theory deals with, including the main problems of building a forecast for financial time series. A detailed overview of the main classical algorithms for building a forecast for a time series is provided, including their scope of application. The chronology of the development of time series theory and conditional periods of model complexity are analysed in detail. The second section of this chapter discusses the main models of artificial intelligence and machine learning for time series analysis, describes the topologies of neural networks that will be used in the construction of hybrid algorithms. In the second chapter, the author investigate hybrid models in which the main process is estimated on the basis of a time series model. Model residuals are estimated on the basis of neural networks. The use of this approach allowed us to extend the use of classical time series models to the case of the absence of homoscedasticity in the residuals and the absence of non-smoothness of the time series residuals. The man results are: time series of stock indices contain both linear and non-linear components, and therefore, a linear ARIMA model and a non-linear ANN model alone cannot provide an accurate estimate of such time series; a hybrid model of an autoregressive moving average model and an artificial neural network for forecasting time series of stock indices is developed; it is proved that if the time series is strictly stationary, the ARIMA model is more adequate for Gaussian series in the developed hybrid model$ a comparative analysis of the proposed algorithm with classical algorithms for estimating the forecast of financial time series is carried out, as a result of which the developed method demonstrates greater accuracy compared to other hybrid models, since the data series is decomposed into components with low and high volatility (linear and nonlinear), and therefore the total error of the model is low. The third chapter considers the relationship between chaotic dynamical systems and time series systems. The main approaches to the definition of deterministic chaos and the main methods of taking into account the presence of deterministic chaos when assessing the forecast of a financial time series are analysed. The main approach to the application of chaos theory, namely deterministic chaos, is to use the Tuckens embedding theorem, according to which the structure of a chaotic deterministic process can be simplified by using a partition of the vector space (x(t),...,x(t+T)). The phase space reconstruction method is used to reconstruct phase space points from chaotic time series using the embedding dimension D and time delay T. According to the phase space reconstruction method, the phase space points reproduce the key characteristics of the original time series. In order to confirm the effectiveness of the proposed methodology, three different classical chaotic time series were studied in this section: McKay-Glass, logistic and Eno. The proposed method was combined with genetic algorithms to improve the forecasting results. It was shown that the new forecasting method improved with GA demonstrates outstanding results. Comparison of the results of the proposed method with the results reported in the literature substantiates the effectiveness of the proposed method. In chapter four, the author examibes two hybrid models based on time series models. The first model is a continuous and nonlinear analogue of the classical linear ARMA model, while the second model is a generalisation of the classical LSTM neural network with an arbitrary finite backwardation.

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:

- Kushnir, M., Tokarieva, K. A Generalization of the Arima Model to the Nonlinear and Continuous Cases. Cybernetics and Systems Analysis. 2023. Vol. 59. Iss. 6. P. 900–909 (Scopus), (Q3 –

https://link.springer.com/article/10.1007/s10559-023-00625-8)

- Кушнір М.Я., Токарєва К.А. Використання Систем Штучного Інтелекту У Задачах Прогнозування Фінансових Індексів: Огляд Наукових Джерел / Artificial Intelligence Systems In The Financial Market Predictions: Literature Review. Radioelectronic and Computer Systems. 2020. Is. 3(95). С. 108-117 (Scopus), (URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85101514809&origin=resultslist)
- Кушнір М.Я., Токарєва К.А. Одне узагальнення ARIMA-моделі на нелінійний та неперервний випадки / A Generalization of the Arima Model to the Nonlinear and Continuous Cases. Cybernetics and Systems Analysis. 2023. Vol. 59. Iss. 6. P. 900 – 909. (Scopus), (Q3 - URL: https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=12933&tip=sid&clean=0)
- Кушнір М.Я., Токарєва К.А. Гібридна модель самоорганізаційної карти Кохонена та адаптивної нейро-нечіткої системи виводу у задачах прогнозування цін фондових індексів. Буковинський математичний журнал. 2021. Т. 9. № 2. С. 70–80. (URL: https://doi.org/10.31861/bmj2021.02.05)
- Кушнір, М. Я., Токарєва, К. А. Одне узагальнення LSTM-нейронних мереж. International Scientific Technical Journal "Problems of Control and Informatics". 2023. 68(4). С. 111–118. (URL: https://jais.net.ua/index.php/files/article/view/118)

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0102U006591

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кушнір Микола Ярославович
2. Mykola Y. Kushnir

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, 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. Арсірій Олена Олександрівна

2. Olena Arsirii

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8130-9613

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Норкін Володимир Іванович

2. Volodymyr I. Norkin

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.05.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3255-0405

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Малик Ігор Володимирович

2. Igor V. Malyk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., доцент, 01.05.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1291-9167

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Угрин Дмитро Ілліч
2. Dmytro Uhryn

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4858-4511

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Бігун Ярослав Йосипович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Бігун Ярослав Йосипович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Токарєва Катерина Анатоліївна
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна