

**Рішення спеціалізованої вченої ради ДФ 76.051.048
про присудження ступеня доктора філософії**

Спеціалізована вчена рада Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича ДФ 76.051.048, Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії галузі знань 11 Математика та статистика на підставі прилюдного захисту дисертації «Гібридні та ансамблеві методи та моделі машинного навчання прогнозування фінансових часових рядів» за спеціальністю 113 Прикладна математика «23» травня 2024 року.

Токарева Катерина Анатоліївна, 1983 року народження, громадянка України, освіта вища: закінчила у 2006 році Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» за спеціальністю « Прикладна математика». В даний час є аспіранткою кафедри прикладної математики та інформаційних технологій Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Дисертацію виконано у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича, Міністерство освіти і науки України, м. Чернівці.

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича Кушнір Микола Ярославович.

Здобувач має 12 наукових публікацій за темою дисертації. Основні положення і висновки дисертаційної роботи викладені у 7 наукових працях. Зокрема, 3 з них індексовані у наукометричній базі Scopus, 4 наукові праці – у виданнях, що включені до переліку наукових фахових видань України, 1 наукова праця – додатково відображає наукові результати дисертації, 4 – у матеріалах і тезах доповідей на наукових конференціях, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. 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).

2. Кушнір М.Я., Токарева 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).

3. Кушнір М.Я., Токарева 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).

4. Кушнір М.Я., Токарева 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.

5. Кушнір, М. Я., Токарева, К. А. Одне узагальнення LSTM-нейронних мереж. International Scientific Technical Journal "Problems of Control and Informatics". 2023. 68(4). С. 111–118.

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці:

- **Голова спеціалізованої вченої ради ДФ 76.051.048 Бігун Ярослав Йосипович**, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри прикладної математики та інформаційних технологій факультету математики та інформатики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження до дисертаційного дослідження відсутні.

- **Опонент Арсірій Олена Олександрівна**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем інституту комп'ютерних систем Національного університету «Одеська політехніка». Зауваження:

1. Назва роботи дуже загальна. Варто було б звужити назву до більш конкретних задач;
2. Вступ та опис літератури являється дуже детальним. Варто акцентувати більше уваги на результат дисертаційного дослідження та використовувати більшість джерел в якості порівняння;
3. Автор при перевірці точності прогнозування часових рядів на запропонованих гібридних моделях в другому розділі використовує такі метрики, як MAE, MSE, MAPE, RMSE, а для моделей із налаштуванням параметрів за допомогою ГА в третьому розділі – метрики RMSE та NRMSE. При цьому автор не обґрунтовує вибір метрик та детально не аналізує їх значення. Думаю, що доцільно було б також використати коефіцієнт детермінації R^2 , значення якого є показовим при прогнозуванні часових рядів;
4. В роботі розглянуто декілька основних задач та методів їх вирішення, проте не наведено загального алгоритму використання цих всіх методів разом, тобто не наведено прикладів ансамблевого підходу до прогнозування;
5. Робота містить цілий ряд описок та неточностей.

- **Опонент Норкін Володимир Іванович**, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу математичних методів дослідження операцій № 130 інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. Зауваження:

1. Загальне зауваження. В роботі використовуються терміни «методи штучного інтелекту, глибинного інтелекту, машинного навчання». Треба було б дати якісь визначення для них, або посилання на авторитетів. Чим «методи штучного інтелекту» відрізняються від «методів глибинного інтелекту»?
2. Зауваження до оформлення. В роботі використовується дуже багато аббревіатур, але списку аббревіатур з поясненням їх значення немає. Це суттєво ускладнило читання та розуміння тексту. Недаремно державний стандарт вимагає створення окремого списку скорочень.
3. Зауваження до Розділу I. Багато разів зустрічається комбінація слів «алгоритми штучного інтелекту», але не дано визначення (у розумінні автора), що є «штучний інтелект». Чому не менш пафосне «алгоритми машинного навчання»?
4. Зауваження до викладання матеріалу. В роботі багато числових результатів у вигляді таблиць та графіків, але майже відсутні безпосередні коментарі до них.

5. В Розділі 3 активно використовується мережа Елмана (рекурентна мережа зі зворотним зв'язком). Чому немає посилання на роботу Елмана? Elman, J. L. (1990). Finding structure in time. Cognitive science, 14(2), 179-219.
6. Посилання [154 - 155] зайві.
7. Застереження до Розділу 4, п. 4.2.3. В цьому розділі присутні розривні функції перетворення вихідного сигналу, це може привести до розривних функцій похибки, для яких градієнтні методи мінімізації можуть бути незастосовані.

• **Рецензент Малик Ігор Володимирович**, доктор фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри математичних проблем управління і кібернетики, навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження:

1. У роботі міститься ряд неточностей та описок. Наприклад, в першому розділі використовуються різні позначення одного і того ж математичного об'єкту – рентабельності ($\{R_t[k]\}$, $R_t[k]$, $R_t|k|$); у розділах 2 та 3 помилки моделі позначаються через e_t в четвертому розділі – через ε_t у розділі 4 (таблиця 4.1 та 4.2) використано абревіатуру logLik і не визначено даний показник; у розділах 3 та 4 деякі таблиці мають невірну нумерацію; таблиця 4.2 стосується характеристик тестової вибірки. Для уникнення таких неточностей та описок варто використовувати список абревіатур.
2. Назва роботи є дуже загальною та охоплює дуже велику область застосувань.
3. У кожному із самостійних розділів роботи (розділи 2-4) проведено аналіз деякої конкретної проблеми та наведено алгоритм розв'язання цієї проблеми. Проте автором дисертаційного дослідження не вказано загального підходу, який би сумував всі розв'язані підзадачі дисертаційного дослідження.
4. У розділі 3 варто навести більш чіткий алгоритм виділення хаотичної складової часового ряду, як це зроблено в розділі 2 та розділі 4, та алгоритм врахування даної складової при побудові прогнозу. Це дасть змогу більш чітко зрозуміти позитивні та негативні сторони розробленого дисертанткою алгоритму.

• **Рецензент Угрин Дмитро Ілліч**, доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження:

1. Робота містить окремі неточності в оформленні роботи та зустрічаються деякі граматичні помилки;
2. Частина пункту 2.1 можна було б перенести до першого розділу, оскільки багато уваги було приділено аналізу загально відомого моделі ARIMA.
3. Не повністю розкрито особливості порівняння характеристик «Рис. 2.2 Автокореляційна функція (ACF) та частинна автокореляційна функція (PACF)»
4. Результати побудови ARIMA-моделі, що наведено в Табл. 2.1, Табл. 2.2. Оцінка прогнозу моделлю ARIMA та гібридною моделлю, Табл. 2.3. Оцінка прогнозу за гібридною моделлю ARIMA та рекурентної нейронної мережі є незрозумілими і потребують доопрацювання.
5. В дисертації двічі повторюється один рисунок під різними номерами і назвами: Рис. 2.3. Тестові та прогнози значення оцінені з допомогою ARIMA (зверху) та гібридної моделі (знизу) та Рис. 2.6. Тестові та прогнози значення оцінені з допомогою гібридної моделі.

6. У дослідженні теоретично доведено, але практично на тестах не продемонстровано, що часові ряди із явною періодичною залежністю погано оцінюються за допомогою класичної LSTM нейронної мережі, проте дана проблема вирішується на основі узагальненої моделі.

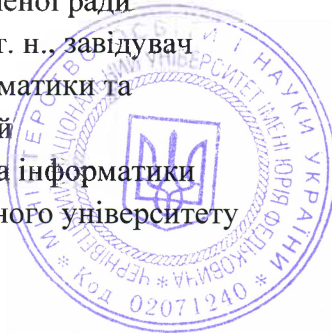
7. У роботі варто було б приділити більше уваги реальним прикладним задачам.

Результати голосування:

«За» 5 членів ради,
«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів голосування спеціалізована вчена рада ДФ 76.051.048 присуджує Токаревій Катерині Анатоліївній ступінь доктора філософії з галузі знань 11 Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Голова спеціалізованої вченої ради
ДФ 76.051.048, д. фіз.-мат. н., завідувач
кафедри прикладної математики та
інформаційних технологій
факультету математики та інформатики
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича



Ярослав БІГУН