

Рецензія

рецензента, доктора фізико-математичних наук, доцента,
професора кафедри математичних проблем управління і кібернетики
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Малика Ігоря Володимировича

на дисертацію Токаревої Катерини Анатоліївни на тему «Гібридні та
ансамблеві методи та моделі машинного навчання

прогнозування фінансових часових»,

яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 113 – «Прикладна математика»

в галузі знань 11 – «Математика та статистика»

Актуальність теми.

Дослідження часових рядів є одним із основних напрямків дослідження з точки зору практичного застосування, а саме побудови прогнозів та покращення точності прогнозів. Найбільше застосувань теорія часових рядів знайшла саме у фінансовій математиці та при аналізі фінансових активів, оскільки дані щодо основних фінансових активів збираються саме у вигляді часових рядів. Проте, як було помічено багатьма авторами, припущення класичних моделей часових рядів часто протирічать реальним даним, що вимагає пом'якшення відповідних припущень. Одним із напрямків розгляду таких пом'якшень являється використання гібридних моделей, в яких деяка властивість частини часового ряду (наприклад залишків), замінюються іншою моделлю часового ряду або більш складнішого процесу. До найпростіших гібридних моделей можна віднести ARCH, GARCH моделі та їх модифікації.

В останні роки все більшого поширення набувають моделі машинного та глибинного навчання, які включають в себе нейронні мережі. Дисертантка застосувала симбіоз моделей машинного навчання та часових рядів для покращення прогностичної здатності класичних моделей часових рядів. Також в третьому розділі дисертаційного дослідження була звернута увага на

наявність детермінованого хаосу в часових рядах та досліджено ряд підходів для врахування хаотичних складових часових рядів.

Підсумовуючи все вищесказане, можна констатувати, що дисертаційне дослідження Токаревої Катерини Анатоліївни є своєчасним та актуальним.

Основні наукові результати роботи. Основу досліджень дисертаційної роботи Токаревої Катерини складають розробка та обґрунтування гібридних методів дослідження фінансових часових рядів із застосуванням як класичних методів часових рядів, так і новітніх моделей машинного навчання та глибинного навчання.

Даний підхід дозволив більш якісно описувати динаміку реальних часових рядів, в яких більшість припущень в класичних моделях часових рядів не виконуються. Гібридні системи побудовані на принципах розділення основного часового ряду, що описує динаміку певного фінансового активу, на безпосередньо динаміку самого активу та модель що описує динаміку залишків часового ряду. Дана ідея близька до ідей реалізованих в ARCH моделі та її модифікаціях, проте для дослідження динаміки залишків використано моделі машинного та глибинного навчання.

Важливою частиною роботи є застосування розроблених методів для аналізу реальних активів, включаючи вартості акцій, вартості криптовалют та обмінні курси. Результати моделювання показують практичну цінність розроблених гібридних моделей, оскільки у більшості випадків точність наближення гібридних моделей є значно вищою ніж у класичних моделях часових рядів або нейронних мереж.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та новизна.

Дослідження, виконані автором в даній дисертаційній роботі, спрямовані на постановку та розв'язання важливих нових наукових та прикладних задач в теорії часових рядів та теорії штучного інтелекту в цілому та методів машинного навчання зокрема. Ідеї та підходи, що лежать в основі досліджень, є конструктивними, а розроблена в роботі загальна методика конструювання гібридних моделей має значний прикладний потенціал.

Усі одержані результати є достовірними, що забезпечується узгодженістю з відомими раніше результатами, точністю і чіткістю формулювань тверджень та їх строгим доведенням, достатньою кількістю друкованих праць за темою дисертації та порівняльним аналізом із уже відомими моделями.

Повнота викладу в опублікованих працях.

Результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені в публікаціях автора та апробовані на наукових конференціях та семінарах.

Дисертація Токаревої К.А. відповідає вимогам за кількістю публікацій (5 праць) за темою дисертації у фахових виданнях, а також вимогам до об'єму та оформлення дисертаційних робіт.

Зауваження та побажання.

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 аббревіатуру $\log\text{Lik}$ 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 аббревіатур.
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.

Зазначу, що зроблені зауваження та побажання не впливають на загальну позитивну оцінку роботи в контексті розглянутих актуальних питань аналізу часових рядів.

Висновок

Дисертаційна робота Токаревої Катерини Анатоліївни «Гібридні та ансамблеві методи та моделі машинного навчання прогнозування фінансових часових» є завершеним науковим дослідженням, яке за актуальністю, науково-теоретичним рівнем одержаних в ній результатів та їх практичною цінністю відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 (із змінами внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21 березня 2022 р. та № 502 від 19 травня 2023 р.), а її автор Токарева Катерина Анатоліївна заслуговує на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика» в галузі знань 11 – «Математика та статистика».

Рецензент, доктор фізико-математичних наук, доцент
професор кафедри математичних проблем управління і кібернетики
Чернівецького національного університету

імені Юрія Федьковича

Ігор МАЛІК

