

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

БОРИСЕНКО ВЛАДИСЛАВ ДМИТРОВИЧ

УДК 004.89

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОДІЙ В
БАГАТОКРИТЕРІЙНИХ ЗАДАЧАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

122 – Комп'ютерні науки

Автореферат
магістерської наукової роботи на здобуття освітньої кваліфікації
«Магістр комп'ютерних наук»

Миколаїв – 2020

Магістерська наукова робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем

Науковий керівник: д.т.н., професор, завідувач кафедри
інтелектуальних інформаційних систем
Кондратенко Юрій Пантелійович

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри
інтелектуальних інформаційних систем
Калініна Ірина Олександрівна

Захист відбудеться «24» лютого 2020 р. о 9³⁰ год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-403) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З магістерською науковою роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений «___» лютого 2020 р.

Секретар
екзаменаційної комісії,
к.пед.н., доцент

Н. М. Болубаш

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Аналіз поведінки курсу акцій характеризується неоднозначною поведінкою процесу, на який зазвичай впливають багато факторів (тренд, сезонність, геополітична ситуація тощо). Прогнозування – це ключовий момент при прийнятті інвестиційних рішень. Можливість передбачити поведінку курсу акцій для прийняття кінцевих рішень дозволяє зробити найкращий вибір, який в іншому випадку міг бути невдалим.

Ціна акцій постійно коливається, і в певний момент така ціна може впасти нижче ціни, за якою вона була придбана. Саме тому передбачення того, як буде себе поводити фінансовий ринок, є одним з найважчих завдань в економіці. У прогнозуванні потрібно врахувати багато факторів – психологічні, фізичні, математичні, раціональні та ірраціональні поведінки тощо. Всі перераховані аспекти приводять до підсумку, що ціни на акції є дуже нестабільними, і через це їх важко передбачити з високим ступенем точності. Проте така задача є *актуальною* для всього світу та для міжнародного ринку світової економіки, оскільки можливість точного прогнозування ціни акцій тісно пов'язана з отриманням фінансового капіталу компаній, уряду або особистого прибутку, та формуванням найбільш раціональної фінансової поведінки. Вірне розуміння та дослідження процесів, що відбуваються на фондових ринках, мають великий вплив і на економіку сучасної України.

Метою магістерської наукової роботи є прогнозування подій в багатокритерійних задачах прийняття рішень, зокрема, курсу цінних паперів на фондовому ринку з використанням інтелектуальних та математичних методів аналізу даних, а саме: штучних нейронних мереж, технологій глибокого навчання та часових рядів.

Об'єктом дослідження є прогнозування подій в задачах прийняття рішень.

Предметом дослідження є методи прогнозування курсу цінних паперів на фондовому ринку.

Теоретична значимість роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для створення статистики та подальшого аналізу даних задля прогнозування курсу акцій на фондових ринках.

Практична значимість роботи полягає у можливості використання розробленого програмного застосунку для прогнозування курсу акцій на різних фондових біржах.

Результати даної магістерської наукової роботи було опубліковано:

1. Борисенко В.Д., Кондратенко Ю.П. Інтелектуальні методи прогнозування подій в багатокритерійних задачах прийняття рішень. Могілянські читання – 2019: тези доповідей: Комп'ютерні науки. Технічні науки, Миколаїв: ЧНУ, 11-16 листопада, 2019. – С. 9-11.

2. Борисенко В.Д., Кондратенко Ю.П. Дослідження методів прогнозування подій у СППР. Інтелектуальні інформаційні системи – 2020: тези доповідей, Миколаїв: ЧНУ, 28-31 січня, 2020. – С. 29-31.

Магістерська наукова робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 127 сторінок, 42 рисунки, 12 таблиць та 23 посилання на літературні джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі магістерської наукової роботи обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено предмет та об'єкт дослідження.

Аналіз поведінки курсу акцій характеризується неоднозначною поведінкою процесу, на який зазвичай впливають багато факторів (тренд, сезонність, геополітична ситуація тощо). Прогнозування – це ключовий момент при прийнятті інвестиційних рішень. Можливість передбачити поведінку курсу акцій для прийняття кінцевих рішень дозволяє зробити найкращий вибір, який в іншому випадку міг бути невдалим.

Варто відмітити, що не всі інвестори успішно отримують прибуток від персональних інвестицій. Це відбувається тому, що вартість акцій постійно коливається, і в певний момент така ціна може впасти нижче ціни, за якою вона була придбана. Саме тому передбачення того, як буде себе поводити фінансовий ринок, є одним з найважчих завдань в економіці. У прогнозуванні потрібно врахувати багато факторів – психологічні, фізичні, математичні, раціональні та ірраціональні поведінки тощо. Всі перераховані аспекти приводять до підсумку, що ціни на акції є дуже нестабільними, і через це їх важко передбачити з високим ступенем точності. Проте така задача є актуальною для всього світу та для міжнародного ринку світової економіки, оскільки можливість точного прогнозування ціни акцій тісно пов'язана з отриманням фінансового капіталу компаній, уряду або особистого прибутку, та формуванням найбільш раціональної фінансової поведінки.

Точне прогнозування вартості цінних паперів на біржі також дозволить зменшити ступінь інвестиційного ризику та захистити інвестиційні прибутки від нестійкості ринку.

У першому розділі аналізується сучасний стан задачі прогнозування подій в багатокритерійних задачах прийняття рішень, досліджуються існуючі підходи до передбачення вартості акцій.

Фондова біржа (далі - ФБ) – це організований ринок, де власники цінних паперів здійснюють через членів ФБ, які виступають посередниками, угоди купівлі-продажу. Ціни на дані цінні папери визначаються пропозицією та попитом на них, а сам процес купівлі-продажу регламентований правилами та нормами [1].

Отже, фондові біржі – це спеціальні заклади, які створюють умови для постійно діючої торгівлі цінними паперами через об'єднання пропозиції та попиту на них, надання засобів, системи і місця проведення як для первинного розміщення, так і для вторинного їх обігу. Вони працюють за єдиними правилами та за єдиною системою електронного обігу цінних паперів, сформованими Національною фондовою біржою. Членом фондової біржі має право стати будь-який посередник на фінансовому ринку, який дотримується і виконує вимоги, що встановлені статусом і правилами такого ринку.

Існують три різних підходи для дослідження та прогнозування ціни акції на біржі: **технічний, технологічний та фундаментальний аналізи**. В даній роботі було використано поєднання перших двох підходів.

Технологічний аналіз почав своє існування в епоху застосування електронної техніки у економіці та інших сферах діяльності. Успіх його застосування у вирішенні багатокритерійних завдань багато в чому базуються на можливостях інтелектуальних інформаційних технологій. Результатом технологічних досліджень є, як правило, вибір конкретної альтернативи. Саме тому витoki даного аналізу, а також його методичні постулати лежать в тих дисциплінах, які займаються проблемами прийняття рішень: теорії операцій і загальної теорії управління.

Технічний аналіз, у свою чергу, це виявлення динаміки головних показників ринку за допомогою спеціальних графічних методів задля прогнозування майбутніх напрямків їх руху. Технічний аналіз використовує значну кількість гравців біржових та позабіржових фінансових ринків. Провідний біржовий трейдер О. Елдер наголошує: «Технічний аналіз споріднений з опитуванням громадської думки. Це поєднання мистецтва і науки. Наукова частина полягає у використанні математичних методів і комп'ютерів; творча частина – у тлумаченні отриманих результатів».

Технологічний аналіз включає здатність до аналізу, прогнозування, проектування прийняття рішень в складних системах різної природи, в основі яких лежать часові ряди.

Часовий ряд можна представити за допомогою чотирьох компонентів: **тренд, сезонні коливання, циклічні зміни та нерегулярні фактори**. Класичний підхід до побудови моделі часового ряду полягає у розкладі його на декілька компонент, кожна з яких аналізується специфічними для неї методами:

$$y_t = tr_t + s_t + c_t + r_t. \quad (1.1)$$

У **другому** та **третьому** розділах розглянуто ряд математичних моделей, за допомогою яких будують прогнози, а також низка методів інтелектуального аналізу даних з використанням згорткових і рекурентних нейронних мереж та технологій глибокого навчання.

Беручи до уваги той факт, що нам необхідно зробити прогноз на основі статистичних фінансових даних, які збирались із певним незмінним інтервалом, то ми маємо справу із часовими рядами.

Саме тому, в другому розділі будуть ретельно розглянуті моделі часових рядів та обрані ті з них, які відповідають поставленим завданням. Найбільш популярними математичними моделями прогнозування часових рядів є моделі авторегресії, авторегресії з ковзним середнім та похідні від цих моделей. Зосередимо увагу саме на них.

Після вибору методів, що будуть застосовані для розв'язання поставленої задачі, потрібно безпосередньо зосередитися на прогнозуванні обраних характеристик. Побудова необхідних моделей буде здійснюватися через їх поступове ускладнення, тобто будемо удосконалювати модель, починаючи з найпростішої.

В магістерській науковій роботі всі моделі та методи порівнюються за допомогою метрик *MAE* та *MSE*.

Перша вимірює середню абсолютну величину помилок у наборі прогнозів для безперервних змінних. Припустимо, що y_t – прогноз значення часового ряду у періоді t , тоді метрика задається формулою:

$$MAE = \sum_t |y_t - \hat{y}_t|.$$

MAE є лінійною оцінкою, що означає, що всі індивідуальні відмінності зважуються однаково в середньому.

MSE є різницею між прогнозом і відповідними спостережуваними значеннями у квадраті на кожній із ітерацій. Оскільки значення підносяться до квадрату перед тим, як вони усереднюються, *MSE* надає відносно високу вагу великим похибкам. Це означає, що *MSE* є найбільш корисною метрикою при умові, що великі похибки особливо небажані.

Припустимо, що \hat{y}_t – прогноз значення часового ряду у періоді t , тоді метрика задається формулою:

$$MSE = \sum_t (y_t - \hat{y}_t)^2.$$

Обидві метрики, *MSE* та *MAE*, набувають значень від 0 до ∞ , і не враховують напрямок помилок. Таким чином, меншим є показник – точнішим є прогноз.

Згладжування – це дуже вагомий і широко розповсюджений метод прогнозування фінансових ринків. Методи згладжування використовуються для зменшення впливу випадкового компонента (випадкових коливань) у часових рядах. Вони дають можливість отримувати більш «чисті» значення, які складаються лише з детермінованих компонентів. Одні з методів направлені на виділення деяких компонентів, наприклад, тренду.

Другий розділ представить 5 методів згладжування, які зазвичай зустрічаються при прогнозуванні фінансових даних:

1. Просте ковзне середнє.
2. Зважене ковзне середнє.
3. Експоненційне ковзне середнє.
4. Подвійне експоненціальне ковзне середнє.
5. Потрійне експоненціальне ковзне середнє.

Основне припущення цих методів полягає у тому, що коливання минулих значень являють собою випадкові відхилення від деякої плавної кривої, яка може бути екстрапольована для створення прогнозу.

Модель авторегресії є ефективним знаряддям для розуміння і прогнозування майбутніх значень часових рядів, яка містить в собі регресування змінної по значеннях ряду у минулому. Вагомість моделей ARMA полягає в їх гнучкості, а також у важливій здатності описувати майже всі винятковості стаціонарних часових рядів. Авторегресивні частини цих моделей виявляють, як послідовні спостереження в часі впливають один на одного, тоді як частини ковзних середніх, у свою чергу, захоплюють деякі можливі непередбачувані струси («потрясіння»), що дозволяє моделювати та аналізувати різні явища, які можна помічати в багатьох областях від біології до фінансів.

Головна ідея методів авторегресії полягає в тому, що майбутні значення часового ряду не можуть відхилитися в більшу або меншу сторону від попередніх значень часового ряду, якими б причинами не були викликані ці відхилення. У тимчасових рядах економічних показників існує зв'язок між нещодавно реалізованими значеннями і значенням, що реалізується в близькому майбутньому. Сенса цього зв'язку наступним – при умові, що між близькими значеннями часового ряду існує кореляція, можна побудувати прогноз показника.

У магістерській науковій роботі були представлені такі моделі авторегресії, як: проста модель авторегресії AR (AR - Autoregression), модель авторегресії – ковзного середнього (ARMA - Autoregressive moving average) та модель авторегресії – інтегрованого ковзного середнього (ARIMA - Autoregressive integrated moving average).

Третій розділ доводить, що штучні нейронні мережі (Artificial Neural Networks - ANN) мають значну перевагу в прогнозуванні часових рядів, оскільки наділені потенціалом для вирішення складних проблем прогнозування.

Вихідне значення нейронної мережі математично задається так:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j g(\beta_{0j} + \sum_{i=1}^p \beta_{ji} y_{t-i}) + \varepsilon_t, \quad \forall t,$$

де p – кількість вхідних змінних,
 q – кількість прихованих вузлів,
 α_j та β_{ij} – вагові коефіцієнти,
 ε_t – випадковий шум.

В якості функції g експертами використовуються наступні функції:

1. Сигмоїдна функція.

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}.$$

В деякій літературі така функція зветься логістичною. Ця нелінійна функція є однією з найпоширеніших функцій активацій для технологій глибинного навчання.

2. Гіперболічний тангенс.

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

Ця функція дає кращий результат у порівнянні з сигмоїдною функцією для багат шарових нейронних мереж. Однак проблема зникаючого градієнта не вирішується. Головною перевагою, яку надає функція, виступає те, що вона центрована відносно нуля, а це значно допомагає в процесі зворотного поширення помилки.

3. Softmax функція.

$$f(x) = \frac{e^{x_i}}{\sum_j e^{x_j}}$$

Функція Softmax є ще одним видом функції активації, що використовується в нейронних процесах та обчисленнях. Вона використовується для обрахування ймовірності розподілу вектора дійсних чисел, та набуває значення у діапазоні від 0 до 1.

4. ReLU функція;

$$f(x) = \max(0, x)$$

Ця функція вважається найуспішнішою і широко використовуваною передавальною функцією. ReLU показує кращу продуктивність в глибокому навчанні порівняно з сігмоїдою та гіперболічним тангенсом. ReLU виступає лінійною функцією і тому містить усі властивості, притаманні лінійним моделям, які роблять їх легко оптимізованими методами градієнтного спуску. Кардинальна перевага використання ReLU в обчисленні полягає в тому, що функція не потребує обчислення експоненти або процедури ділення, отже гарантує більш швидке виконання.

ШНМ активно застосовувалися і продовжують застосовуватися на фінансових ринках; одним з основних переваг ШНМ, що роблять їх такими популярними в якості провісників ринку є їх природна нелінійність, що дозволяє їм вивчати нелінійні відображення і кореляцію даних. ШНМ також працюють на даних, можуть бути навчені в реальному часі; вони високо адаптивні, легко перенавчаються в разі коливань ринку і, нарешті, добре справляються з даними, які містять певну кількість помилок. Апарат ШНМ має на увазі мінімальну участь аналітика в формуванні моделі, так як здатність до навчання характерна для всіх нейромережових моделей, а алгоритми навчання адаптують (підлаштовують) вагові коефіцієнти відповідно до структури даних, представлених для навчання.

Безпосереднє навчання відбувається через мінімізацію функції похибки при реалізації методу зворотного поширення помилки. Цільовою функцією в даному випадку виступає середньоквадратична функція помилки (функція втрат / вартість). Ми повинні знайти оптимізаційні значення ваг нейронної мережі, щоб мінімізувати цільову функцію.

До найбільш поширених методів оптимізації відносяться такі методи:

1. Метод градієнтного спуску.

$$x_{t+1} = x_t - \alpha \cdot f'(x_t)$$

Згідно з методом, задля мінімізації функції виконуються кроки, пропорційні протилежному значенню градієнта. Швидкість спуску α є параметром цього методу. При великому значенні α буде можливо робити більші кроки задля знаходження

мінімуму, але існує ризик перескочити найнижчу точку. Навпаки, при дуже низькій швидкості навчання алгоритм буде впевнено рухатися в сторону негативного градієнта, але реалізація в такому випадку займатиме багато часу.

2. Метод стохастичного градієнтного спуску.

Являє собою тип градієнтного спуску, що здатен обробляти 1 елемент для навчання на кожній ітерації. Отже, параметри оновлюються навіть після однієї ітерації, в якій оброблено лише одне значення змінної. Це дає нам змогу оптимізувати цільову функцію набагато швидше, ніж звичайний градієнтний спуск. Проте, якщо кількість даних для навчання дуже велика, число ітерацій буде відповідно досить великим.

3. Метод градієнтного спуску міні-серіями.

Даний тип спуску з градієнтом працює швидше, ніж серійний та стохастичний градієнтні спуски. Нехай існує n кількість вхідних даних, тоді за одну ітерацію такого методу буде оброблятися $b < n$ елементів. Отже, навіть при умові, що кількість навчальних даних велика, вона обробляється в менших групах тренувань на один раз. Таким чином, метод є доцільним для великої кількості даних для навчання, оптимізуючи цільову функцію з меншою кількістю ітерацій.

4. Градієнтний спуск з моментом.

Градієнтний спуск з моментом – це специфічний метод, який допомагає прискорити спуск у відповідному спрямуванні і гасить коливання, наближаючись до локального мінімуму. Це реалізується за допомогою додавання до вектора поточного оновлення частки вектора оновлення з попереднього кроку:

$$v_t = \gamma v_{t-1} + (1 - \beta) \cdot dW(x_t)$$

$$W = W - \alpha v_t,$$

де v і dW аналогічні прискоренням і швидкості,

α є швидкістю навчання,

β зазвичай зберігається при 0,9.

5. Метод Адама (Adaptive Moment Estimation).

Оптимізатор Адама є одним з найбільш популярних алгоритмів оптимізації спуску градієнтів, оскільки є ефективним з точки зору обчислень і має дуже малі вимоги до пам'яті. Даний метод обчислює індивідуальну адаптивну швидкість навчання для кожного параметра з оцінок першого і другого моментів градієнтів.

$$m_t = \beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t$$

$$v_t = \beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t^2,$$

де m_t та v_t - оцінки першого та другого моменту відповідно.

Параметри оновлюються за наступним законом:

$$\hat{m}_t = \frac{m_t}{1 - \beta_1^t}$$

$$\hat{v}_t = \frac{v_t}{1 - \beta_2^t}$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \alpha \frac{m_t}{\sqrt{v_t + \epsilon}}.$$

При моделюванні ізольованих ЧР за допомогою ШНМ-моделей допускається трансформація вихідних даних для збільшення кількості вхідних нейронів і, відповідно, збільшення прогностичної здатності. Моделювання ЧР з використанням апарату ШНМ полягає в формуванні ШНМ певної структури, яка описує поведінку досліджуваної системи в моменти часу, а прогнозування полягає в передбаченні майбутнього поведінки системи за передісторії. Для навчання таких ШНМ зміна вагових коефіцієнтів відбувається на підставі зміни фактичної похибки прогнозування на ітераціях.

В даному розділі було розглянуто основні аспекти нейронних мереж, а саме: багат шарового перцептрон Румельхарта, рекурентних та згорткових нейронних мереж. Суттєвим є правильність обраних вхідних даних. В магістерській науковій роботі в якості вхідних даних використовувались лише значення ціни акції в минулому.

Четвертий розділ описує архітектуру розробленої програми та остаточні порівняльні результати роботи всіх моделей.

Порівняно з класичними математичними методами, ця робота дала змогу підтвердити перспективність та доцільність використання штучних нейронних мереж для подальшого дослідження їх застосування на фінансових ринках.

У порівнянні з класичними (математичними) методами, четвертий розділ підтверджує перспективність та доречність використання штучних нейронних мереж для подальшого їх дослідження та застосування на фінансових ринках.

Підводячи підсумки даного розділу, результати виконання класичних алгоритмів та алгоритмів машинного навчання згруповані і наведені у порівняльній таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняльна таблиця реалізованих методів

Моделі	Переваги	Недоліки
Згладжування	Здатність обробляти тенденції змінних рівнів і компоненти сезонності	Вразливість до екстремальних значень
Авторегресія	Легкість у автоматизуванні	Обмеженість у припущеннях
Штучні нейронні мережі - ANN	Можливість обробки складних нелінійних шаблонів. Висока точність прогнозу	Потребують великої кількості даних

В спеціальному розділі до магістерської наукової роботи розглянуті основні положення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві.

В методичному розділі розроблено практичну роботу на тему «Прогнозування фондового ринку на Python з допомогою Stocker».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Для інвесторів управління та розпорядження капіталом набуває все більш важливого значення сьогодні. Професійні інвестиційні експерти, як і індивідуальні трейдери, прагнуть володіти найефективнішими інструментами для розуміння тенденцій фінансового ринку, мінімізувати інвестиційні ризики і збільшити їх прибуток. Не зважаючи на те, що дуже непросто прогнозувати ціни на акції, у реальному бізнес-світі трейдери успішно оперують тисячами транзакцій щороку, які навряд чи можна вважати суто випадковими чи спекулятивними.

Початково, задля фінансових операцій на фондових біржах експерти розробляли методи для прогнозування вартості активів у майбутньому. Сьогодні, з розвитком обчислювальних інформаційних технологій та штучного інтелекту, точність методів щоденно зростає.

У результаті даного дослідження було:

- проаналізовано сучасний стан задачі прогнозування подій в багатокритерійних задачах прийняття рішень; ознайомлено з основними поняттями фондової біржі та підходами для дослідження і прогнозування ціни акції на ній;
- розглянуто існуючі математичні моделі і методи для опису динаміки часових рядів в економіці та фінансах, зокрема, авторегресії ARMA, ARIMA, експоненційного згладжування;
- реалізовано методи інтелектуального аналізу даних з використанням адитивних моделей, згорткових та рекурентних нейронних мереж та глибинного навчання для поставленої задачі прогнозування;
- розроблено програмне забезпечення для прогнозування курсу акцій з використанням визначених методів та підходів; виконано порівняльний аналіз результатів.

АНОТАЦІЯ

Борисенко Владислав Дмитрович. Інтелектуальні методи прогнозування подій в багатокритерійних задачах прийняття рішень. – На правах рукопису.

Аналіз поведінки курсу акцій характеризується неоднозначною поведінкою процесу, на який зазвичай впливають безліч факторів (тренд, сезонність, геополітична ситуація тощо). Прогнозування – це ключовий момент при прийнятті інвестиційних рішень. Можливість передбачити поведінку курсу акцій для прийняття кінцевих рішень дозволяє зробити найкращий вибір, який в іншому випадку міг бути невдалим.

Ціна акцій постійно коливається, і в будь-який момент така ціна може впасти нижче ціни, за якою вона була придбана. Тому передбачення того, як буде поводитись фінансовий ринок, є одним з найважчих завдань в економіці. У передбаченні варто врахувати багато факторів – фізичні, психологічні, раціональні та ірраціональні поведінки тощо. Всі ці аспекти приводять до висновку, що ціни на акції є дуже нестійкими, і їх дуже важко передбачити з високим ступенем точності. Проте ця задача є актуальною для всього світу та для всієї міжнародної економіки, оскільки можливість точного передбачення вартості акцій тісно пов'язано з отриманням фінансового прибутку компаній, уряду або особистого капіталу, та формуванням більш раціональної фінансової поведінки. Вірне розуміння та дослідження процесів, що відбуваються на фондових ринках, мають великий вплив і для економіки сучасної України.

Метою магістерської наукової роботи є прогнозування подій в багатокритерійних задачах прийняття рішень, зокрема, курсу цінних паперів на фондовому ринку з використанням інтелектуальних та математичних методів аналізу даних, а саме: штучних нейронних мереж, технологій глибинного навчання та часових рядів.

Об'єктом дослідження є прогнозування подій в задачах прийняття рішень.

Предметом дослідження є методи прогнозування курсу цінних паперів на фондовому ринку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд завдань:

Аналіз сучасного стану задачі прогнозування подій в багатокритерійних задачах прийняття рішень. Поняття фондової біржі та підходи для дослідження і прогнозування ціни акції на ній.

Огляд існуючих математичних моделей і методів для опису динаміки часових рядів в економіці та фінансах, зокрема, авторегресії ARMA, ARIMA, експоненційного згладжування. Збір статистичних даних.

Реалізація методів інтелектуального аналізу даних з використанням адитивних моделей, згорткових та рекурентних нейронних мереж та глибинного навчання для поставленої задачі прогнозування.

Розробка програмного забезпечення для прогнозування курсу акцій з використанням визначених методів та підходів. Порівняльний аналіз результатів.

Фахова частина магістерської наукової роботи складається з чотирьох розділів.

У першому розділі аналізується сучасний стан задачі прогнозування подій в багатокритерійних задачах прийняття рішень, досліджуються існуючі підходи до передбачення вартості акцій.

У другому та третьому розділах розглянуто ряд математичних моделей, за допомогою яких будують прогнози, а також низка методів інтелектуального аналізу даних з використанням згорткових і рекурентних нейронних мереж та технологій глибинного навчання.

Четвертий розділ описує архітектуру розробленої програми та остаточні порівняльні результати роботи всіх моделей.

В спеціальному розділі до магістерської наукової роботи розглянуті основні положення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві.

В методичному розділі розроблено практичну роботу на тему «Прогнозування фондового ринку на Python з допомогою Stocker».

Загальна кількість сторінок – __ , рисунків – __ та таблиць – __.

Ключові слова: *часовий ряд, авторегресія, згладжування, штучні нейронні мережі, згорткові нейронні мережі, рекурентні нейронні мережі, прийняття рішень, багатокритеріальний підхід, фондова біржа, ціна акцій.*

ABSTRACT

Borysenko Vladyslav. INTELLECTUAL FORECASTING METHODS IN MULTI-CRITERIA TASKS FOR DECISION-MAKING. – On the rights of the manuscript.

Master's scientific work for obtaining an educational qualification "Master of Computer Science". – Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, 2020.

The analysis of the stock price behavior is characterized by ambiguous behavior of a process that is usually influenced by many factors such as trend, seasonality, geopolitical situation, etc. Forecasting is a key moment in making investment decisions. Ability to predict the behavior of the stock market for decision-making is the best choice that could otherwise be unsuccessful.

The stock price fluctuates constantly and at any time such price can fall below the price after which it was purchased. Therefore, predicting how the financial market will behave is one of the most difficult tasks in economy. There are many factors to consider in predicting such as physical, psychological, rational and irrational behavior, etc. All these aspects lead to the conclusion that stock prices are very volatile and it's very difficult to predict with a high degree of accuracy. However, this task is imperative for the world and for the entire international economy as opportunity to predict accurately stock price is closely linked to get financial profit of companies, government or personal assets, and formation of the more rational financial behavior. Correct understanding and research into the processes occurring in the stock markets have great impact on the economy of modern Ukraine.

The purpose of a master's thesis is to predict events in multicriteria decision-making tasks, in particular, securities in the stock market using intellectual and mathematical methods of data analysis, specifically: artificial neural networks, deep learning technologies and time series

The object of the study is the prediction of events in decision-making tasks.

The subject of the study are methods of prognostication the stock market value.

To achieve this goal it is necessary to solve a number of problems:

Analysis of the current state of the event prediction in multi-criteria decision-making problems. The concept of the stock exchange and approaches for research making and forecasting of stock prices.

Review of existing mathematical models and methods for describing dynamics of time series in economics and finance, including auto-regression, ARMA, ARIMA, exponential smoothing. Collection of statistics.

Implementation of data mining methods using additive models, convolutional and recurrent neural networks; and deep learning for the prediction task.

Development of software for stock price forecasting using certain methods and approaches. Comparative analysis results.

The professional part of the master's scientific work consists of four sections.

The first section analyzes the current state of the forecasting events in multi-criteria decision-making problems, the existing approaches are investigated for forecasting stock prices.

The second and third sections discuss a number of mathematical models, with the help of which forecasts are made, as well as a number of data mining methods using convolutional and recurrent neural networks and deep learning technologies.

The fourth section describes the architecture of the developed programs and final comparative results of the models.

In the special section to the master's scientific work basic occupational safety and health provisions are considered at the enterprise.

In the methodical section practical work on a theme "Stock Market Prediction on Python Using Stocker" has been developed.

The total number of pages - 87, figures - 25 and tables - 34.

Keywords: *time series, autoregression, smoothing, artificial neural networks, convolutional neural networks, recurrent neural networks, decision-making, multicriteria approach, stock exchange, stock price.*