

ОТЗЫВ

Официального оппонента д.т.н. И.М. Гостева

на диссертационную работу Макарова Ивана Сергеевича на тему

“Разработка методов прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах финансовых рынков на основе моделей машинного обучения с подкреплением”,

представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

1.2.1 - “Искусственный интеллект и машинное обучение”.

Актуальность темы автоматизации торговли связана с её растущей популярностью среди компаний и частных лиц, поскольку она снижает затраты на ручной труд и повышает эффективность. Особенно важна автоматизация для крупных компаний, где экономия времени и средств становится критичной. С ростом числа транзакций и объема данных, обработка которых вручную затруднена, требуется разработка алгоритмов и моделей, способных быстро анализировать большие массивы информации. Машинное обучение позволяет решать эти задачи, обеспечивая точность и обоснованность решений, что крайне важно в финансовой сфере. Современные модели работают с разными видами данных, включая тексты и временные ряды, что открывает возможности для комплексного анализа рынков. Объединение таких моделей в единый торговый модуль помогает точнее предсказывать рыночные изменения, учитывая множество различных факторов.

Научная новизна заключается в предложенном новом подходе, основанном на использовании комбинированного многомерного временного ряда, включающего первичные и вторичные признаки, такие как уровни поддержки и сопротивления, индикаторы и осцилляторы. Создана среда для обучения с подкреплением, где наградой служит доходность модели на тестовых данных. Разработана архитектура модели на базе нейронной сети DQN для прогнозирования точек разворота. Комбинированная модель объединяет жесткую алгоритмическую стратегию и модель машинного обучения с фильтрацией сигналов. Обученные модели интегрированы в систему автоматизированной торговли, показывая лучшие результаты по сравнению с альтернативными методами.

Достоверность результатов подтверждена экспериментальной проверкой на реальных данных, в том числе сторонними организациями, а также публикациями и докладами в рецензируемых научных изданиях и конференциях по машинному обучению.

Теоретическая значимость работы заключается в оригинальном решении задачи прогнозирования точек разворота на временных рядах за счет использования дополнительных аperiодических вторичных признаков, и предложенном двухэтапном методе оптимизации гибридной стратегии, которая основана на классической алгоритмической стратегии, сигналы которой фильтруются посредством модели машинного обучения на архитектуре DQN (Deep Q-Network).

Практическая ценность обусловлена реализацией активной среднесрочной инвестиционной стратегии на основе прогнозирования точек разворота посредством комбинирования базовой алгоритмической стратегии и модели машинного обучения с подкреплением в составе автоматизированной торговой системы. Данная система внедрена в качестве одного из программных решений в ООО “Интеллектуальные Системы Управления”, которое подтвердило практическую ценность указанных разработок.

Работа состоит из введения, 3 глав и заключения.

Во введении обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, приводится обзор научной литературы по изучаемой проблеме, формулируется цель, ставятся задачи работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

Первая глава охватывает основы биржевой торговли и специфику криптовалютных рынков, необходимые для разработки системы автоматической торговли и среднесрочной инвестиционной стратегии. Рассматриваются уровни поддержки и сопротивления, а также другие инструменты технического анализа. Описываются созданная автором инфраструктура для анализа данных в реальном времени и система тестирования стратегий. Подчеркивается важность диверсификации через стратегии, а не через активы, на основании исследования коррелированности криптовалютного рынка. Завершается глава обсуждением базовых алгоритмических стратегий и системы тестирования.

Вторая глава посвящена подготовке и разметке данных, архитектуре и обучению моделей машинного обучения с учителем и с подкреплением. Рассмотрены статистические свойства многомерных временных рядов финансовых рынков. Построены обучающие и тестовые выборки, выполнены разметка данных для задачи тернарной классификации. Представлены две модели: одна обучаемая с учителем, другая с подкреплением, используя алгоритм DQN. Модели

объединены в ансамбль. Определена торговая стратегия с переверотом позиций и поставлена многокритериальная оптимизационная задача. Входные данные включают информацию об уровнях поддержки и сопротивления. Первая модель прогнозирует временные ряды, вторая использует алгоритм DQN и ансамбль для обучения с подкреплением.

Третья глава представляет новый метод прогнозирования точек разворота на финансовых рынках, комбинирующий алгоритмическую стратегию с фильтрацией сигналов через модель машинного обучения на основе DQN, что повышает доходность. Описаны дополнительные признаки временных рядов и представлена итоговая версия модели и стратегии как главный результат работы. Приведены результаты бэк-тестирования.

В заключении представлены основные результаты работы.

Наименование диссертации правильно отражает её содержание. Автореферат соответствует содержанию и структуре диссертации и не искажает её смысла и полученных результатов. Диссертация и автореферат соответствуют избранной специальности 1.2.1 - "Искусственный интеллект и машинное обучение".

Замечания:

1. В главе 2 для модели, предназначенной для решения задачи классификации, не указаны особенности алгоритма обучения, в частности, используемый оптимизатор.
2. В формуле 2.5 введены пороговые значения для коэффициентов Шарпа и Сортино, однако не даны пояснения, почему используются именно эти значения.
3. В работе приведено описание использования уровней поддержки и сопротивления в качестве признаков входных векторов моделей. Было бы уместно обосновать представленное описание уровней и показать, что другие представления хуже или не дают преимуществ.
4. Для модели, обученной решению задачи тернарной классификации следует указать матрицу ошибок, показывающую количество правильно и неправильно классифицированных состояний.
5. В главе 3 указано, что помимо аperiodических признаков на основе ленты сделок во входном векторе используется также информация о совершении сделок на крупные суммы около круглых значений цены базового актива, однако далее не пояснено, как именно эта информация используется и какой вклад вносит при обучении.

6. В работе присутствует незначительное количество грамматических ошибок и опечаток, не влияющих на качество диссертационной работы.

Общее заключение. В целом, диссертация Макарова И.С. является законченным научно-квалификационным исследованием, представляющим решение ряда актуальных задач, объединённых общим подходом. Указанные замечания не снижают общую положительную оценку выполненной автором работы. Структура и содержание диссертации соответствуют целям и задачам исследования. Основные результаты изложены в 4 публикациях в рецензируемых журналах из списка ВАК, а также по основным результатам было опубликовано 6 тезисов докладов со всероссийских и международных конференций.

Диссертационная работа Макарова И.С. “Разработка методов прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах финансовых рынков на основе моделей машинного обучения с подкреплением” соответствует пп. 9-14 “Положения о присуждении учёных степеней”, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 - “Искусственный интеллект и машинное обучение”, а её автор, Макаров И.С., заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по данной специальности.

Официальный оппонент

доктор технических наук,

ведущий научный сотрудник Центра распределённых вычислений

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем передачи информации им А.А. Харкевича Российской академии наук

Адрес: 127051, г. Москва, Большой Каретный переулок, д. 19, стр. 1.

Моб.: +7 916 610 78 01

e-mail: igostev@gmail.com

25 окт. 2024г.

 / И.М. Гостев /

