

Отзыв научного руководителя

на диссертационную работу Макарова Ивана Сергеевича «Разработка методов прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах финансовых рынков на основе моделей машинного обучения с подкреплением», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Актуальность данной работы обусловлена высокой и до сих пор растущей популярностью систем автоматизированной торговли как среди крупных компаний, так и среди частных лиц. Во-первых, автоматизация процессов торговли позволяет снизить затраты на ручной труд и в разы повысить эффективность работы и, следовательно, привести к значительному снижению затрат. Это особенно актуально для крупных компаний, где автоматизация может привести к значительной экономии времени и денег. Во-вторых, в связи с увеличением количества транзакций и торгуемых активов на рынке общее количество информации в сфере торговли постоянно растёт. Одновременно с этим уменьшается среднее время на одну совершаемую транзакцию. Поэтому для прогнозирования финансовых временных рядов необходима разработка алгоритмов, способных быстро обрабатывать большие объёмы данных.

В работе получены следующие основные результаты: разработаны и предложены: подход использования комбинированного многомерного временного ряда, сочетающего в себе первичные признаки, и вторичные, вычисленные алгоритмически; среда для обучения с подкреплением моделей совершению торговых операций; архитектуры моделей машинного обучения на основе нейронных сетей DQN, предназначенные для прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах. Обученные в разработанной среде модели встроены в систему автоматизированной торговли, в которой являются компонентами активной среднесрочной инвестиционной стратегии и показывают лучшую результативность, чем альтернативные модели и методы, обученные с учителем решению задач классификации и регрессии на размеченных данных или построенные на средствах технического анализа алгоритмические стратегии. Построены дополнительные вторичные признаки для криптовалютного рынка, а именно апериодические признаки на основе биржевой ленты сделок и публикаций, и сообщений социальных сетей. Предложена гибридная модель, сочетающая в себе данные различных типов из нескольких источников. Разработана архитектура модели на основе нейронной сети DQN с модулем автокодировщика, позволяющего снизить размерность

дополненного многомерного временного ряда. Показано, что применение моделей машинного обучения позволяет достичь более высоких результатов в терминах доходности и других финансовых показателей, если они используются в качестве фильтра сигналов исходной алгоритмической стратегии, построенной на классических индикаторах или осцилляторах технического анализа

В ходе работы над диссертацией Макаров И. С. продемонстрировал умение собирать, анализировать и систематизировать актуальные научные и практические результаты в области исследования, самостоятельно формулировать цели и задачи исследования.

Высокая квалификация в области разработки нейронных сетей различной архитектуры и опыт проведения междисциплинарных исследований позволили Макарову И. С. интегрировать предложенные решения в коммерческий продукт: систему автоматизированной торговли в ООО «Интеллектуальные Системы Управления».

Диссертационная работа Макарова И. С. «Разработка методов прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах финансовых рынков на основе моделей машинного обучения с подкреплением» является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, содержащей новые результаты. Основные результаты по каждому из методов были доложены на нескольких российских конференциях.

Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям, представляемым на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение». Диссертант Макаров И. С. является квалифицированным специалистом по данной специальности и заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук.

04 июня 2024 г.

Заведующий отделом № 13 (сложных систем)

Федерального государственного учреждения

«Федеральный исследовательский центр

«Информатика и управление»

Российской академии наук»

д.ф.-м.н., профессор

Моб. +7-916-390-56-38

e-mail: vtsurkov@frcsc.ru



Цурков В. И.



Подпись В.И. Цуркова заверяю
Ученый секретарь ФИЦ ИУ РАН
Захаров д.т.н. В.Н. Захаров
« 04 » 06 2024 г.