

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.224.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ»  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета 24.1.224.03 от 14.11.2024, № 9

О присуждении Макарову Ивану Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Разработка методов прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах финансовых рынков на основе моделей машинного обучения с подкреплением» по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение» принята к защите 29 августа 2024г., протокол №6, диссертационным советом 24.1.224.03 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии Наук» (ФИЦ ИУ РАН), 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44/2, созданным на основании приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1732/нк от 13.12.2022.

**Соискатель** Макаров Иван Сергеевич, дата рождения 19 марта 1997 года, в 2020 году окончил магистратуру Московского физико-технического института (национального исследовательского университета) (МФТИ) по направлению 03.04.01 «Прикладные математика и физика». С 2020 по 2024 год обучался в очной аспирантуре МФТИ. В 2024 году был прикреплен к аспирантуре ФИЦ ИУ РАН для подготовки диссертации. В настоящее время работает в МФТИ в должности специалиста по учебно-методической работе.

Диссертация выполнена в отделе № 13 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии Наук» (ФИЦ ИУ РАН).



**Научный руководитель** – Цурков Владимир Иванович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий отделом № 13 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии Наук» (ФИЦ ИУ РАН).

**Официальные оппоненты:**

Гостев Иван Михайлович, д.т.н., ведущий научный сотрудник центра распределенных вычислений Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем передачи информации им А.А. Харкевича Российской Академии Наук» (ИППИ РАН);

Андрианова Ольга Геннадьевна, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории №16 «Нелинейных систем управления им. Е.С. Пятницкого» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской Академии Наук» (ИПУ РАН)

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» в своем **положительном** отзыве, подписанном заведующим кафедрой программной инженерии МИ ВлГУ, д.т.н., профессором А.Л.Жизняковым, указала, что диссертация Макарова И.С. посвящена исследованию и разработке методов и алгоритмов решения задач прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах финансовых рынков на основе моделей машинного обучения с подкреплением. Полученные в диссертации результаты могут быть использованы при разработке и тестировании моделей торговых стратегий и построении соответствующих программных комплексов. Сформулирован ряд замечаний, которые носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки диссертации. Отмечено, что диссертация полностью соответствует требованиям ВАК РФ, 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.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 10 статьях, 4 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, индексируемых в Web of



Science, Scopus, оставшиеся 6 изданы в сборниках трудов международных конференций, индексируемых Scopus.

Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в диссертации отсутствуют. Диссертация не нарушает п.14 Положения о присуждении учёных степеней. Автор подробно указал личный вклад в опубликованные в соавторстве работы.

Работы Макарова И.С. по теме диссертации:

1. Makarov I., Kovaleva M., Zinkovich V., Kolovertnova V. Research of Financial Time-series Statistical Properties // International Conference Engineering and Telecommunication. 2021. P. 1–4. DOI: 10.1109/EnT50460.2021.9681741 (**Scopus**)
2. Makarov I., Kovaleva M., Pankovets E., Konstantinov D. A Deep Neural Network Architecture for Solving Classification Problems on Multidimensional Time Series of Financial Markets // International Conference Engineering and Telecommunication. 2021. P. 1–6. DOI: 10.1109/EnT50460.2021.9681781 (**Scopus**)
3. Konstantinov D., Pankovets E., Makarov I., Gorbachev R. Development and Research of a Deep Neural Network Architecture for Solving Regression Problems on Multidimensional Time Series of Financial Markets // International Conference Engineering and Telecommunication. 2021. P. 1–4. DOI: 10.1109/EnT50460.2021.9681758 (**Scopus**)
4. Makarov I., Kovaleva M., Fakhrutdinov T., Gorbachev R. Intelligent Module for System Trading of Financial Markets Assets Based on an Ensemble of Deep Neural Networks and the DQN Learning Algorithm // International Conference Engineering and Telecommunication. 2021. P. 1–7. DOI: 10.1109/EnT50460.2021.9681753 (**Scopus**)
5. Makarov I., Fakhrutdinov T., Kichik, M., Mamontov K., Baskov O., Shumsky S. Forecasting in Financial Markets Using the ADAM Architecture and Reinforcement Learning Methods // International Conference Engineering and Telecommunication. 2021. P. 1–7. DOI: 10.1109/EnT50460.2021.9681797 (**Scopus**)
6. Makarov I., Kovaleva M., Zakharova E., Gorbachev R. Applicability of the kNN Algorithm in the Problem of Pattern Classification on Time Series of Financial



- Markets // International Conference Engineering and Telecommunication. 2021. P. 1–5. DOI: 10.1109/EnT50460.2021.9681724 (**Scopus**)
7. Makarov I., Bagantsova E., Iashin P., Kovaleva M., Zakharova E. Development of and research into a rigid algorithm for analyzing Twitter publications and its influence on the movements of the cryptocurrency market // Компьютерные исследования и моделирование. 2023. Т. 15, № 1. С. 157–170. DOI: 10.20537/2076-7633-2023-15-1-157-170 (**ВАК, Scopus**)
  8. Makarov I., Bagantsova E., Iashin P., Kovaleva M., Gorbachev R. Development of and research on an algorithm for distinguishing features in Twitter publications for a classification problem with known markup // Компьютерные исследования и моделирование. 2023. Т. 15, № 1. С. 171–183. DOI: 10.20537/2076-7633-2023-15-1-171-183 (**ВАК, Scopus**)
  9. Makarov I., Bagantsova E., Iashin P., Kovaleva M., Gorbachev R. Development of and research on machine learning algorithms for solving the classification problem in Twitter publications // Компьютерные исследования и моделирование. 2023. Т. 15, № 1. С. 185–195. DOI: 10.20537/2076-7633-2023-15-1-185-195 (**ВАК, Scopus**)
  10. Есенков А.С., Захарова Е.М., Ковалева М.Д., Константинов Д.Е., Макаров И.С., Панковец Е.А. Исследование и применение архитектур глубоких нейронных сетей для классификации на многомерных временных рядах // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2022. № 4. С. 133–142. DOI: 10.31857/S0002338822040072 (**ВАК**) (Перевод: Esenkov A., Zakharova E., Kovaleva M., Konstantinov D., Makarov I., Pankovets E. Research and application of deep neural network architectures for classification on multidimensional time series // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2022. V. 61, N. 4. P. 616–625. DOI: 10.1134/s1064230722040074 (**WoS, Scopus**))

На автореферат диссертации поступил отзыв д.ф.-м.н., профессора кафедры информационной безопасности МГТУ им. Н.Э. Баумана Гордеева Эдуарда Николаевича. Отзыв положительный. В качестве рекомендации отмечена целесообразность рассмотрения других алгоритмов обучения с подкреплением, которые могут использоваться для обучения моделей на тех же данных. Указанная рекомендация не влияет на общую положительную оценку работы.

Также имеется два акта о внедрении полученных от следующих



организаций: ООО «Интеллектуальные Системы Управления», Long Lakes FZCO (Дубай, Объединенные Арабские Эмираты).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в области анализа временных рядов, машинного обучения, обучения с подкреплением, что подтверждается их публикациями в авторитетных рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**определены** важные статистические свойства многомерных финансовых временных рядов, а именно, свойства стационарности, самоподобия, корреляции и волатильности;

**разработана** среда для обучения с подкреплением моделей на основе нейронных сетей с рекуррентными слоями типа LSTM; **построена** архитектура моделей; **обучены** и **оценены** модели; **выполнено** ансамблирование нескольких моделей в единую рекомендательную систему;

**построены** дополнительные вторичные признаки для многомерных финансовых временных рядов криптовалютного рынка на основе биржевой ленты сделок;

**разработано** гибридное решение посредством сочетания алгоритмической стратегии и модели машинного обучения, фильтрующей сигналы алгоритмической стратегии; доказано, что такой подход дает лучшие результаты в терминах финансовых показателей;

**Теоретическая значимость** данной работы заключается в разработке оригинального подхода к решению задачи прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах, основанном на использовании дополнительных апериодических вторичных признаков. В рамках работы предложен двухэтапный метод оптимизации гибридной стратегии, которая интегрирует классическую алгоритмическую стратегию с фильтрацией сигналов с помощью модели машинного обучения, реализованной на архитектуре DQN.

**Практическая значимость** исследования определяется реализацией активной среднесрочной инвестиционной стратегии, основанной на прогнозировании точек разворота с использованием комбинации базовой алгоритмической стратегии и модели машинного обучения с подкреплением в рамках автоматизированной торговой системы. Эффективность предложенных моделей и методов была продемонстрирована в процессе тестирования на



реальных данных в рамках автоматизированной торговой системы, внедренной в ООО «Интеллектуальные системы управления». Разработанные модели и методы обладают универсальным характером и могут быть применены для активного управления позициями в финансовых инструментах на различных фондовых, товарных и валютных рынках.

**Оценка достоверности результатов** исследования выявила их воспроизводимость в различных условиях функционирования представленного решения. Автор провёл сравнение с результатами аналогичных систем, представленных в независимых источниках по данной тематике. Достоверность полученных результатов также подтверждена их апробацией на авторитетной международной конференции по тематике исследования.

**Личный вклад.** Все основные результаты по теме диссертации, включающие разработанные модели и методы, доказательства их теоретических свойств, программные реализации разработанных алгоритмов и выполнение модельных экспериментальных исследований, получены автором самостоятельно. Подготовка коллективных публикаций проводилась совместно с соавторами, причём вклад диссертанта был определяющим.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания:

1. В работе используются граничные значения для статистических коэффициентов Шарпа и Сортино, с которыми сравниваются достигаемые моделями значения, однако не обоснован выбор именно таких ограничений.

2. Для перечисленных в работе архитектур моделей указано количество обучаемых параметров, однако не указано, сколько времени и какое оборудование требуется для обучения моделей до приемлемого уровня.

3. Применение предложенных моделей и методов в такой конкурентной среде, как торговля финансовыми инструментами, в перспективе может само заметно влиять на рынок и тем самым снижать эффективность прогнозирования. Более целесообразным представляется применение этих моделей и методов в областях со «стационарными» закономерностями (железнодорожные перевозки, поставки электроэнергии и т. п.).

Соискатель Макаров И.С. ответил на заданные вопросы и согласился с замечаниями, указанными ему в ходе заседания.

На заседании 14 ноября 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Макарову Ивану Сергеевичу учёную степень кандидата технических

наук за существенный вклад в области развития моделей и методов прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение» (технические науки), участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 22, против – 0, недействительных бюллетеней 1.

Заместитель председателя  
диссертационного совета 24.1.224.03  
Д.Т.Н.



Матвеев И.А.

Учёный секретарь  
диссертационного совета 24.1.224.03  
К.Т.Н.

Рейер И.А.

14 ноября 2024 г.