

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24 декабря 2024 г. № 6
о присуждении Козлову Даниилу Александровичу, гражданину
Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Интеграция иерархических ансамблей и трансформерных архитектур в алгоритмы обучения с подкреплением» по специальности 1.2.1. – Искусственный интеллект и машинное обучение принята к защите 18 октября 2024 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.379.08, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства образования и науки Российской Федерации (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34), приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 26.01.2023 №70/нк, с изменениями, внесенными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.07.2023 №1215/нк.

Козлов Даниил Александрович 22 апреля 1997 года рождения, в 2020 году с отличием освоил программу специалитета в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», В 2024 г. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева». В настоящее время работает в должности ведущего инженера-разработчика систем машинного обучения в отделе искусственного интеллекта АО «Площадь».

Диссертация выполнена на кафедре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Мясников Владислав Валерьевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», профессор кафедры геоинформатики и информационной безопасности.

Официальные оппоненты:

Арлазаров Владимир Викторович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», заведующий отделом;

Визильтер Юрий Валентинович, доктор физико-математических наук, Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», начальник подразделения; **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск, **в своем положительном заключении**, подписанном профессором кафедры «Вычислительная техника», доктором технических наук Негодой Виктором Николаевичем, заведующим кафедрой «Вычислительная техника», кандидатом технических наук Святовым Кириллом Валерьевичем, утвержденном проректором по научной работе, кандидатом физико-математических наук, доцентом Климовским Андреем Борисовичем, указала, что диссертационная работа Козлова Д.А. по своей актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, характеру изложения и оформления полученных результатов соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. – Искусственный интеллект и машинное обучение.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ. Суммарный объем опубликованных работ составляет 2,44 п.л., из них на личную долю соискателя приходится 2,16 п.л. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: метод иерархической интеграции ансамбля алгоритмов обучения с подкреплением,

алгоритм обучения с подкреплением на основе предложенного метода иерархической интеграции, модель интеграции алгоритмов обучения с подкреплением и кодировщика трансформера, алгоритм обучения с подкреплением, интегрирующий архитектуру трансформера в алгоритм Soft Actor-Critic для кодирования входных последовательностей состояний.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые работы:

1. Козлов, Д.А. Применение трансформера для кодирования состояний в обучении с подкреплением / Д.А. Козлов // Автометрия — 2024. — №5 — С. 60-68. — DOI: 10.15372/AUT20240500 (научная статья 0,5625 п.л.)

2. Kozlov, D. Ensemble Method for Reinforcement Learning Algorithms Based on Hierarchy / D. Kozlov, V. Myasnikov // IEEE Xplore 2023 IX International Conference on Information Technology and Nanotechnology — 2023. — С. 1–5. — DOI: 10.1109/ITNT57377.2023.10139122. (научная статья 0,31 п.л./0,20 п.л.)

3. Kozlov, D. Comparison of Reinforcement Learning Algorithms in Problems of Acquiring Locomotion Skills in 3D Space / D. Kozlov // IEEE Xplore 2022 VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology — 2022. — С. 1–5. — DOI: 10.1109/ITNT55410.2022.9848647. (научная статья 0,31 п.л.)

4. Kozlov, D. The impact of a set of environmental observations in the problem of acquiring movement skills in three-dimensional space using reinforcement learning algorithms / D. Kozlov, V. Myasnikov // IEEE Xplore 2022 VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology — 2022. — С. 1–5. — DOI: 10.1109/ITNT55410.2022.9848598. (научная статья 0,31 п.л./ 0,20 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов:

1. ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» г. Великий Новгород, подписан профессором кафедры Информационных технологий и систем (ИТиС) Новгородского Государственного Университета (НовГУ), д. ф.- м. н. (специальность 05.13.17), доцентом Д.В. Михайловым. Замечания: 1) из автореферата, как и из самой диссертации, неясно, является ли негативное влияние наблюдений на процесс обучения объективной или субъективной характеристикой, то есть, оказывает ли влияние на этот выбор используемый RL-метод; 2) стр. 7 автореферата, продолжение Таблицы 1: в качестве приложения решений на основе нейронной сети AlphaZero указаны «настольные игры, шахматы, го», - неясно, что именно автор понимает под «го».

2. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, подписан д.т.н., доцентом, профессором кафедры «Информатика и вычислительная техника» Мартемьяновым Б.В. Замечания: 1) По оформлению: - неточности в формуле на стр. 11; - в схеме алгоритма (стр. 12) должны быть «Начало» и «Окончание»; - не понятное распараллеливание процесса на левой половине схемы алгоритма; 2) По содержанию: - не согласованы основные положения: решались 3 задачи; научная новизна 5 пунктов; на защиту вынесены 4 пункта; основные результаты 4 пункта. - например, на стр. 9 приведены англоязычные аббревиатуры SAC, PPO, REDQ некоторых методов без комментариев к их содержанию. 3) Представлено много графиков без достаточных комментариев в тексте. Метрика, соответствующая оси абсцисс, не очевидна. Например, что обозначает малозаметная $1e6$? Это программистское представление числа 10^6 ? Как это число использовать при интерпретации содержимого графиков?

3. ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, подписан доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Программная инженерия» Жизняковым А. Л. Замечания: 1) Ссылки на работы других авторов приведены в усеченном виде, что осложняет поиск цитируемых работ. 2) Неудачно выбраны цвета для графика на рисунке 6, что осложняет интерпретацию результатов.

4. ФАУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю», г. Воронеж, подписан к.т.н. Степанец Ю. А. Замечания: 1) В автореферате отсутствует раздел про личный вклад соискателя в диссертационную работу. Наличие такого пункта в автореферате приветствуется и облегчает проведение научной экспертизы результатов. 2) Не рассмотрено, как алгоритмы справляются с редкими вознаграждениями в многозадачных средах. 3) В тексте автореферата не приводятся отличия полученных соискателем новых научных результатов от уже существующих знаний в области методов машинного обучения с подкреплением.

5. ФГБУН Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, подписан ведущим научным сотрудником лаборатории информационной оптики, д.т.н. Нежевенко Е.С. Замечания 1) В работе по искусственному интеллекту фактически не фигурируют нейронные сети. Это тем более странно, что трансформерные архитектуры, присутствующие в названии диссертации, это (см. Википедию) вид нейросетевой архитектуры. В автореферате же этот

термин упоминается дважды: в паспорте специальности и в обзорной ссылке. 2) Не объясняется, почему для некоторых сред (например, Humanoid) предложенные методы дают отрицательный результат. 3) Отсутствует информация об аппаратном обеспечении, используемом для проведения экспериментального анализа и работы реализованного программного комплекса.

Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Во всех отзывах отмечено, что диссертация соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Козлову Д.А. ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. – Искусственный интеллект и машинное обучение.

Выбор Арлазарова Владимира Викторовича в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является известным специалистом, имеет значимые научные результаты и прикладные разработки в области цифровой обработки сигналов и изображений, машинного обучения.

Выбор Визильтера Юрия Валентиновича в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является крупным специалистом, в область научных интересов которого входят методы анализа различного рода цифровых сигналов методы искусственного интеллекта и машинного обучения.

Выбор в качестве ведущей организации ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», связан с тем, что разработка методов, математических моделей и программно-алгоритмического обеспечения информационно-вычислительных комплексов является одним из её основных научных направлений. Кроме того, широко известны достижения специалистов организации в таких областях, как машинное обучение и искусственный интеллект.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований

предложена методика, обеспечивающая детализированную количественную оценку степени влияния состава набора наблюдений окружающей среды на качество принимаемых агентом решений с возможностью выявления наиболее значимых наблюдений и их последующего ранжирования по степени значимости для процесса принятия решений;

предложена модель интеграции алгоритмов обучения с подкреплением

и кодировщика трансформера, которая позволяет учитывать сложную динамику системы и справляться с зашумленными и немарковскими средами. На основе данной модели был разработан алгоритм, интегрирующий кодировщик трансформера с алгоритмом Soft Actor-Critic (SAC). Эксперименты показали, что предложенная интеграция улучшает среднее суммарное значение награды на 18,5%, а также в 80% случаев результаты превосходят или остаются на уровне оригинального SAC.

разработан метод иерархического ансамблирования алгоритмов обучения с подкреплением, который объединяет несколько алгоритмов в иерархическую структуру, что позволяет повысить качество обучения без дополнительных обращений к среде. Исследование продемонстрировало, что предложенный метод организует взаимодействие между управляющими и управляемыми алгоритмами, улучшая качественные показатели конечного решения.

разработан алгоритм обучения с подкреплением на основе метода иерархического ансамблирования, использующий алгоритм DQN в качестве управляющего и алгоритмы SAC и REDQ в качестве управляемых. Экспериментальные данные показали улучшение среднего суммарного значения награды на 2,65% по сравнению с лучшим из отдельных алгоритмов, а также превосходство или паритет по качеству во всех экспериментах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что

предложен и валидирован метод иерархического ансамблирования алгоритмов обучения с подкреплением, который позволяет объединить несколько алгоритмов в иерархическую структуру для повышения качества обучения без дополнительных обращений к среде;

предложена модель интеграции алгоритмов обучения с подкреплением и кодировщика трансформера для кодирования входных последовательностей состояний с целью повышения качества решения задачи.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен в задаче расчета сетки скважин и объема взрывчатых веществ алгоритм, интегрирующий кодировщик трансформера и алгоритм обучения с подкреплением Soft Actor-Critic;

разработан и внедрен в задаче совместного и координированного управления сигналами светофоров и подключенными автономными транспортными средствами в транспортной сети алгоритм обучения с подкреплением на основе предложенного метода иерархического

ансамблирования с использованием алгоритма DQN в качестве управляющего и алгоритмов SAC и REDQ в качестве управляемых;

разработанный алгоритм обучения с подкреплением, интегрирующий архитектуру кодировщика трансформера,

результаты и методики были использованы в АО «Самара-Информспутник» при выполнении хозяйственных работ по тематике исследования; в ФГУП «ГосНИИПП» в рамках составных частей научно-исследовательских работ по тематике исследования; в ООО «Давтех» в рамках договора и гранта по тематике исследования; в учебном процессе по курсу «Машинное обучение и распознавание образов» в ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева»; в ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» в рамках гранта РНФ.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов в различных условиях;

теоретические положения работы согласуются с результатами, представленными в ранее опубликованных экспериментальных данных, в частности данными о применении методов обучения с подкреплением для управления роботами в сложных динамических средах. Это подтверждает обоснованность предложенных методик и их применимость для решения задач робототехники;

идея базируется на анализе алгоритмов обучения с подкреплением, таких как Soft Actor-Critic и DQN, и обобщении опыта интеграции трансформеров для работы с последовательными данными. Это позволило учесть их достоинства, включая адаптивность и эффективность, а также разработать подходы к устранению вычислительных ограничений;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, современные методы машинного обучения, теории вероятностей и методы оптимизации.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении всех этапов исследований, проведения научных экспериментов, в разработке методов и алгоритмов обучения с подкреплением для решения задачи приобретения навыков передвижения роботами в трехмерных средах, в интерпретации экспериментальных данных и подготовке публикаций по выполненной работе, в частности из 10 опубликованных работ 6 выполнены единолично.

В ходе защиты диссертационной работы не были высказаны критические замечания. Соискатель Козлов Д.А. ответил на задаваемые ему в

ходе заседания вопросы.

Научное исследование обладает внутренним единством и содержит результаты и положения, обладающие научной новизной. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. В работе содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития компьютерных методов и моделей описания, оценки и оптимизации информационных процессов.

На заседании 24 декабря 2024 г. диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, принял решение присудить Козлову Д.А. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.379.08
академик РАН, д.т.н., профессор



В. А. Сойфер

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.379.08
д.ф.-м.н., доцент

А. В. Дорошин

24.12.2024