

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный технический
университет», к.ф.-м.н., доцент



Климовский А.Б.

«15» ноября 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»
на диссертацию Козлова Даниила Александровича «Интеграция
иерархических ансамблей и трансформерных архитектур в алгоритмах
обучения с подкреплением», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1.
«Искусственный интеллект и машинное обучение»

1. Актуальность темы диссертации для науки и практики

Современные методы управления роботами в сложных и динамичных условиях становятся все более востребованными из-за стремительного развития технологий и роста сложности технических систем. Методы обучения с подкреплением, которые активно применяются в робототехнике, предоставляют возможности для повышения адаптивности и эффективности систем управления. Эти подходы позволяют роботам самостоятельно изучать и оптимизировать свои стратегии поведения в реальном времени, что особенно актуально в ситуациях, где предварительное моделирование среды либо невозможно, либо неэффективно.

Алгоритмы обучения с подкреплением уже доказали свою значимость в широком спектре применений робототехники. Они успешно используются для управления роботизированными

манипуляторами, обеспечивая адаптацию к изменению объектов и их расположения, что значительно повышает точность и гибкость автоматизированных процессов. В задачах поиска и спасения роботы, обученные с использованием этих методов, демонстрируют способность к самостоятельному принятию решений, даже в условиях высокой неопределенности и постоянных изменений среды.

Отличительной особенностью алгоритмов обучения с подкреплением является отсутствие необходимости точного моделирования среды, что значительно упрощает их использование в реальных условиях. Эти методы позволяют агентам эффективно адаптироваться к изменениям и находить оптимальные стратегии действий, что открывает новые возможности для создания автономных систем следующего поколения, работающих в самых разнообразных условиях. В связи со сказанным работа Козлова Д.А., в которой исследуются вопросы интеграции иерархических ансамблей и трансформерных архитектур в алгоритмы обучения с подкреплением, является актуальной.

2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность

Научной новизной в диссертационном исследовании Козлова Д.А. обладают следующие элементы:

1. Методика оценки влияния состава набора наблюдений окружающей среды на качество принимаемых агентом решений, позволяющая упорядочить наблюдения по их полезности, сократить избыточность информации, уменьшить вычислительную сложность и ускорить процесс обучения.

2. Модель интеграции алгоритмов обучения с подкреплением и кодировщика трансформера для кодирования входных последовательностей состояний с целью повышения качества решения задачи, позволяющая улучшить представление информации о текущих и прошлых состояниях, что критически важно для задач с высокой динамикой.

3. Алгоритм, объединяющий кодировщик трансформера и алгоритм обучения с подкреплением Soft Actor-Critic и позволяющий учитывать последовательные зависимости в данных и более эффективно моделировать динамические изменения среды.

4. Метод иерархического ансамблирования алгоритмов обучения с подкреплением, позволяющий объединить несколько алгоритмов в иерархическую структуру для повышения качества обучения без дополнительных обращений к среде.

5. 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, позволяющий эффективно комбинировать достоинства дискретных и непрерывных методов обучения.

Практическая значимость работы выражается в возможности применения разработанных решений для создания автономных систем следующего поколения, что особенно актуально в задачах робототехники и промышленной автоматизации.

Достоверность научных результатов обеспечена применением методов статистического анализа, сравнением предложенных алгоритмов с существующими решениями и их экспериментальной проверкой на задачах управления роботами в трехмерных средах.

Основные результаты научно-квалификационной работы были представлены на четырех научных конференциях:

1. Международной конференции «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ, Самара, Россия) - 2021 год;

2. Международной конференции «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ, Самара, Россия) - 2022 год;

3. Международной конференции «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ, Самара, Россия) - 2023 год;

4. Международной конференции «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ, Самара, Россия) - 2024 год;

По теме диссертации опубликовано десять работ. Из них одна работа в изданиях, рекомендуемых ВАК, четыре работы опубликованы в изданиях, индексируемых в БД Scopus. Шесть работ выполнены без

соавторов. Получено одно Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Результаты диссертационной работы

- внедрены в рамках НИР в ООО «Давтех» в рамках договора №55/08/2023 от 01.08.2023.

- использованы в учебном процессе в ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» в курсе лекций по дисциплине «Машинное обучение и распознавание образов».

- использованы в рамках договора 7/2021 от 08.11.2021 (2021–2023) между АО «Самара-Информспутник» и ФГУП «ГосНИИПП».

- использованы в ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» в рамках гранта РФФИ №. 21-11-00321, «Методы и алгоритмы совместного и координированного управления сигналами светофоров и подключенными автономными транспортными средствами в транспортной сети».

3. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов.

Диссертационная работа Козлова Д.А. представляет собой значимый вклад в развитие методов искусственного интеллекта и машинного обучения, в частности алгоритмов обучения с подкреплением.

С точки зрения науки, результаты исследования расширяют теоретическую базу в области интеграции современных архитектур машинного обучения, таких как трансформеры, с методами обучения с подкреплением. Разработанный метод иерархического ансамблирования позволяет существенно улучшить эффективность обучения, создавая структуру, объединяющую несколько алгоритмов в единую модель, что открывает новые возможности для анализа сложных систем. Этот подход способствует дальнейшему развитию многослойных алгоритмических конструкций, которые могут быть применены для решения задач высокой сложности, связанных с

обработкой данных в реальном времени и адаптацией систем в динамических условиях.

С точки зрения практического применения, предложенные автором методы имеют широкие перспективы использования в различных отраслях. Разработанные алгоритмы могут применяться в робототехнике для повышения автономности и надежности мобильных роботов, в том числе в задачах промышленной автоматизации, управления транспортными средствами, мониторинга и разведки. Использование иерархических ансамблей позволяет улучшить качество управления и снизить вычислительные затраты, что делает такие системы более доступными для внедрения в производственных и коммерческих проектах.

Кроме того, предложенные подходы могут быть востребованы в области анализа больших данных, где требуется обработка высокоразмерных последовательностей с высокой скоростью и точностью. Интеграция трансформерных архитектур обеспечивает улучшенное представление данных, что особенно актуально для систем, работающих в реальном времени, например, в интеллектуальных транспортных системах и системах контроля производственных процессов.

Таким образом, результаты работы Козлова Д.А. способствуют укреплению междисциплинарных связей между теоретической наукой и производственными потребностями, создавая основу для разработки новых поколений интеллектуальных систем, адаптируемых к меняющимся условиям и способных решать задачи в сложных и неопределенных средах.

4. Рекомендации по использованию полученных в работе результатов

1. Разработанные алгоритмы обучения с подкреплением, включая интеграцию трансформерных архитектур и методы иерархического ансамблирования, могут быть применены в автономных робототехнических системах. Это включает использование в задачах управления роботизированными манипуляторами, в том числе в задачах,

где требуется адаптация к изменяющимся условиям среды, включая сложные трехмерные пространства и динамичные сценарии.

2. Предложенные алгоритмы могут быть использованы для оптимизации управления движением автономных транспортных средств. Благодаря повышенной способности к обучению и адаптации алгоритмы позволяют улучшить маршрутное планирование, распределение потоков в транспортных сетях и принятие решений в реальном времени, что особенно важно для городской инфраструктуры и систем беспилотного вождения.

3. Разработанные решения могут быть внедрены в производственных процессах, требующих высокой точности и надежности. В частности, алгоритмы подходят для управления роботизированными системами на сборочных линиях, в логистике и мониторинге состояния оборудования. Использование методов иерархического ансамблирования позволяет добиться оптимального распределения задач между различными алгоритмами, что снижает общую вычислительную сложность.

4. Полученные результаты могут быть интегрированы в образовательные программы по машинному обучению и искусственному интеллекту. Использование разработанных алгоритмов в учебных симуляторах позволит студентам и исследователям осваивать методы обучения с подкреплением и их адаптацию к реальным задачам. Кроме того, предложенные подходы могут стать основой для дальнейших исследований в области улучшения методов машинного обучения.

5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, критические замечания по диссертационной работе.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, в ней получены значимые теоретические и практические результаты, вносящие существенный вклад в развитие методов обучения с подкреплением в робототехнике. Работа выполнена соискателем самостоятельно.

Вместе с тем, к диссертационной работе и автореферату имеются ряд замечаний:

1. Описание преимуществ алгоритма иерархического ансамблирования не содержит описания причин улучшения показателей и возможностей применения алгоритма в других задачах.
2. Представленные в диссертации характеристики количественного выигрыша (2-3%) разработанных алгоритмов в сравнении с известными не кажутся значительными и не в полной мере статистически обоснованы.
3. В работе не хватает определения границ применимости моделей, разработанных в рамках исследования. В частности хотелось бы видеть описание того, как данные модели могут быть использованы в реальных условиях, какие это могут быть реальные условия, какие ограничения существуют по конструкции роботов.
4. Работа не содержит детализированный анализ вычислительных затрат, что затрудняет оценку применимости алгоритмов на практике.
5. Из работы не в полной мере понятна адекватность предлагаемых моделей в смысле возможности переноса из виртуальной в реальную физическую среду с теми же характеристиками.
6. В разделе исследования методов обучения не хватает более подробного описания настроек гиперпараметров, используемых для обучения агентов в различных средах. Это затрудняет воспроизводимость экспериментов другими исследователями.

Однако отмеченные выше недостатки не оказывают решающего значения при оценке работы и не снижают ее научной и практической ценности.

6. Выводы

Работа Козлова Д.А. на тему «Интеграция иерархических ансамблей и трансформерных архитектур в алгоритмы обучения с подкреплением» представляет собой значимый вклад в развитие


методов обучения с подкреплением. Несмотря на указанные замечания, работа обладает высокой актуальностью, новизной и практической значимостью.

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 1.2.1. «Искусственный интеллект и машинное обучение».

По объему выполненных исследований, научной и практической новизне, оформлению и практической ценности работа удовлетворяет требованиям ВАК при министерстве науки и высшего образования РФ, предъявляемым к диссертационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Козлов Даниил Александрович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Отзыв составлен на основании заключения по результатам обсуждения диссертации, проведенного на расширенном семинаре Факультета информационных систем и технологий и Радиотехническом факультете ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», протокол №1 от 08.11.2024.


Профессор кафедры
«Вычислительная техника»,
доктор технических наук
Заведующий кафедрой
«Вычислительная техника»,
кандидат технических наук

 / Негода В.Н. /

 / Святлов К.В. /

подпись завершаю



Первый проректор,
проректор по учебной работе
 Е.В.Суркова