

"УТВЕРЖДАЮ"

Первый проректор - проректор
по научной работе РУДН
доктор медицинских наук,
профессор, член-корр. РАН



А. А. Костин
2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) на основании решения, принятого на заседании кафедры информационных технологий.

Диссертация «Методы конфликтно-ориентированного поиска для планирования совокупности безопасных траекторий мобильных агентов с учетом возможности совершения действий произвольной продолжительности» выполнена на кафедре информационных технологий факультета физико-математических и естественных наук.

Андрейчук Антон Андреевич, 01 ноября 1993 года рождения, гражданин р. Беларусь, в 2017 году окончил с отличием федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

С 18.09.2017 по 21.09.2021 гг. обучался в аспирантуре РУДН по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, соответствующему научной специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика, по которой подготовлена диссертация.

В период подготовки диссертации являлся сотрудником (ассистентом) кафедры информационных технологий факультета физико-математических и естественных наук РУДН, где и работает на условиях совместительства по настоящее время.

В настоящее время также работает в автономной некоммерческой организации «Институт искусственного интеллекта» в должности научного сотрудника.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов выдан в 2023 году в РУДН.

Научный руководитель – Яковлев Константин Сергеевич, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН, до 30.06.2021 г. – доцент кафедры информационных технологий ФФМиЕН РУДН.

Тема диссертационного исследования была утверждена на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН 28.11.2017, протокол № 0201-08/03.

Название темы диссертационного исследования в окончательной редакции было утверждено на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН, 18.05.2021, протокол № 0201-08/11.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы. Диссертация Андрейчука А.А. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных соискателем исследований была поставлена и решена важная научная задача многоагентного планирования. Отличительной особенностью рассматриваемой в диссертации постановки задачи является возможность совершения агентами действий произвольной продолжительности. Для решения этой задачи автором был предложен алгоритм, использующий подход конфликтно-ориентированного поиска. Была сформулирована и доказана теорема, утверждающая, что решения, отыскиваемые предлагаемым алгоритмом, являются оптимальными по стоимости. Помимо этого, автором работы был разработан ряд модификаций алгоритма, позволяющих повысить его вычислительную эффективность. Проведенные модельные экспериментальные исследования показали применимость предложенного алгоритма, позволили оценить эффективность его работы, в том числе в сравнении с другими существующими алгоритмами, решающими схожую по постановке задачу многоагентного планирования. В целом, тема диссертационной работы Андрейчука А.А. актуальна и имеет научное и практическое применение.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в:

- разработке метода планирования индивидуальных траекторий, способного учитывать накладываемые на агентов ограничения, гарантирующий нахождение оптимального по стоимости решения;
- анализе и доказательстве теоретических свойств разработанного алгоритма, в частности, гарантии того, что отыскиваемые алгоритмом решения являются оптимальными по стоимости;
- разработке модификации алгоритма, позволяющей повысить его вычислительную эффективность и при этом сохранить теоретические гарантии нахождения оптимальных решений;
- разработке субоптимальных модификаций алгоритма, позволяющих повысить его вычислительную эффективность и при этом гарантировать, что отыскиваемые решения являются ограниченно субоптимальными;

- анализе и доказательстве теоретических свойств разработанных модификаций, в частности, гарантии того, что отыскиваемые решения являются оптимальными/ограниченно субоптимальными по стоимости;
- программной реализации и проведении модельных экспериментальных исследований разработанного алгоритма и его модификаций.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Достоверность теоретических результатов, полученных в диссертационной работе, обоснована приведенными доказательствами и дополнительно подтверждена результатами численных экспериментов. Достоверность полученных результатов обусловлена также их обсуждением на следующих научных конференциях и семинарах: The 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (г. Макао, Китай, август 2019), IJCAI19 Workshop on MultiAgent Path Finding (г. Макао, Китай, август 2019), Семнадцатая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием, КИИ 2019 (г. Ульяновск, Россия, октябрь 2019), Восемнадцатая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием, КИИ 2020 (г. Москва, Россия, октябрь 2020), The 35th AAAI Conference on Artificial Intelligence (онлайн, февраль 2021), The 14th International Symposium on Combinatorial Search (онлайн, июль 2021), семинары кафедры информационных технологий РУДН (г. Москва, Россия, март 2022, октябрь 2022).

Новизна результатов проведенных исследований.

- Разработан алгоритм многоагентного планирования траектория CCBS (Continuous Conflict Based Search). В отличии от существующих алгоритмов решения задачи многоагентного планирования, предлагаемый метод допускает возможность совершения агентами действий произвольной продолжительности и при этом гарантирует, что найденное решение является оптимальным по стоимости.
- Предложены модификации алгоритма, которые опираются на ряд адаптированных к рассматриваемой постановке задаче эвристик, позволяющих повысить вычислительную эффективность алгоритма и при этом сохранить свойство оптимальности.
- Предложены модификации алгоритма, которые обладают повышенной вычислительной эффективностью, при этом гарантируют, что найденные ими решения обладают ограниченно субоптимальной стоимостью, и позволяют регулировать фактор субоптимальности.

Практическая значимость проведенных исследований. Полученные результаты могут быть использованы при разработке различных роботизированных интеллектуальных систем, в которых возникает задача согласованного перемещения группы роботов в общем рабочем пространстве, таких как, например, системы автономных складов. Благодаря учету возможности совершения действий произвольной продолжительности, агенты могут достигать своих целевых положений быстрее, что способствует повышению общей эффективности системы.

Ценность научных работ соискателя. Основные результаты, представленные в диссертационной работе, были получены при проведении исследований в рамках работ по гранту РНФ, а также в проекте «5-100» повышения конкурентоспособности ведущих российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Результаты работы включены в исследования по гранту РНФ №16-11-00048 «Создание теории, методов и моделей децентрализованного управления поведением коллективов когнитивных робототехнических систем в недетерминированной среде», в котором Андрейчук А.А. принимал участие в качестве основного исполнителя.

Специальность, которой соответствует диссертация. Диссертация выполнена в соответствии с паспортом научной специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика. В соответствии с п. 9 «Математическая теория исследования операций» в работе рассматривается задача многоагентного планирования и исследуются методы поиска её оптимальных решений. В соответствии с п. 29 «Теоретические основы программирования, создания программных систем для новых информационных технологий» проведена разработка, реализация, теоретическое и экспериментальное исследование алгоритма, решающего задачу многоагентного планирования с возможностью совершения действий произвольной продолжительности, который может быть применен при разработке роботизированных интеллектуальных систем, в которых возникает задача согласованного перемещения группы роботов в общем рабочем пространстве.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Основные результаты по теме диссертации изложены в 8 печатных изданиях, из которых 2 работы изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 5 опубликованы в изданиях, индексируемых Web of Science/Scopus, в том числе 1 статья опубликована в журнале первого квартиля по SJR, 1 – в сборнике трудов конференции, индексируемый РИНЦ.

Основные положения и результаты диссертации отражены в следующих опубликованных работах:

1. *Andreychuk A., Yakovelev K., Atzmon D., Stern R.*, Multiagent pathfinding with continuous time // Proceedings of the 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence. – 2019. – P. 39–45.
2. *Andreychuk A., Yakovelev K., Surynek P., Atzmon D., Stern R.*, Multiagent pathfinding with continuous time // Artificial Intelligence. – 2022. – P. 103662.
3. *Andreychuk A., Yakovlev K., Boyarski E., Stern E.*, Improving continuous - time conflict based search // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. V. 35. – 2021. – P. 11220–11227.
4. *Andreychuk A., Yakovlev K., Boyarski E., Stern E.*, Improving continuous - time conflict based search // Proceedings of the 14th International Symposium on Combinatorial Search, SoCS 2021. – 2021. – P. 145–146.
5. *Andreychuk A.* Multiagent path finding with kinematic constraints via conflict based search // Lecture Notes in Artificial Intelligence. V. 12412. – Springer, Cham, 2020. – P. 29–45.
6. *Андрейчук А. А.*, Исследование алгоритма конфликтно-ориентированного поиска для решения задачи планирования совокупности неконфликтных траекторий для множества агентов // Семнадцатая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. КИИ 2019 (21–25 октября 2019 г., г. Ульяновск, Россия). Сборник научных трудов. Т. 1. – 2019. – С. 93–101.
7. *Андрейчук А. А.*, Алгоритм планирования и согласования совокупности траекторий для группы интеллектуальных агентов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2018. – № 4. – С. 72–85.
8. *Андрейчук А. А.*, Эффективный поиск ограниченно субоптимальных решений задачи многоагентного планирования // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2022. – № 1. – С. 57–70.

В написанных в соавторстве работах основные результаты, представленные в диссертации, получены Андрейчуком А.А. лично.

Диссертационная работа Андрейчука Антона Андреевича «Методы конфликтно-ориентированного поиска для планирования совокупности безопасных траекторий мобильных агентов с учетом возможности совершения действий произвольной продолжительности» рекомендовалась к доработке с учетом требований РУДН согласно Положению о присуждении ученых степеней в РУДН, утвержденного Ученым советом РУДН протокол № 12 от 23.09.2019 г., на заседании кафедры информационных технологий ФФМиЕН РУДН (28.06.2021 г., протокол № 0200-05-04/06).

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Диссертационная работа Андрейчука Антона Андреевича рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика.

Актуальное заключение принято на заседании кафедры информационных технологий факультета физико-математических и естественных наук РУДН 12 мая 2023 г. (протокол № 0200-05-04/07). Присутствовало на заседании 17 чел.

Результаты голосования: «за» – 17 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Председательствующий на заседании:
заведующий кафедрой информационных технологий
доктор физико-математических наук



Ю.Н. Орлов

Подпись Ю.Н. Орлова удостоверяю.
Ученый секретарь ученого совета
факультета физико-математических
и естественных наук РУДН к.ф.-м.н.



И.С. Зарядов