

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Аль-Саиди Аднана Адаба К.** на тему «Метод и алгоритмы планирования маршрутов движения автономного карьерного транспорта с использованием параллельных вычислительных процедур», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» и состоявшейся в НИТУ МИСИС
24 сентября 2024г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 24.06.2024г., протокол №21.

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) на кафедре автоматизированных систем управления института Информационных технологий и компьютерных наук.

Научный руководитель – Темкин Игорь Олегович, доктор технических наук, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол №21 от 24.06.2024г.) в составе:

1. Гончаренко Сергей Николаевич – д.т.н., профессор кафедры автоматизированных систем управления НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Кривоножко Владимир Егорович – д.ф.-м.н., профессор кафедры автоматизированных систем управления НИТУ МИСИС;
3. Куприянов Вячеслав Васильевич – д.т.н., профессор кафедры автоматизированных систем управления НИТУ МИСИС;
4. Матерухин Андрей Викторович – д.т.н., профессор кафедры информационно-измерительных систем, декан факультета геоинформатики и информационной безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии»;
5. Филимонюк Леонид Юрьевич – д.т.н., заведующий лабораторией №27, ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук.

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский

государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- проанализированы основные подходы к прогнозированию характеристик и оптимизации транспортных систем, включая нейросетевые модели и параллельные вычислительные алгоритмы
- разработана процедура построения оценочных функций, позволяющих сравнить различные потенциальные трассы перемещения автономного самосвала, на основе мульти-фрактальной («плиточной») цифровой модели карьерных дорог;
- сформулирован критерий оптимальной маршрутизации с учетом конкретных трасс перемещения автосамосвала, учитывающий состояние дорожного полотна и фактическое расположение роботов-самосвалов в различных зонах карьера;
- разработан метод построения оптимальных трасс перемещения роботов-самосвалов с учетом состояния конкретных участков дорожного полотна и используемых скоростных режимов;
- разработан алгоритм определения оптимальной трассы, построенный на основе алгоритма Дейкстры с использованием модели разделяемой памяти и библиотеки OpenMP;
- разработан алгоритм прогнозирования скорости робота-самосвала в любой точке дорожного полотна, который реализован на базе оригинальной нейронной сети с граф-конволюционной архитектурой.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- предложен новый метод планирования маршрутов движения автономных самосвалов в карьере, который базируется на использовании мультифрактальной цифровой модели транспортно-технологических зон карьера и позволяет рассматривать маршрут, как совокупность конкретных трасс перемещения самосвалов по технологическим дорогам, а также учитывать различные факторы, влияющие на эффективность работы карьерного транспорта;
- разработан модифицированный алгоритм Дейкстры для определения оптимальной трассы на основе критерия оптимальности, сформированного с использованием оригинальной функции стоимости; данный алгоритм реализуется с применением модели разделяемой памяти и библиотеки OpenMP, а его отличительной особенностью является распараллеливание вычислительных процессов только при выполнении циклов, что позволяет существенно снизить время осуществления поиска в графах большой

размерности и, следовательно, снизить на 50 - 80% время, затрачиваемое на построение или перестроение трассы для перемещения робота-самосвала;

- разработан алгоритм прогнозирования скорости робота-самосвала в любой точке дорожного полотна, который реализован на базе оригинальной нейронной сети с граф-конволюционной архитектурой, а результаты его работы используются при формировании функции стоимости и позволяют осуществить более полную оценку вариантов перемещения;

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

разработанные автором программные модули, реализующие метод оптимальной маршрутизации автономных самосвалов, обеспечивают возможность построения наиболее рациональных трасс для их перемещения в реальных условиях функционирования диспетчерских систем управления транспортно-технологическими операциями в карьерах. Внедрение предложенных метода и алгоритмов может способствовать повышению эффективности работы автономных транспортных систем, уменьшить количество аварийных ситуаций и снизить эксплуатационные затраты. Автором детально рассмотрены вопросы интеграции разработанных алгоритмов с существующими системами управления карьерным транспортом, что позволяет минимизировать затраты на внедрение и обеспечить быстрое получение результатов. Также в работе приведены примеры успешного применения разработанных решений в условиях реальных производственных процессов, что подтверждает их практическую ценность. Разработанные методы и алгоритмы могут быть адаптированы для использования в различных отраслях промышленности, где требуется планирование движения автономного транспорта.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

Полученные автором результаты подтверждаются грамотным анализом известных методов поиска оптимальных маршрутов на графах, корректным использованием технологий работы с глубокими нейронными сетями, а также большим объемом компьютерных экспериментов с данными реальных карьеров и проведением сравнительного анализа с известными решениями. Моделирование различных сценариев движения карьерного транспорта показало, что разработанные алгоритмы обеспечивают оптимальное планирование маршрутов с учетом ряда факторов, которые не рассматриваются в традиционных подходах.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии соискателя в получении исходных данных, обработке и интерпретации экспериментальных данных,

разработке основных алгоритмических и программных компонент созданного метода оптимальной маршрутизации автономных карьерных самосвалов, а также подготовке публикаций по выполненным исследованиям.

Соискатель представил 5 печатных работ, из которых 2 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Пункт 2.6 Положения о присуждении ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Аднана Адаба К. Аль-Саиди соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней, на основании выполненных автором исследований решена актуальная научно-техническая задача, заключающаяся в повышении эффективности работы автономного карьерного транспорта за счет оптимизации маршрутов движения роботов - самосвалов на основе оперативного планирования трасс для их перемещения, с учетом ряда микро-факторов, влияющих на расход топлива и ударные нагрузки на узлы автосамосвалов.

Научная специальность полностью соответствует паспорту специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» (пункты 4, 5, 9).

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения **Аль-Саиди Аднану Адабу К.** ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Результаты голосования

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала:

за - 5,

против - 0,

недействительных бюллетеней - 0.

Председатель Экспертной комиссии

д.т.н., профессор кафедры

автоматизированных систем управления

НИТУ МИСИС

 Гончаренко С.Н.

«24» сентября 2024г.