

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»,
доктор технических наук, доцент



Башкиров А.В.

М.П.

апреля 2026 г.

**ОТЗЫВ
ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»**

на диссертацию и автореферат Ефимушкина Николая Андреевича на тему «Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении техническим обслуживанием рельсового пути железной дороги», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Актуальность темы

Актуальность темы диссертации Ефимушкина Николая Андреевича на тему «Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении техническим обслуживанием рельсового пути железной дороги» обусловлена возрастающими требованиями к надежности высокоскоростных магистралей. Увеличение скорости и повышение интенсивности прохождения поездов приводит к значительному износу компонентов рельсового пути. Необходим постоянный контроль состояния таких элементов, как рельсовые скрепления, рельсовые стыки, шпалы и другие устройства инфраструктуры железнодорожного пути. С этой целью используются вагоны-лаборатории или путеизмерители для скоростного обнаружения дефектов рельсового пути с помощью видеозаписи. Однако проблема заключается в том, что полученные видеоданные имеют очень большой объем и их обработка операторами в ручном режиме не позволяет выявить дефекты пути за требуемое время.

Одной из актуальных задач является автоматическое распознавание и классификация дефектов рельсового пути. Решение этой задачи является базовым при построении системы поддержки принятия решений (СППР) для оптимального управления техническими бригадами по устранению дефектов.

В связи с этим в качестве основной цели исследования выбрана разработка моделей и алгоритмов управления процессами технического обслуживания и

С отзывом ознакомлен Ефимушкин Н.А.
Н.А. 24.04.2026

ФГБОУ ВО «СамГТУ»
"24" 04. 2026
Вход. № 8/И

ремонта (ТОиР) рельсового пути на основе интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

Соискатель ученой степени сформулировал и решил следующие задачи и получил соответствующие результаты:

- 1) проведен системный анализ процессов управления при техническом обслуживании и ремонте рельсового пути;
- 2) выполнено построение онтологии процесса диагностики и технического обслуживания рельсового пути и формирование на её основе базы знаний, аксиом и правил вывода для получения новых знаний о состоянии рельсового пути на линейном участке;
- 3) разработан способ диагностики состояния элементов верхнего строения пути и оперативной классификации дефектов с использованием глубоких сверточных сетей;
- 4) предложена и решена задачи оптимизации времени проведения ремонтных работ и распределения материальных и трудовых ресурсов;
- 5) разработана интеллектуальная система поддержки принятия решений для управления процессом технического обслуживания и ремонта и назначения рабочих бригад на устранение выявленных неисправностей рельсового пути.
- 6) элементы программного обеспечения зарегистрированы в ФИПС.

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 132 наименований, изложена на 184 страницах текста, содержит 82 рисунка, 26 таблиц и 6 приложений.

В первой главе проведен системный анализ задач мониторинга и управления техническим обслуживанием верхнего строения рельсового пути. Проанализированы известные методы и решения по автоматическому обнаружению и классификации дефектов. Проведено формальное описание организационной структуры системы технического обслуживания рельсового пути. Сформулированы задачи построения системы поддержки принятия решений, обеспечивающей оперативное управление устранением неисправностей пути с помощью рабочих бригад с учетом имеющихся ресурсов. Предложена обобщенная структура системы управления ТОиР рельсового пути с разрабатываемой СППР.

Вторая глава посвящена разработке онтологии и семантической модели процесса технического обслуживания рельсового пути линейного участка железной дороги. На основе результатов онтологического проектирования и определения основных правил вывода с учетом функционирования изучаемой предметной области разработана СППР для назначения рабочих бригад на устранение выявленных дефектов пути.

В третьей главе разработан интеллектуальный классификатор на трех искусственных нейронных сетях для автоматического анализа состояний элементов верхнего строения пути. Проведен выбор архитектур глубоких искусственных нейронных сетей для классификации выявляемых дефектов. Разработана процедура формирования датасетов для обучения нейронных сетей. Проведен

анализ метрик интеллектуального классификатора и показано, что качество распознавания отвечает предъявляемым требованиям.

В четвертой главе выполнена постановка и решение оптимизационной задачи назначения рабочих бригад на ремонтные работы по устранению дефектов, выявленных и классифицированных с помощью разработанного интеллектуального классификатора. На основе разработанной онтологии и базы знаний ТООР выведены условия для постановки задачи назначений рабочих бригад в виде задачи целочисленного линейного программирования с булевыми переменными. Разработан новый комплекс ограничений задачи, учитывающий специфику производственного процесса обслуживания рельсового пути.

В пятой главе описано внедрение результатов работы в вагоне-путеизмерителе и выполнение экспериментов на участках Куйбышевской железной дороги.

Обоснованность научных положений и выводов. Обоснованность сформулированных автором диссертации основных научных положений подтверждается корректным применением методов математического программирования, искусственных нейронных сетей, согласованностью численных экспериментов с результатами практического использования методики и моделей в производственном процессе.

Научная новизна.

Научной новизной характеризуются предложенные в работе:

- онтология процесса технического обслуживания и ремонта верхнего строения пути, основанная на построении базы знаний, аксиом и правил вывода для получения новых знаний о состоянии рельсового пути на линейном участке с перегонами;

- интеллектуальный классификатор дефектов верхнего строения пути, отличающийся комплексным использованием трёх глубоких нейронных сетей: основной модели для распознавания всех объектов рельсового пути и двух дополнительных моделей для более точного распознавания объектов в рельсовых стыках и на рельсовых накладках соответственно, построенный на базе архитектуры SSD с классификатором в виде многослойной нейронной сети Mobilenet;

- постановка и решение задачи оптимального назначения рабочих бригад для устранения дефектов рельсового пути на основе целочисленного линейного программирования с булевыми переменными, в которой, в отличие от известных решений, использован критерий минимума времени ремонтных работ и введены ограничения на длительность технологических окон, на расположение неотложных и укрупненных бригад в зависимости от классов и степени выявленных дефектов рельсового пути;

- структура системы поддержки принятия решений при техническом обслуживании рельсового пути, отличающаяся использованием глубокой сверточной нейронной сети для оперативного формирования базы знаний по выявленным дефектам и решением целочисленной задачи оптимизации для формирования правил назначения рабочих бригад, обеспечивающая снижение време-

ни на ТОиР в среднем на 12% по сравнению с временными затратами на аналогичные работы в предыдущие периоды времени.

Все перечисленные результаты, полученные в рамках диссертационной работы, являются новыми и достоверными и соответствуют требованиям Положения ВАК РФ.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в развитии теории интеллектуальных средств управления техническим обслуживанием железнодорожного пути на основе формального описания и формирования знаний о производственных процессах устранения дефектов рельсового пути и использования интеллектуального анализа данных.

Практическая значимость заключается в применении результатов диссертации для автоматизации обработки визуальных данных о состоянии рельсового пути и принятии решений при работе вагонов-путеизмерителей в реальном времени, что обеспечивает сокращение времени ремонтных работ и повышение эффективности использования ресурсов. Результаты диссертации могут применяться при техническом обслуживании других протяженных технических объектов.

Основные результаты внедрены в АО НПЦ ИНФОТРАНС, г. Самара, в диагностическом комплексе инфраструктуры (ДКИ) железнодорожного пути на базе вагона-путеизмерителя. Также использованы в учебном процессе Самарского государственного технического университета при подготовке по образовательным программам бакалавриата по направлениям «Информатика и вычислительная техника» и «Программная инженерия».

Тематика работы соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»: п. 2. «Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»; п. 4. «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»; п.10. «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах».

Рекомендации по внедрению.

Модели, методы и алгоритмы, разработанные в диссертации Ефимушкина Н.А. на тему «Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении техническим обслуживанием рельсового пути железной дороги», рекомендуются к внедрению в Научном центре «Инфраструктура» АО «ВНИИЖТ», г. Москва; Институте пути, строительства и сооружений (ИПСС) Российского университета транспорта, г. Москва; в обслуживающих предприятиях ОАО «Российские железные дороги (РЖД)», Белорусской железной дороги (БЧ), Республика Беларусь, г. Минск.

По автореферату и диссертации имеются замечания.

1. В работе подразумевается, что СППР и её компоненты разрабатываются для использования на линейных участках российских дорог (в основе лежит

организационная структура и классификации РЖД). Обладает ли разрабатываемая система универсальностью для использования в других странах (СНГ, Европы, Азии)?

2. Автор не поясняет, почему для проектирования онтологии был выбран именно редактор Protégé. Какими преимуществами он обладает перед другими средствами построения онтологий?

3. Многие понятия и свойства онтологии, а также некоторые аксиомы разработаны и подробно описаны автором в диссертации, но не используются далее для вывода новых знаний в Protégé или при решении задачи назначений.

4. В диссертации при формировании изображений верхнего строения рельсового пути используются линейные камеры, выполняющие съёмку в оттенках серого. Почему автор не использует цветные камеры? Это позволило бы улучшить качество распознавания элементов пути и повысить точность обнаружения дефектов.

5. Введенные в первой главе правила 1.1 и 1.2, ограничивающие число монёров в ремонтных бригадах, не используются далее в четвертой главе при решении задачи оптимизации назначений бригад.

6. Неясно, вычисляется ли метрика mAP интеллектуального классификатора отдельно по классам или для всех классов сразу.

7. При постановке задачи оптимизации автор задаёт для устранения дефекта ограничение на одно технологическое окно. Но на самом деле таких окон может потребоваться несколько (особенно, при наличии дефектов II степени).

8. В ограничении задачи оптимизации (выражение 5.2) отсутствует указание на зависимость стоимости работ от числа неотложных и укрупнённых бригад.

Заключительная оценка.

В целом указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают оценки ее значимости. Диссертация Ефимушкина Николая Андреевича является законченной научно-исследовательской работой, содержащей новое решение важной научно-технической проблемы.

Основные результаты диссертации опубликованы в 12 научных работах, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 1 – в издании, индексируемом в Scopus) и два свидетельства о регистрации программы для ЭВМ). Публикации полно отражают содержание диссертации.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на Международных и других тематических конференциях и семинарах.

Диссертационная работа по актуальности избранной темы, научной новизне, глубине проработки всего комплекса задач и практической значимости полученных результатов, обоснованности выводов и рекомендаций соответствует Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2015 г. № 842 (со всеми последующими изменениями), а ее автор, Ефимушкин Николай Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Настоящий отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании кафедры автоматизированных и вычислительных систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», протокол № 11 от 14 апреля 2026 г.

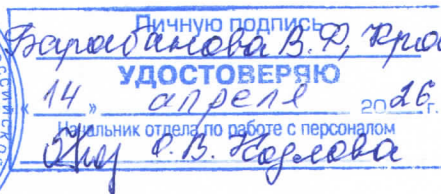
Отзыв составлен:

Заведующий кафедрой автоматизированных и вычислительных систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,
д.т.н. профессор

 В.Ф. Барабанов

Профессор кафедры автоматизированных и вычислительных систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,
д.т.н. профессор

 О.Я. Кравец



Сведения о составителях отзыва:

Барабанов Владимир Федорович, д.т.н., профессор, защитил докторскую диссертацию по специальности 05.13.12.

Контактный телефон: +7473 2072220

Адрес электронной почты: bvf@list.ru

Кравец Олег Яковлевич, д.т.н., профессор, защитил докторскую диссертацию по специальности 05.13.09.

Контактный телефон: +7473 2072220

Адрес электронной почты: csit@bk.ru

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный технический университет"

Почтовый адрес: ул. 20-летия Октября, д. 84, г. Воронеж, 394006

Телефон: +7(473) 271-59-05

E-mail: rector@vorstu.ru

Сайт: <http://cchgeu.ru>