

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора заведующего кафедрой «Инженерная геодезия», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения» Щербакова Владимира Васильевича на диссертационную работу Рощина Дмитрия Александровича «Комплексная видеограмметрическая система компьютерного зрения для контроля геометрических параметров железнодорожного пути», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена важностью в теоретическом и прикладном аспектах совершенствования систем мониторинга и диагностики железных дорог, а также систем управления дорожно-строительной техникой, предназначенной для проведения ремонтно-восстановительных работ, на основе системного подхода к контролю геометрических параметров нижнего и верхнего строений железнодорожного пути, характеризующих его техническое и транспортно-эксплуатационное состояние, устойчивое функционирование объектов железнодорожной инфраструктуры и безопасность грузопассажирских перевозок.

Ключевая научная проблема заключается в отсутствии теоретических знаний о способах и методах оперативного контроля геометрических параметров поврежденных участков железных дорог в условиях частичной или полной недоступности сигналов глобальной навигационной спутниковой системы. Противоречивая ситуация возникает вследствие невозможности применения на поврежденных участках пути средств контроля, передвигающихся по рельсовым путям, при этом беспилотные летательные аппараты не обеспечивают достаточную точность измерений.

Обоснованность научных положений и достоверность результатов исследований подтверждается корректным применением методов системного анализа, классических методов исследований и фундаментальных положений оптики, теории вероятности, математической статистики, технологий искусственного интеллекта, а также результатами натурального, имитационного и агентного моделирования.

Научная новизна положений, выносимых на защиту, выводов и рекомендаций диссертационного исследования заключается в разработке концепции проектирования комплексной видеограмметрической системы компьютерного зрения на элементной базе радиоэлектронных и оптико-электронных средств измерений утвержденного типа, а также научно-обоснованных методов, направленных на повышение производительности и точности контроля геометрических параметров железнодорожного пути посредством выявленных взаимосвязей между функционально-пространственными свойствами объектов и их видеоизображением, полученном с определенного ракурса съемки. В результате определен и исследован новый класс видеограмметрических систем, разработаны



математическая и физическая модели данной системы а также комплекс научно-обоснованных технических решений, методов и передовых разработок в области метрологического обеспечения железных дорог, позволивших научно обосновать перспективную информационно-измерительную и управляющую систему для контроля геометрических параметров железнодорожного пути, расширить её функциональные возможности, улучшить технические характеристики, обеспечить высокую гибкость и устойчивостью к внешним факторам, что способствовало повышению точности и оперативности применения технических средств контроля железнодорожного пути в условиях неуверенного приема спутниковых радионавигационных сигналов при одновременной оптимизации трудозатрат на обслуживание в целях удовлетворения современным тенденциям повышения скоростей движения железнодорожного транспорта на проектируемых и строящихся высокоскоростных железнодорожных магистралях.

Содержание диссертационной работы Рощина Дмитрия Александровича по главам соответствует их краткой характеристике в автореферате. Диссертационная работа содержит 441 страницу основного текста, включая введение, пять глав, заключение, а также библиографический список из 359 наименований и четыре приложения. Общий объем работы составляет 475 страниц, В диссертации проанализированы отечественные и зарубежные научные работы, посвященные методам и средствам контроля геометрических параметров железнодорожного пути.

Отдельно отмечу **материалы главы 1**, в которой сформулирована постановка задач исследования и научно обоснованы требования к видеограмметрической системе компьютерного зрения для контроля геометрических параметров железнодорожного пути, определены ее структура и состав элементной базы средств измерений утвержденного типа (стр. 23-75).

В **материалах главы 2** проводится обзор и анализ общих принципов и физико-математических основ измерений геометрических параметров железнодорожного пути (стр. 76-125), в частности оптических методов измерений (стр. 77-86), обобщенной технологии компьютерного зрения (стр. 106-114), а также представлены методические и технологические основы координатно-временной привязки результатов измерений (стр. 114-124).

Материал главы 3 посвящен: разработке видеограмметрического устройства в составе видеограмметрической системы компьютерного зрения и совершенствованию координатных методов измерений на основе технологии компьютерного (технического) зрения, позволяющей получать информацию об объекте измерений из его оптических изображений путем применения законов геометрической оптики, физики, теории обучения, статистических методов и математических моделей (стр. 126-209); конструированию физической модели видеограмметрической системы (стр. 127-134); рассмотрению методов обнаружения объектов, излучающих тепловую энергию (стр. 135-137), движущихся объектов (стр. 137-138), объектов на цветных изображениях (стр. 138-142), методов обнаружения объектов по габаритам на изображении (стр. 142-143), по форме поверхности (стр. 143-149), по частоте мигания (стр. 149-

150). Также оценивается влияние визуальных признаков визирной цели на вероятность ее обнаружения видеограмметрической системой (стр. 150-158). Разрабатывается комплекс фотограмметрических методов для определения дальности и пространственного положения объекта измерений (стр. 158-187). Описываются методы определения координат объекта измерений в локальной (стр. 188-195) и глобальной (стр. 195-207) системах координат.

В материалах 4 главы описаны результаты исследования по применению разработанных методов для решения различных прикладных контрольно-измерительных задач, возникающих в процессе строительства, ремонта и эксплуатации железнодорожного пути. Рассматриваются вопросы организации информационного обеспечения для сегментов видеограмметрической системы, включая мониторинг и дистанционное зондирование железнодорожного пути для выявления дефектов земляного полотна и формирования 3-D моделей поврежденных участков пути, а также планово-высотное обоснование и вынос проекта строительства (восстановления) железной дороги в натуру, операционный контроль геометрических параметров земляного полотна и рельсовой колеи (стр. 210-198). Предлагаются методы оперативного контроля состояния железной дороги с помощью беспилотных авиационных систем (стр. 214-239), методы проектирования железнодорожных путей (стр. 239-257), методы контроля геометрических параметров земляного полотна (стр. 257-277) и рельсовой колеи (стр. 277-286), а также методы повышения безопасности грузопассажирских перевозок (стр. 286-294).

Материалы 5 главы содержат метрологический анализ видеограмметрической системы компьютерного зрения для контроля геометрических параметров ж/д пути в процессе строительства, ремонта и эксплуатации ж/д пути (стр. 299-392), включая шумовые составляющие погрешности результата измерений оптико-электронными приборами (стр. 306-314), погрешность измерения визирной цели (стр. 314-357), оценку погрешностей определения координат точек железнодорожного пути (стр. 357-365), рабочего органа строительной техники (стр. 365-369), погрешностей определения геометрических параметров рельсовой колеи (стр. 369-382), погрешностей определения координат по спутниковым сигналам (стр. 382-386), а также сравнительный анализ метрологических характеристик видеограмметрической системы компьютерного зрения (стр. 386-389).

Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов заключается в развитии теоретических основ формирования цифровых моделей железнодорожного пути и прилегающей территории на основе применения технологий компьютерного зрения, лазерного сканирования и координатных измерений по сигналам ГНСС. В основу теории положен метод компьютерной обработки АФС железнодорожного пути и данных лазерного сканирования, с помощью которых устраняется влияние условий приёма сигналов ГНСС на точность определения координат точек сканируемой поверхности пути. Таким образом, точность получаемых трехмерных моделей становится приемлемой для использования их в целях диагностики и контроля геометрических параметров железнодорожного пути. Кроме этого, появляется

возможность использовать полученные трехмерных модели в САПР и оценивать с их помощью объемы земляных работ, требуемые для ремонта или реконструкции участка железнодорожного пути, что позволяет производить многовариантные расчеты и повышает эффективность проектных решений.

Практическая значимость работы Рощина Дмитрия Александровича заключается в разработанном алгоритмическом и программном обеспечении видеограмметрических систем, методов распознавания и классификации объектов, ориентирования и навигации систем компьютерного зрения, сбора пространственных данных и интегрированной обработки данных о техническом состоянии железных дорог. Результаты исследования, включающие разработанные методы и подходы, подтверждают свою работоспособность и эффективность при использовании для решения важных практических контрольно-измерительных задач на железнодорожном транспорте, а также реализации проектов строительства и реконструкции железных дорог.

Результаты работы в достаточном объеме представлены в 32 статьях в периодических и научно-технических журналах, в которых ВАК рекомендует публикацию основных результатов докторской диссертации; 4 статьях в изданиях, индексируемых наукометрическими базами Web of Science и/или Scopus; 33 статьях в сборниках материалов Международных и Всероссийских научных конференций (без соавторства опубликовано 91 работа). Получены патенты на 12 изобретений и свидетельства о государственной регистрации 12 программ для ЭВМ.

Как положительный фактор следует отметить внедрение результатов работы в интеллектуальную систему автоматизированного управления базовым техническим средством беспилотной строительной и специальной, выпускаемой на тракторном заводе «ДСТ-УРАЛ», предназначенной для выполнение информационно-измерительных и управляющих процессов строительства и восстановления железных дорог. Также разработаны многофункциональный комплекс с БПЛА легкого класса и программный комплекс, которые в настоящее время применяется в целях мониторинга и диагностики железнодорожных путей и для высокоточной оценки объемов грунта при строительстве (восстановлении) земляного полотна железных дорог, что подтверждено соответствующими актами о внедрении результатов диссертационного исследования. Материалы диссертации нашли применение при выполнении НИР в рамках реализации национального проекта "План комплексной модернизации и расширения магистральной инфраструктуры" на период до 2024 года, что подтверждает высокий уровень, обоснованность и достоверность результатов исследований, направленность на решение крупных научных и практических задач.

Общие замечания по работе

1. Комплексная видеограмметрическая система, предложенная соискателем, позволяет с использованием комплекса различных технических решений решать задачи мониторинга рельсовой колеи, верхнего и нижнего строения железнодорожного пути, контроля и управления строительной (дорожной) техникой, при этом не в полной мере исследованы эффекты от

применения разработанной автором информационно-измерительной системы, не в качестве отдельно взятых сегментов, а как единой комплексной системы, представляющей собой новый тип информационно-измерительных систем.

2. При разработке систем компьютерного (технического) зрения и комплекса практических задач, решаемых на железной дороге, необходимо рассматривать специфику и условия работы измерительной техники. На вероятность распознавания рельсовой колеи большое влияние оказывают рабочие условия, ограничивающие оптическую видимость системы, из-за различных предметов, песка, снега и т.п., большое значение имеют динамические характеристики измерительной системы, например задержки в обработке сигнала на интервале времени 0.1-1 секунды, кроме этого, влияние оказывает также вибрация средства контроля, кратковременно изменяющая угловую ориентацию оптических устройств, что требует более детальных исследований разработанной измерительной системы.

3. Большой объем выполненных исследований, наличие в работе практически всех известных и применяющихся на железных дорогах измерительных средств и систем управления строительной техникой требует методологической доработки по классификации систем управления строительной техникой, средств и методов создания цифровых проектов на ремонт железных дорог, в том числе с применением предлагаемой комплексной видеограмметрической системы.

4. Практическое использование на железной дороге результатов исследований, учитывая задачи исследований, представлены в обобщенном виде, без привязки к технологическим процессам. В работе не представлены этапы ремонта и их реализация с использованием предлагаемых технических решений, например на этапе балластировки пути используется комплексная система управления электробалластером, а на этапе чистовой выправки используется уже другая система выправки (нивелировки) выправочно-подбивочно-рихтовочной машиной. При этом цифровой проект представляет собой совокупность пространственных данных и геометрических параметров, связанных с реперной или геодезической системами координат, что предполагает необходимость оснащения всех дорожно-строительных машин видеограмметрическими устройствами для ориентирования по визирным целям с учетом специфики работы каждой машины.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации, написанной автором самостоятельно, обладающей внутренним единством, содержащей новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствующие о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Заключение

Представленная на рассмотрение диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно на высоком научном уровне. В работе впервые приведены результаты, позволяющие квалифицировать их как решение важной научно-технической проблемы

создания методов и средств оперативного контроля геометрических параметров в условиях неуверенного приема спутниковых радионавигационных сигналов, которые имеют важное социально-экономическое значение для удовлетворения современным требованиям повышения безопасности, сокращения времени строительства (ремонта) железных дорог, а также увеличения пропускной и провозной способностей ж/д магистралей в России. Диссертационное исследование соответствует пунктам 1-4, 7, 8 паспорта специальности 2.2.11. В работе предлагаются конкретные рекомендации по использованию полученных результатов и выводов диссертации.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа написана грамотно и аккуратно оформлена. По каждому разделу и работе в целом сделаны выводы. Автореферат правильно и всестороннее дает представление о выполненной диссертационной работе, содержит в сжатом виде необходимую информацию. Опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Рощина Дмитрия Александровича «Комплексная видеограмметрическая система компьютерного зрения для контроля геометрических параметров железнодорожного пути» соответствует требованиям раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, пунктам 9-11, 13, 14, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, п.
Заведующий кафедрой «Инж»
ФГБОУ ВО «Сибирский госу.
университет путей сообщения

Васильевич

« 20» февраля 2025 г.

Ученый секретарь ученого с
канд. техн. наук, доцент

олаевич.

Сведения о лице, подписавшем о
Щербаков Владимир Васильевич

Место работы и должность: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения», кафедра «Инженерная геодезия», заведующий

Почтовый адрес организации: 630049, Россия, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191

Контактный телефон организации: + 7(383)328-04-70

Адрес электронной почты: public@stu.ru

Специальность, по которой получена ученая степень доктора технических наук: 25.00.32 "Геодезия"

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертационной работе Рощина Дмитрия Александровича на тему «Комплексная видеограмметрическая система компьютерного зрения для контроля геометрических параметров железнодорожного пути», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.11. – «Информационно-измерительные и управляющие системы»

Фамилия, имя, отчество (полностью)	Щербаков Владимир Васильевич
Ученая степень (с указанием отрасли науки)	Доктор технических наук
Шифр и наименование специальности, по которым защищена диссертация	Специальность 25.00.32 "Геодезия"
Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО СГУПС)
Ведомственная принадлежность организации	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Занимаемая должность	Заведующий кафедрой
Адрес организации, телефон, адрес электронной почты	630049, Россия, Новосибирская обл., г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191 тел.: + 7(383)328-04-70 факс: +7(383)226-79-78 e-mail: public@stu.ru
Список основных публикаций оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет, не более 15 публикаций	
1. Тимофеев, Е. Н. Сравнительный анализ продольных профилей, полученных по результатам натурной съемки с использованием спутникового нивелирования / Е. Н. Тимофеев, Н. В. Ефимов // Пространство колеи 1520: проблемы, потенциал, перспективы : Сборник трудов Межвузовской студенческой научно-практической конференции с международным участием, Москва, 18 апреля 2024 года. – Москва: ООО "Сам Полиграфист", Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 303-311.	
2. Щербаков, В. В. Средства и методы измерения ровности покрытий автомобильных дорог / В. В. Щербаков, А. В. Конкин, И. В. Щербаков, О. В. Ковалева // Дороги и мосты. – 2021. – № 1(45). – С. 61-74.	

3. Щербаков, В. В. Разработка и исследование комплекса технологических решений автоматизации геодезического обеспечения реконструкции и ремонта железнодорожных путей : специальность 25.00.32 "Геодезия" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Щербаков Владимир Васильевич, 2020. – 211 с.
4. Щербаков, В. В. Методика применения лазерных сканеров для геодезического обеспечения проектно-изыскательских работ на железной дороге / В. В. Щербаков // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. – Т. 64, № 3. – С. 289-297. – DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-3-289-297.
5. Щербаков, В. В. Технология бокового нивелирования при постановке железнодорожного пути в проектное положение / В. В. Щербаков, А. П. Карпик, И. В. Щербаков, М. Н. Барсук // Геодезия и картография. – 2020. – Т. 81, № 8. – С. 18-23. – DOI 10.22389/0016-7126-2020-962-8-18-23.
6. Щербаков, В. В. Контроль уплотнения балласта при капитальном ремонте / В. В. Щербаков, И. В. Щербаков, И. В. Земерова, К. В. Челядинова // Путь и путевое хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 13-17.
7. Shcherbakov, V. Automation of Railroad Construction Technology Using Surveying Methods / V. Shcherbakov, M. Barsuk, A. Karpik // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1116. – P. 199-208. – DOI 10.1007/978-3-030-37919-3_19.
8. Щербаков, В. В. Методика создания цифровых проектов для автоматизированных систем управления строительной железнодорожной техникой / В. В. Щербаков // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 127-138. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-127-138.
9. Щербаков, В. В. Цифровые технологии при строительстве и эксплуатации железнодорожной инфраструктуры / В. В. Щербаков, А. А. Земерова, С. А. Комягин // Транспортное строительство. – 2019. – № 2. – С. 9-12.

Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Инженерная геодезия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО СГУ

(подпись)

Щербаков В. В.

льевич
ента

Щербаков В. В.