

О Т З Ы В

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА ЮРЕНКО КОНСТАНТИНА ИВАНОВИЧА

**на диссертацию Куриненко Марианны Витальевны
«Интеллектуальная интегрированная навигационная система с
обучением алгоритма стохастической оценки параметров движе-
ния подвижных единиц железнодорожного транспорта по непе-
риодическим точным измерениям», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы**

Диссертационная работа Куриненко Марианны Витальевны «Интеллектуальная интегрированная навигационная система с обучением алгоритма стохастической оценки параметров движения подвижных единиц железнодорожного транспорта по неперидическим точным измерениям», состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Объем пояснительной записки составляет 164 страниц текста, в том числе 143 страницы основного текста, 35 рисунков, 12 таблиц и 76 формул, списка использованных источников из 133 наименований и 5 страниц приложений.

Актуальность темы диссертации. С целью развития транспортной системы России в целом, и в частности, железнодорожного транспорта, в настоящее особое внимание уделяется практической реализации скоростного и высокоскоростного движения при повышении уровня автоматизации управления перевозочным процессом и безопасности движения. Достижение этого связано, в том числе, с совершенствованием информационно-навигационных систем подвижного состава, позволяющих точно оценивать параметры движения объектов управления в различных условиях. Несмотря на непрерывное совершенствование конструкции интегрированных систем навигации, их аппаратно-программных средств, существующая точность решения навигационных задач не соответствует современным и перспективным требованиям к ПЕ ЖДТ. Интеграция спутниковых, инерциальных и неинерциальных навигационных систем (НС) с целью высокоточного позиционирования и определения угловой ориентации подвижных единиц железнодорожного транспорта (ПЕ ЖДТ) в условиях интенсивных помех измерения, представляет собой перспективное направление исследований, однако связано с рядом трудностей, обусловленных как рассинхронизацией каналов различных источников сигнала, отсутствием периодичности измерений в некоторых из них, эффектом накопления ошибки инерциальных устройств, а также влиянием интенсивных помех, характерных

для условий эксплуатации ЖДТ. Поэтому преодоление указанных проблем путем развития и уточнения математических моделей и создания новых алгоритмов на основе совместное использования методов нелинейной стохастической фильтрации и машинного обучения представляет собой важную научно-техническую задачу.

Актуальность темы диссертационного исследования подтверждается основными положениями распоряжения Правительства РФ от 27.ноября 2021 г. № 3363-р «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» и Постановлением Правительства от 25 августа 2008 г. № 641 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS», которые предусматривают развитие навигационных систем как части повышения пространственной связанности и мобильности населения, а также применение современных навигационных решений для оптимизации маршрутов и повышения безопасности.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Автором диссертации на основе корректного использования основных положений и методов теории нелинейной стохастической фильтрации, инерциальной и спутниковой навигации, машинного обучения, имитационного моделирования и вычислительного эксперимента:

- предложена полная нелинейная модель вектора состояния интегрированной НС, применимая для произвольного временного интервала и характера движения ПЕ ЖДТ.

- разработаны модели автономных наблюдателей вектора навигационных параметров ПЕ ЖДТ для режимов интеллектуальной интеграции НС, обеспечивающие возможность применения существующих методов стохастической фильтрации; показана эффективность их использования в интеллектуальных системах железнодорожного транспорта в условиях интенсивных помех измерения.

- аналитически решена задача построения дискретного линейного фильтра Калмана, обучаемого по непериодическим точным измерениям, для повышения точности оценки параметров движения ПЕ ЖДТ; показана возможность обучения непосредственно самого алгоритма оценивания (коэффициента усиления фильтра и коэффициента адаптации фильтра) по полученным нерегулярным точным измерениям, что позволяет на временных интервалах между точными измерениями существенно повысить точность оценивания.

- получено аналитическое решение задачи обучения алгоритма дискретной нелинейной фильтрации по нерегулярным точным измерениям, позволяю-

щее существенно повысить точность оценивания параметров нелинейного вектора состояния НС на временных интервалах между точными измерениями;

- разработан интеллектуальный алгоритм принятия решения на основе высокоточной оценки параметров движения ПЕ ЖДТ на участках железнодорожного пути, необорудованных современными системами мониторинга и управления; показано, что он обеспечивает высокоточное определение местоположения ПЕ ЖДТ в условиях интенсивных помех измерений.

- проведено численное моделирование алгоритмов традиционной фильтрации и фильтрации с обучением для линейной и нелинейной моделей НС ПЕ ЖДТ.

Проведенные исследования отличаются новизной, а их достоверность подтверждается соответствием результатов, опубликованным в технической литературе и корректно принятыми допущениями.

Общие выводы по диссертации, приведенные в заключении, отражают основные результаты исследований автора, обоснованные в соответствующих главах.

Обоснованность результатов, выдвинутых соискателем, основывается на согласованности экспериментальных данных и научных выводах.

Оценка новизны и достоверности полученных результатов. Автором впервые получена полная нелинейная модель вектора состояния интегрированной НС ПЕ ЖДТ, инвариантной к характеру движения ПЕ ЖДТ и виду действующих возмущений. Синтезированные модели автономных наблюдателей вектора ее навигационных параметров обеспечивают принципиальную возможность строгого решения задачи стохастической оценки полного вектора параметров движения ПЕ ЖДТ в различных режимах на основе методов теории стохастической фильтрации.

Также в работе аналитически решена задача построения адаптивного дискретного фильтра Калмана для оценки параметров состояния как линейных, так и нелинейных динамических объектов. Показана возможность машинного обучения параметров самого алгоритма оценивания (коэффициента усиления фильтра и коэффициента адаптации фильтра) по полученным непериодическим точным измерениям, что позволяет улучшить его сходимость и точность.

Для подтверждения полученных теоретических выводов автором было проведено моделирование полученных уравнений линейного и нелинейного движений объекта для сравнения синтезируемых алгоритмов фильтрации с обучением и традиционных алгоритмов фильтрации. Результаты экспериментов показывают существенное уменьшение ошибки оценки векторов состояний как по углам Эйлера-Крылова, так и по ширине и долготе, что подтверждает выдвинутые теоретические положения.

Автором делается обоснованное утверждение, что некоторое увеличение вычислительных затрат вследствие применения корректировочных вычислений не является определяющим при современном уровне вычислительной техники и не противоречит утверждению о преимуществе предложенного алгоритма нелинейной фильтрации с обучением по сравнению с традиционными решениями исследуемой задачи.

Теоретическое и практическое значение полученных результатов заключается в обосновании методики синтеза адаптивного дискретного фильтра Калмана для оценки параметров состояния как линейных, так и нелинейных динамических объектов на примере ПЕ ЖДТ с применением машинного обучения параметров самого алгоритма оценивания (коэффициента усиления фильтра и коэффициента адаптации фильтра) по полученным непериодическим точным измерениям применительно к навигационным системам на основе интеграции спутниковых, инерциальных и неинерциальных устройств.

Разработанный алгоритм принятия решений по высокоточной оценке параметров движения ПЕ ЖДТ на участках железнодорожного пути, необорудованных современными системами мониторинга и управления имеет практическое значение, что подтверждается актами об использовании результатов диссертационного исследования и о практической значимости диссертационной работы, полученными в ФГБОУ ВО РГУПС и ООО «ТСУ», г. Ростов-на-Дону.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы обсуждались и были одобрены на многочисленных международных и отраслевых научно-практических конференциях. По тематике работы автором опубликованы 46 научных работ. Основные научные результаты опубликованы в 11 работах в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Минобрнауки России, 18 работах в журналах, представленных в международных наукометрических базах Web of Science и Scopus.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Тематика работы соответствует паспорту научной специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы (технические науки), а именно п. 1 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами» и п. 6 «Средства и методы проектирования технического, математического, лингвистического, информационного и других видов обеспечения интеллектуальных транспортных систем, систем управления транспортными технологическими процессами и транспортными средствами».

Замечания по диссертационной работе.

В процессе изучения диссертационной работы Куриненко М.В. возникли следующие замечания:

1. В первой главе диссертационной работы после параграфа 1.4 «Постановка частных задач исследования» представлен 1.5 «Выводы по главе», что представляется избыточным и не соответствует логики изложения диссертационной работы. Представленные выводы 1-3 носят констатирующий, а не содержательных характер.

2. В главе 2, параграф 2.1 в качестве модели Земли была выбрана сферическая модель, а не эллипсоидальная, что может снизить точность оценки параметров движения ПЕ ЖДТ.

3. На всех графиках параметры позиционирования представлены в радианах, а оцениваемые погрешности – в метрах. Более рациональным представляется масштабирование параметров позиционирования сразу в метрах, без перевода из угловой системы измерения в линейную.

4. В диссертации автором неоднократно используется термин *«режимы интеллектуальной интеграции»*, в частности раздел «Основные задачи исследования», п 2. «Разработка моделей автономных наблюдателей вектора навигационных параметров ПЕ ЖДТ для режимов интеллектуальной интеграции НС», стр. 7. При этом автор не дает пояснения, что он под этим подразумевает, что порождает неоднозначность толкования.

5. В параграфе 3.6 «Интеллектуальный алгоритм обучения нелинейного фильтра Калмана, использующий непериодические точные измерения», стр. 107 автор пишет «...позволяет аналитически решить поставленную задачу адаптации (обучения) интеллектуального нелинейного калмановского алгоритма...». Здесь термины «адаптация» и «обучение» трактуются как эквивалентные, что, строго говоря некорректно. Следовало бы сформулировать задачу адаптации в явном виде как задачу машинного обучения параметров модели (коэффициента усиления фильтра и коэффициента адаптации фильтра) и показать её решение.

Заключение

Диссертация Куриненко Марианны Витальевны «Интеллектуальная интегрированная навигационная система с обучением алгоритма стохастической оценки параметров движения подвижных единиц железнодорожного транспорта по непериодическим точным измерениям» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные

технологические решения и разработки новых навигационных алгоритмов интеллектуальных интегрированных НС на основе обучения алгоритмов стохастической оценки параметров движения с использованием непериодических точных наблюдений, которые позволяют существенно повысить точность решения навигационной задачи ПЕ ЖДТ в условиях интенсивных помех измерений, что имеет существенное значение для развития интеллектуальных транспортных систем страны. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Диссертационная работа отвечает критериям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор – Куриненко Марианна Витальевна, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы.

Официальный оппонент –

кандидат технических наук, доцент
кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» ЮРГПУ (НПИ),

Специальность 05.13.05

20.11.2025



Юренко Константин Иванович

Подпись Юренко К.И. заверяю

Ученый секретарь Совета вуза




Н.Н. Холодкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ЮРГПУ (НПИ))

346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132.

Тел. 8(863)525-52-25, 8(863)525-52-74. E-mail: ki-yurenko@yandex.ru