

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Тормагова Т. А.

«Задачи полуопределенного программирования в спутниковой навигации и планировании путей колесных роботов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Тормагов Тимофей Алексеевич закончил очную аспирантуру Московского физико-технического института в 2023 г. по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Ранее он закончил магистратуру (в 2019 г.) и бакалавриат (в 2017 г.) на кафедре интегрированных киберсистем ФРКТ МФТИ. В период обучения в аспирантуре и подготовки диссертации с 2019 г. по настоящее время Тормагов Т. А. работал в МФТИ в должности ассистента, затем старшего преподавателя.

Представленная Т.А. Тормаговым работа отличается строгим математическим подходом к решению практических задач, возникающих при применении методов спутниковой навигации к управлению колесными роботами. Многие практические задачи, связанные с навигацией и управлением транспортными и сельскохозяйственными роботами, формулируются в виде оптимизационных задач, которые необходимо решать оперативно, желательно в реальном масштабе времени. Однако эти задачи часто не являются выпуклыми, что препятствует применению эффективных вычислительных методов для их решения. Это относится как к задачам дискретного программирования, так и ко многим задачам оптимизации с вещественными переменными. Один из универсальных подходов к решению такого рода задач состоит в применении релаксации (ослабления) тех или иных ограничений задачи. В диссертации Т.А. Тормагова поставлен и решен ряд оптимизационных задач, возникающих в навигации и управлении движением сельскохозяйственных колесных роботов. Общее свойство предложенных методов решения состоит в едином подходе, основанном на выпуклой релаксации.

Основные результаты и положительные стороны исследования состоят в следующем.

1. Решена задача выбора подмножества сигналов глобальных систем спутниковой навигации в навигационном оборудовании. Предложено сведение к решению задачи полуопределенного программирования (SDP).

2. Для определения ориентации колесного робота относительно плоскости локального горизонта методами спутниковой навигации на нем устанавливается несколько навигационных антенн. Положение антенн относительно робота фиксировано. При решении задачи определения относительной ориентации можно использовать те или иные векторы, направленные от одной антенны к другой. От выбора этих векторов (называемых базовыми линиями) зависит точность определения ориентации. В работе Тормагова Т.А. исследуется задача оптимального выбора базовых линий при определении относительной ориентации твердого тела. Эта задача решена с помощью линейной релаксации к задаче полуопределенного программирования. Подобная задача строго ставится и решается впервые.

3. Задача построения почти параллельных путей, покрывающих неровное поле с криволинейной границей, часто возникает в точном земледелии. При решении этой задачи необходимо учитывать ограничения на кривизну траектории, которую может реализовать

робот, и требование отсутствия необработанных участков поля. Данная задача сведена к задаче конического программирования второго порядка (SOCP).

Итак, все рассматриваемые практические задачи были сведены к задачам полуопределенного программирования, что позволило построить вычислительно эффективные алгоритмы их решения.

Работу Т.А. Тормагова отличает высокая теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Постановки этих задач возникли из практики, а их формулировки отличает математическая строгость, позволяющая применять для их решения математические методы, исключая эвристику.

Все результаты полученные автором новы. Ранее подобные результаты опубликованы не были. Результаты, полученные автором, достоверны. Они проверены в вычислительных экспериментах, использованы при решении практических задач и обсуждались на ряде конференций и семинаров. Материалы диссертации были опубликованы в 17 работах, из которых 9 индексируются Scopus. Результаты работы докладывались на научном семинаре «Теория автоматического управления и оптимизации» (Москва, ИПУ РАН, лаборатория 7, в 2021 г.), на научном семинаре международной общественной организации «Академия навигации и управления движением» и журнала «Гироскопия и навигация» (Санкт-Петербург, в 2022 г.). Также сделаны доклады на профильных всероссийских и международных научных конференциях, в частности, на Международной конференции Optimization and Applications (Черногория, Петровац, ОРТИМА-2019 и ОРТИМА-2021), Международной научной конференции «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления (конференция Пятницкого)» (Москва, ИПУ РАН, в 2018 г., 2020 г. и 2022 г.), 13-ом Всероссийском совещании по проблемам управления (Москва, ИПУ РАН, ВСПУ-2019).

Характеризуя работу Т.А. Тормагова в целом, отмечу его добросовестность и увлеченность работой. За время учебы в аспирантуре он сформировался как вполне зрелый исследователь, ориентированный на получение результата. Он умеет работать с литературой, видит место своей работы в общей картине и умеет рассказать о своих результатах слушателям.

По мнению научного руководителя, диссертация Тормагова Тимофея Алексеевича является завершенной научно-квалификационной работой, ее объем и содержание удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Научный руководитель
доктор физико-математических наук, профессор
16 июля 2025 г.

 Л.Б. Рапопорт

Российская Федерация

Город Москва

Шестнадцатого июля две тысячи двадцать пятого года

Я, Ермолова Евгения Владимировна, нотариус города Москвы, свидетельствую подлинность подписи
РАПОПОРТА ЛЬВА БОРИСОВИЧА

Подпись сделана в моем присутствии.
Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 77/864-н/77-2025-3-71.

Уплачено за совершение нотариального действия: 1800 руб. 00 коп.



 Е.В. Ермолова