

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 212.278.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет» Министерства науки и высшего образования
Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени
кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.09.2022 г. № 13

О присуждении Голубкову Алексею Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование движения объекта по сложной траектории с обнаружением изменения и идентификацией режимов движения» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 7 июля 2022 г. (протокол заседания № 8) диссертационным советом Д 212.278.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 432017, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42, утвержденного приказом Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор) Министерства образования и науки Российской Федерации № 2249-1527 от 02.11.2007 г.

Соискатель Голубков Алексей Владимирович, 7 марта 1994 года рождения, в 2016 году окончил ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова» по специальности 44.03.05 «Педагогическое образование» «Бакалавр физики и информатики».

В 2018 году Голубков А.В. окончил ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова» по специальности 44.04.01 – «Педагогическое образование» «Магистр математического образования».

В период 2018 года по 2022 год Голубков А.В. обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени

И.Н. Ульянова» по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика, направленность (профиль) Вещественный, комплексный и функциональный анализ.

Голубков А.В. работает в должности старшего преподавателя кафедры высшей математики в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова».

Диссертация выполнена на кафедре высшей математики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова» Министерства просвещения Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Цыганов Андрей Владимирович, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова» Министерства просвещения Российской Федерации, кафедра высшей математики, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

1. Граничин Олег Николаевич – доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра системного программирования математико-механического факультета, профессор кафедры;

2. Крашенинников Виктор Ростиславович – доктор технических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет», кафедра «Прикладная математика и информатика», профессор кафедры,

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения» в своем положительном отзыве, подписанном Авсиевичем Александром Викторовичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Мехатроника, автоматизация и управление на

транспорте», Ивановым Дмитрием Владимировичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом, доцентом кафедры «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте» и утвержденном Романовой Полиной Борисовной кандидатом технических наук, доцентом, проректором по научной работе и инновациям, указала, что задачи оценивания и идентификации параметров движения объекта в условиях априорной неопределенности, решаемые в диссертации Голубкова Алексея Владимировича на тему «Моделирование движения объекта по сложной траектории с обнаружением изменения и идентификацией режимов движения» возникают в различных прикладных областях и являются актуальными для навигации, робототехники, судовождения, авиации.

А ее автор, Голубков Алексей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

В работе были получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной:

- построены и исследованы новые дискретные линейные стохастические модели в пространстве состояний, описывающие равномерное круговое движение при повороте влево либо вправо;
- на основе предложенной гибридной стохастической модели разработан новый алгоритм моделирования и оценивания параметров движения объекта по сложной траектории;
- получена и строго математически обоснована априорная оценка среднего объема банка фильтров Калмана;
- разработан новый численный метод оценки среднего объема банка фильтров Калмана;
- построены новые численно эффективные алгоритмы для решения задачи обнаружения изменения и идентификации режима движения объекта по сложной траектории;

— показана практическая применимость известных метаэвристических алгоритмов для решения задачи параметрической идентификации математической модели кругового движения объекта при повороте влево/вправо;

— разработан комплекс программ для моделирования и оценивания движения объектов по сложной траектории с возможностью скорейшего обнаружения изменения и идентификации режима движения.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке новых методов и средств математического и компьютерного моделирования движения объекта с возможностью скорейшего обнаружения изменения и идентификации режима движения, в условиях априорной неопределенности.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов диссертационного исследования для решения прикладных задач слежения за движущимися объектами.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к применению в учебном процессе, в теоретических и прикладных исследованиях ВУЗов, ведущих подготовку аспирантов, магистров, специалистов и бакалавров соответствующих специальностей и направлений, например: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Диссертационная работа Голубкова А.В. «Моделирование движения объекта по сложной траектории с обнаружением изменения и идентификацией режимов движения» представляет собой завершенное научное исследование, выполненное современными методами, и является самостоятельной законченной научно-исследовательской квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны новые методы и подходы к моделированию движения объекта по сложной траектории с идентификацией режимов движения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области математического моделирования и параметрической идентификации. Диссертация соответствует пунктам 9–11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. Автореферат полностью отражает содержание работы, оформление которой соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Соискатель имеет 22 печатные работы по теме диссертации, из них 6 статей опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ; 5 статей опубликованы в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science; получены 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ; имеются публикации в прочих изданиях. Приведенные в диссертации сведения являются достоверными, публикации отражают основные результаты проведенного диссертационного исследования. Общий объем работ – 8,86 п.л., вклад соискателя – не менее 85 %.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Метаэвристические алгоритмы в задаче идентификации параметров математической модели движущегося объекта / А. В. Цыганов, И. В. Семушин, Ю. В. Цыганова, А. В. Голубков, С. Д. Винокуров// Автоматизация процессов управления. — 2017. — № 1 (47). — С. 16–23. (ВАК)
2. Моделирование и оценивание траектории движущегося объекта / И. В. Семушин, А. В. Цыганов, Ю. В. Цыганова, А. В. Голубков, С. Д. Винокуров // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия:

«Математическое моделирование и программирование». — 2017. — Т. 10, № 3. — С. 108–119. — DOI: 10.14529/mmp170309 (BAK, WoS, Scopus)

3. Диагностика режима движения объекта на основе гибридной модели / А. В. Голубков, И. О. Петрищев, А. В. Цыганов, Ю. В. Цыганова // Вестник НГИЭИ. — 2017. — № 12 (79). — С. 22–31. (BAK)

4. Adaptive estimation of a moving object trajectory using sequential hypothesis testing / A. V. Tsyganov, Yu. V. Tsyganova, A. V. Golubkov, I. O. Petrishchev // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: «Математическое моделирование и программирование». — 2019. — Т. 12, № 1. — С. 156–162. — DOI: 10.14529/mmp190115 (BAK, WoS, Scopus)

5. Голубков, А. В. Решение задачи обнаружения изменения режима движения объекта с ограниченным объемом банка фильтров Калмана / А. В. Голубков // Автоматизация процессов управления. — 2020. — № 1 (59). — С. 14–23. — DOI: 10.35752/1991-2927-2020-1-5-14-23 (BAK)

6. Голубков, А. В. Об алгоритме обнаружения изменения режима движения объекта / А. В. Голубков // Автоматизация процессов управления. — 2021. — № 3 (65). — С. 49–55. — DOI: 10.35752/1991-2927-2021-3-65-48-55 (BAK)

7. Golubkov, A. V. Algorithm for detecting a change in the motion mode of an object moving along a complex trajectory / A. V. Golubkov, A. V. Tsyganov, I. O. Petrishchev // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — Vol. 1745, no. 1. — P. 012115. — DOI: 10.1088/1742-6596/1745/1/012115 (Scopus)

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы от:

1. Ведущей организации, где в качестве замечания указано, что:

1) В работе рассматриваются исключительно модели движения на плоскости, не раскрыта возможность применения предложенных алгоритмов для движения объектов в пространстве, не содержатся рекомендации по использованию предложенных алгоритмов для других режимов движения.

2) В работе не проводится сравнение эффективности предложенных алгоритмов с известными методами нелинейной калмановской фильтрации.

3) В тексте диссертации встречаются отдельные стилистические погрешности и опечатки, например, с.17, конец третьего абзаца «сведения об апробация работы».

2. Оппонента Граничина Олега Николаевича, отзыв положительный, с замечаниями:

1) В разделе 3.5 в теореме 4 автором предлагается рассматривать момент появления возможного нарушения в линейной динамической системе как дискретную случайную величину, равномерно распределенную на отрезке. Равномерность распределения в данном случае неочевидна.

2) Не во всех таблицах указаны единицы измерения величин, например, в таблице 3.1 следовало указать единицы измерения для радиуса поворота.

3) В тексте диссертации встречаются опечатки, повторы слов и несогласованные предложения, имеются погрешности в форматировании текста.

3. Оппонента Крашенинникова Виктора Ростиславовича, отзыв положительный, с замечаниями:

1) В работе не учитывается инерция объекта при переключении режима движения. В реальных задачах, особенно для массивных морских объектов, которые приводятся в качестве приложений исследования, её необходимо учитывать.

2) Предположение о том, что момент смены режима движения равномерно распределён на некотором интервале выглядит слишком искусственным.

3) Отсутствует обоснование того, что алгоритмы, предложенные в работе, обеспечивают скорейшее обнаружение смены режима движения.

4) В первой главе, в разделе 1.5 приводится только один пример компьютерного моделирования и оценивания зашумленной траектории движущегося объекта, следовало бы провести более масштабное моделирование и получить характеристики точности оценивания траектории в зависимости от параметров модели движения и ошибок измерений. То же самое относится к численному эксперименту из раздела 3.5.3 третьей главы, где не приведены характеристики ошибок определения момента обнаружения смены режима

движения. Это не дало возможности сравнить разработанные алгоритмы с другими.

5) В приведённых в диссертации численных экспериментах по большей части моделировался переход от прямолинейного движения к циркуляции, а обратный переход рассмотрен мало.

6) Имеется небольшое количество погрешностей в формулах и тексте. Например, в определении 4 на стр. 32 пропущен индекс 1 у переменной t . На стр. 36 «Холецкого» вместо «Холесского». В формуле (1.1) на стр. 23 не определена переменная u . На одной и той же стр. 28 вектор v – является и вектором скоростей, и вектором ошибок измерений.

4. Ишмухаметова Шамяля Талгатовича, доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры системного анализа и информационных технологий, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями: отсутствие в автореферате блок-схем алгоритмов, некоторая перегруженность индексами формул, например, (8), (9), (15); результаты численных экспериментов недостаточно полно отражены в автореферате.

5. Захарова Климента Валерьевича, кандидата технических наук, руководителя команды разработки ООО «Амальгама». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями: не приведены результаты анализа эффективности предложенных алгоритмов; не раскрыта практическая полезность разработанного автором программного комплекса.

6. Сковикова Анатолия Геннадьевича, кандидата технических наук, доцента, декана факультета трансферных специальностей ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». Отзыв на автореферат положительный, без замечаний.

7. Подобрия Александра Николаевича, кандидата технических наук, заместителя начальника отдела ИАСУП ФНПЦ АО «НПО «Марс». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями: в диссертации рассматривается подход моделирования движения объекта многорежимной моделью, в которой отдельные участки движения представлены линейными стохастическими

моделями. Возможно ли использование разработанных методов параметрической идентификации для более сложных нелинейных моделей движения? В автореферате не указаны направления дальнейших исследований и планы применения разработанных алгоритмов в практической деятельности.

8. Кондратьева Алексея Евгеньевича, кандидата физико-математических наук, старшего разработчика информационных систем ООО «Озон Технологии». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями: в автореферате отсутствует описание параллельного алгоритма оценивания параметров движения объекта (раздел 2.3). Не приведено описание структуры и возможностей программного комплекса для моделирования и оценивания движения объектов по сложной траектории с обнаружением изменения и идентификацией режима движения.

9. Литвиненко Юлии Александровны, кандидата технических наук, начальника сектора АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями: в уравнении (1) описаны не все переменные, в частности не ясно какие параметры включает вектор состояния x и вектор управления u ; не ясно, почему при формировании измерений не привлекается скорость объекта; не приводится численная оценка эффективности применения модификаций фильтра Калмана (квадратно-корневого и UD фильтра) при решении рассматриваемой задачи идентификации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией, известностью и достижениями в области математического моделирования и параметрической идентификации, а также наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях и способностью определить научную новизну и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– *построены* новые дискретные линейные стохастические модели в пространстве состояний, описывающие равномерное круговое движение при повороте влево либо вправо;

– *проведен* анализ основных свойств построенных моделей, основанный на проверке критерия полной наблюдаемости дискретной линейной инвариантной во

времени системы и проверке ее управляемости. Решена задача выбора минимального набора измеряемых параметров модели, при котором гибридная стохастическая модель сохраняет свойство полной наблюдаемости;

– *разработан* новый алгоритм моделирования и оценивания параметров движения объекта по сложной траектории на основе предложенной гибридной стохастической модели;

– *получена* и строго математически обоснована априорная оценка среднего объема банка фильтров Калмана, разработан новый численный метод оценки среднего объема банка фильтров Калмана;

– *построены* новые эффективные численные алгоритмы для решения задачи обнаружения изменения и идентификации режима движения объекта по сложной траектории;

– *показана* практическая применимость известных метаэвристических алгоритмов для решения задачи параметрической идентификации математической модели кругового движения объекта при повороте влево/вправо;

– *выполнена* практическая реализация разработанных методов в виде комплекса программ для моделирования и оценивания движения объектов по сложной траектории с возможностью скорейшего обнаружения изменения и идентификации режима движения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в работе разработаны новые методы и средства математического моделирования движения объекта по сложной траектории в условиях неполных измерительных данных об объекте и непредвиденных изменений его режима движения.

Достоверность основных результатов подтверждается строгими математическими доказательствами всех теоретических результатов, а также апробацией на всероссийских и международных конференциях и семинарах различного уровня, наличием публикаций в профильных рецензируемых изданиях.

Личный вклад автора работы состоит в формулировке и доказательстве утверждений 1, 2, 3, 8, теорем 1, 5, предложений 1, 2. Все основные теоретические результаты диссертационного исследования получены соискателем

самостоятельно. Разработка программного комплекса осуществлялась совместно с научным руководителем.

Постановка и проведение вычислительных экспериментов выполнены соискателем также самостоятельно. Анализ результатов выполнен совместно с научным руководителем.

Диссертация Голубкова А.В. является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой построены математические модели движения объекта по сложной траектории, описываемые дискретными линейными стохастическими системами в пространстве состояний, решены актуальные задачи определения режимов движения объекта и идентификации их параметров с применением алгоритмов дискретной фильтрации, разработан специализированный комплекс программ для моделирования движения объекта по сложной траектории с возможностью эффективного оценивания параметров его движения за счет скорейшего обнаружения изменения и идентификации режима движения, в случае неполных измерительных данных и непредвиденных изменений режима движения.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию на основании полученных в диссертационном исследовании результатов.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что представленная диссертационная работа соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, изложенным в п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 28 сентября 2022 г. диссертационный совет Д 212.278.02 принял решение присудить Голубкову Алексею Владимировичу ученую степень кандидата физико-математических наук за новизну полученных результатов, в частности, за решение актуальных задач обнаружения изменения и идентификации режима движения объекта по сложной траектории в условиях

неполных измерительных данных об объекте и непредвиденных изменений его режима движения, имеющих важное значение для развития теории параметрической идентификации и решения прикладных задач слежения за объектами, задач судовождения и робототехники.

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек (из них очно присутствуют 10 членов диссертационного совета, дистанционно 9 членов диссертационного совета), из них 8 докторов наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, (дополнительно введенных на защиту не было), проголосовали: за - 19, против - 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета
Д 212.278.02



Бутов Александр Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.278.02
28 сентября 2022 г.

Волков Максим Анатольевич