

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.077.05

на базе федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской
академии наук по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета

от «23» января 2017 года, протокол № 22

О присуждении Швецу Евгению Александровичу ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка моделей картирования и патрулирования коллективом беспилотных наземных роботов, использующих техническое зрение и эхолокацию» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), принята к защите 13 октября 2016 года, протокол № 17, диссертационным советом Д 002.077.05 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук (127051, Москва, Б. Каретный пер., 19, строение 1, приказ о создании диссертационного совета от «10» июля 2015 года № 784/нк, приказ о частичном изменении состава совета от «06» июля 2016 года № 840/нк, приказ о частичном изменении состава совета от «16» декабря 2016 года № 1577/нк)).

Соискатель Швец Евгений Александрович, гражданин Российской Федерации 1990 года рождения, в 2013 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (далее МФТИ), с 16 декабря 2015 года по 2 июля 2016 года обучался в аспирантуре Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук, работает исполняющим обязанности младшего научного сотрудника Лаборатории № 11 «Зрительные системы» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Лаборатории № 11 «Зрительные системы» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А.А.Харкевича Российской академии наук.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Николаев Дмитрий Петрович, заведующий лабораторией № 11 «Зрительные системы» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Чуличков Алексей Иванович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор кафедры компьютерных методов в физике физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (МГУ);
2. Гильмутдинов Марат Равилевич, гражданин РФ, кандидат технических наук, доцент кафедры инфокоммуникационных систем Института информационных систем и защиты информации ГУАП;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (СГАУ), в своем *положительном* заключении, подписанном заведующим кафедрой геоинформатики и информационной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», доктором технических наук, профессором

Сергеевым Владиславом Викторовичем и доцентом кафедры геоинформатики и информационной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», кандидатом технических наук Гашниковым Михаилом Валерьевичем и утвержденном ректором Самарского университета, доктором технических наук, членом-корреспондентом Российской академии наук Шахматовым Евгением Владимировичем, указала, что результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в: ИППИ РАН, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», а также в других организациях, в которых проводятся исследования в областях робототехники и технического зрения. Отзыв заслушан и одобрен на научно-техническом семинаре кафедры геоинформатики и информационной безопасности федерального государственного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» 24 ноября 2016 года, протокол №3.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, из них 5 по теме диссертации, общим объёмом 41 страница (вклад соискателя 39 страниц), в том числе 5 в научных журналах, включенных в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Соискателем опубликовано 2 работы в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов. Две научные работы по теме диссертации опубликованы без соавторов. В одной из совместных работ постановка задачи осуществлена совместно с научным руководителем, а исследование и эксперименты проведены соискателем полностью самостоятельно. В двух совместных работах автору принадлежит идея

имплементированного алгоритма и, частично, имплементация и проведение вычислительных экспериментов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Shvets E., Nikolaev D.P. Complex approach to long-term multi-agent mapping in low dynamic environments // In Proceedings of Eighth International Conference on Machine Vision. International Society for Optics and Photonics. Bellingham, Washington. SPIE 2015. Vol. 98752A, pp. 1-10. DOI: 10.1117/12.2228708. ISBN: 9781510601161. Индексируется Web of Science.
2. Shvets E. Stochastic multi-agent patrolling using social potential fields // In Proceedings of 29th European Council for Modeling and Simulation. Sbr.-Dudweiler. Digitaldruck 2015. pp. 42-49, DOI: 10.7148/2015-0042. ISBN: 978-0-9932440-0-1. Индексируется Web of Science.
3. Е.А. Швец, Д.П. Николаев, Д.А. Шепелев. Построение карты проходимости на основе показаний датчиков расстояния методом стохастического градиента. Труды ИСА РАН. М.: ИСА. 2016. Т. 66 вып 1. Стр. 64-69. Включен в список ВАК.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, включая отзывы ведущей организации и официальных оппонентов, все положительные. В отзывах указывается, что представляемая работа имеет большое научное и практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии.

В отзыве **ведущей организации**, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве замечаний отмечено, что 1) автор предполагает отсутствие навигационного поля (GPS, ГЛОНАСС), хотя обычно на открытых территориях такое поле присутствует. Это сужает область применимости результатов первой главы диссертации. 2) В работе не проводится моделирование всей построенной

в первой главе системы коллективного продолжительного исследования местности, промоделированы лишь отдельные ее части. 3) В работе отсутствуют эксперименты с группами реальных роботов, все данные являются результатами либо моделирования, либо натуральных экспериментов с одним роботом.

В отзыве **официального оппонента Чуличкова Алексея Ивановича** в качестве замечаний указано, что: 1) в главе 2 диссертационной работы при описании архитектуры хранения данных считается, что известны начальные характеристики территории, однако на практике роботам часто приходится исследовать неизвестную территорию. В работе не указано, как следует начинать работу в этом случае. 2) Неудачным выглядит термин «туман войны» – не понятна его связь со значением времени, прошедшего с момента последнего наблюдения за точкой территории каким-либо из роботов. 3) В диссертационной работе имеется ряд опечаток и небрежностей – так, при описании модели сенсора на страницах 35 и 38 не описаны обозначения в формулах, присутствуют опечатки на стр. 10, 20, 22 и другие небрежности.

В отзыве **официального оппонента Гильмутдинова Марата Равилевича** в качестве замечаний указано, что 1) в работе не предоставлены количественные критерии оценки эффективности выполняемого картирования. В ряде случаев упоминается процесс сверки с так называемой «априорной картой». Однако данный подход неприменим в случае картирования незнакомой заранее местности. 2) В разделе 2.3.2 работы не проводится анализ влияния потерь информации при использовании процедуры «сжатия», т.е. исключения части информации из списка поз, на эффективность функционирования робота. 3) Для алгоритмов, представленных в главах 3 и 4, не приведены количественные оценки сложности. 4) Присутствует большое количество опечаток и грамматических ошибок.

В отзыве на автореферат **Асадчикова Виктора Евгеньевича**, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией рефлектометрии и малоуглового рассеяния Института кристаллографии ФИЦ

«Кристаллография и Фотоника» РАН, в качестве замечания указано, что в главе 4 не приведен численный критерий оценки «точности» построенных карт.

В **отзыве** на автореферат **Арлазарова Владимира Викторовича**, кандидата технических наук, заведующего лабораторией "Взаимодействие человека и компьютера" федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Института системного анализа Российской академии наук в качестве замечаний указано, что 1) несколько неудачным является термин «туман войны» для описания эффективности патрулирования, 2) не указаны размеры территории, приведенной на рисунке 3 автореферата.

В **отзыве** на автореферат **Бойко Павла Юрьевича**, кандидата физико-математических наук, генерального директора ООО «Телум», в качестве замечаний указано, что 1) непонятна причина, по которой функция, задающая силу притяжения $F(R,T)$, ищется именно в таком виде, 2) автор не приводит информацию о величине статистических и систематических погрешностей результатов, полученных методом имитационного моделирования, например, на рисунке 5 автореферата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что:

Чуличков Алексей Иванович является крупным специалистом в области математического моделирования, теории и моделирования измерительно-вычислительных систем, обработки изображений и сигналов.

Гильмутдинов Марат Равилевич является крупным специалистом в областях анализа, передачи и обработки видеоданных и теории информации.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» выполняет фундаментальные и прикладные исследования в областях математического моделирования, обработки и передачи данных, распознавания и обработки изображений.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований:**

разработан комплекс программ имитационного моделирования группового поведения роботов на открытой местности, учитывающий возможности потери связи, выхода роботов из строя и ограничений на маневренность и проходимость роботов;

предложен алгоритм стохастического коллективного патрулирования без обмена командами и информацией о запланированном движении на основе метода потенциалов, способный обеспечить согласованное движение роботов, непредсказуемое для наблюдателя даже в случае перехвата им внутренних сообщений;

разработан алгоритм построения карты проходимости территории по показаниям сонаров, основанный на минимизации невязки уравнений прямой задачи в пространстве карт проходимости, обладающий более высокой точностью восстановления ширины проходов, чем описанные в литературе алгоритмы сравнимой вычислительной сложности;

предложена модель сжатия, обработки и обмена информацией коллективом роботов, учитывающая возможность изменения местности патрулирования и неограничен поток первичных данных, и на ее основе разработан алгоритм автономного длительного картирования изменяющейся местности коллективом роботов с ограниченным размером памяти.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

раскрыты существенные проблемы длительного коллективного картирования изменяющейся территории на основе ненадежных измерений: возможный повторный учет измерений, ограниченность ресурсов памяти и необходимость различения изменений окружения от ошибочных измерений;

выявлены недостатки существующих алгоритмов коллективного патрулирования: неустойчивость к выходу из строя части роботов (для регулярных алгоритмов) и неустойчивость к потере связи (для методов коллективного планирования);

применительно к проблематике диссертации **результативно использованы** элементы теории оптимизации и теории вероятностей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

архитектура системы для хранения, обработки и обмена данными **позволяет** снять ограничение на длительность исследования местности коллективом роботов, связанное с ограниченностью объема памяти роботов;

разработанная среда имитационного моделирования алгоритмов патрулирования **использована** в Институте проблем передачи информации РАН в рамках работ по проекту Российского научного фонда и может позволить сэкономить время и средства при разработке и тестировании новых алгоритмов патрулирования;

разработанные алгоритмы коллективного поведения **обеспечивают** движение роботов без единого центра управления и обмена планами о будущем движении и делают систему устойчивой к выводу из строя отдельных роботов;

комплекс программ для имитационного моделирования коллективного поведения **позволяет упростить** процесс разработки робототехнических систем и определять количество роботов, необходимое для решения задач охраны территории;

алгоритм построения карты проходимости успешно **внедрен** в коммерческом проекте “Стая” Института проблем передачи информации Российской академии наук;

предложенный алгоритм построения карты проходимости **позволяет** обнаруживать проходы, в 1.3 раза более узкие, чем традиционные алгоритмы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных проверяемых данных, находящихся в открытом доступе, и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме;

результаты получены путем проведения многочисленных **воспроизводимых вычислительных экспериментов** с применением современных методов имитационного моделирования и **согласуются** с результатами, полученными ранее по этой тематике другими авторами;

идеи базируются на основе анализа практик и обобщении опыта опубликованных работ других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельной разработке основных научных положений и выводов, составляющих содержание диссертации. Автором самостоятельно разработаны алгоритмы и проведены вычислительные эксперименты на синтезированных и реальных данных.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (п. 3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий, п. 4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента, п.5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента, п. 8. Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования).

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, содержащую решение задачи картирования и патрулирования меняющейся территории коллективом беспилотных наземных роботов, использующих техническое зрение и эхолокацию, и имеет существенное значение для

исследования научных и технических проблем коллективного поведения роботов.

По актуальности, новизне и практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2014 года № 842 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 23 января 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Швецу Евгению Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 27 человек, из них 6 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 35 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 21, против присуждения учёной степени - 4, недействительных бюллетеней - 2.

Председатель

диссертационного совета Д 002.077.05

Кулешов А.П.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.077.05

Цитович И.И.

23 января 2017 г.