



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086
Тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36
Сайт: www.ssau.ru, e-mail: ssau@ssau.ru
ОКПО 02068410, ОГРН 1026301168310,
ИНН 6316000632, КПП 631601001

"УТВЕРЖДАЮ"

Ректор Самарского университета

Е.В. Шахматов



Дл. 12. 2016 № 04-6561

На № 6210/932 от 03.11.2016

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Швеца Евгения Александровича**
«Разработка моделей картирования и патрулирования коллективом беспилотных наземных роботов, использующих техническое зрение и эхолокацию», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы

Диссертационная работа освещает крайне актуальную в настоящее время проблему группового интеллекта роботов – создание общего информационного поля. Актуальность выбранной тематики подтверждается как значительно возросшим числом научных публикаций, так и увеличивающимся присутствием различных решений в области летающего и наземного беспилотного транспорта. Проведение исследований в этом направлении выявляет несколько основных проблем, без решения которых невозможно представить дальнейшего развития данных технологий: исследование изменяющейся во времени территории непостоянной по своему составу группой роботов и устойчивость работы алгоритмов совместного картирования на протяжении большого временного отрезка.

Поэтому диссертация Швеца Е.А., посвященная повышению эффективности сбора информации о медленно меняющейся территории коллективом роботов с ограниченным объемом памяти в процессе длительного патрулирования в условиях существенных ограничений каналов связи, является актуальной.

Структура и содержание работы

Содержательные разделы диссертационной работы Е.А. Швеца можно разделить на две части. В одной из них рассматриваются вопросы коллективного исследования территории: коллективное продолжительное картирование слабо динамического окружения и стохастическое патрулирование коллективом агентов с использованием метода потенциалов. Вторая часть посвящена разработанному автором методу построения карты проходимости на основе показаний сонаров.

Оригинальной части работы предшествует введение с обоснованием основной цели работы и литературный обзор современных алгоритмов картирования и патрулирования (*глава 1*), в котором подробно описан современный уровень знаний по алгоритмам одновременного позиционирования и картирования, патрулирования и построения карт проходимости. Также в разделе 1.1 описана традиционная схема функционирования робота, дающая наглядное представление о взаимосвязи различных алгоритмов, обсуждаемых в диссертации.

Во второй главе рассматривается задача продолжительного картирования меняющейся местности коллективом роботов. Данная задача включает в себя ряд более простых задач (эффективный обмен данными между роботами, комплексирование картографической информации из разных источников, выбор релевантных ориентиров для визуальной навигации, координация движения роботов в коллективе и т.д.). Рассмотрение всех этих задач в комплексе выгодно отличает работу автора от многих других исследований. В главе описана разработанная автором архитектура системы, позволяющая решить задачу длительного исследования динамического окружения коллективом роботов с ограниченным объемом памяти.

В третьей главе описывается разработка полностью распределенного стохастического алгоритма патрулирования на основе метода потенциалов. Рассмотрена математическая модель принятия решений о движении робота для задачи патрулирования. Автором разработана среда имитационного моделирования, которая использована для тестирования и исследования разработанного алгоритма и оптимизации его параметров. Качество патрулирования численно оценивается с помощью величины “тумана войны”, характеризующей, насколько давно точка местности последний раз наблюдалась хоть одним из роботов.

В четвертой главе предложены два алгоритма, позволяющих восстанавливать карты проходимости на основании показаний сонаров в реальном времени. В отличие от известных алгоритмов реального времени подход автора опирается не на т.н. обратную, а на т.н. прямую модель сонара, что позволяет повысить качество обнаружения проходов. Прямая модель впервые описана в работах С. Труна, однако в них сказано, что этот тип алгоритмов не предназначен для систем реального времени. Разработанный автором подход, основанный на применении метода градиентного спуска в пространстве карт проходимости, впервые позволил использовать прямую модель сонара в алгоритмах реального времени.

Научная новизна, обоснованность и достоверность полученных результатов. Существенными новыми результатами, полученными лично соискателем, являются следующие:

- 1) Разработана модель сжатия, обработки и обмена поступающей с сенсоров информации, которая позволяет использовать существующие методы локализации и картирования для исследования динамической территории коллективом роботов.
- 2) Разработанная модель и алгоритмы патрулирования, основанные на методе потенциалов, позволяют обеспечить автономное непредсказуемое движение роботов без обмена планами о будущем движении при решении задачи патрулирования открытой территории.
- 3) Предложен метод обработки информации для картографирования, который позволил использовать прямую модель сонара для работы в режиме реального времени.

Достоверность полученных в работе результатов не вызывает сомнений, так как они получены с применением многочисленных воспроизводимых вычислительных экспериментов на реальных и синтетических данных и не противоречат известным результатам других исследователей и общепринятым представлениям.

Положения, выносимые на защиту, основные результаты и выводы по работе хорошо обоснованы. Задачи, поставленные в работе, выполнены полностью.

Материалы диссертации апробированы на международных научных конференциях и опубликованы в российских научных журналах.

Значимость для науки полученных результатов заключается в:

- 1) расширении применимости существующих методов исследования территории, локализации и картирования на случаи коллективного патрулирования;
- 2) исследовании недостаточно освещенных в литературе задач стохастического патрулирования на открытой местности без единого центра управления с запретом на передачу данных о планируемом движении;
- 3) разработке нового подхода к картированию с использованием прямой модели сонара путем градиентного спуска в пространстве карт проходимости.

Выполненная работа обладает несомненной **практической ценностью**:

- 1) Созданные алгоритмы коллективного патрулирования и архитектура обмена данными могут быть применены в групповых автономных наземных робототехнических комплексах для повышения эффективности исследования открытой территории.
- 2) Разработанная среда имитационного моделирования для визуализации, отладки и измерения численных характеристик алгоритмов может быть использована для дальнейших исследований в этой области и сокращения времени разработки реальных устройств.
- 3) Предложенный алгоритм построения карт проходимости позволяет повысить точность определения узких проходов среди стен.

Автореферат отражает содержание, основные идеи и выводы диссертации.

По объектам, целям и методам проведенных исследований диссертационная работа Е.А. Швеца соответствует паспорту специальности в пунктах 3, 4, 5, 8.

По работе Швеца Евгения Александровича имеются следующие **замечания**:

1. Автор предполагает отсутствие навигационного поля (GPS, ГЛОНАСС), хотя обычно на открытых территориях такое поле присутствует. Это сужает область применимости результатов первой главы.

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.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы Е.А. Швеца 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.

Заключение

Данная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. Научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и положения работы достоверны и обоснованы. Диссертация по ее целям, задачам, содержанию, положениям, выносимым на защиту, соответствует заявляемой специальности.

По объёму полученных результатов, уровню их обсуждения и обоснованности выводов, по научной новизне и практической значимости работа отвечает требованиям к диссертациям, изложенным в п.9 Положения о присуждении ученых степеней и характеризуется как научно-квалификационная работа, которая содержит решение актуальной задачи, имеющей существенное значение для развития беспилотного транспорта (задачи создания математической модели и необходимой алгоритмической базы программного обеспечения для повышения эффективности сбора информации коллективом роботов с ограниченным объёмом памяти), а автор работы Швец Евгений Александрович заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв обсужден и утверждён на научно-техническом семинаре кафедры геоинформатики и информационной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» 24.11.2016, протокол №3.

Отзыв составили:

Заведующий кафедры геоинформатики и информационной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева», доктор технических наук, профессор.
Докторская диссертация по специальности 05.13.16 - Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.
Адрес: 443086, Самара, Московское шоссе, 34.
Телефон: 8 (846) 267-49-06.
E-mail: vsERG@geosamara.ru

Сергеев
Владислав
Викторович

Доцент кафедры геоинформатики и информационной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева», кандидат технических наук.
Кандидатская диссертация по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.
Адрес: 443086, Самара, Московское шоссе, 34.
Телефон: 8 (846) 267-49-05.
E-mail: mih-fastt@yandex.ru

Гашников
Михаил
Валерьевич