

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01

Повестка дня:

Защита диссертации **Абдулкадимом Хуссейном Абдуламиром**
на соискание ученой степени кандидата технических наук:
**"Разработка и моделирование устройств определения
координат автономных аппаратов на основе обработки
последовательностей изображений"**

Специальности:

05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления" и 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ".

Официальные оппоненты:

Смагин Алексей Аркадьевич, доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Телекоммуникационные технологии и сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет»

Лучков Николай Васильевич, кандидат технических наук, ведущий инженер Федерального научно-производственного центра АО «Научно-производственное объединение «Марс», г. Ульяновск

Ведущая организация - **Ульяновский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук**

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.01

от 03 июля 2017 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Киселев С.К. зам. председателя Совета	д.т.н., доцент	05.11.01	- технические науки
2.	Смирнов В.И., ученый секретарь Совета	д.т.н., профессор	05.11.01	- технические науки
3.	Васильев К.К.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
4.	Дьяков И.Ф.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
5.	Егоров Ю.П.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
6.	Епифанов В.В.	д.т.н., доцент	05.13.12	- технические науки
7.	Крашенинников В.Р.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
8.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.11.01	- технические науки
9.	Негода В.Н.	д.т.н., доцент	05.13.05	- технические науки
10.	Самохвалов М.К.	д.ф-м.н., профессор	05.11.01	- технические науки
11.	Сергеев В.А.	д.т.н., доцент	05.11.01	- технические науки
12.	Соснин П.И.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
13.	Стучебников В.М.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
14.	Ташлинский А.Г.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
15.	Варнаков В.В.	д.т.н., профессор	05.13.18	- технические науки
16.	Сергеев В.В.	д.т.н., профессор	05.13.18	- технические науки
17.	Фурсов В.А.	д.т.н., профессор	05.13.18	- технические науки

Зам. Председателя
д.т.н., доцент

С.К. Киселев

Ученый секретарь
д.т.н., профессор

В.И. Смирнов



Председатель

Уважаемые коллеги !

На заседании диссертационного Совета Д212.277.01 из **21** члена Совета присутствуют 14 человек. Необходимый кворум имеем.

Членам Совета повестка дня известна. Какие будут суждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

По специальности защищаемой диссертации **05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления"** и **05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ"** (технические науки) на заседании присутствуют 5 докторов наук.

По второй специальности защищаемой диссертации **05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ"** (технические науки) на заседании присутствуют 3 приглашенных доктора наук:

- Варнаков Валерий Валентинович - доктор технических наук, профессор, зав. каф. «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (член диссертационного совета **Д212.278.02** при ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» по специальности 05.13.18);

- Сергеев Владислав Викторович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Геоинформатика и информационная безопасность» ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (член диссертационного совета Д 212.215.05 при ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева по специальности 05.13.18).

- Фурсов Владимир Алексеевич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Суперкомпьютеры и общая информатика» ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (член диссертационного совета Д 212.215.05 при ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева по специальности 05.13.18).

Согласие об участии в заседании по защите имеется.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Абдулкадимом Хуссейном Абдуламиром** по теме: *"Разработка и моделирование устройств определения координат автономных аппаратов на основе обработки последовательностей изображений"*.

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете.

Научные руководители - д.т.н. профессор **Васильев К.К.**, к.т.н., доцент **Дементьев В.Е.**

Официальные оппоненты:

**Смагин Алексей Аркадьевич, доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Телекоммуникационные технологии и
сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет»**

**Лучков Николай Васильевич, кандидат технических наук, ведущий
инженер Федерального научно-
производственного центра АО «Научно-
производственное объединение «Марс»,
г. Ульяновск**

Присутствует _1_ оппонент.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

**Ведущая организация - Ульяновский филиал Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Института
радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской
академии наук.**

Слово предоставляется **Ученому секретарю** диссертационного Совета д.т.н. **В.И.Смирнову Д212.277.01** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Соискателем **Абдулкадимом Хуссейном Абдуламиром** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- справка об обучении в аспирантуре;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров;
- экспертное заключение о прохождении экспортного контроля.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положений ВАК.

Основные положения диссертации отражены **Абдулкадимом Х.А.** в 11 научных работах, в т.ч. в **трех** статьях в изданиях из перечня ВАК. Соискатель представлен к защите **28.04.2017г.** (протокол №4). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **02.05.2017г.**

Вся необходимая информация по соискателю внесена в ЕГИСМ.

Председатель

Есть ли вопросы по личному делу соискателя к ученому секретарю Совета? (Нет).

Есть ли вопросы к **Абдулкадимом Х.А.** по личному делу? (Нет).

Хуссейн Абдуламир, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Соискатель

Уважаемые председатель и члены диссертационного совета, разрешите представить вашему вниманию результаты диссертационной исследования на тему «Разработка и моделирование устройств определения координат автономных аппаратов на основе обработки последовательностей изображений».

В настоящее время широко применяются различные роботизированные мобильные платформы, особенно беспилотные летательные и подводные аппараты. Составной частью устройств управления такими аппаратами является система навигации. Обычно для определения местоположения применяются инерциальные и спутниковые навигационные системы. Однако на практике эти системы имеют значительные ошибки при длительном перемещении или невозможность работы в условиях радиопомех. Для повышения точности работы системы управления в диссертации предлагается новый подход, основанный на обработке изображений окружающей территории.

Целью диссертационной работы является повышение точности устройства управления автономных аппаратов за счет информации с предлагаемого датчика перемещения, включающего источник и систему обработки последовательности изображений. Задачи диссертационной работы представлены на плакате №3. Наиболее важные из них связаны с разработкой и исследованием алгоритмов оценки координат и параметров смещения объектов, наблюдаемых в последовательностях изображений, а также алгоритмов оценивания собственных изменяющихся координат по результатам обработки изображений.

Известно, что точность используемой системы управления аппарата зависит от точности его навигации. В работе для повышения этой точности предложено объединять информацию с инерциальной навигационной системы, спутниковой навигационной системы и системы, позиционирующей аппарат по данным пространственного дальногомера.

Движение объекта может быть определено по локальным изменениям в последовательности изображений сцены, а движение камеры определяется по результатам изменений на всем изображении. Есть два основных класса алгоритмов оценки движения. Первый основан на процедурах (Block Matching Algorithms), второй на анализе градиента. В работе использованы различные комбинации этих классов.

Существует множество потребительских устройств, позволяющих регистрировать изображения. Примером такого устройства является пространственный дальномер Kinect. Последовательность полученных с помощью него, представляют собой двумерные массивы размером 320 x 240, содержащие информацию о расстоянии до объектов, наблюдаемых с помощью контроллера. Эти массивы удобно представить в виде двумерных изображений.

Оценить перемещения аппарата по данным дальномера можно, связав эти перемещения с объектами, наблюдаемыми на изображениях. На рисунке представлены различные случаи перемещения аппарата. Для решения задачи навигации аппарата будем считать для определенности, что дальномер направлен вдоль оси аппарата, а его перемещение происходит с достаточно малой скоростью, так что мала разница между получаемыми кадрами изображений.

Для определения местоположения аппарата и различных объектов, регистрируемых с помощью установленного на аппарате дальномера, будем использовать сферическую систему координат.

Для выделения объектов на изображения пространственного дальномера предложено использовать процедуру, основанную на анализе частных гистограмм изображения. Суть этого метода состоит в вычислении значений яркости в каждой строке изображения и подсчета количества этих значений во всей строке. Для каждой из формируемых таким образом гистограмм определяется порог, в соответствии с которым выделяются значения яркости, которые принадлежат объекту. Практика обработки большого количества изображений показывает высокую эффективность обнаружения.

Поскольку фактическое расстояние ρ до объекта в точке $i_{об}, j_{об}$ определяется значением в этой точке, то это преобразование позволяет определить фактические координаты этого объекта с помощью следующих несложных геометрических преобразований.

Описанный подход предполагает обнаружение и сопровождение объектов на каждом из кадров в последовательности. Это требует значительных вычислительных ресурсов и не позволяет обеспечить решение задачи в режиме реального времени. Преодолеть эту проблему можно путем оценки смещений между изображениями в последовательности и прогнозирования расположения объектов на последующих кадрах. Пусть имеются два кадра с пространственного дальномера Z^1 и Z^2 , полученные в следующие друг за другом промежутки времени. Для оценивания пространственного сдвига между Z^1 и Z^2 обычно используют корреляционно-экстремальный алгоритм, требующий больших вычислительных ресурсов. Это недопустимо для автономных аппаратов. В диссертации предложено применение численного метода, а именно псевдоградиентных процедур. Эти процедуры могут быть описаны следующим выражением. При этом получим вектор параметров деформации: смещение по горизонтали (Δx) и вертикали (Δy), изменение угла поворота ($\Delta \theta$) и масштаба (ΔM).

Применение псевдоградиентных процедур позволяет решать также задачу построения и актуализации электронной карты местности. На рисунке показано построение такой карты в режиме реального времени на стандартном компьютере путем обработки изображений с пространственным разрешением 500×500 со средней скоростью 12 кадров в секунду.

Общий алгоритм определения координат управляемого аппарата состоит из следующих шагов: 1. Выполняется трансляция данных пространственного дальномера в последовательность двумерных кадров изображений. 2. На первом кадре выполняется обнаружение объектов, которые можно использовать в качестве опорных при навигации. 3. С помощью инерциальной системы навигации выполняется предварительная оценка перемещения аппарата за промежутки времени между регистрацией первого и второго кадра. 4. Выполняется сопоставление объектов на первом и втором кадрах. Если в ходе сопоставления

объект отсутствует в прогнозируемой точке второго изображения – он считается движущимся и не участвует в навигации.5. Выполняется расчет относительного перемещения аппарата за время между регистрацией первого и второго кадра. Это перемещение дополняет оцениваемую траекторию.6. Процесс повторяется для третьего и последующего изображений.

Для анализа качества алгоритма рассмотрим вначале изображения, полученные с пространственного дальномера. Пусть соседние кадры отличаются только сдвигом по одной или обеим осям координат. На рисунке (а) представлены зависимости ошибки оценивания от размера изображения и при одном или двух оцениваемых параметрах. При меньшем числе параметров получается более точная оценка. На рисунке (б) представлена зависимость времени обработки от размера изображения. С увеличением размера изображения увеличивается время его обработки.

Анализ особенностей получаемых изображений показал, что характеристики алгоритмов их обработки возможно существенно улучшить, используя медианную фильтрацию. На графиках приведены кривые, соответствующие ошибкам совмещения до и после фильтрации. Полученные численные характеристики дают основание рассчитывать на достаточно точную оценку координат опорных объектов при навигации и управлении.

С помощью статистического моделирования был проведен анализ точности псевдоградиентных алгоритмов. При этом аппарат либо осуществляет поворот в горизонтальной плоскости, либо одновременно выполняет поворот и перемещается вдоль продольной оси. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении ошибок, возникающие при одновременном повороте и движении. Так при сдвиге изображения на 30 пикселей в случае одновременного поворота и перемещения ошибка до 10 раз больше, чем при таком же сдвиге в результате только поворота аппарата. Это очевидно объясняется изменением масштаба объектов на изображениях.

Рассмотрим наиболее простой вариант перемещения аппарата – вперед вдоль продольной оси. При этом исследовались два варианта предложенного алгоритма с использованием промежуточного ПГ совмещения в отдельных парах изображений и тотальным обнаружением и привязкой объектов на всех изображениях. Хорошо заметно, что второй вариант отличается меньшей ошибкой.

Было установлено, что погрешность оценивания траектории аппарата существенно зависит от количества наблюдаемых объектов и их расположения на изображениях. Чем больше объектов наблюдает аппарат и чем ближе они располагается к фокусу камеры тем меньше будет ошибка оценивания траектории. На графике показано возрастание ошибки с удалением объекта от фокуса камеры. На рисунке показаны результаты оценивания координат аппарат по двум объектам по отдельности и вместе.

В случае большого количества наблюдаемых объектов возможно наложение изображений объектов друг на друга. Тогда для получения лучших результатов можно использовать не только геометрический центр этого объекта, но другие точки, размещенные на поверхности составного «объекта». Для этого можно или разделить объект по ширине на N частей с равными расстояниями между ними, или выбрать N точек в области середины объекта.

В соответствии со схемой данные с контроллера Kinect обрабатываются одноплатным компьютером для получения координат наблюдаемых объектов и позиционирования самого аппарата.

На данном слайде №21 представлены процессы обработки данных на одноплатном компьютере, реализующие ранее описанный алгоритм оценки траектории.

Для реализации и исследования алгоритмов на языке Visual Studio C# был разработан комплекс программ, состоящий из следующих модулей: Модуль получения и трансляции данных Kinect; Модуль формирования и имитации 3D сцены, содержащей различные в том числе движущиеся объекты; Модуль обнаружения и сопровождения объектов в последовательности изображений; Модуль имитации данных инерциальной навигационной системы; Модуль оценки траектории аппарата, перемещающегося в виртуальной сцене; Модуль формирования отчетов.

На рисунке представлена имитируемая 3D сцена, перемещение аппарата по ней и оцененная траектория этого перемещения. Использование программа позволило получить большое число результатов, характеризующих эффективность предложенных алгоритмов. Эти данные дают основание утверждать о достоверности полученных результатов и обеспечить их востребованность.

Таким образом, в работе получены следующие основные результаты.

1. Разработан датчик перемещения на основе численных псевдоградиентных процедур обработки изображений окружающей среды, полученных с помощью пространственного инфракрасного дальномера Kinect.
2. Проведен анализ ошибок оценивания местоположения аппарата с учетом реальных погрешностей.
3. Предложенные оценки координат по нескольким наблюдаемым объектам позволяют формировать гибкие решения для определения положения автономного аппарата и объектов в динамической среде.
4. Проведенные исследования показали, что использование предложенного датчика перемещения позволяет принципиально решить проблему местоопределения аппарата при отсутствии спутниковых систем навигации.
5. Разработаны математические модели изображений техногенных объектов.
6. Разработан комплекс программ для моделирования системы управления аппаратом с предложенным датчиком перемещения в виртуальном пространстве и оценки погрешностей местоопределения в различных условиях.
7. Предложены конкретные варианты реализации аппаратно-программного комплекса определения местоположения в виде отдельного элемента – «датчика перемещения».

Спасибо за внимание.

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю?

д.т.н., доцент Негода В.Н.

У вас есть одноплатный контроллер. Каковы требования к памяти, к быстродействию и разрядности этого контроллера. Каково быстродействие и какая частота у процессора? Или требований нет и все ваши алгоритмы могут быть выполнены на любом процессоре?

Соискатель

В экспериментах мы использовали обработку на обычном 32 разрядном компьютере. В качестве одноплатного компьютера микрокомпьютер Raspberry PI.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Ваша работа называется «Разработка и моделирование устройств...». Какие устройства были Вами разработаны и смоделированы?

Соискатель

Был разработан и исследован датчик перемещения, состоящий из пространственного дальномера и обрабатывающего данные одноплатного компьютера.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

У Вас идет привязка к местности? Исходные данные нужны какие-то? Карты существующие закладываются? Как привязаться к местности? Первый объект появляется и Вы к нему привязываетесь. А он откуда взялся?

Соискатель

Электронные карты являются дополнительным материалом, позволяющим повысить точность навигации. Однако, позиционирование может выполняться и без них по последовательности получаемых в режиме реального времени данных.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

А вот как влияет внешняя среда: допустим, погода, любые другие условия на эти процессы?

Соискатель

Точность позиционирования определяется точностью и ограничениями используемого дальномера. Например, в сильный дождь использование инфракрасного дальномера Kinect приводит к существенным погрешностям. Их можно избежать применением лазерных дальномеров.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Что у Вас является элементом системы управления? Элементом системы управления, который Вы защищаете в рамках специальности? Специальность, по которой вы защищаетесь, это «Элементы системы управления вычислительной техники». У Вас что является таким элементом? Каковы выходные параметры? Был конкретный вариант реализации, что он собой представлял? На чем испытывался? На каком аппарате? Это же автономный аппарат? В качестве аппарата что использовалось? Где был установлен? На каком аппарате был установлен Ваш датчик? Были натурные испытания?

Соискатель

Элементом системы управления является датчик перемещения, обеспечивающий систему управления оценками текущих координат и погрешностями их оценивания. В процессе испытаний датчик был установлен на компактном летательном аппарате.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Какие у него характеристики? Какие были высоты полета, допустим?

Соискатель

Не выше 10 м.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.:

Полеты происходили в закрытом пространстве?

Соискатель

Да. В основном в закрытом.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

И последний вопрос: какими особенностями обладает Ваш элемент управления, в отличие от известных? Какие особенности функционирования? Откуда получают данные, особенности обработки

данных. При этом какие-то достоинства достигаются, какие-то преимущества? У любого решения есть достоинства и недостатки. Какие достоинства у Вашего решения?

Соискатель

Разработанный датчик перемещения обрабатывает последовательности данных, получаемых с пространственного дальномера. Ему не нужна дополнительная инфраструктура как при применении спутниковой навигационной системы. Ошибки оценивания координат нарастают намного медленнее, чем в инерциальных навигационных системах. Датчик может работать в том числе и в отсутствие электронной карты местности.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Дальность обработки ограничена? В данном конкретном варианте?

Соискатель

Дальность ограничена возможностями дальномера. В данном случае 15 метров.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Плакат №6. Что за полосы на раздаточном материале, вдоль и поперек? Смоделированные изображения такими действительно получались или Вы что-то сделали с ними? Они так и были или Вы их повернули? Они здесь повернуты. Эта модель полностью горизонтальная или вертикальная. Вот, допустим, если N увеличивать, модель Хабиби дает вертикальные или горизонтальные полосы. А это, похоже, Вы повернули. Так Вы их поворачивали или нет?

Соискатель

Действительно при подготовке презентации изображения были повернуты.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Что такое round, что это за функция? Это округление какое - просто целая часть или как-то по-другому? Например, round (1.7) это сколько будет?

Соискатель

Эта функция, используемая в программном обеспечении Visual Studio C#. Round (1.7) будет 2.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Плакат №9. У Вас здесь и на других плакатах всегда объекты расположены вдоль координатных осей. Но аппарат, когда летит, он специально ориентируется вдоль зданий? Ведь эти прямоугольники могут быть повернуты. У Вас во всех обработках, Ваших картинках уже кабинетная что-ли, удобная ориентация.

Соискатель

Предполагается, что на борту аппарата будет установлен гиropодвес, компенсирующий углы наклона, которые возникают при перемещении.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

А реальные все-таки картинки, когда Вы говорите, летал у Вас этот аппарат по комнате, он всегда был ориентирован так? В горизонтали так, но всегда смотрел вдоль комнаты?

Соискатель

Все изображения являются реальными.

д.т.н., профессор Варнаков В.В.

Что Вы относите к математическому моделированию, численным методам и комплексу программ?

Соискатель

Математические модели изображений искусственных объектов, псевдоградиентные алгоритмы оценивания смещений в парах изображений, представленный комплекс программ на языке Visual Studio C#.

д.т.н., профессор Варнаков В.В.

Комплекс программ запатентован? Внесены они в реестр программ ЭВМ, не регистрировали эти программы?

Соискатель

Нет. Не зарегистрированы.

д.т.н., профессор Сергеев В.В.

Цель моделирования в чём заключалась?

Соискатель

В оценке эффективности найденных алгоритмов.

д.т.н., профессор Стучебников В.М.

Какая максимальная скорость может быть у устройства, на котором находится ваш датчик перемещения? Если малая, то сколько? Какое практическое применение может иметь Ваша разработка?

Соискатель

Скорость перемещения зависит от масштаба наблюдаемых объектов. Важно, чтобы в процессе регистрации объектов разница между ними на соседних кадрах была бы в пределах 40-60 пикселей. На открытом пространстве это соответствует скорости примерно 30-40 км/ч.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

В диссертации у Вас указано, что погрешность определения положения может быть от 0,3 м до 4,6 м, т.е. очень большой разброс - полметра и четыре с половиной метра, то есть, в 10 раз. Что влияет на точность определения положения аппарата?

Соискатель

На точность влияет тот факт, используется или нет комплексирование со спутниковой или инерциальной навигационной системы.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Вы сказали, что (датчик) измеряет расстояние максимум до 10 м. (Датчик) может измерить максимальное расстояние до какого объекта? Если 8-10 метров, то получается, что он дает очень большую погрешность - ровно половина расстояния до объекта, до которого меряет. Это так?

Соискатель

Сравнивать эти цифры напрямую нельзя. Дело в том, что аппарат может довольно долго перемещаться по некоторой территории. При

этом общая длина его траектория может быть достаточно значительной. До нескольких километров. И эксперименты показывают в случае, если на протяжении своего перемещения он постоянно имеет возможность наблюдать объекты, то погрешность оценивания перемещении укладывается в названные Вами цифры.

Председатель

Есть еще вопросы? (Нет).

Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв? (Нет).
Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю работы **профессору Васильеву Константину Константиновичу**

Научный руководитель

Дело в том, что в данной работе проводилось два эксперимента: один - натурный, который Хуссейн проводил на опытном приборе (датчик Kinect). Он сам его купил, сам проводил лично все эксперименты. Действительно, дальномер Kinect имеет небольшую дальность действия - до 15 м, но дело в том, что сам датчик перемещения, определяющий по последовательности изображений перемещение аппарата, предоставляют дополнительную информацию, которую можно объединять с данными спутниковой или инерциальной навигационной системы. Конечно, если на изображении нет контраста, нет никаких объектов, то он ничего не даст, но обычно аппараты перемещаются в пространствах, которые структурированы. Датчик позволяет измерять расстояние, и если расстояния до объектов меняется, то уже можно получить достаточно точные измерения. Здесь есть конкретный датчик, который действительно измеряет расстояние до 15 м, есть программа моделирования, которая позволяет определять погрешности местоопределения, что и было сделано в работе. Программа может использоваться также и для любых других датчиков, которые работают на сотни метров, то есть программа имеет довольно широкое применение. Важно, что все эти эксперименты: и натурные, и теоретические, и разработка программного комплекса были проведены самостоятельно. Работа опубликована, и большую часть материала Хуссейн писал сам. Конечно, руководителям пришлось редактировать материал, но, самое главное - то, что, я считаю, Хуссейн разобрался в основных принципах построения этих датчиков, в комплексировании навигационной информации, моделировании комплекса программ самостоятельно и достиг очень хорошего уровня. Работа в целом хорошо опубликована, хотя у меня есть неудовлетворенность относительно качества русского языка. Но в целом, я считаю, что работа очень хорошая. И в ней есть как датчик перемещения, который может быть активно использован в перспективных системах, так и 3 компонента, которые относятся к специальности 05.13.18, поэтому диссертацию можно рекомендовать к защите.

Председатель

Ученому секретарю Совета предоставляется слово для оглашения заключения организации, где выполнялась работа и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа. Затем зачитывает отзыв ведущей организации.

(Заключение и отзыв прилагаются).

Председатель

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов, все они положительные. Согласны ли члены Совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полный текст?

Слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, предоставляется **Ученому секретарю Совета**.

Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов.

1. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры телекоммуникационных систем **Багмановым В.Х.**

Замечания:

- Экспериментальные исследования проводятся для сравнительно небольших расстояний до местных предметов. В связи с этим возникает вопрос об особенностях переноса полученных результатов на случай расстояний в несколько десятков или сотни метров;
- Основные результаты работы получены для ИК дельномера Kinect. Было бы важно расширить круг возможных средств получения изображений;
- При формулировании научной новизны не отмечены отличия предложенных методов, принципов и алгоритмов от известных.

2. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет».

Отзыв подписан к.т.н., доцентом кафедры морских информационных систем и технологий **Семеновым Н.Н.**

Замечания:

- Указана точность позиционирования 0.3-4.6 метра, увеличение точности на 20-50 %, но не сказано, при каких условиях могут быть получены такие цифры;
- Дано описание и результаты работы контроллера Kinect, но не показано, почему используется именно он, и почему нельзя использовать устройства построения изображения 2.5D камерами со стереозрением;
- Упоминается комплексирование оценок координат объекта, но не приводится ни описаний, ни математического аппарата.

3. Новосибирский государственный технический университет.

Отзыв подписан заведующим кафедры теоретических основ радиотехники, д.т.н., профессором **Спектором А.А.**

Замечания:

- В автореферате недостаточно внимания уделено описанию структуры разработанного аппаратно-программного комплекса;
- Следовало яснее изложить принцип формирования рабочих изображений на основе расстояний, измеренных датчиком. Непонятно, например, чему соответствуют отдельные точки (пиксели) формируемой картины;
- Имеются погрешности изложения полученных результатов. Так, например, не пояснена переменная n в формуле (4). Рисунки 21 и 22 имеют слишком малые масштабы, что, в сочетании с лаконичностью пояснений, снижает их информативность.

4. ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет».

Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры радиотехнических и медико-биологических систем **Фурманом Я.А.**

Замечания:

- Недостаточное обоснование используемого в работе метода выделения изображений объектов по значениям яркости строк наблюдаемой сцены;
- Отсутствуют данные о виде распределения вероятностей шума и его параметрах при оценке точности измерений;
- Фраза "объект находится в фокусе дальногомера" (стр. 13) является некорректной.

5. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича».

Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры сетей связи и передачи данных **Парамоновым А.И.**

Замечания:

- Наряду с временем обработки изображений (Рис. 6) имеется смысл оценить количество операций, необходимых для обработки, что позволит применить полученные результаты для иных реализаций алгоритма;
- Отсутствует описание некоторых символов, приведенных в математических выражениях.

6. ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры общеобразовательных дисциплин **Сергиенко Л.С.**

Замечаний нет.

7. Компания «СОНДА Технолоджи» г. Миасс.

Отзыв подписан директором по науке ООО «СОНДА ПРО», д.ф.-м.н., профессором **Гудковым В.Ю.**

Замечания:

- В качестве замечания можно указать то, что алгоритмы насыщены богатым аналитическим содержанием, которое в автореферате освещено лишь частично, что затрудняет доступ к применению методов и моделей другим специалистам.

8. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ.

Отзыв подписан заведующим кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, д.ф.-м.н., профессором **Надеевым А.Ф.**

Замечания:

- В качестве замечания следует отметить, что из текста автореферата не понятно, каким образом учитывается влияние пространственных флуктуаций автономной платформы на точность определения координат.

Председатель

Слово для ответа на замечания по заключению и отзывам предоставляется соискателю.

Соискатель

По поводу замечаний ведущей организации. Со всеми замечаниями согласен, но, к сожалению, в настоящей работе я имел возможность проводить фактические эксперименты только с использованием доступного дальномера Kinect. Надеюсь в дальнейшей работе получить результаты и для других дальномеров.

Теперь относительно отзывов на автореферат.

Ответ на третье замечание профессора Багманова поясняю. В основе предложенных алгоритмов – процедуры совмещения отдельных кадров, получаемых с пространственных дальномеров и использование полученных значений для оценки относительных перемещений аппарата. Очевидным преимуществом найденного решения является повышение точности позиционирования, особенно, при отсутствии сигналов спутниковой системы.

Ответ на третье замечание доцента Семенова поясняю. Более подробное описание приводится в диссертации в главе 4.

Ответ на второе замечание профессора Спектора поясняю. Яркость в отдельных точках (пикселях) соответствует расстоянию до соответствующих объектов. Более подробное описание подобных изображений дано в главе 2 диссертационной работы.

Ответ на первое замечание профессора Фурмана поясняю. Используемые в работе изображения, полученные с пространственного дальномера, отличаются рядом особенностей, например выраженным градиентным изменением яркости по вертикали. Для выделения объектов на этих изображениях использовались разные алгоритмы, но наилучшие результаты показал алгоритм, основанный на совместном анализе гистограмм каждой отдельной строки изображения.

Ответ на первое замечание профессора Парамонова поясняю. Нужно заметить, что оценить точно количество операций, требуемых для обработки, невозможно, поскольку в основе используемых процедур лежат псевдоградиентные алгоритмы, особенностью которых является случайный характер обработки и количества требуемых операций.

С остальными замечаниями в отзывах на автореферат я согласен.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **д.т.н., профессору Смагину Алексею Аркадьевичу.**

Хочу сразу сказать, что диссертация очень интересная. Очень перспективное направление раскрывается в этой работе. Вы знаете, что сейчас квадрокоптеры или, как их просто называют, дроны нашли самое широкое распространение. А что такое дрон? Это, по сути, программа, управляемая летательным аппаратом. Им можно управлять вручную, можно управлять с помощью системы распознавания речи, можно управлять, по последним разработкам, с помощью специальных голографических систем. Всё это управляемые системы. Я вчера прочитал, что такие дроны в Иркутске на открытой местности в кафе продавали пиццу. Система применения достаточно широка. В диссертационной работе рассматриваются автономные системы, которые особенно хороши в разведке, в картографии, при определении нахождения объектов в заданной зоне, определении местоположения этих объектов и многое другое, что их интересует. В настоящей работе основной идеей является совмещение дронов и таких контроллеров, как Kinect. Что такое Kinect? Это игровая система (приставка), которая была создана в 2010 году, и под пристальным вниманием специалистов это привело к тому, что обнаружилось, что в них входят дальномер, системы инфракрасного излучения - датчик-приемник, система съёмки. Решили сочетать систему доставки дрона в нужное место, и при доставке его создать траекторию, найти нужный объект и получить координаты этого объекта.

Сочетание двух разных систем - летательного аппарата и Kinect дало удивительный эффект. В настоящее время системы позиционирования, системы определения координат, инерциальные навигационные системы существуют, например, в самолетах, есть GPS системы. Но всё дело в том, что навигационная система весит 15 кг, занимает объём $1,5 \times 1,0 \text{ м}^3$ и в кабине даже большого самолета очень мешает, а также потребляет очень много электроэнергии. Поэтому ее нельзя использовать для таких летательных аппаратов. Второе - это GPS системы. Если существуют помехи, если дрон двигается достаточно долго, то в это время для таких систем существует проблема накопления ошибок. Здесь предложен довольно интересный способ. Когда дрон двигается над поверхностью в заданном объёме, начинает делать съёмки, и по этим сдвигам, которые осуществляются при фотографировании изображения, по координатам можно построить траекторию, а когда вы построили траекторию и добрались до нужного места, можно построить электронную карту. Поэтому основная идея состоит в том, чтобы использовать возможности доставки такой системы (дрона) на какое-то расстояние. Был выбран Kinect. Kinect, я уже сказал, игровая приставка, но она позволяет решить эту задачу. Расстояния небольшие (до 15 м), но, тем не менее, на таком дроне имеется дальномер, который излучает инфракрасные лучи и получает ответные сигналы. По этим данным строится изображение, я называю его виртуальным, т.к. точность съёма данных, точность работы дальномера влияет на то, что получается. Можно определять координаты по этим смещениям. Последовательность изображений по координатам позволяет построить траекторию, а после того, как траектория построена, можно строить и электронную карту местности. Тем не менее, здесь есть ряд проблем, которые раскрыты. Я считаю, что это пионерская работа, когда отказываются от традиционных систем, а работают по изображениям. Эта работа очень интересна в

этом плане. Дальше на примерах, которые представлены, можно развивать эту работу. Важность задачи велика, потому что, если с помощью дрона строить карту местности, то она должна быть точная. Для военных целей тем более. Если это гражданские цели, то здесь другие требования.

Главная глава - №2, в которой рассматриваются все основные теоретические вопросы, разрабатывается алгоритм, математические модели, сам подход, с помощью которого реализуется основная задача. Поэтому я кратко отмечу, что получено в этой главе.

Дано описание контроллера Microsoft Kinect, который является основным источником информации, и здесь как бы обосновывается его появление, хотя не достаточно хорошо. Мне казалось, что здесь должна быть серия контроллеров, и выбрать из них такой, который имеет наиболее средние оценки. Здесь выбран просто контроллер Kinect 2.0, и на его базе ведутся все эксперименты. Вот описание и сказано, какие погрешности он имеет. Разработан алгоритм оценки траектории летательного аппарата на основе последовательности изображений.

Разработан метод обнаружения объектов изображения. Предложена проанализированная математическая модель изображения техногенных объектов для построения электронной карты местности. Здесь бы я хотел отметить, чтобы не забыть, что в экспериментах этот дрон двигается только вдоль - вперед и назад - и делает только повороты, поэтому, когда профессор Крашенинников спрашивал, как у вас будут выглядеть объекты, если они имеют в следующем кадре другой вид, проблема здесь есть определенная. Но это проблема распознавания образа, хотя в работе в самом начале указано, что она имеет отношение к этой диссертации. Разработаны методы построения электронной карты местности. И, конечно, без оценки координат местоположения камеры и местоположения самих объектов никуда не деться. Эти методы тоже подробнейшим образом рассмотрены. Так как диссертация построена по классике: в начале обзор и анализ существующих методов, тем, которые реализуют данную проблему, 2 глава - больше теоретическая, 3 глава представляет результаты анализа алгоритмов обработки последовательности смоделированных изображений различных объектов, данные которых получены с помощью датчика перемещения, проведен анализ алгоритмов оценки траекторий летательного аппарата, распределение объектов в окружающей среде, исследование оценок координат автономного аппарата. 4 глава состоит из 2 частей: первая часть - сам датчик перемещения, а вторая часть - программа модуля, которая реализует предложенные алгоритмы. Датчик перемещения, алгоритмы и технические средства были экспериментально исследованы. Довольно большой раздел посвящен этим исследованиям, приведено огромное количество примеров. Как мы уже выяснили, это ограниченное пространство, и хотелось бы, конечно, видеть, чтобы такие эксперименты проводились на территориях, где имеются техногенные объекты. Экспериментальные исследования оказались достаточными для доказательства реального повышения точности управления автономных аппаратов. Практическая ценность: разработано устройство систем управления аппарата, а именно, датчик перемещения на основе численных процедур обработки последовательности изображений окружающей среды, полученных с помощью пространственного инфракрасного дальномера Kinect; может

использоваться для решения задач навигации автономных летательных аппаратов, а практическую ценность имеет разработанный с использованием модели изображения техногенных объектов комплекс программ для построения электронной карты местности и моделирования устройства автоматического управления движением аппарата по заданной траектории.

Диссертация написана понятным, ясным техническим языком, снабжена достаточным количеством правильно оформленного иллюстративного материала - его очень большое количество, особенно в 4 главе, этого материала. Следует отметить как положительную сторону при оформлении диссертации широкое использование текстовых и графических редакторов.

Наконец, замечания по работе. В работе рассмотрен датчик перемещения на основе инфракрасного дальномера с дальностью действия несколько десятков метров, но на самом деле, есть фирма, которая выпускает целую линейку датчиков, у которых дальность - десятки? метров. При этом отсутствует анализ особенностей применения датчиков с большей дальностью действия, характерных, например, для летательных аппаратов. Есть летательные аппараты, которые летают на керосине, и запускаются на столько километров, на сколько позволяет горючее. Второе: при малой контрастности получаемых изображений точность определения перемещения будет снижаться. В диссертации рассмотрено использование только контрастных местных предметов для определения местоположения. Кстати говоря, Вы задавали вопрос, как определяются координаты на карте, а просто, когда камера двигается, а объект не изменяет своего положения, он берется за точку отсчета, и поворот камеры, и расстояние отражения позволяет определить местоположение самой камеры. Если такого постоянного объекта нет, то есть множество небольших объектов, которые тоже не меняют своего положения, их тоже можно взять за точку отсчета. Было бы целесообразно уделить больше внимания построению электронных карт местности для повышения точности местоопределения. К недостаткам работы следует отнести излишнюю описательность в изложении некоторых разделов диссертации.

Таким образом, представленная работа Абдулкадима Хуссейна по актуальности, научно-техническому уровню и практическому значению выполненных исследований, технических и технологических разработок отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Председатель

Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель

Ответ на второе замечание оппонента профессора Смагина А.А. поясню: Результаты работы могут быть использованы и для других

дальномеров без изменения структуры алгоритмов. В частности для навигации можно использовать, например, лазерные лидары. При этом естественно улучшится точность навигации. Действительно при обработке изображений контрастность объектов играет важную роль. Однако изображения, которые используются в настоящей работе, отличается некоторая специфика, в частности, яркость каждого пикселя этого изображения представляет собой дальность от дальномера до объекта. В связи с этим наблюдаемые на таких изображениях объекты отличаются очень высоким контрастом по сравнению с фоном и другими объектами.

С другими замечаниями согласен.

Председатель

Второй оппонент отсутствует по уважительной причине.
Прошу ученого секретаря зачитать отзыв официального оппонента - **к.т.н., доцента Лучкова Николая Владимировича.**
Ученый секретарь зачитывает отзыв.
(Отзыв прилагается).

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель

С замечаниями оппонента доцента Лучкова Н.В. согласен.

Председатель

Кто хочет выступить?

д.т.н., доцент Негода В.Н.

У нас на НТС рассматривалась эта работа, и тот объем какой-то неудовлетворенности вопросами, реакцией на ответы (я фильтрую, выделяю несвязанные с языком), он был порожден потом, по ходу того, как эта работа продолжалась уже после НТС, чтобы выяснить все позиции с точки зрения экспертов НТС, которые давали добро, чтобы на совет выпустить, и чтобы соискатель спозиционировал свою работу более эффективно. И стало ясно, что это все порождено большей частью несоответствием наших ожиданий и объективных ограничений, т.е. то, что мы ждем от того человека, который занимается навигацией. Если мы говорим о беспилотнике и о навигации, наши ожидания порождены тем, что мы читаем. И если посмотреть на реальный аппарат, там десятки серьезных научно-исследовательских работ, и за пределами кандидатских и докторских, и опытно-конструкторских, где объемы затрат времени невероятно большие. А теперь посмотрим реальную объективность: бюджет кандидатской диссертации - что это такое? Может ли в этом бюджете быть, например, реальное испытание беспилотника с исследовательским софтом, который занимается реальной навигацией.

Конечно, этого не может быть, никто такого добра не даст, поэтому это реально и объективно, но я сам, разбираясь в этом вопросе, понял, что исследовательская задача, которая решена, а она решена вполне конкретная: есть методы, математические модели, которые позволяют повысить точность, и есть инструментальные средства, которые на борту существуют. И если мой вопрос – я не получил удовлетворительного ответа на этот вопрос – но я совершенно хорошо понимаю тренд бортовых средств специального назначения, но почему я «за» буду голосовать. Я буду голосовать за то, что на самом деле его прототип комнатного варианта является по своим результатам очень перспективным. А дело в том, что в условиях (у нас сегодня условия сложные: то землетрясения, то извержения вулкана, то вооруженные конфликты, то техногенные катастрофы) в помещениях навигацию вычисляют на короткие расстояния именно такими же устройствами – они требуют очень дешевых средств. И беспилотники которых мы можем запустить десять в этих условиях, нам не жалко, что они могут погибнуть. Но они часть своей задачи решат. Не говоря о том, что складское хозяйство тоже требует дешевых, и, мне кажется, что самоценными являются результаты в тех условиях, где речь идет о прототипах, конечно, но параметры прототипирования не являются настолько далекими от реальных. И поэтому я считаю, в этом серьезная актуальность. В этом направлении в этой работе можно было бы много накопить. Я буду голосовать «за».

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

В последние годы очень много работ, связанных с позиционированием и определением местоположения автономных летательных аппаратов, в том числе и много работ, в последние года два буквально, по изображениям позиционирования, либо как дополнительный параметр, либо как самостоятельная задача для прохождения маршрута только по тому, что видит аппарат. Но это не только с воздушными аппаратами, но, в том числе, и с подводными, где недоступны традиционные системы, или плохо работают. Но работ, где в качестве изображения представляются именно данные дальномера, то есть, пиксель это не яркость наблюдаемого изображения, а расстояние до этой точки, до объекта, т.е. радиальное расстояние, таких работ практически нет. То есть, новизна здесь очевидна в постановке задач. Пришлось и в алгоритмах изменить что-то-то, что это не яркость, а расстояние, уже по-другому определяется. И соискатель эту задачу в основном решил. Есть, конечно, недостатки, как и в любой работе, большинство из них было здесь озвучено, но в целом, я считаю, что работа законченная. Новизна постановки задач и ряда решений, на мой взгляд, очевидна. Я считаю, что соискатель достоин присвоения ученого звания.

д.т.н., профессор Варнаков В.В.

Работа исполнена на стыке двух специальностей. Обычно одна специальность более представляется, чем вторая. Здесь существует и то, и другое, но в презентации, к сожалению, не были четко представлены математические модели, какие-то ограничения, которые есть, также численные методы не были ярко представлены, и кроме

того, комплексы программ, которые выносятся на защиту, они, как правило, должны патентоваться. Тем самым, мы бы видели определенную новизну в развитии с этими программами. В целом, считаю, что представленный материал соответствует требованиям, ответы соискателя были в целом правильными, поэтому я считаю, что он заслуживает присвоения квалификации кандидата технических наук.

д.т.н., профессор Фурсов В.А.

Я внимательно посмотрел слайды, послушал. Мне в целом работа понравилась. Я в дополнение к первому выступлению хотел бы добавить, что, конечно, диссертант широко поставил задачу и навлек на себя много вопросов, но, если бы он сразу сузил задачу, я вижу такое прекрасное применение: сейчас мэрии многих крупных городов увлечены идеей создания инфраструктуры для доставки почты квадрокоптерами. И фактически то, что он сделал, это уже готовый прототип такой системы – только деньги вложить, и я буду голосовать «за».

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Появление любого нового канала информации о положении объекта – это большое дело. И здесь предлагается действительно интересный канал информации о местоположении объекта. Работа, конечно, находится еще в самом начале этого пути, и те вопросы, которые поднимал Крашенинников В.Р., когда аппарат имеет какой-то крен, тангаж находится в каком-то рысканье относительно тех объектов, до которых он снимает дальность, – все эти вопросы, конечно, должны еще прорабатываться. В принципе они как-то снимаются, и мы можем позиционировать те решения, которые получены в этой работе, на известный сейчас беспилотный автомобиль. Когда автомобиль практически все время находится горизонтально, многие вопросы снимаются. Многие крупные корпорации разрабатывают беспилотные автомобили, т.е. там присутствуют какие-то решения. Мы пока не знаем, какие решения там присутствуют, но, возможно, какие-то решения перекликаются с теми решениями, которые предложил сегодня защищающийся. Поэтому с этой точки зрения работа очень актуальная. В процессе приема диссертации к рассмотрению на совете, я много с защищающимся работал, т.е. мы рассматривали, подходит она по специальности или не подходит. Может быть, немножко у меня осталась неудовлетворенность тем, как он позиционирует свою работу по 05.13.05. Но такой элемент в системе управления действительно, есть, и здесь вопросов нет. С этой точки зрения работа перспективная, а то, что результаты в ней получены, да, еще много нужно работать, чтобы из тех прототипов, которые исследовались, получился рабочий вариант, который можно поставить на борт, но это дело наживное, т.е. работа будет развиваться, поэтому, я считаю, ее можно поддержать.

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Соискатель

Я хотел выразить большую благодарность моим научным руководителям, д.т.н., проф. Васильеву К.К. и к.т.н., доценту Дементьеву В.Е., которые все эти годы направляли меня в моих научных исследованиях. Большое уважение и благодарность я выражаю также совету за высказанные конструктивные замечания. Спасибо вам.

Председатель

Переходим к голосованию. Какие будут предложения по составу счетной комиссии? Поступили предложения включить в состав счетной комиссии Егоров Ю.П., Крашенинников В.Р., Дьяков И.Ф.

Прошу голосовать. Возражений нет.

Председатель

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование.)

Председатель

Коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Егорову Ю.П.

Оглашается протокол счетной комиссии.
(Протокол счетной комиссии прилагается).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол счетной комиссии утверждается.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - **17** , против - **нет** , недействительных бюллетеней - **нет**) диссертационный совет Д 212.277.01 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Абдулкадимом Х.А.** содержит новые решения в разработке и моделировании устройств определения координат автономных аппаратов на основе обработки последовательностей изображений, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Абдулкадиму Хуссейну Абдуламиру** ученую степень кандидата технических наук по специальностям **05.13.05 и 05.13.18.**

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Абдулкадимом Х.А.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта) .

Председатель

Есть предложение принять заключение в целом с учетом редакционных замечаний. Нет возражений? Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01 НА БАЗЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Ульяновский государственный
технический университет» по диссертации

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 03.07.2017 № _____

О присуждении Абдулкадиму Хуссейну Абдуламиру, гражданину Ирака, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и моделирование устройств определения координат автономных аппаратов на основе обработки последовательностей изображений» по специальностям 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 28.04.2017 протокол № 4, диссертационным советом Д212.277.01 на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, приказ № 847-в от 08.12.2000 г.

Соискатель Абдулкадим Хуссейн Абдуламир, 1973 года рождения. В 2004 г. получил степень магистра в области техники связи в технологическом университете в г. Багдаде (Ирак). С 2012 по 2016 г. обучался в аспирантуре на кафедре «Телекоммуникации» ФГБОУ ВО Ульяновского государственного технического университета.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации кафедре «Телекоммуникации».

Научные руководители: доктор технических наук, профессор Васильев Константин Константинович, зав. кафедрой «Телекоммуникации» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», и кандидат технических наук, доцент Дементьев Виталий Евгеньевич, доцент кафедры «Телекоммуникации» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

1. Смагин Алексей Аркадьевич – доктор технических наук, спец. 05.13.05, профессор, заведующего кафедрой «Телекоммуникационные технологии и сети» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»,
2. Лучков Николай Владимирович – кандидат технических наук, спец. 05.13.18, ведущий инженер ФНПЦ АО «НПО «Марс».

Ведущая организация: Ульяновский филиал ФГБУН Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, г. Ульяновск.

В своем положительном заключении, подписанном Черторийским А.А., заместителем директором по научной работе Ульяновского филиала ФГБУН Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, доцентом, указано, что диссертационная работа Абдулкадима Хуссейна Абдуламира является завершённой научно-исследовательской работой, в которой предлагается новый подход к созданию датчика перемещения автономного аппарата, основанный на обработке изображений

окружающей территории, для повышения точности работы системы управления движением.

Сделан вывод, что диссертационная работа соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, соответствует специальностям: 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор Х.А. Абдулкадим заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 3 работы в изданиях, включенных в перечень ВАК, 8 работ в трудах и материалах Международных и Всероссийских конференций.

Наиболее значимые научные труды по теме диссертации:

1. Дементьев В.Е., Абдулкадим Х.А., Френкель А.Г. Разработка и анализ алгоритмов оценивания траектории автономных летательных аппаратов по результатам обработки изображений окружающих объектов // Радиотехника, 2016, №9. – С. 28–31.
2. Абдулкадим Х.А., Васильев К.К., Дементьев В.Е. Анализ алгоритмов оценивания траектории автономных аппаратов // Надежность и качество сложных систем, 2016, № 4 (16). – С. 113–120.
3. Дементьев В.Е., Абдулкадим Х.А. Алгоритмы оценивания координат летательных аппаратов с помощью пространственных дальномеров // Автоматизация процессов управления, 2017, №1. – С. 53–57.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».** Отзыв подписан профессором кафедры телекоммуникационных систем, д.т.н., профессором Багмановым В.Х. Замечания: 1. Экспериментальные исследования проводятся для сравнительно небольших расстояний до местных предметов. В связи с этим возникает вопрос об особенностях переноса полученных результатов на случай расстояний в несколько десятков или сотни метров; 2. Основные результаты работы получены для ИК дальномера Kinect. Было бы важно расширить круг возможных средств получения изображений; 3. При формулировании научной новизны не отмечены отличия предложенных методов, принципов и алгоритмов от известных.

2. **ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет».** Отзыв подписан к.т.н., доцентом кафедры морских информационных систем и технологий Семеновым Н.Н. Замечания: 1. Указана точность позиционирования 0.3–4.6 метра, увеличение точности на 20–50 %, но не сказано, при каких условиях могут быть получены такие цифры; 2. Дано описание и результаты работы контроллера Kinect, но не показано, почему используется именно он, и почему нельзя использовать устройства построения изображения 2.5D камерами со стереозрением; 3. Упомянуто комплексирование оценок координат объекта, но не приводится ни описаний, ни математического аппарата.

3. **ФГБОУ ВО "Новосибирский государственный технический университет".** Отзыв подписан заведующим кафедрой «Теоретических основ радиотехники», д.т.н., профессором Спектором А.А. Замечания: 1. В автореферате недостаточно внимания уделено описанию структуры

разработанного аппаратно-программного комплекса; 2. Следовало яснее изложить принцип формирования рабочих изображений на основе расстояний, измеренных датчиком. Непонятно, например, чему соответствуют отдельные точки (пиксели) формируемой картины; 3. Имеются погрешности изложения полученных результатов. Так, например, не пояснена переменная n в формуле (4). Рисунки 21 и 22 имеют слишком малые масштабы, что, в сочетании с лаконичностью пояснений, снижает их информативность.

4. **ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»**. Отзыв подписан профессором кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, д.т.н., профессором Фурманом Я.А. Замечания: 1. Недостаточное обоснование используемого в работе метода выделения изображений объектов по значениям яркости строк наблюдаемой сцены; 2. Отсутствуют данные о виде распределения вероятностей шума и его параметрах при оценке точности измерений; 3. Фраза "объект находится в фокусе дальномера" (стр. 13) является некорректной.

5. **ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича»**. Отзыв подписан профессором кафедры сетей связи и передачи данных, д.т.н., профессором Парамоновым А.И. Замечания: 1. Наряду с временем обработки изображений (Рис. 6) имеет смысл оценить количество операций, необходимых для обработки, что позволит применить полученные результаты для иных реализаций алгоритма; 2. Отсутствует описание некоторых символов, приведенных в математических выражениях.

6. **ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»**. Отзыв подписан профессором кафедры общеобразовательных дисциплин, д.т.н., профессором Сергиенко Л.С., замечаний нет.

7. **Компания «Сонда Технолоджи» г. Миасс**. Отзыв подписан директором по науке ООО «СОНДА ПРО», д.ф.-м.н., профессором Гудковым В.Ю. Замечания: 1. В качестве замечания можно указать то, что алгоритмы насыщены богатым аналитическим содержанием, которое в автореферате освещено лишь частично, что затрудняет доступ к применению методов и моделей другим специалистам.

8. **ФГБОУ ВО "Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ"**. Отзыв подписан заведующим кафедрой радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, д.ф.-м.н., профессором Надеевым А.Ф. Замечания: 1. В качестве замечания следует отметить, что из текста автореферата не понятно, каким образом учитывается влияние пространственных флуктуаций автономной платформы на точность определения координат.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, подтверждаемой публикациями по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, а также способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны устройство системы управления автономного аппарата – датчик перемещения, использующий численные псевдоградиентные процедуры обработки последовательностей изображений окружающей среды, которые получены с помощью

пространственного инфракрасного дальномера; алгоритмы оценки координат и параметров смещения объектов, наблюдаемых в последовательностях изображений, а также алгоритмы оценивания собственных изменяющихся координат по результатам обработки изображений;

предложены применения датчика перемещения для системы автоматического управления движением автономного аппарата; алгоритмы обработки последовательностей изображений техногенных объектов, позволяющие осуществить анализ эффективности алгоритмов местоопределения на основе электронных карт местности;

доказано, что использование предложенного датчика перемещения позволяет принципиально решить проблему местоопределения аппарата при отсутствии спутниковых систем навигации в том случае, когда имеется возможность получить достаточно контрастные последовательности изображений окружающей среды.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что предложенные оценки координат по нескольким наблюдаемым объектам позволяют формировать гибкие решения для определения положения автономного аппарата на основе численных псевдоградиентных процедур обработки изображений окружающей среды;

применительно к проблематике диссертации результативно использована информация с предлагаемого датчика перемещения, включающего источник и систему обработки последовательности изображений с применением численных псевдоградиентных методов для повышения точности устройства управления автономных аппаратов и решения задач их навигации в реальном масштабе времени с помощью бортового компьютера;

изложены алгоритмы оценивания координат и траектории автономного аппарата методом псевдоградиентного оценивания;

раскрыта проблема повышения эффективности управления автономными аппаратами на основе дополнительной информации с датчика перемещения аппарата, включающего пространственный инфракрасный дальномер и процессор для определения параметров изображений окружающей обстановки;

изучены средства физического и статистического моделирования перемещения автономного аппарата. При этом изображения окружающей обстановки или подстилающей поверхности деформировались путем смещения, поворота и изменения масштаба. После этого с помощью псевдоградиентных алгоритмов выполнялась оценка параметров деформаций и сравнение этих оценок с истинными значениями.

проведена модернизация авторегрессионной модели двумерных изображений, основанная на промежуточном квантовании и позволяющая проводить имитацию техногенных объектов.

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

Разработано устройство системы управления автономного аппарата – датчик перемещения для определения положения автономного аппарата и объектов в динамической среде; математические модели изображений техногенных объектов и комплекс программ для актуализации и обновления электронной карты местности и моделирования устройства автоматического управления движением аппарата по заданной траектории с помощью виртуальной среды Visual studio C#, позволившие с помощью статистического моделирования получить подтверждение эффективности найденных решений;

