

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д212.125.12

Соискатель: Бодунков Николай Евгеньевич

Тема диссертации: Расширение условий функционирования систем визуальной навигации автономных беспилотных летательных аппаратов

Специальность: 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника)

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 24 декабря 2015 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Бодункову Н.Е. ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета В.В. Дарнопых,*

члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, В.С. Брусов, С.А. Горботенко, В.Н. Евдокименков, С.Ю. Желтов, А.И. Кибзун, Л.Н. Лысенко, В.П. Махров, С.Н. Падалко, В.Н. Почукаев, Ю.Н. Разумный, Г.Г. Райкунов, В.В. Родченко, С.Н. Рыбников, В.Е. Усачов, Г.Ф. Хахулин, М.М. Хрусталеv, А.В. Шаронов.

Учёный секретарь

диссертационного совета Д 212.125.12

В.В. Дарнопых

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.12
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от «24» декабря 2015 г. протокол № 14

О присуждении **Бодункову Николаю Евгеньевичу**, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Расширение условий функционирования систем визуальной навигации автономных беспилотных летательных аппаратов» в виде рукописи по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника) принята к защите 22 октября 2015 г., протокол №12, диссертационным советом Д 212.125.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4, номер и дата приказа о создании диссертационного совета 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Бодунков Николай Евгеньевич 1989 года рождения, в 2012 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (государственный технический университет)». В 2015 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». С 09.2015 по н/вр. работает младшим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель - кандидат технических наук, профессор, Ким Николай Владимирович, профессор кафедры «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1) Андреев Виктор Павлович –гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор ФГБОУ ВО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

2) Овчинников Александр Викторович – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

Дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация:

Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»), г.Москва **в своём положительном заключении**, подписанным начальником подразделения 3000, доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником Ю.В. Визильтерым, секретарем секции НТС подразделения 3000 Е.Б. Иловойской, утвержденным Генеральным директором ФГУП «ГосНИИАС» С.Ю. Желтовым указала, что диссертация Н.Е. Бодункова представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая содержит решение задач, имеющих существенное значение для разработки систем визуальной навигации. Уровень полученных результатов позволяет заключить, что диссертант заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника).

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 3 статьи в научных журналах и изданиях, рекомендуемых перечнем ВАК, а также 2 публикации в зарубежных изданиях.

ях. Соискателем опубликовано 8 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Облик выносной системы технического зрения на базе БЛА для робототехнических мобильных наземных комплексов / *В.А. Аникин, Н.Е. Бодунков, Н.В. Ким, В.П. Носков, И.В. Рубцов* // Известия ЮФУ. Технические науки. –Таганрог: 2014. - №3 (152). –С. 70-77.

2. *Ким, Н.В.* Разработка системы формирования адаптивных описаний объектов интереса для СТЗ РТК. / *Н.В. Ким, Н.Е. Бодунков, Д.В. Клестов* // Известия ЮФУ. Технические науки. –Таганрог: 2015. -№1 (162). –С. 109-120.

3. *Ким, Н.В.* Обработка и анализ изображений высокодинамичных объектов в масштабе реального времени / / *Н.В. Ким, Н.Е. Бодунков, Прохоров П.Д.* // Вестник Московского Авиационного Института. –М: МАИ, 2015. -Т 22. –С. 38-45.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС») (ведущая организация). **Отзыв положительный.**

Замечания по диссертации:

1. В работе отсутствует содержательный обзор современных методов привязки изображений, а также навигации по оптическим полям. В списке литературы имеются источники, описывающие корреляционно-экстремальные методы, однако никак не представлены работы других направлений, в частности, современные работы по привязке изображений и навигации на основе информативных особенностей различных типов, методы *template matching* и *transfer learning*, методы морфологического анализа изображений. Желательно было бы дополнить обзор литературы такими современными публикациями, прежде всего, зарубежными.

2. При выполнении экспериментальных исследований не проведено сравнение предлагаемого подхода к обнаружению ориентиров на основе использования адап-

тивных эталонов с другими существующими подходами, инвариантными к изменению условий наблюдения, в частности, с методами сопоставления точечных особенностей, контуров и других информативных черт, а также площадными морфологическими методами. Желательно было бы такое сравнение провести.

3. В правилах формирования адаптивных описаний ориентиров не представлены все исходные данные, необходимые для полного восстановления условий наблюдения. В связи с этим неясно, насколько велика должна быть формируемая база правил для того, чтобы охватить все возможные ситуации наблюдения.

4. Не проведена оценка влияния параметров разбиения эталонной карты местности на точность работы алгоритма формирования гипотез о положении БЛА.

2. Андреев Виктор Павлович (официальный оппонент). Отзыв положительный.

Оценивая работу в целом, следует отметить следующие её недостатки:

1. Во введении при обзоре опубликованных работ слабо обоснована их критика с точки зрения недостатков известных методов, что, в сущности, является предметом данной исследовательской работы. Эти недостатки указаны в следующих разделах, но для обоснования актуальности основные недостатки известных систем желательно указывать во введении.

2. В заключении вывод 1 сомнителен, поскольку возможно существование иных решений.

3. В разделе 2.2 (стр.50) изменение времени суток моделировалось изменением общей яркости и контрастности. Нет обоснованности использования данного приёма (если учитывать изменение положения солнца, то будет наблюдаться изменение ориентации теней).

4. Использование энтропии по Шеннону для определения начальной неопределенности положения и информативности ориентира или направления полёта некорректно, т.к. в данном случае нельзя говорить о вероятностях. Более точным будет использование понятия достоверности.

5. На стр.16 в тексте используется параметр $\delta_{тр}$, определение которому не приводится.

6. На стр.17 используется аббревиатура БИНС, определения которой нет.
7. На рис.1.2(а, б), рис.4. 7 (стр.119), и рис.4.17 обозначения осей координат приведены в тексте, но должны быть и на графиках.
8. Рис.1.1а (стр.26) и рис.1.16 (стр.27), а также рис.4.8-4.10 (стр.121, 122) выглядели бы более наглядно, если сравниваемые изображения поместить на странице рядом, а не на разных страницах.

3. Овчинников Александр Викторович (официальный оппонент). Отзыв положительный.

О недостатках.

1. В диссертации термин «описание» используется для обозначения различных понятий: описаний ориентиров - плотностей распределения и описаний сцены лингвистических описаний. Для однозначности трактования понятий целесообразно использовать различные термины или дополнить пояснениями существующий термин.
2. В работе недостаточно подробно рассмотрены вопросы формирования цифровой карты местности (ЦКМ), выбора эталонов, форм функций принадлежности и выбора эксперта.
3. Автор ограничивается рассмотрением, хотя и весьма подробным, влиянием на работу системы изменений условий наблюдения, связанных с текущей освещенностью объектов, хотя не меньший практический интерес представляет и оценка влияния текущих погодных условий (дождь, снег, туман и т.д.).
4. В работе говорится, что размер фрагментов цифровой карты местности (ЦКМ) зависит от требований к точности системы, но не даётся практических рекомендаций по их вычислению.
5. В диссертации присутствуют опечатки и синтаксические неточности, на графиках, показанных на рис. 1.2, рис. 4.7, рис. 4.17, отсутствуют обозначения осей.

4. ОАО «РТИ». Отзыв подписан заместителем генерального директора - руководителем Комплекса инновационного развития и управления R&D И.А. Бевзюком. По автореферату имеются следующие замечания:

1. В исследовании не представлены условия полета, при которых функционирование системы распознавания невозможно либо его результаты нельзя было бы назвать достоверными, например, из-за маленькой площади обзора при низкой высоте полета БЛА или в связи с искажениями, вызванными рельефом местности.

5. АО «Корпорация «Фазатрон-НИИР». Отзыв подписан начальником отдела, к.т.н., с.н.с., Т.В. Шаровой.

По автореферату могут быть сделаны следующие замечания:

Из недостатков работы следует отметить, что в правилах нечеткой логики необходимо расширить перечень используемой информации об условиях наблюдения, например, указывать текущий регион, время года и погодные условия.

6. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы», д.т.н., профессором, В.М. Наумовым.

В качестве недостатков автореферата следует отметить следующее:

Не объясняется, почему в качестве основного датчика выбрана видеокамера, а не более устойчивые радиолокационные системы.

7. АО «Камов». Отзыв подписан заместителем генерального конструктора В.Ю. Субботным.

В качестве недостатков следует отметить следующее:

1. В диссертации рассматривается вариант системы наблюдения, работающей только в видимом диапазоне излучений, что существенно ограничивает возможности использования полученных результатов;

2. Из текста автореферата не понятно каким образом реализуется сравнение описаний текущих и эталонных изображений.

8. ФГБУН ВИНТИ РАН. Отзыв подписан научным сотрудником ВИНТИ РАН к.т.н., Д.А. Добрыниным.

В качестве недостатков следует отметить следующее:

1. Отсутствие данных о влиянии на формируемые эталоны геометрических дестабилизирующих факторов, например, ошибки масштабирования и т.д.
2. Желательно было оценить влияние параметров видеокамеры (в частности, разрешения) на точность навигационных измерений.

9. ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН). Отзыв подписан старшим научным сотрудником, к.т.н. К.С. Яковлевым.

В качестве недостатков можно выделить следующие:

1. Отсутствуют формальные постановки двух основных рассматриваемых задач (обнаружение ориентиров на кадрах видеопотока в изменяемых условиях наблюдения, навигация автономных БЛА на малоинформативных участках местности), что несколько затрудняет восприятие описаний методов их решения.
2. В рамках экспериментального исследования предложенных методов и алгоритмов не проведено сравнение с имеющимися аналогами. Возможно, прямых аналогов не существует, тогда это следовало бы указать в тексте автореферата.

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
МАЛЫШЕВ В.В.	д.т.н., 05.07.09
БОБРОННИКОВ В.Т.	д.т.н., 05.13.01
БРУСОВ В.С.	д.т.н., 05.07.09
ЕВДОКИМЕНКОВ В.Н.	д.т.н., 05.13.01
ПАДАЛКО С.Н.	д.т.н., 05.13.18
РЫБНИКОВ С.И.	д.т.н., 05.13.01

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются специалистами по теме диссертационной работы Бодункова Николая Евгеньевича, а ведущая организация проводит исследования в области систем технического зрения и визуальной навигации беспилотных летательных аппаратов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Показано, что для расширения условий функционирования систем визуальной навигации автономных БЛА необходимо разработать алгоритм формирования адаптивных описаний ориентиров и алгоритм навигации по малоинформативным ориентирам.

Разработаны методика и алгоритм формирования адаптивных (к условиям наблюдения) описаний ориентиров, основанные на использовании нейронечетких систем.

Предложены методики построения функций принадлежности и обучения нечеткой системы формирования адаптивных описаний ориентиров.

Предложены и разработаны методика и алгоритм определения гипотез возможного положения БЛА при навигации по малоинформативным ориентирам на основе сопоставления текущих и эталонных описаний, содержащих отношения между ориентирами.

Предложен и разработан алгоритм выбора информативного направления полета для уточнения координат БЛА при неоднозначности гипотез его местоположения.

Теоретическая значимость обоснована тем, что:

1. Предложен подход к обнаружению ориентиров на основе использования эталонных описаний, адаптивных к изменению условий наблюдения.

2. Разработан алгоритм формирования и использования адаптивных описаний на основе нейронечетких систем.

3. Предложен подход к решению задачи визуальной навигации БЛА над малоинформативными участками местности, основанный на предварительном определении гипотез положения БЛА, планировании и реализации полета с учётом информативности выбранного направления.

4. Разработан алгоритм определения информативного направления полета для уточнения положения БЛА при навигации над малоинформативными участками местности.

Алгоритмы и подходы, разработанные автором, являются новыми или представляют собой модификацию существующих алгоритмов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для прак-

тики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены:

- методики и алгоритмы формирования адаптивных описаний, позволяющие обнаруживать ориентиры при изменении условий наблюдения, а также методика и алгоритм навигации по малоинформативным ориентирам, позволяющие уточнять текущее положение БЛА при полете над малоинформативными участками местности;
- описания на основе языков ситуационного управления, которые оказываются более структурированными и инвариантными к изменениям условий наблюдения, поворотам и искажениям объектов сцены по сравнению с изображениями сцены;
- программное обеспечение, разработанное автором, может быть использовано при разработке систем визуальной навигации беспилотного летательного аппарата;
- разработанные Бодунковым Н.Е. алгоритмы и программно-математическое обеспечение использовались в рабочем процессе ООО «ПАВЛИН Техно» в рамках ПНИ "Разработка автоматической системы обеспечения безопасной экстренной посадки беспилотных летательных аппаратов самолетного типа с применением интеллектуальной бортовой системы технического зрения".

Другие научные достижения, свидетельствующие о научной новизне и значимости полученных результатов заключаются в том, что предложенный подход и результаты проведённого моделирования позволили сделать выводы о возможности формирования описаний ориентиров, адаптивных к изменению условий наблюдения, а также навигации по малоинформативным ориентирам.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

идея базируется на использовании методов статистического распознавания, нечеткой логики, теории информации и языках ситуационного управления;

использованы полученные ранее по рассматриваемой тематике данные автора и других исследователей, в том числе зарубежных, в предметной области методов и алгоритмов визуальной навигации автономных беспилотных летательных аппаратов;

установлено, что полученные автором результаты укладываются в рамки существующих представлений о процессах обработки изображений и визуальной нави-

гации, в том числе, представленных в независимых источниках по данной тематике;

использованы аппарат математического моделирования, технологии компьютерного зрения, методы теории информации, статистические методы распознавания и методы нечеткой логики.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

сделан обзор литературы по структуре существующих навигационных систем БЛА, включая системы визуальной навигации, обосновывается актуальность выбранной темы, сделана постановка задач исследования, разработаны новые подходы, позволяющие расширить условия применения визуальной навигации автономных БЛА. Разработаны алгоритмы и проведены исследования, подтверждающие работоспособность и эффективность, предложенных подходов.

В рамках работы, автором разработан алгоритм формирования адаптивных описаний ориентиров на основе использования нечетких систем. Предложены: структура нечеткой системы, методика выбора функций принадлежности, обучения нечеткой системы, формат реализации нечеткой системы в виде фреймов.

В работе Бодунковым Н.Е. разработаны алгоритмы, позволяющие проводить оценки текущих координат БЛА по малоинформативным ориентирам, не используемым в существующих алгоритмах визуальной навигации. Автором предложено использовать описания наблюдаемой сцены на языках ситуационного управления для формирования гипотез текущего положения. Также предложено использовать элементы теории информации для оценки информативности ориентиров и выбора информативного направления полета.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.

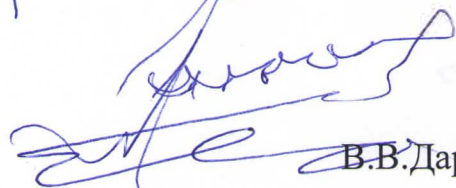
№ 842, и принял решение присудить Бодункову Николаю Евгеньевичу степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 доктора и 1 кандидат наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника), участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени: 21, против присуждения учёной степени: 0, недействительных бюллетеней: 0.

Председатель
диссертационного совета Д 212.125.12

 В.В.Малышев

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 212.125.12

 В.В.Дарнопых

«24» декабря 2015 года