

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.038.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАЛТИЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВОЕНМЕХ»
ИМ. Д.Ф. УСТИНОВА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 декабря 2021 г. № 11

О присуждении Бобровскому Алексею Ивановичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Теоретические основы синтеза методов и алгоритмов адаптивной обработки видеоинформации в космических системах наблюдения динамических сцен» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации принята к защите 17 сентября 2021 года, протокол № 7 объединенным диссертационным советом 99.2.038.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Министерства цифрового

развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 191186, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 61, приказ № 44/нк от 30 января 2017 года.

Соискатель Бобровский Алексей Иванович, 11.06.1958 года рождения, работает начальником научно-исследовательского центра в Федеральном государственном унитарном предприятии «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем» Федеральной службы по техническому и экспортному контролю.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, выполненную на специальную тему и посвященную разработке таблично-алгоритмических методов повышения производительности бортовых вычислительных машин объектов ракетно-космической техники, защитил в 1991 году в диссертационном совете, созданном на базе Военного инженерного института им. А. Ф. Можайского. С 2018 по 2021 год являлся соискателем Акционерного общества "Научно-исследовательский институт телевидения".

Диссертация выполнена в 14 научно-техническом комплексе Акционерного общества "Научно-исследовательский институт телевидения".

Научный консультант – доктор технических наук, Цыцулин Александр Константинович, основное место работы: Акционерное общество "Научно-исследовательский институт телевидения", управление, заместитель генерального директора по научной работе.

Оппоненты: 1. Жмудь Вадим Аркадьевич, доктор технических наук, доцент, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Новосибирский государственный технический университет", кафедра автоматики, заведующий кафедрой; 2. Васильев Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновский государственный технический университет", кафедра телекоммуникаций, профессор; 3. Мальцев Георгий Николаевич, доктор технических наук, профессор, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая

академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, кафедра космических радиотехнических систем, профессор кафедры, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Закрытое акционерное общество "Институт телекоммуникаций", г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Канаевым Андреем Константиновичем, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора по спецпроектам, и Гончаревским Виленом Степановичем, доктором технических наук, профессором, ведущим специалистом, утвержденном Присяжнюком Сергеем Прокофьевичем, доктором технических наук, профессором, генеральным директором, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой соискателем решена сложная научно-техническая проблема, имеющая важное хозяйственное и прикладное значение для космического приборостроения РФ, и соответствует специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации; полученные автором результаты характеризуются обоснованностью, достоверностью, научной новизной и практической значимостью.

Соискатель имеет 90 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 65, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 28, в том числе 18 по искомой специальности, а также: 7 работ в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования; 1 монографию; 4 результата интеллектуальной деятельности; 26 статей в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций; 1 отчет о НИР. Из них 8 работ опубликовано соискателем без соавторства. Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 43,5 печ.л. из общего количества 61,2 печ.л. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Бобровский, А. И. Развитие теоретических основ синтеза космических адаптивных видеоинформационных систем / А. И. Бобровский // Труды учебных институтов связи. 2021. Т. 7. № 2. С. 69–78.

2. Бобровский, А. И. Адаптация прикладной телевизионной системы к динамике сюжета / А. И. Бобровский // Цифровая обработка сигналов. 2018. № 3. С. 3–9.

3. Бобровский, А. И. Обработка видеоинформации в адаптивной системе контроля сближения космических аппаратов // Информация и космос. 2018. № 4. С. 149–153.

4. Бобровский, А. И. Принцип доминантной информации и его приложение к видеоинформатике / А.К. Цыцулин, Ш.С. Фахми, Д.Ю. Адамов, А.И. Бобровский, И.А. Зубакин, А.А. Каменев, В.А. Рогачев, А.В. Черногубов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 4. С. 3–16.

5. Бобровский, А. И. Принцип доминантной информации – концептуальная основа проектирования видеоинформационных систем / А. К. Цыцулин, Ш. С. Фахми, Д. Ю. Адамов, А. И. Бобровский, И. А. Зубакин, А. В. Черногубов // Датчики и системы. 2018. № 11. С. 3–9.

6. Бобровский, А. И. Модель фотоприёмника для исследования искажений в системах астроориентации с бегущим затвором / А. А. Манцветов, А. В. Морозов, А. И. Бобровский, А. С. Курников, А. Г. Чепелев // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 1. С. 17–25.

7. Бобровский, А. И. Вероятностные характеристики решающей статистики в телевизионной системе, адаптивной к динамике сюжета / А. К. Цыцулин, В. А. Рогачёв, А. В. Морозов, А. И. Бобровский, Э. В. Гель, А. Г. Чепелев, А. С. Курников // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 1. С. 70–77.

8. Бобровский, А. И. Повышение качества передаваемой видеоинформации при кодировании источника / А. К. Цыцулин, И. А. Зубакин, А. И. Бобровский, А. В. Черногубов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 3. С. 66–71.

9. Бобровский, А. И. Классификация малоразмерных изображений объектов по признакам движения с помощью обучаемого алгоритма / А. К. Цыцулин, А. В. Морозов, А. И. Бобровский, Ю. В. Баскова, В. А. Павлов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 3. С. 72–80.

10. Бобровский, А. И. Обнаружение объектов на звёздном фоне / Г. В. Левко, А. И. Бобровский, А. В. Морозов, А. К. Цыцулин // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2016. Вып. 2. С. 29–38.

11. Бобровский, А. И. Производительность многоядерных систем на кристалле фирмы INTEL-FPGA для обработки видеоинформации / В. В. Березин, Ш. С. Фахми, А. И. Бобровский, В. С. Черногоров // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 3. С. 81–88.

12. Бобровский А. И. Видеосистемы на кристалле: новые методы и технологии распознавания / А. И. Бобровский, В. В. Бородулин, И. А. Зубакин, М. Еид // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2017. Вып. 3. С. 29–38.

Публикации в изданиях, индексируемых в МБЦ:

13. Бобровский, А. И. Применение свёрточных нейронных сетей для автоматической селекции малоразмерных искусственных космических объектов на оптических изображениях звёздного неба / А. К. Цыцулин, А. И. Бобровский, А. В. Морозов, В. А. Павлов, М. А. Галеева // Оптический журнал. 2019. Вып. 10. С. 30–38.

14. Бобровский, А. И. Автоматическое управление чувствительностью в телевизионных системах / А. К. Цыцулин, Н. В. Лысенко, А. А. Манцетов, П. С. Баранов, А. И. Бобровский // Оптический журнал. 2019. Вып. 9. С. 30–37.

15. Bobrovsky, A. I. Taking into Account Noise and Background Information During Transmitting of Decisions on Signal Detection-Estimation / A. K. Tsytulin, A. V. Morozov, A. I. Bobrovsky, V. A. Pavlov, M. A. Galeeva // IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EExPolytech), St. Petersburg, Russia. 2019. С.124–127. doi: 10.1109/EExPolytech.2019.8906801.

16. Bobrovsky, A. Automatic detection of objects on star sky images by using the convolutional neural network / A. Bobrovsky, M. Galeev, A. Morozov, V. Pavlov and

A. Tsytsulin // Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1236. 2019. Pp. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1236/1/012066.

17. Bobrovsky, A. Adaptation of frame frequency to observation stages at control of spacecraft convergence / A. Devyatkin, A. Tsytsulin, A. Bobrovsky, A. Morozov, D. Gorshanov and V. Pavlov // Journal of Physics: Conference Series vol. 1236. 2019. pp 1-4. DOI: 10.1088/1742-6596/1236/1/012069.

18. Bobrovsky, A. I. Total adaptation is an important trend of imaging systems development / A. A. Umbitaliev, A. K. Tsytsulin, V. V. Pyatkov, N. N. Shipilov, A. I. Bobrovsky, A. V. Morozov // Proc. SPIE 11516, Optical Technologies for Telecommunications 2019, 115161V (22 May 2020); doi: 10.1117/12.2569960. Event: XVII International Scientific and Technical Conference «Optical Technologies for Telecommunications», 2019, Kazan, Russian Federation.

19. Bobrovsky, A. I. Multiple Object Tracking Using Convolutional Neural Network on Aerial Imagery Sequences / Makarov S.B., Pavlov V.A., Bezborodov A.K., Bobrovsky A. I. // Proceedings of the YETI 2020, St. Peterburg, Russia 28 November 2020 pp. 413–420, doi: 10.1007/978-3-030-58868-7_46.

Монографии:

20. Теория и практика космического телевидения / Умбиталиев А. А., Цыцулин А. К., Левко Г. В., Пятков В. В., Кузичкин А. В., Дворников С. В., Шипилов Н. Н., Манцветов А. А., Адамов Д. Ю., Бобровский А. И., Козлов В. В., Богданов Ю. Г., Царелунго А. Б., Ибатуллин С. М., Иванов К. В., Зеленова В. В. / Под ред. Умбиталиева А. А., Цыцулина А. К. СПб.: АО «НИИ телевидения», 2017. – 368 с.

Результаты интеллектуальной деятельности:

21. Программа для ЭВМ. Кодирование изображений с различным коэффициентом сжатия для фрагментов доминантного и фонового сигналов / А. К. Цыцулин, А. И. Бобровский, И. А. Зубакин, Ш. С. Фахми. Св. №2019611479 от 28.01.2019.

22. Программа для ЭВМ. Программа сжатия фрагментов изображений с разным коэффициентом сжатия для доминантного и фонового сигналов с автоматической селекцией и сегментацией доминантной информации /

А. К. Цыцулин, А. И. Бобровский, И. А. Зубакин, В. А. Павлов. Св. № 2019616555 от 24.05.2019.

Публикации в других изданиях:

23. Бобровский, А. И. Теоретические основы синтеза бортовых адаптивных видеоинформационных систем / А. И. Бобровский // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2019. Вып. 4. С. 74–78.

24. Бобровский, А. И. Уравнения управления параметрами работы фотоприёмной матрицы в прикладных телевизионных системах, адаптивных к динамике наблюдаемой сцены / А. И. Бобровский // Материалы 21-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» – DSPA-2019; в 2-х кн. Москва. Кн. 2. С. 463–466.

25. Бобровский, А. И. Синтез космической системы наблюдения при широком диапазоне изменения дальности до объекта / А. К. Цыцулин, А. И. Бобровский, А. В. Морозов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. 2020. Вып. 2. С. 19–37.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: официального оппонента Жмудя В.А.; официального оппонента Васильева К.К.; официального оппонента Мальцева Г.Н.; ведущей организации ЗАО "Институт телекоммуникаций"; Зубарева Ю.Б., чл.-корр. РАН, д.т.н., проф., заведующего кафедрой телевидения и радиовещания МТУСИ, Дворковича А.В., чл.-корр. РАН, д.т.н., проф., главного научного сотрудника-заведующего лабораторией мультимедийных систем и технологий МФТИ; Сагдуллаева Ю.С., д.т.н., проф., главного научного сотрудника МНИТИ; Бурдина В.А., д.т.н., проф., заведующего кафедрой "Линии связи и измерения в технике связи" ПГУТИ; Газизова Т.Р., д.т.н., проф., заведующего кафедрой телевидения и управления ТУСУР; Лопоты В.А., д.т.н., проф., генерального директора ЦНИИ РТК; Гамкрелидзе С.А., д. т. н., проф., директора ИСВЧПЭ РАН; Беляева М.Ю., д.т.н., проф., начальника отдела РКК "Энергия"; Кононова А.Ф., д.т.н., проф., заместителя руководителя Национального центра развития технологии и базовых элементов робототехники ФПИ; Обуховой Н.А., д.т.н., проф., и. о. декана факультета радиотехники и телекоммуникаций, заведующей кафедрой телевидения и видеотехники;

Сая С. В., д.т.н., проф., заведующего кафедрой вычислительной техники ТОГУ; Потатуркина О.И. д.т.н., проф., главного научного сотрудника ИАиЭ СО РАН; Товчигречко В.Н., д.т.н., зам. начальника научного центра по НИР ЦНИИХМ; Окова И.Н., д.т.н., проф., ведущего научного сотрудника филиала АО "Концерн "Вега"; Богданова А.В. д.ф.-м.н., проф., профессора кафедры фундаментальной информатики и распределенных систем СПбГУ; Дубровича В.К., д.ф.-м.н., старшего научного сотрудника АО "НЦ ПЭ"; Демина А.В., д.т.н., проф., начальника бюро перспективных разработок ЛОМО.

Все отзывы положительные, но имеются следующие критические замечания. Утверждение о традиционном разделении систем по-отдельности на системы сбора информации и системы обработки информации (стр. 31, предпоследний абзац) излишне обобщенное: понятие о системах сбора и обработки информации имеет давнюю историю, это понятие было широко известно уже в 1962 году: "В 1962 г. по заданию А.Н. Косыгина... В.М. Глушков начал разработку проекта, который позже получил название Общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством (ОГАС)». Функциональные схемы на рис. 3.1, 3.2 должны называться схемами моделирования наблюдения, поскольку это схемы реального процесса, тогда вместо трех отдельных блоков формирования доминантного сигнала, фона и шума должен быть единый блок – реальный сигнал. В диссертации рассмотрены приложения разработанных методов адаптации параметров ВИС к системам обнаружения и управления сближением космических аппаратов. Вместе с тем, построенная теория адаптивных ВИС для анализа динамических сцен имеет значительно более широкую область применения, например в медицине и робототехнике. Рассматриваемые ВИС оптимизируются по предложенным критериям качества, которые с позиций систем более высокого уровня являются локальными. Интуитивно понятно, что повышение качества информации или сокращение времени реакции приводит к улучшению характеристик таких систем, например, систем управления сближением космических аппаратов. Однако в диссертации отсутствует анализ повышения численных показателей их эффективности. В диссертации рассматриваются

системы подстройки частоты с двумя порогами (гистерезисом), значения которых подбираются наилучшими в соответствии с предложенными критериями качества. Такие системы не являются оптимальными в классе всех возможных и представляют собой частный случай систем с непрерывным изменением параметров. Поэтому представляет интерес вопрос о величине проигрыша предложенных алгоритмов адаптации глобально оптимальным. Предложенные алгоритмы адаптации представляют собой нелинейные замкнутые системы, которые могут быть неустойчивыми при определенных значениях параметров системы и входных сигналов. В диссертации не установлены области параметров и вид входных воздействий, при которых системы способны к свободным колебаниям. Оценка степени разработанности темы диссертации и результатов диссертации, выносимых на защиту, показывает, что автору следовало бы претендовать не на «теоретические основы синтеза методов и алгоритмов...», как это сформулировано в названии и по тексту диссертации, а на «развитие теоретических основ методов и алгоритмов...». Формулировка понятий, определяющих квалификационные признаки диссертации, представляется недостаточно четкой и конкретной. В частности, формулировки научной проблемы и цели исследования в значительной степени повторяют формулировку темы диссертации («теоретические основы синтеза...»), а формулировка предмета исследований больше соответствует характеристике полученных результатов («критерии и методы...»). Не выполнена формализация выходного качества видеoinформации, выдаваемой ВИС потребителям, или ее информационных возможностей, как обобщенного системного показателя, адекватного выносимой на защиту концепции адаптации структуры и параметров бортовой ВИС. При общем характере этой концепции и ее значении для системного проектирования бортовых ВИС достижение цели исследования характеризуется частными показателями для каждого из разработанных методов, относящихся к различным режимам работы ВИС. Характеристика бортовых ВИС наблюдения космических объектов, являющихся объектом исследований, не дает исчерпывающего представления обо всех их типах и решаемых задачах в составе космических систем. Рассматриваются преимущественно бортовые ВИС, используемые для

видеоинформационного обеспечения стыковки КА. Указывается также задача орбитального обслуживания, но ее содержательное описание отсутствует. В то же время различные задачи наблюдения космических объектов могут характеризоваться различными баллистическими схемами и динамикой изменения наблюдаемых сцен и, как следствие, особенностями адаптации бортовых ВИС в процессе наблюдения. При оценке качества видеоинформации, полученной ВИС, используются формальные статистические и теоретико-информационные критерии и не используются критерии визуального распознавания. Однако в соответствии с представленной схемой взаимодействия предполагается работа оператора и на борту КА, и в наземном комплексе управления, и в наземном специальном комплексе. Для такой схемы характеристику выходного качества видеоинформации необходимо давать с обязательным привлечением критериев визуального распознавания. Некорректно используется термин «пространственно-временные координаты объекта». На самом деле данный термин рассматривается в диссертации применительно не к измерению координат наблюдаемых объектов, а к пространственно-временной дискретизации изображения в матричном фотоприёмнике ВИС. При этом определяются условия минимизации суммарной ошибки дискретизации при адаптации кадровой частоты бортовой ВИС, но не в режиме измерения координат, а в режиме наблюдения объекта на малых дальностях. Границы перехода от одного к другому диапазону дальности до объекта автором рассмотрены только с позиций получения и обработки информации, без детального анализа алгоритма перехода к различным способам передачи информации по радиоканалу. Синтез алгоритмов обработки изображений осуществлен без учета влияния на модель движения космического аппарата-наблюдателя коррекции его орбитального движения, которая имеет существенно различные параметры для различных дистанций. В диссертации не рассмотрены возможности использования многоспектральных изображений наблюдаемой сцены, включая ультрафиолетовую, видимую и инфракрасную области спектра для селекции космических объектов на дальней дистанции. Не рассмотрены конкретные форматы формируемых и обрабатываемых изображений космических

динамических сцен. Непонятно, как из формулы (3) следует утверждение "В соответствии с (3) на расстояниях $R < R_0/12$ скорость увеличения межкадрового разностного сигнала нелинейно возрастает". Не приведено обоснование выбора нейросетевой архитектуры YOLO v2 для селекции изображений КА на фоне звезд в кадрах большой размерности. Соискатель вводит термин видеоинформационные системы (ВИС). Вместе с тем по тексту автореферата пишется то ВИС, то видеоинформационные космические системы. Отсутствует таблица оценки достигаемых параметров по сравнению с известными по ряду показателей. В работе не формализуется математическая модель движения сближающихся космических аппаратов, в силу чего автор применяет весьма простую форму априорной информации о функции распределения введённых решающих статистик. При детальном исследовании методов параметрической оптимизации и адаптации из автореферата не ясно, как реализуется структурная адаптация бортовой вычислительной подсистемы. Введенные понятия горизонтов чувствительности и крупной детали предполагают использование одного объектива, в то время как действующие телевизионные системы контроля сближения космических аппаратов используют и широкоугольные, и узкоугольные телекамеры. В работе приведена экспериментальная проверка эффективности алгоритмов на дальней, средней, и малой дистанции на фонах без учета изменяющейся телеметрической информации, которая практически заполняет весь кадр изображения при контроле динамических режимов пилотируемых кораблей "Союз", грузовых кораблей "Прогресс" и российского сегмента МКС. Недостаточно полно проанализированы возможные способы ориентации и стабилизации визирной оси адаптивной ВИС, от которых могут зависеть динамические характеристики изображений наблюдаемых объектов. Не приведена теоретическая оценка порогового значения времени накопления, необходимого для надежного различения сигналов по признаку скоростного смаза. Для величины запаса, обеспечивающего устойчивость управления при одновременных флуктуациях оценок смаза и отношения сигнал/шум, не указан рекомендуемый диапазон его значений. Из набора адаптируемых параметров синтезируемой прикладной телевизионной системы не обоснованно исключены

диаметр входного зрачка и фокусное расстояние оптической подсистемы, от которых в значительной степени зависит рабочий диапазон дальностей наблюдения с заданным качеством. Не проведен анализ влияния динамических характеристик изображения КА на устойчивость управления параметрами ФПМ. В положении 4, выносимом на защиту, рассматривается алгоритм адаптации кадровой частоты по принципу дихотомии с гистерезисом, в котором присутствует оценка порогов его срабатывания, но отсутствует оценка требуемой инерционности (запаздывания). В разработанных автором контурах автоматического управления параметрами ВИС не определены законы управления и не оценены области их устойчивости. Из текста автореферата недостаточно понятно, почему автор не использует общепринятые метрики, и что автор понимает под введенными им терминами: максимальной достоверностью классификации, высокой достоверностью обнаружения и др. Из текста автореферата недостаточно ясно, применял ли автор аппарат регрессии для оценки адекватности экспериментальных данных введенной им модели, рассчитывались ли дисперсии адекватности и воспроизводимости, и удовлетворяют ли полученные экспериментальные данные гипотезе об адекватности предложенной аналитической модели. В тексте автореферата нет никаких данных о том, какие именно значения вероятностей ошибки первого и второго рода обеспечивает предложенный метод и что именно автор понимает под надежным различением сигналов. На рис. 6 за блоком "Принцип доминантной информации" следует блок "Накопление качества информации" и в тексте нет никакого описания, как и за счет чего накапливается качество информации в соответствии со схемой. В описании 4-й главы автор явно не указывает как время кадра связано с временем накопления, поэтому в тексте возникает путаница что регулируется – длительность кадра или время накопления. Не исследовано влияние задержки передачи обработанной предлагаемыми методами видеоинформации по каналу связи на своевременность реакции по управлению космическими аппаратами. Из материалов автореферата неясно, как вычислялись количества доминантной, фоновой и шумовой информации. Не раскрыты основные параметры определения качества информации в многоконтурных ВИС.

Недостаточно обоснована необходимость применения не менее четырех контуров автоматического управления параметрами ВИС. Не рассмотрены вопросы кодирования видеоинформации для ее выдачи потребителю на дальней дистанции (при обнаружении космического объекта). Не показан алгоритм синтеза оптико-электронной видеоинформационной системы предложенной как система оптической, фотоприемной и вычислительной подсистем, каждая из которых имеет свою метрику. Не определены качественные и количественные требования к стабилизации визирной оси оптико-электронной видеоинформационной системы в зависимости от ее назначения. Не ясно что решает решающая статистика ϕ . (6) поскольку не указаны достижимые точности и ограничения квадратичного интегрального алгоритма вычисления решающей статистики.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью в области систем управления и обработки информации, в первую очередь, видеоинформации. Д.т.н., доцент В. А. Жмудь является автором более 500 публикаций, в т. ч. 14 книг по теории автоматического управления. Д.т.н., проф. К. К. Васильев – Заслуженный деятель науки и техники РФ, действительный член РАЕН, известный специалист по обработке изображений, автор более 300 публикаций, в т. ч. 14 книг, по теории случайных полей, обработке динамических изображений, теории управления. Д.т.н., проф. Г. Н. Мальцев – Заслуженный деятель науки РФ, известный специалист по космическим информационным системам, автор более 300 публикаций, в т. ч. 3 книг, по управлению космическими аппаратами и обработке видеоинформации, формируемой космическими оптико-электронными средствами. ЗАО "Институт телекоммуникаций" – ведущая организация в области космических информационных систем, включая дистанционное зондирование, картографию, тренажеры, роботы, системы теле- и видеонаблюдения. Научно-исследовательский отдел по разработке систем связи, известен своими работами по созданию геоинформационных систем, систем управления движением роботов и космических аппаратов (доктора технических наук Присяжнюк С. П., Канаев А. К., Гончаревский В. С.).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработаны теоретические основы синтеза адаптивных космических видеоинформационных систем наблюдения динамических сцен, опирающиеся на принцип доминантной информации и относящиеся к нему понятие качества информации; **предложен** принцип адаптации параметров космической видеоинформационной системы к динамике наблюдаемой сцены; **доказана** перспективность использования адаптации кадровой частоты к динамике наблюдаемых сцен для расширения диапазона рабочих дистанций космической видеоинформационной системы; **введены** новые понятия горизонтов обнаружения и крупной детали изображения, границы своевременной реакции системы наблюдения, характеризующие диапазоны дистанций применения различных методов адаптации кадровой частоты.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказано существование оптимального управления параметрами разложения изображения и получены новые уравнения для управления адаптацией кадровой частоты на разных дистанциях и для разных динамических свойств наблюдаемых сцен с использованием введенных критериев качества информации; **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы оптимизации информационных систем, опирающиеся на понятия и критерии теорий решений, управления и информации, благодаря чему получены новые результаты в части определения оптимальных порогов в различных контурах управления параметрами фотоприемной матрицы; **изложены** методы параметрического синтеза различных контуров управления видеоинформационной системы наблюдения динамических сцен для различных дистанций наблюдения динамических объектов; **раскрыты** существенные отличия задач параметрического синтеза видеоинформационных систем, преобразующих с помощью матричных фотоприемников световые поля в передаваемые электрические сигналы, от типовых задач передачи сигналов в электросвязи; **изучены** связи параметрического синтеза космических видеоинформационных систем с принципами системного согласования информационных параметров частей системы после её декомпозиции, инерционности и гистерезиса в контуре

отрицательной обратной связи, максимума времени нахождения системы в заданной области состояний; **проведена модернизация** существующих алгоритмов адаптации параметров разложения изображения, обеспечивающая максимизацию времени нахождения системы в заданной области состояний с исключением ложных переключений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и внедрены принципы адаптации параметров видеоинформационной космической системы к динамическим свойствам наблюдаемой сцены, метод селекции объектов на дальней дистанции по признаку скоростного смаза по отношению радиусов инерции сигнала, позволяющий вдвое снизить пороговое значение смаза, метод и алгоритм адаптации кадровой частоты по принципу дихотомии с гистерезисом на дальней дистанции наблюдения, позволяющими на порядок расширить горизонт чувствительности космической видеоинформационной системы, метод и алгоритм адаптации кадровой частоты на ближней дистанции, позволяющие на порядок приблизить границу своевременной реакции системы наблюдения, метод кодирования выдаваемой видеоинформации, позволяющий на порядок сократить требуемую скорость передачи информации потребителю, реализованные с использованием нейросетевых решений в НИОКР, выполненных в АО "НИИ Телевидения" по ТЗ ПАО «РКК Энергия», АО «ВПК «НПО машиностроения» и АО «ЛОМО» (имеются акты внедрения); **определены** перспективы практического использования адаптации кадровой частоты космических видеоинформационных систем, позволяющие в рамках существующих концепций систем высшего уровня на порядок расширить рабочий диапазон дистанций; **создана** система практических рекомендаций реализации разработанных методов обнаружения и адаптации в бортовых вычислителях с высокой степенью параллелизма вычислений; **представлены** рекомендации по определению необходимого и достаточного уровня сложности бортовых вычислителей на базе нейросетевых методов селекции объектов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: для экспериментальных работ оценки реализуемости и эффективности

предложенных алгоритмов и методов использованы реальные динамические сцены, полученные при наблюдении космических аппаратов с помощью наземных средств Главной (Пулковской) астрофизической обсерватории и с помощью телевизионных систем контроля сближения космических аппаратов разработки АО "НИИ телевидения", установленных на российском сегменте МКС и космических кораблях "Союз" и "Прогресс"; **теория** основана на известных ограничениях и типичной априорной информации о динамических сценах, наблюдаемых космическими системами, согласованными с опубликованными экспериментальными данными по контролю сближения космических аппаратов и по характеристикам твердотельных фотоприёмных матриц; **идея** адаптации телекамер контроля сближения космических аппаратов к динамике наблюдаемых сцен **базируется** на анализе практики контроля сближения космических кораблей "Союз" "Прогресс" с российским сегментом МКС и опирается на итерационный принцип контроля сближения и стыковки; **использованы** сравнения полученных оценок диапазона рабочих дистанций наблюдения и данных, полученных ранее в ходе эксплуатации телевизионных систем контроля сближения и стыковки космических аппаратов разработки АО "НИИ телевидения"; **установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по обнаружению космических объектов по признаку скоростного смаза в области значений смаза, существенно превышающих пороговое значение; **использованы** современные методы формирования видеоинформации и её обработки для селекции объектов и формирования решающих статистик управления параметрами фотоприёмных матриц и устройств кодирования видеоинформации с обоснованием выбора типов решающих статистик.

Личный вклад соискателя состоит в разработке многоконтурной системы адаптации космической видеоинформационной системы к параметрам динамических сцен и динамике работы такой системы; обосновании метода обнаружения объектов на дальней дистанции с помощью нейросетевых методов с применением принципов кластерного анализа; обосновании критерия и метода адаптации космических видеоинформационных систем к параметрам скоростного

смаза, опирающихся на отношение радиусов инерции сигнала по двум ортогональным осям – вдоль и поперёк смаза; обосновании критерия и метода оптимизации адаптивных космических видеоинформационных систем при использовании статистики отношения дисперсий межэлементных и межкадровых разностей; личном участии в постановке экспериментов по наблюдению космических аппаратов при вариации кадровой частоты, моделировании и испытаниях макетов адаптивных космических систем наблюдения динамических сцен. В работах, выполненных в соавторстве, соискателю принадлежит ведущая роль в постановке и решении задач и обобщении полученных результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: недостаточность экспериментальных данных, недостоверность приведённых результатов, недостаточно рассмотрена область применения рассмотренных системных предложений.

Соискатель Бобровский А. И. в ходе заседания ответил на задаваемые ему вопросы и привёл собственную аргументацию о том, что положения, выдвинутые на защиту, были проиллюстрированы экспериментальными изображениями космических аппаратов на дальней дистанции за горизонтом крупной детали и на средней дистанции в ходе контроля сближения космических аппаратов, практической реализацией введенных уравнений управления, а также экспериментальными зависимостями предложенных решающих статистик от кадровой частоты, которые сравнены с найденной верхней границей, что обосновывает достаточность экспериментальных данных и достоверность положений; согласился с другими замечаниями и привел собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Теоретические основы синтеза методов и алгоритмов адаптивной обработки видеоинформации в космических системах наблюдения динамических сцен» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а также пунктам 3, 4, 9 паспорта научной специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

На заседании 22 декабря 2021 года объединенный диссертационный совет принял решение присудить Бобровскому А. И. ученую степень доктора технических наук за решение научной проблемы разработки теоретических основ синтеза космических видеоинформационных систем, адаптивных к динамическим характеристикам контролируемых космических сцен в расширенном рабочем диапазоне дальностей наблюдения обслуживаемых космических объектов и имеющих повышенное качество выдаваемой потребителю информации о наблюдаемых сценах и пространственно-временных координатах обнаруженных и контролируемых объектов в условиях жестких ресурсных и временных ограничений, которая имеет важное хозяйственное и прикладное значение для космической отрасли РФ.

При проведении тайного голосования объединенный диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Бачевский Сергей Викторович

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Владыко Андрей Геннадьевич

24 декабря 2021 года