

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по научной работе и  
инновациям

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный  
радиотехнический университет»

д.т.н. С. И. Гусев



2018 г.

### **ОТЗЫВ**

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет» на диссертацию Е. Д. Ржаниковой «Метод сокращения времени передачи цифрового видео с микробеспилотных летательных аппаратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

#### *Актуальность темы диссертационной работы*

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) широко распространены в различных областях возможного применения. Важным этапом развития БЛА является создание малоразмерных аппаратов или микробеспилотных летательных аппаратов. При передаче цифровых изображений высокого разрешения с борта БПА особое внимание уделяется предварительной обработке изображений на борту БЛА. В условиях ограниченности энергетических ресурсов летательных аппаратов известные методы сокращения времени обработки изображений неприменимы. Проблема поиска энергоэффективного метода сокращения времени обработки становится более актуальной с уменьшением размера БЛА, что сопровождается уменьшением энергетических ресурсов аппарата. При разработке методов сжатия изображений используются теории условных марковских процессов, в результате получаемые алгоритмы превосходят по скорости известные аналоги, требующие для реализации больших временных и энергетических ресурсов. Поэтому разработка методов сокращения времени передачи цифрового видео с микробеспилотных летательных аппаратов является актуальной научно-технической задачей.

#### *Научная новизна исследований и полученных результатов*

Автором в диссертационной работе получены важные научные результаты, среди которых нужно выделить следующие:

– разработан метод преобразования статических и динамических цифровых изображений, состоящих из двоичных изображений, в цифровые изображения, представленные набором групповых разрядных изображений, без искажений и вычислительных операций на борту беспилотного летательного аппарата, позволяющий сократить время передачи изображений многофазными сигналами по радиоканалу;



– разработаны двумерная и трехмерная математические модели преобразованных цифровых изображений на основе двумерных и трехмерных цепей Маркова с несколькими состояниями, адекватные реальным цифровым изображениям по своим статистическим характеристикам;

– на основе теории условных марковских процессов с дискретными аргументами разработаны и исследованы алгоритмы двумерной и трехмерной нелинейной фильтрации статических и динамических цифровых изображений, эффективно реализующие статистическую избыточность статических и динамических изображений для компенсации потерь помехоустойчивости, вызванных применением многофазных сигналов для передачи цифровых изображений при наличии белого гауссовского шума и импульсных помех;

– разработан адаптивный алгоритм двумерной нелинейной фильтрации статических изображений при частичном и полном отсутствии априорных данных о статистических характеристиках изображения, отличающийся высокой скоростью адаптации в реальном масштабе времени;

– результаты исследований разработанного метода сокращения времени передачи цифровых изображений многофазными сигналами с компенсацией потерь помехоустойчивости, реализацией статистической избыточности методом нелинейной фильтрации изображений подтвердили теоретические предпосылки эффективности предложенного метода, позволившего сократить время передачи статических и динамических изображений при незначительных потерях в помехоустойчивости и затратах энергетических ресурсов на борту беспилотного летательного аппарата.

*Обоснованность научных положений и достоверность выводов диссертационной работы*

Обоснованность научных положений обусловлена корректным применением теории марковских процессов, математического анализа, а также компьютерного моделирования. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается согласованием результатов расчетов по полученным в работе аналитическим формулам с результатами статистического моделирования на ЭВМ, а также апробацией полученных результатов в научной печати и в докладах на научных конференциях.

*Практическая значимость диссертационной работы*

Практическая значимость работы заключается в устранении искажений на борту микро БЛА при преобразовании изображений для передачи по радиоканалу и компенсации потерь помехоустойчивости, вызванных реализацией статистической избыточности оригиналов цифровых изображений алгоритмами нелинейной фильтрации сигналов при априорно известных и неизвестных статистических характеристиках оригиналов изображений при наличии белого гауссовского шума и импульсных помех. Предложенный в диссертации Ржаниковой Е.Д. метод сокращения времени передачи изображений с борта микро БЛА с минимальными энергетическими затратами применим в разработке БЛА различного назначения.



### *Опубликование и апробация результатов диссертационной работы*

Основные результаты работы опубликованы в 34 научных работах, в числе которых 9 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Кроме того, основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих всероссийских и международных научных конференциях: Всероссийская ежегодная НТК «Общество, наука, инновации» (г. Киров, 2012-2015), 10-я МНТК «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (г. Владимир, 2012), VIII Международная научно-практическая конференция Образование и наука XXI века (г. София, 2012), XV и XVII Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA» (г. Москва, 2013, 2016), Всероссийская конференция «Радиоэлектронные средства получения, обработки и визуализации информации – РСПОВИ-2014» (г. Нижний Новгород, 2014), XX Международных научно-технических конференциях «Радиолокация, навигация, связь» (г. Воронеж, 2014).

### *Анализ и оценка содержания диссертационной работы*

В первой главе диссертационной работы приведено описание метода преобразования статических и динамических цифровых изображений, число которых меньше чем исходных двоичных радиолокационных изображений. Преобразование осуществляется на борту микро БЛА без вычислительных операций, сохраняется статистическая избыточность оригинала, обусловленная пространственной и междуразрядной корреляциями пикселей. Поставлена задача использования статистической избыточности изображений для повышения помехоустойчивости приема изображений. В качестве математической модели цифрового изображения используется трехмерная цепь Маркова. Для оценки адекватности модели проведено моделирование изображений размером 2000x2000 пикселей.

Вторая глава посвящена разработке алгоритма двумерной нелинейной фильтрации цифрового изображения при наличии белого гауссовского шума. Математической моделью группы радиолокационных двоичных изображений является двумерная цепь Маркова. В качестве критерия различения состояний элементов цифрового изображения принят критерий максимума логарифма отношения апостериорных вероятностей. Выполнено моделирование алгоритма двумерной нелинейной фильтрации оригиналов изображений, передаваемых с борта БЛА при одинаковом отношении сигнал/шум по мощности на входе нелинейного фильтра. Разработан комбинированный алгоритм нелинейной фильтрации изображений при наличии на входе радиоприемного устройства аддитивной смеси белого гауссовского шума и импульсных помех.

В третьей главе диссертации рассмотрен адаптивный алгоритм нелинейной фильтрации цифрового изображения. При отсутствии априорных данных о статистических характеристиках оригиналов статических изображений данный алгоритм позволяет в процессе приема сигналов вычислять недостающие статистические данные. Адаптивность алгоритм достигается путем введения



априорных вероятностей перехода на их оцененные значения, вычисленные по принятым сигналам.

В четвертой главе описан алгоритм преобразования цифрового изображения перед передачей по радиоканалу в набор из нескольких двоичных изображений. При увеличении разрядности изображений размер набора также увеличивается. Статистическая избыточность изображений имеет больший размер за счет пространственной и межкадровой корреляций в исходной видеопоследовательности, чем у статических изображений. Преобразование видеопоследовательности на борту микро БЛА не требуется. На основе теории нелинейной многомерной фильтрации цепей Маркова синтезирован алгоритм трехмерной нелинейной фильтрации. Проведены исследования эффективности алгоритмов нелинейной фильтрации при различной разрядности изображений и числе изображений в группе.

В заключительной главе приведены основные результаты исследования. Сделаны выводы относительно возможности применения предложенных алгоритмов. Указаны достоинства и недостатки используемых сигналов, показано влияние статистической избыточности оригиналов статических и динамических изображений на помехоустойчивость системы передачи данных.

Таким образом, содержание диссертации соответствует заявленной теме, а сама диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу.

Основные результаты диссертации являются обоснованными и достоверными. Они получены на основе корректного использования соотношений статистической теории радиотехнических систем, математического моделирования. Сравнение этих результатов с результатами статистического моделирования показало хорошее их соответствие.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что ее результаты предназначены для использования при разработке алгоритмов обработки изображений дистанционного зондирования, наземных беспилотных аппаратов, используемых в транспорте и сельском хозяйстве, а также при подготовке специалистов в указанных областях.

Тема диссертационного исследования и содержание диссертации соответствуют специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Полученные автором результаты характеризуются научной ценностью и практической значимостью. Стиль изложения и оформление работы соответствуют общепринятым нормам.

Автореферат правильно отражает основные положения и результаты, полученные в диссертации.

#### *Замечания по диссертации и автореферату*

1. При моделировании работы алгоритмов нелинейной фильтрации не было выполнено сравнение с известными алгоритмами фильтрации по параметрам помехоустойчивости и скорости обработки.



2. Целесообразно провести непосредственную оценку времени передачи изображения определенного размера при использовании различных алгоритмов сжатия и фильтрации.
3. В диссертации имеется умеренное количество опечаток и стилистических неточностей.

*Заключение по диссертационной работе*

Указанные недостатки не снижают научной и практической ценности диссертации в целом, которая выполнена на достаточно высоком научном уровне и заслуживает хорошей оценки.

Диссертационная работа Ржаниковой Е. Д. «Метод сокращения времени передачи цифрового видео с микробеспилотных летательных аппаратов» удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, ее содержание соответствует специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, а Ржаникова Елена Дмитриевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

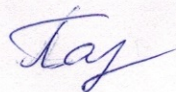
Отзыв ведущей организации на диссертацию Е.Д. Ржаниковой обсужден и одобрен на заседании кафедры радиотехнических устройств федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет», протокол №1 от 31 августа 2018 г.

Зав. кафедрой радиотехнических устройств,  
доктор технических наук, профессор



Паршин Юрий Николаевич

Доцент кафедры радиотехнических устройств,  
кандидат технических наук,



Паршин Александр Юрьевич

Почтовый адрес: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1,  
Телефон: 8-4912-46-03-48  
e-mail: [rtu@rsreu.ru](mailto:rtu@rsreu.ru)