

# ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ»

117593, Москва, Соловьиный проезд, 4-1-152.

E-mail: [rastermsk@gmail.com](mailto:rastermsk@gmail.com), <http://www.rastr.net>

---

ОГРН 1027739849060, ОКВЭД 72.19, КПП 772801001, ИНН 7728220999.

Тел. +7(495)425-73-26, факс. +7(495)789-93-67.

## ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук

Бондаренко Максима Андреевича

на диссертационную работу Сычева Алексея Сергеевича на тему «Комплексирование мультиспектральных изображений на основе безэталонной оценки их качества», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Мультиспектральные системы технического зрения (МСТЗ), в которых используется комплексирование разнспектральных изображений, нашли реальное применение в авиации для повышения ситуационной осведомлённости пилотов, в системах безопасности, в дистанционном зондировании Земли и космоса, а также для проведения оптико-электронной разведки. Компанией Растр Технолоджи уже предлагаются первые серийные МСТЗ типа RT-700Combo, прошедшие лётные испытания совместно с ФГУП «ГосНИИАС», позволяющие совмещать и адаптивно комплексировать два или три разнспектральных видеоканала в реальном масштабе времени. Создание бортовых видеосистем нового поколения представляет собой актуальную научно-техническую проблему. Такие системы должны обеспечивать круглосуточное и метеонезависимое видение окружающего пространства, удовлетворять требованиям операторского восприятия, а также обеспечивать поддержку функционирования средств интеллектуальной обработки изображений в реальном масштабе времени. Тем самым, рассматриваемая диссертационная работа обладает несомненной актуальностью, а справедливо отмеченный автором большой задел в этой области многих отечественных и



зарубежных учёных, включая вклад сотрудников Растр Технолоджи, лишь подчёркивает её.

В работе автором поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработан алгоритм оценивания среднеквадратического отклонения (СКО) шума на изображении.
2. Разработан алгоритм оценки информативности изображения.
3. Разработан алгоритм комплексирования изображений, повышающий информативность результата с учётом оценок информативности исходных разноспектральных изображений.

Основные научные результаты, полученные в ходе исследования, являются новыми и включают в себя следующее:

- Разработан новый алгоритм оценки СКО шума на изображении на основе параметрической оценки плотности распределения вероятностей значений локального СКО яркости изображения;
- Предложен новый численный безэталонный показатель качества и информативности цифровых полутоновых изображений;
- Разработан новый алгоритм комплексирования изображений на основе метода главных компонент, где низкочастотные компоненты изображений комплексировуют с весами, пропорциональными численной оценке качества и информативности исходных изображений.

Достоверность результатов исследования подтверждается использованием математического и полунатурного моделирования системы улучшенного видения. Методы исследования, используемые соискателем, включая методы линейной алгебры, математической статистики, постановку вычислительного эксперимента, демонстрируют эффективность и результативность.

В опубликованных работах соискателя достаточно хорошо раскрыты результаты, выносимые на защиту. Описанные в научных статьях результаты дополняют результаты предшественников по таким важным для технического зрения вопросам, как безэталонная оценка качества и информативности изображений, комплексирование разнородных изображений, а также оценка эффективности методов комплексирования изображений, что говорит о **теоретической значимости** проведённого исследования.



Полученные в диссертационной работе результаты имеют **практическую значимость**. Разработанные алгоритмы и программное обеспечение внедрены и используются в составе программного обеспечения комплекса дефектоскопии проволочных фильтров и системы калибровки оптических сенсоров ООО «Квантрон-Групп». Результаты внедрения подкреплены также двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ и патентом на изобретение.

Диссертация хорошо структурирована, написана грамотно, простым и понятным языком.

К недостаткам данной диссертационной работы следует отнести следующие:

1. Вывод автора от том, что «алгоритмы формирования псевдоцветного изображения имеют большую асимптотическую временную сложность и требуют больших затрат оперативной памяти для реализации, а потому в большинстве специализированных систем наибольшее распространение получили те, в которых на монитор выводят полутоновое изображение», выглядит необоснованным, так как не подкреплён реальным сравнением вычислительной сложности. Замечу, что если два комплексиремых изображения имеют по  $N$  пикселей, то алгоритм на стр. 45 – 46 требует всего  $2N$  байт памяти при 8 битах на пиксель,  $3N$  операций сложения и  $3N$  операций умножения. Алгоритм на стр. 45 – 46 был легко аппаратно реализован в МСТЗ RT-700Combo и работает в реальном масштабе времени. При этом выносимый автором на защиту алгоритм требует на порядок больше операций вычисления, и несопоставимо сложнее в реализации.
2. В работе недостаточно подробно рассмотрен класс алгоритмов псевдоцветового комплексирования, единственный из известных классов, для алгоритмов которого, если число разноспектральных каналов меньше или равно числу цветовых, математически доказывается полное сохранение информации от исходных изображений, и его преимущества с учётом того, что мультиспектральное изображение содержит по определению, как минимум 2 цветовых канала только в более широком спектре, чем мы привыкли видеть. Так, например, независимо от алгоритма по



комбинированному монохромному ТВ + ИК изображению в общем случае нельзя однозначно сказать: белый цвет принадлежит нагретому объекту или светлому и холодному? Комфорт восприятия важен несомненно, но интерпретируемость сцены важнее. Вместе с этим полученный соискателем результат весьма полезен как панхроматическая детальная составляющая для комфортно воспринимаемого правильно интерпретируемого псевдоцветного комбинированного изображения, о чём есть публикация Бондаренко М. А., Бондаренко А. В., Дрынкин В. Н., Павлов Ю. В. Формирование и отображение видеоинформации в бортовых мультиспектральных системах улучшенного видения // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия Приборостроение, 2022, № 2 (139), с. 79-95. DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3933-2022-2-79-95>.

3. Выбор интерпретируемого языка программирования Python с динамической типизацией данных для практической реализации и оценки быстродействия алгоритмов выглядит неубедительным с точки зрения системного подхода, так как в реальных СТЗ используются языки программирования типа Delphi, C++, C# с жёсткой типизацией данных и тонким контролем вычислительных ресурсов. Тоже самое касается выбора Ethernet в качестве аппаратного интерфейса стенда, так как две и более независимые камеры не могут быть качественно синхронизированы по этому протоколу, проверяющему целостность сообщения по разрозненным пакетам, что по опыту Растр Технолоджи приводит «к двоению» деталей результирующего видео и не подходит для мультиспектральных видеокамер, используемых для съёмки динамических процессов.

Сделанные выше замечания не противоречат общей положительной оценке работы и не снижают значимость полученных результатов исследований. Рассматриваемая диссертация является научно-исследовательской работой, выполненной самостоятельно автором на высоком научном уровне, где излагаются результаты законченного исследования, выполненного на актуальную тему и посвящённого решению важной научной задачи – комплексированию разнспектральных полутоновых изображений с учётом их информативных признаков. Приведённые в работе результаты имеют

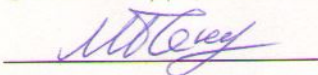


существенное теоретическое и практическое значение. Основные положения диссертации изложены в опубликованных работах автора. Содержание автореферата соответствует основным результатам, положениям и выводам диссертации.

Таким образом, диссертационная работа по уровню проведенных исследований, актуальности, новизне, теоретической и практической значимости полностью удовлетворяет требованиям п. 9, «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК при Минобрнауки РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор Сычев Алексей Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Бондаренко Максим Андреевич, кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ».  
Россия, 117593, Москва, Соловьиный проезд, д. 4, к. 1, кв. 152.  
Тел.: +7 (495) 425-73-26. Эл. почта: [max.bond@bk.ru](mailto:max.bond@bk.ru)

Отзыв подготовлен «22» ноября 2024 г.

 / Бондаренко М. А.

Подпись Бондаренко М. А. заверяю  
Генеральный директор ООО «Растр Технолоджи»

 / Бондаренко А. В.



Отзывом ознакомлен  
27.11.2024