

УТВЕРЖДАЮ

Директор открытого акционерного  
общества «АГАТ – системы управления» –  
управляющая компания холдинга  
«Геоинформационные системы управления»

Бевзюк А.Н.

«25» апреля 2024 г.



### ОТЗЫВ

оппонирующей организации открытого акционерного общества «АГАТ – системы управления» – управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления» на диссертационную работу Цуприка Сергея Викторовича, выполненную на тему «Адаптивное формирование опорного изображения в условиях изменяющейся яркости в корреляционно-экстремальных системах сопровождения наземных объектов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

#### **1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки со ссылкой на область исследования паспорта специальности, утвержденного ВАК**

Диссертация Цуприка Сергея Викторовича, выполненная на тему «Адаптивное формирование опорного изображения в условиях изменяющейся яркости в корреляционно-экстремальных системах сопровождения наземных объектов», соответствует отрасли технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, а полученные в ней научные результаты и положения, выносимые на защиту, соответствующим пунктам 1, 3, и 5 раздела III (Области исследования) паспорта по специальности.

#### **2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости**

Установлен характер изменения яркости пикселей изображения наземных объектов, движущихся на сложном и неоднородном фоне, выраженный в случайном скачкообразном изменении яркости от кадра к кадру.

Синтезировал устройство многогипотезного измерения яркости пикселя с межкадровой памятью гипотез по критерию минимума апостериорного риска с учетом априорной неопределенности относительно модели изменения регулярной составляющей задающего воздействия яркости.

Усовершенствовал способ адаптивного формирования опорного изображения, основанный на применении для оценки яркости в каждом пикселе измерителя с экспоненциальным сглаживанием, за счет применения нового синтезированного многогипотезного измерителя яркости пикселя с межкадровой памятью гипотез.

Провел сопоставительный анализ способов адаптивного формирования опорного изображения и их влияния на эффективность сопровождения наземных объектов.

Результаты, проведенных автором исследований, обеспечивают повышение времени устойчивого сопровождения наземных объектов в корреляционно-экстремальных системах, движущихся на сложном и неоднородном фоне в 1,14 – 1,47 раза.

### **3. Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена ученая степень**

В диссертационном исследовании автором получены следующие научные результаты:

разработан способ описания и математическая модель изменения яркости пикселя, от кадра к кадру, основанный на модели задающего воздействия с конечным числом состояний и непрерывным временем. Данный способ, в отличие от известных, позволяет за счет описания анализируемых значений в пределах интервала стационарности полиномиальной моделью 0-го и 1-го порядка учесть скачкообразные изменения яркости в случайные моменты времени и тем самым получить выигрыш от 18 до 37% в сравнении с полиномиальной моделью 1-го порядка;

в работе получил дальнейшее развитие метод статистического синтеза устройства многогипотезного измерения яркости пикселя с межкадровой памятью гипотез. В основу развития данного метода положена минимизация апостериорного риска ошибки измерения, учитывающая априорную неопределенность относительно модели изменения яркости от кадра к кадру, что позволило улучшить показатели качества формируемых оценок в 1,53 – 3,11 раза по отношению к экспоненциальному сглаживанию на основе альфа-бета фильтра;

предложен новый подход к адаптивному формированию опорного изображения наблюдаемого объекта, движущегося на сложном и неоднородном фоне, и отличающийся от общеизвестных подходов формированием для каждого пикселя изображения объекта оценки яркости с использованием многогипотезного измерителя с межкадровой памятью гипотез. Данный подход обеспечивает повышение коэффициента проводки при сопровождении наземных объектов, движущихся на сложном и неоднородном фоне, в 1,14 – 1,47 раза по отношению к адаптивному формированию опорного изображения, основанному на применении в каждом пикселе измерителя с экспоненциальным сглаживанием.

### **4. Замечания по диссертации**

Анализ материалов диссертационной работы показал, что в качестве объектов исследования рассматривались только наземные транспортные средства. Однако, в настоящее время четко просматривается тенденция в необходимости ведения разведки (сопровождения) и воздушных объектов, особенно низколетящих, чему в работе не было отдано должного внимания.

В работе не учитывается влияние параметрических изменений размеров объектов вследствие изменения дальности наблюдения на устойчивость и

качество их сопровождения. При этом канал адаптации опорного изображения к изменяющимся размерам объекта не предусмотрен.

Представленные в работе результаты полунатурных исследований проведены в условиях светлого времени суток и в ясную погоду. Исследования в условиях сложной метеорологической обстановки (дождь, снег, туман и т.д.) и их влияния на качество изображения в работе не проведены.

При формировании оценки опорного изображения считается, что изменения яркости пикселей не скоррелированы между собой. Однако подобное утверждение весьма спорно. На изображениях наземных объектов наблюдаются локальные группы пикселей близких по цвету (амплитуде), что свидетельствует о наличии пространственной корреляции изображений.

При проведении исследований автором рассмотрены ситуации сопровождения одиночных отдельных объектов, ситуация наблюдения совокупности различных объектов в ней не рассматривается. Хотя взаимное влияние разнородных наблюдаемых объектов и оценка качества их опорных изображений тоже представляет собой определенный интерес.

В целом можно заключить, что указанные замечания не оказывают существенного влияния на качество проведенного исследования и должны быть учтены автором в ходе своих дальнейших исследований в предметной области диссертационной работы.

#### **5. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Проведенная научная экспертиза диссертации, автореферата и списка опубликованных работ Цуприка Сергея Викторовича позволяет положительно оценить актуальность, обоснованность и достоверность проведенного научного исследования.

В диссертационной работе использованы современные методы выделения изображений объектов и математические модели яркости изображений наземных объектов, формируемых корреляционно-экстремальной системой, применены актуальные способы адаптивного формирования опорного изображения, предложена методология проведения статистического синтеза устройства многогипотезного измерения яркости пикселя с межкадровой памятью гипотез и проведен сопоставительный анализ способов адаптивного формирования опорного изображения с применением экспериментальных исследований, моделирования и полунатурных испытаний.

Рукопись и качество оформления диссертации отличаются высоким уровнем подготовки диссертанта и подчеркивают его способность свободно с соблюдением четкой логической последовательности излагать промежуточные и основные результаты научного исследования. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

В целом можно отметить, что примененные автором методы научного исследования, математические модели и способы, в совокупности с полученными результатами, показывают на высокий уровень подготовки и научной квалификации Цуприка Сергея Викторовича и соответствуют учёной

степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

### **6. Рекомендации практического применения результатов диссертационного исследования**

В последние годы произошла кардинальная трансформация в сфере применения беспилотных авиационных комплексов (летательных аппаратов). Сегодня мы являемся свидетелями бурного роста их практической востребованности в любых отраслях, начиная от военных и заканчивая различными отраслями народного хозяйства, промышленного производства, транспортной логистики и т.д. В связи с этим результаты проведенного исследования могут быть применены для повышения эффективности различных классов оптических средств разведки (контроля, сопровождения и т.д.) интегрируемых в беспилотные летательные аппараты различного предназначения.

Второй областью практического применения разработанных и обоснованных в диссертации результатов может быть разработка оптических головок наведения различных средств поражения, что тоже весьма актуально в современных условиях.

### **7. Вывод:**

Диссертация Цуприка Сергея Викторовича «Адаптивное формирование опорного изображения в условиях изменяющейся яркости в корреляционно-экстремальных системах сопровождения наземных объектов», подготовленная под научным руководством кандидата технических наук, доцента Солонара Андрея Сергеевича, является законченной квалификационной работой, имеющей важное научное-техническое и прикладное значение.

Соискатель заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук за новые, научно обоснованные, результаты, включающие:

математическую модель изменения яркости пикселя от кадра к кадру, отличающуюся от известных учетом скачкообразного перехода из одного интервала стационарности в другой в различные моменты времени в соответствии с марковской моделью с конечным числом состояний и применяемых полиномиальных моделей 0-го и 1-го порядка при описании регулярной составляющей задающего воздействия яркости в пределах интервалов стационарности, что позволяет повысить точность описания яркости пикселя от кадра к кадру в 1,2 – 1,5 раза по сравнению с моделью пикселя, описанной полиномом задающего воздействия 1-го порядка и основанной на стационарности на всем интервале наблюдения;

развитие метода статистического синтеза устройства многогипотезного измерения яркости пикселя с межкадровой памятью гипотез с применением критерия минимума апостериорного риска, отличающегося учетом априорной неопределенности относительно модели изменения регулярной составляющей задающего воздействия яркости пикселя и позволяющего уменьшить величину суммарной ошибки яркости в 1,53 – 3,11 раза по сравнению с измерителем

яркости пикселя основанным на экспоненциальном сглаживании альфа-бета фильтра;

усовершенствованный способ адаптивного формирования опорного изображения наблюдаемого объекта, движущегося на сложном и неоднородном фоне, основанный на применении устройства многогипотезного измерения яркости с межкадровой памятью гипотез оценки яркости каждого пикселя и позволяющий повысить коэффициент проводки при сопровождении объекта корреляционно-экстремальным методом в 1,14 – 1,47 раза по сравнению со способом адаптивного формирования опорного изображения, основанного на применении измерителя с экспоненциальным сглаживателем,

что в совокупности обеспечивает решение важной научно-прикладной задачи, заключающейся в адаптивном формировании опорного изображения наземных объектов в корреляционно-экстремальных системах, движущихся на сложном и неоднородном фоне.

Отзыв обсужден на заседании научно-технического совета (научного собрания) открытого акционерного общества «АГАТ – системы управления» – управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления» 25 апреля 2024 г. (протокол № 3/24 от 25 апреля 2024 г.).

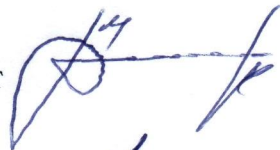
На заседании научно-технического совета присутствовало 22 члена совета, в том числе:

доктор технических наук, профессор Малевич Игорь Юрьевич;  
 доктор военных наук, доцент Синявский Владислав Константинович;  
 кандидат технических наук, доцент Быков Игорь Михайлович;  
 кандидат технических наук, доцент Кондратёнок Василий Анатольевич;  
 кандидат технических наук, доцент Мелец Антон Фадеевич;  
 кандидат технических наук Попов Александр Николаевич;  
 кандидат технических наук, доцент Машкин Евгений Вячеславович;  
 кандидат технических наук Апарович Владимир Андреевич;  
 кандидат физико-математических наук Барановский Олег Константинович;  
 кандидат физико-математических наук Смовж Людмила Валерьевна.

Итого: докторов наук – 2, кандидатов наук – 8.

Результаты голосования: «за» – 10, «против» – нет, «воздержались» – нет.

Председатель научного собрания,  
кандидат технических наук, доцент



И.М. Быков

Секретарь научного собрания,  
кандидат технических наук



В.А. Апарович

Эксперт,  
доктор военных наук, доцент



В.К. Синявский

Подписи Быкова И.М., Апаровича В.А. и Синявского В.К. заверяю.  
Начальник отдела кадров



О.В. Кобзарь