

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Зыкова Илья Игоревича на тему «Методы и алгоритмы обнаружения антропогенных частиц в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронных систем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) (технические науки).

Актуальность работы

Диссертационная работа Зыкова Ильи Игоревича посвящена разработке метода и алгоритмов обнаружения антропогенных частиц в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронных систем. Достоверность обнаружения зависит от точности математических методов обработки информации, полученной в результате ее проведения. Чем выше точность, тем надежнее и вероятнее правильно обнаружить антропогенные частицы и измерить их координаты в околоземном пространстве. И при учете того, что информация о состоянии наблюдаемой оптико-электронной системой области космического пространства априори неизвестна правильный выбор математических методов способен привнести новые возможности в области обнаружения антропогенных частиц.

Создание эффективных оптико-электронных систем на базе нового программного обеспечения, позволяющего обнаруживать антропогенные частицы в сложных фоновых условиях, является актуальной проблемой, что подтверждается следующим: большой объем антропогенных частиц и объектов, которые трудно обнаруживать ввиду их неизвестных размеров; в околоземном космическом пространстве происходит постоянный рост популяции малоразмерных объектов космического мусора в областях движения действующих космических аппаратов, вследствие чего повышается вероятность их высокоскоростного столкновения; неполнота имеющихся каталогов космических объектов; фильтрация изображений оптико-электронной системой в сложных фоновых условиях при априорной неопределенности; точность измерения координат положения малоразмерных антропогенных частиц и объектов в околоземном пространстве.

Степень обоснованности положений, выводов и рекомендаций сформулированных в диссертации

Обоснованность теоретических и практических исследований и рекомендаций, изложенных в диссертации, обеспечивается корректной постановкой задачи, а также использованием методов обработки нестационарных сигналов, достаточным объемом экспериментальных исследований, положительными результатами тестирования предложенных методов и алгоритмов.

Полученные автором решения аргументированы и имеют как научную новизну, так и практическую значимость. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций базируется на основе использованных статистических данных и общепринятых методов обработки изображений.

Результаты, представленные в диссертации, докладывались:

- на III-й Международной летней школе-семинаре по искусственному интеллекту для студентов, аспирантов и молодых ученых «Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы» (ISyT'2015);
- на IV Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием «Информатика, управление и системный анализ» (ИУСА 2016)
- на VI-й Международной научно-технической конференции «Энергетика, Информатика, Инновации»
- на шестой Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития информационно-управляющих систем, РЛС ВЗГ дальнего обнаружения, интегрированных систем и комплексов информационного обеспечения воздушно-космической обороны и комплексов управления, и обработки информации» («РТИ Системы ВКО – 2018»).

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность материалов диссертационной работы подтверждается: корректным применением методов статистического анализа, математическими методами и методами системного анализа.

Диссертационная работа направлена на создание эффективных оптико-электронных систем на базе нового программного обеспечения, позволяющего обнаруживать антропогенные частицы и объекты в сложных фоновых условиях. В диссертации содержатся результаты, имеющие научную новизну. К основным из них можно отнести:

1. Новая методика обнаружения антропогенных частиц и объектов в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронной системы с вычислением координат обнаруженных объектов в околоземном космическом пространстве;
2. Вейвлет-фрактально-корреляционный алгоритм обнаружения антропогенных частиц и объектов в контролируемом ОЭС пространстве, который с заданной вероятностью может обнаружить антропогенные частицы и объекты;
3. Алгоритм измерения координат положения антропогенных частиц и объектов.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Значимость полученных автором диссертации результатов для науки заключается в углублении научного понимания проблемы обнаружения антропогенных частиц в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронных систем и в применении для первичного обнаружения областей с антропогенными частицами и объектами при помощи вейвлет-преобразований, с дальнейшим вычислением для обнаруженных областей фрактальной размерности и максимальных собственных значений автокорреляционной матрицы, с целью подтверждения гипотезы, что в данной области находится антропогенная частица.

Практическая ценность работы заключается в разработке алгоритмического и программного обеспечения, позволяющего обнаруживать антропогенные частицы в априори неизвестной обстановке области, отслеживаемой оптико-электронным прибором.

Теоретические и экспериментальные результаты исследования могут применяться при разработке и реализации программ обнаружения динамических объектов, как и для проблемы обнаружения космического мусора, так и в других областях.

Основное содержание и результаты работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Число страниц в диссертации – 114, рисунков – 24. Список литературы состоит из 77 наименований.

Во введении приведены положения, выносимые на защиту, апробация результатов, список опубликованных по теме диссертации работ. Кроме того, приведён краткий обзор содержания диссертации.

В первой главе описываются методы обнаружения и определения орбит антропогенных частиц и объектов. Дано описание понятия оптико-электронной системы, даны характеристики и задачи, стоящие перед ней. Так же изложены основные методы фильтрации и причина модернизации оптико-электронной системы для обнаружения антропогенных частиц и объектов.

В второй главе описан принцип локализации структурных особенностей изображения на основе вейвлет-преобразований, приведена причина доведения локализованных структурных особенностей изображения до минимальных прямоугольных областей. Так же указан механизм, по которому происходит это доведение. Описаны способы вычисления фрактальных размерностей и максимальных собственных значений автокорреляционной матрицы. И приведен пример определения пороговых значений по этим статистикам и принцип принятия решения об обнаружении антропогенных частиц и объектов.

В третье главе описаны алгоритмы: алгоритм для вычисления вейвлет-коэффициентов и идентификации структурных особенностей на текущем кадре, поступившего с ОЭП; алгоритм для формирования минимального прямоугольного окна; алгоритм для оценки фрактальной размерности; алгоритм для оценки максимальных собственных значений автокорреляционной матрицы; алгоритм для принятия решения об обнаружении антропогенных частиц; алгоритм для вычисления координат антропогенных частиц.

В четвертой главе описана программная реализация алгоритмов, представлены результаты работы программы, описана причина и принцип калибровки программной реализации и проведена оценка вероятности обнаружения антропогенных частиц и объектов.

Текст диссертации написан четким технически и литературно грамотным языком, оформление работы выполнено аккуратно и соответствует нормативным документам, неточности и опечатки практически отсутствуют.

Диссертация и автореферат не «вычитаны» и содержат много ошибок:

- орфографических, связанных с неправильными окончаниями слов, пропусками букв, неправильным написанием слов с приставкой «не»;
- стилистических ошибок – повторений слов в предложении, использование не принятых сокращений (метры - «м.»), обозначения величин по тексту прописная, а в формуле строчная;
- оформительских – л.36 полностью чистый, текст не на всех листах отформатирован по ширине (местами отформатирован по левому краю).

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

В целом, оценивая диссертационное исследование Зыкова Ильи Игоревича, отмечая его научную новизну, теоретическую и практическую значимость, новые интересные экспериментальные данные, можно сделать ряд замечаний:

1. При определении базовых функций вейвлетов обычно используется критерий минимума энтропии, в данной работе использовалось только визуальное определение базовой функции.

2. Для закономерности (стр. 45) «если два объекта на изображении, полученного с ОЭС, перекрывают друг друга, то считается, что это один объект», не указано, что будет происходить в дальнейшем, если перекрытие двух объектов перестало присутствовать и объекты обнаруживаются раздельно.

3. Не указана причина выбора вероятности ошибки обнаружения равной 0.2 (стр. 59).

4. Сказано, что максимальные собственные значения существенно доминируют над фрактальной размерностью (стр. 63), но это противоречит пороговым значениям (стр. 59).

5. В алгоритме оценки максимальных собственных значений автокорреляционной матрицы в минимальных прямоугольных окнах (рис. 3.6) отсутствует упоминания QR-алгоритма, упомянутого выше.

6. Первая глава диссертации, названная «Современное состояние проблемы обнаружения антропогенных частиц и объектов. Постановка задачи на исследование», очевидно должна содержать сравнительный анализ современных методов обнаружения антропогенных частиц и объектов. Учитывая большой опыт разработок ОЭС отечественными предприятиями, например, ПО «Уральский оптико-механический завод», холдинг «Швабе», АО «Элбитсистемз», АО «НПК «Системы прецизионного приборостроения», безусловно необходимо было привести основные технические характеристики ОЭС с учетом достоинств и недостатков каждого решения.

7. Важно отметить, что в нашей стране ОЭС разрабатываются достаточно давно, например, ОАО «ЛОМО» создала первые ОЭС космического базирования («Дуэт», «Модуль», «Эхо») в 70-е годы прошлого века. Естественно, космическая отрасль интенсивно развивается не только в нашей стране, но и по всему миру. Исследование бы только выиграло от того, что в первой главе автор разместил результаты своего аналитического труда в этой области.

8. Выбор вейвлет-преобразований в качестве алгоритма, позволяющего реализовать обнаружение антропогенных частиц и объектов в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронной системы понятен. Тем не менее, неясно, в чем принципиальное отличие предложенных решений от, например, описанных в статье Воронова А.С., Новичихина А.В., Крючкова Е.М., «Использование вейвлет преобразования в оптико-электронных измерительных системах». К сожалению, соискатель не привёл описание проведённых исследований по анализу существующих работ в этом направлении.

9. Кроме того, важно понимать, что на защиту выносятся методика и алгоритмы обнаружения, следовательно, целесообразно было провести анализ математических методов, применяемых в современных, принятых в эксплуатацию ОЭС. Результаты этого анализа и возможные решения, предложенные автором исследования и

призванные устраниТЬ выявленные противоречия, могли бы леЧь в основу значимости полученных в данном исследовании научных результатов.

10. В разделе 1.2 есть абзац о бортовом детекторе для непосредственного измерения микрофрагментов космического мусора, разрабатываемым японским космическим агентством «Джакса», который разрабатывается на данный момент. Тем не менее, согласно данным, описанным Записке Секретариата Генеральной Ассамблеи ООН, комитет по использованию космического пространства в мирных целях, от 28 октября 2016 года первый индикатор космического мусора был запущен с помощью японского транспортного корабля 19 августа 2015 года. Автору следовало провести более углублённо анализ исходных данных для своей работы.

11. Делая выводы из первой главы, автор аргументированно говорит о перспективности применения орбитальных средств наблюдения, учитывая, что в этой части диссертационной работы было проведено описательное сравнение наземных и орбитальных средств. И все же неясно, каким образом автор обосновывает необходимость разработки метода и алгоритма обработки изображений без рассмотрения методов действующих ОЭС.

12. В разделе 2.1 Первичное обнаружение объектов космического мусора. Определение базовой вейвлет-функции на странице 41 приведены результаты анализа научных работ для правильного выбора алгоритма обработки сигнала. Этот анализ является очень важной частью работы. Однако, неясно, почему текст этой части раздела полностью совпадает с работой Форгани М.А., Кожевина А.В. в статье «Статистическое сравнение вейвлет-преобразований в обработке сигналов нормальных кардиограмм», опубликованной в 2017 году в журнале «Вестник Тамбовского государственного технического университета».

13. При описании методики обнаружения и вычисления координат в околоземном космическом пространстве антропогенных частиц и объектов выносимой автором на защиту на третьем этапе «выполняется сегментация изображения по пороговому значению, все значения, которые меньше указанного порога принимают значения равные 0, а превышающие порог - 1, результаты итерации сохраняются в массив сегментации». В работе, к сожалению, отсутствует обоснование применения и описание методов, позволяющие определить пороговое значение, применяемое в методике. Аналогичный подход применяется и на шестом этапе методики, цитата «Для каждого критерия (фрактальная размерность и максимальные собственные значения автокорреляционной матрицы) установлен оптимальный пороговый уровень принятия решения, полученные в ходе проведения экспериментальных работ».

14. В выводах 4 главы говорится о том, что программная реализация показывает, что предложенный метод и разработанные алгоритмы для ОЭС с заданной вероятностью обнаруживают антропогенные частицы и объекты». Оценка вероятности обнаружения антропогенных частиц и объектов описана в разделе 4.4, в котором сделан вывод, что разработанное программное обеспечение работает с вероятностью правильного обнаружения 0,8. Очевидно, что результаты раздела 4.3 для расчетов вероятностей не применялись.

В диссертации встречаются незначительные ошибки в стилистическом оформлении материала. Диссертация и автореферат содержат отдельные редакционные недостатки, которые были указаны диссидентанту.

Отмеченные недостатки носят рекомендательный характер и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационной работы.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Содержание автореферата и сформулированные в нем выводы полностью соответствуют представленным в диссертации, а также результатам исследования и основным положениям. Основные результаты работы были представлены и обсуждены на Российских и международных научно-практических конференциях. Тема диссертационного работы была поддержанна госзаданием МОиН РФ № 2.1777.2017/ПЧ.

Однако место в сборнике и названия некоторых публикаций искажены.

В диссертации и автореферате (на страницах 15-16) указаны «Статьи в журналах из перечня ВАК РФ»:

«1. Зыков И.И. Показатели безопасности космического аппарата в полете и генерация информации для предупреждения о высокоскоростном взаимодействии / Ягольников С.В., Храмичев А.А., Катулев А.Н., Палюх Б.В., Зыков И.И. // Программные продукты и системы – 2017. - № 4. - С. 726-732. Вклад Зыкова И.И. - алгоритмы вычисления координат и построения траектории движения антропогенных частиц.

2. Зыков И.И. Программные средства вейвлет-фрактально- корреляционного метода обнаружения объектов космического мусора / Палюх Б.В., Зыков И.И. // Программные продукты и системы – 2018. - № 2. - С. 414-417. Вклад Зыкова И.И. - описание метода и программного кода обнаружения объектов космического мусора.»

В соответствии с интернет – ресурсом журнал «Программные продукты и системы» за 2017 год № 4 содержит 244 страницы, за 2018 № 2 – 194 страницы.

В диссертации и на странице 16 автореферата указаны «Статьи в журналах, не входящих в перечень ВАК РФ»:

1) «3. Зыков И.И. Обнаружение минимальных прямоугольных областей / Зыков И.И. // Сборник трудов VI-й Международной научно-технической конференции «Энергетика, Информатика, Инновации» – 2016. -Т. 1. - С. 279-283.»

Опубликовано на интернет – ресурсе (www.sbmpei.ru):

«Секция 3 «Математическое моделирование и информационные технологии в производстве». Заседание 24 ноября 2016 г. 21. Зыков И.И. Обнаружение минимальных прямоугольных областей, накрывающих дефекты листового стекла».

2) «4. Зыков И.И. Метод обнаружения и распознавания / Зыков И.И. // Информатика, управление и системный анализ: Труды IV Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием – 2016. - С. 205-209.»

Опубликовано на интернет – ресурсе (www.isa.ru):

«Секция «Распознавание образов и анализ данных». Заседание 9 июня 2016 г. 14:40 Зыков И.И. Метод обнаружения и распознавания дефектов листового стекла».

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р7.0.11-2011

Структура и оформление диссертации и автореферата с учётом выше указанных замечаний по оформлению в основном соответствуют требованиям ГОСТ Р7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». В частности, раздел «Обозначения и сокращения» назван не в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011. Название раздела по ГОСТ – «Список сокращений и условных обозначений».

Заключение о соответствии диссертации требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней»

Диссертация Зыкова Ильи Игоревича тему «Методы и алгоритмы обнаружения антропогенных частиц в сложных фоновых условиях функционирования оптико-

электронных систем» соответствует паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) и представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная задача модернизации оптико-электронных систем с целью обнаружения антропогенных частиц.

Решение данной задачи имеет существенное значение для развития выбранной области знаний – методов и алгоритмов обнаружения антропогенных частиц в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронных систем.

Считаю, что диссертационная работа Зыкова Илья Игоревича удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (редакция от 12.08.2016), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности).

Официальный оппонент

Нефедов Сергей Игоревич, доктор технических наук, доцент.

195299, Санкт-Петербург, ул. Киришская, д. 2, лит. А.

АО «НПО «Импульс», временный генеральный директор

Телефон: 290-94-05

Email: kanz@npoimpuls.ru

д.т.н., доцент, временный
генеральный директор АО «НПО «Импульс»

С.И. Нефедов

