

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОПШОНЕНТА**

на диссертационную работу Серёдкина Александра Валерьевича «Разработка методов реконструкции и анализа трёхмерной структуры движущихся объектов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

### **1. Актуальность темы исследования и соответствие требованиям Положения ВАК РФ по специальности**

В настоящее время автоматизированные системы, использующие элементы компьютерного зрения, находят широкое применение в различных сферах человеческой деятельности, однако многие задачи в данной области еще далеки от окончательного решения. К таковым относятся и задачи трёхмерной реконструкции, связанные с восстановлением трёхмерной «сцены» по нескольким двумерным изображениям. Такие задачи часто встречаются в ситуациях, когда необходимо извлечь информацию об окружающем мире, содержащуюся в изображениях. Например, при восстановлении положения частиц в объеме, при измерении расстояния до объекта и т.д.

Диссертационная работа Серёдкина А.В. посвящена разработке математических алгоритмов обработки данных для создания новых оптических методов и приборов для измерения геометрических параметров и скоростей перемещения объектов. Поэтому актуальность темы диссертационной работы Серёдкина А.В. и ее практическая значимость сомнений не вызывают.

Содержание диссертационной работы полностью соответствует паспорту специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

### **2. Структура диссертации**

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы из 102 источников. Общий объем работы составляет 116 страниц машинописного текста, иллюстрированного 47 рисунками и 2 таблицами.

Во введении показана актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор оптических измерительных систем и методов обработки изображений, показаны их достоинства и недостатки.

Во второй главе описаны предложенные автором новые алгоритмы известных методы, которые были адаптированы для конкретных задач. Предложены новые алгоритмы обработки изображений с камеры светового поля, которые позволяют определять глубину объектов на изображении и получать изображение, сфокусированное на найденную карту глубины, а не на заданную плоскость. Предложен новый алгоритм для управления системой сбора объектов с конвейерной ленты. Задача этого алгоритма заключается в максимизации стоимости собранных предметов. Алгоритм основан на моделировании дерева возможных состояний системы. Отличительными особенностями алгоритма является возможность работы с объектами различной стоимости, имеющие различные точки сбора и возможность выдать следующее действие в любой момент времени на основании уже построенных симуляций.

Предложена система машинного зрения на основе двух стереопар для восстановления трёхмерной геометрии объектов, фильтрации шумов и выделению контуров. Метод состоит из последовательных преобразований данных: обработка исходных изображений на основе данных калибровки, построение первичной трёхмерной модели, уменьшение шумов, переход к двумерной проекции и обработка изображений устойчивыми алгоритмами.

В третьей главе приведены результаты экспериментов, описаны экспериментальные установки и параметры моделирования, показывающие состоятельность предложенных методов. Приведены результаты PIV-эксперимента и представлено сравнение с результатами измерений, сделанных многокамерными PIV-системами. Приведены результаты моделирования двух алгоритмов планировщика в одинаковых, контролируемых условиях. Показано преимущество предложенного алгоритма в сравнении с другими алгоритмами. Описаны процесс калибровки, проведение экспериментов и результаты по



измерению формы выходного и критического сечений газотурбинного двигателя с соплом переменного сечения во время наземных испытаний.

В заключении приведены основные результаты, полученные в диссертационной работе.

### **3. Основные научные результаты, их новизна и ценность для науки и практики**

Разработаны новые способы обработки изображений с камеры светового поля, основанные на впервые предложенной реализации алгоритма перефокусировки “Total focus”, который позволяет использовать одну камеру при применении метода трёхмерной цифровой трассерной визуализации.

Предложен и реализован новый алгоритм планировщика для сбора объектов с конвейерной ленты, как часть автоматизированной системы сортировки твёрдых коммунальных отходов, на основе динамического дерева поиска с отсечениями, учитывающий расположение предметов на конвейерной ленте, их стоимость и место сбора каждого предмета, хранящий лучшее найденное решение для использования в случае прерывания (Anytime algorithm).

Впервые предложен и реализован оптический метод динамического измерения трёхмерных координат в условиях неравномерного освещения с большей устойчивостью к вибрациям, чем ранее существующие методы на основе обработки изображений стереопар, которая была достигнута демпфированием вибраций, адаптивной подстройкой длительности выдержки в зависимости от освещения, а также выбором системы подсветки и светофильтров.

Предложен и реализован алгоритм выделения области выходного и критического сечений газотурбинного двигателя с соплом регулируемой площади сечения, а также вычисления их трёхмерных координат и размеров на зашумлённой трёхмерной модели, полученной методом триангуляции изображений стереопар, с использованием алгоритмов фильтрации на основе вероятностных и интегральных методов.

Предлагаемые в работе Серёдкина А.В. алгоритмы являются новыми и реализованы в виде программного комплекса, что подтверждается наличием

двух патентов и двух свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

#### **4. Достоверность и обоснованность выводов и результатов диссертации**

Автором проведены сравнения с ранее существующими методами на аналогичных экспериментальных установках, что облегчает прямое сравнение результатов. Результаты согласуются друг с другом, а незначительные расхождения обоснованы различными источниками ошибок для каждого метода. Постановка экспериментов описана ясно и не вызывает вопросов по их проведению.

#### **5. Публикации и апробация результатов диссертации**

По теме диссертационной работы опубликовано 12 работ, включая 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых в базе данных Scopus, которые в полной мере отражают основное содержание и выводы диссертационной работы. Получено 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и 2 патента на изобретения. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на шести профильных международных и всероссийских конференциях.

#### **6. Содержание автореферата**

Автореферат диссертации достаточно полно отражает основные идеи, результаты, выводы и положения диссертационной работы.

#### **7. Основные замечания по диссертации**

1. В диссертации и автореферате отмечается, что статьи под номерами 1-5, 7 и 8, указанные в списке публикаций автора, опубликованы в журналах из перечня ВАК, но эти журналы индексируются в базе данных Scopus, но не входят в перечень ВАК.

2. Автором недостаточное внимание уделено явному подчеркиванию внутреннего единства диссертационной работы, в которой оно безусловно присутствует, но, на первый взгляд, может показаться, что в работе решаются три разные задачи.

3. Название второй главы является слишком общим и неинформативным.



4. При описании процесса обучения нейронной сети, предназначенной для обнаружения и классификации на RGB-изображении компонентов отходов, автором не указывается, использовалась ли при этом аугментация данных, которая позволяет увеличить объем обучающей выборки и улучшить качество классификации.

5. Из текста диссертации неясно, каким образом определяется стоимость находящихся на конвейерной ленте объектов, которые имеют разную форму и разные размеры.

6. При решении задачи сортировки коммунальных отходов, автор опирается на использование RGB-изображений, однако использование мульти- или гиперспектральных изображений могло бы способствовать значительному повышению качества обнаружения объектов на конвейерной ленте.

7. В тексте диссертации присутствуют орфографические ошибки и опечатки (например, на стр. 13 написано «в задачи требовались найти», на стр. 93 – «наиболее распространенных виды объектов», на стр. 101 – «расстоянии между ними составляло ...», на стр. 70 – ошибка в слове «связанна», на стр. 46, 47 и 51 правильно писать «векторы», а не «вектора», на стр. 51 вместо  $(x', y')$  должно быть написано  $(x', x')$  и др.).

Высказанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Серёдкина А.В.

#### **8. Оценка диссертации в целом**

Диссертационная работа Серёдкина А.В. «Разработка методов реконструкции и анализа трёхмерной структуры движущихся объектов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу. По уровню проведенных исследований, актуальности, новизне и практической значимости полученных результатов работа полностью удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. в редакции с изменениями, утвержденными постановлениями Правительства РФ № 335 от 21 апреля 2016 г. и № 426 от 20 марта 2021 г., а ее автор, Серёдкин Александр Валерьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата

технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией аэрокосмического мониторинга и обработки данных (совместно с АлтГУ) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» (ФИЦ ИВТ), кандидат физико-математических наук, доцент



Игорь Алексеевич Пестунов

23.12.2022 г.

Адрес: 630090, Новосибирск,  
пр-т Академика Лаврентьева, 6, ФИЦ СО РАН.  
Тел.: +7(383) 334-91-55  
E-mail: [pestunov@ict.nsc.ru](mailto:pestunov@ict.nsc.ru)

Подпись Пестунова И.А. удостоверяю

Ученый секретарь ФИЦ ИВТ

к.ф.-м.п.



Н.В.Киланова