

Аннотация

В большинстве задач, направленных на удовлетворение нужд народного хозяйства, робот фактически не способен выполнять необходимый анализ поступающей информации с набора различных сенсоров. Всевозрастающие запросы к самостоятельности и длительности автономной работы требуют от вычислительных средств способности адекватно оценивать окружающую действительность с целью принятия решений, согласованных с поставленными задачами. До последнего времени главную роль в интерпретации сенсорных данных занимал человек, выделяя только значимое из потока шумных данных, благодаря собственному опыту и целеполаганию. В последнее время всё больше становится таких областей деятельности, в которых невозможно участие человека из-за его физиологические ограничений — применяем сложную вычислительную систему для анализа и принятия решений. Данные от сенсоров, созданных для анализа человеком, не всегда удаётся обрабатывать с должным качеством современными “интеллектуальными” вычислительными системами, не владеющими ни опытом, ни целеполаганием.

Поэтому к характеристикам сенсору изображения, как к наиболее информационно мощному источнику данных об окружающем мире, предъявляются гораздо более строгие требования. На сегодняшний день представлен целый ряд различных технических приемов, призванных изменить текущее положение дел в видимом спектре. Наибольший интерес представляют фотоприемные устройства, чувствительные к средне- и длинноволновому участку инфракрасного диапазона электромагнитных волн, поскольку качественно иная информация этой области спектра характеризует окружающие тела как уникальные источники теплового сигнала различного характера, а получаемая картина сцены не является результатом свертки многократно переотраженных источников освещения.

Разработка нового высокопроизводительного инфракрасного фотоприемного устройства с применением технических решений, показавших перспективность в видимом спектре, требует проведения тщательных исследований на основе серии модельных экспериментов. Подобную работу невозможно выполнить на основе данных с существующих фотоприемных устройств, поскольку они уже содержат архитектурные особенности прибора в виде, как минимум, ограниченного динамического диапазона и утерянной информации о динамике наблюдаемой сцены. В находящейся в открытом доступе научной литературе не обнаружено сведений о каком-либо программном обеспечении, способном сформировать данные в виде картины инфракрасной сцены для проведения экспериментов с моделью перспективного фотоприемного устройства.

Представлена разработка программного комплекса для поведенческого моделирования произвольных трехмерных сцен в ИК диапазоне длин волн. Создан программный комплекс, который позволяет формировать наборы данных для их последующего применения в качестве входных для анализа моделей перспективных фотоприемных устройств в широком диапазоне инфракрасных длин волн.

Исполнитель (Ф.И.О): Ипатов Дмитрий Евгеньевич

Наименование выпускной научно-квалификационной работы: Разработка методов обработки и характеристики видеосигналов, получаемых с ИК камер с дифференцированием падающего излучения в пространстве и времени

Объект исследования: работа модели фотоприемного устройства с кадровым накоплением, и с применением пространственного и временного дифференцирования при воздействии модельных динамических инфракрасных сцен с помощью разработанного программного комплекса.

Цель: разработать программный комплекс, позволяющий формировать физически корректные картины сцены инфракрасного излучения на основе ансамбля трехмерных тел с теп-

ловыми свойствами и продемонстрировать регистрацию этой сцены на упрощённой модели сенсора в режиме с покадровым накоплением, с пространственным и временным дифференцированием.

Методы исследования: численное моделирование ИК трехмерных сцен с использованием современного параллельного программирования на графических процессорах.

Научная новизна:

1. Впервые был представлен программный комплекс для моделирования произвольных сцен, сформированных из ансамбля трехмерных объектов в любом интересующем диапазоне ИК длин волн.
2. Показаны результаты расчета сложной динамической сцены из нескольких тел в диапазоне от 8 до 13 мкм.
3. Программный комплекс объединяет в единый конвейер расчет динамической сцены с дискретностью событий от единиц наносекунд, прохождение излучения через неидеальный оптический тракт с учетом особенностей атмосферы и свойств материала фотоприемника, первичную обработку сигнала моделью сенсора и даже моделирование модуля электронной обработки.
4. Расчет моделей может выполняться в режиме реального времени за счет применения аппаратного ускорения в виде графических процессоров.

Теоретическая и практическая значимость исследования:

Разработанный программный комплекс открывает широкие возможности по формированию и последующему применению уникальных наборов физически корректных данных в виде двумерных картин распределения мощности падающего излучения в произвольном диапазоне длин инфракрасных волн.

В качестве исходных данных для моделирования инфракрасных сцен используются виртуальное представление реально существующих объектов в виде трехмерных моделей, которое можно подготовить практически в любом современном трехмерном редакторе. Добавлением математического описания модели абсолютно черного тела к телам на сцене было получено тепловое представление трехмерной сцены. В рамках программного комплекса наблюдаемую сцену можно дополнять различными моделями атмосферных явлений и неблагоприятных условий.

Численный расчет такой сцены позволяет разрабатывать и исследовать новые, перспективные подходы к обработке инфракрасного изображения непосредственно на сенсоре с помощью их модельных представлений, рассматривать и сравнивать новые способы их технической реализации как отдельной ячейки сенсора, так и микросхемы считывания в целом.

С помощью модельного представления модуля электронной обработки можно исследовать подходы к интерпретации полученных данных от инфракрасного сенсора, предлагать, разрабатывать и апробировать новые подходы к обработке сигналов изображения, выполнять поведенческое моделирование с целью оценки качественных и количественных характеристик разрабатываемого прибора.

Результаты работы программного комплекса могут быть непосредственно использованы для задач обучения нейронных сетей или быть свернутыми в вид, приемлемый для анализа человеком.

Область применения: разработка новых перспективных сенсоров инфракрасного диапазона длин волн для задач создания высокоэффективной робототехники.

Список ключевых слов: робототехника, машинное зрение, ИК, ФПУ, моделирование, трехмерная сцена, АЧТ, графический процессор

Апробация работы:

Результаты и исследованные вопросы, в рамках данной работы, были представлены на семинарах института и конкурсах молодых учёных ИФП СО РАН, а также на следующих российских и международных конференциях:

- Международный форум "Микроэлектроника-2019" 5-я Международная научная конференция "Электронная компонентная база и микроэлектронные модули";
- I Российская научная конференция «Радиофизика, фотоника и исследование свойств вещества», Омск, 6 - 8 октября 2020;
- International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM, Soyuzga, Altai, 2021;
- XXII Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию и информационным технологиям. г. Новосибирск, Россия, 25–29 октября 2021 г.;
- Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых) ФОТОНИКА 2021, 4-8 октября 2021 г.;

Данная работа выполняется при поддержке РФФИ в рамках проекта “Аспиранты” под номером №20-37-90079.

Публикации:

Рецензируемые статьи:

1. Н.В. Гришанов, А.В. Зверев, Д.Е. Ипатов, В.М. Канглер, М.Н. Катомин, Н.И. Коженко, И.А. Кострицын, Ю.С. Макаров, В.И. Мамычев, П.В. Павлов, К.Е. Панченко, А.В. Полстянкин, “Нейроморфный процессор “Алтай” для энергоэффективных вычислений”, Международный форум “Микроэлектроника-2019”; 5-я Международная научная конференция “Электронная компонентная база и микроэлектронные модули”; Крым, г. Алушта, 30 сентября – 5 октября 2019 г., Наноиндустрия, 2020 г., с.531-538 // DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.3s.531.538

Труды конференций и тезисы:

1. A.V. Zverev, D. E. Ipatov, Complexities in Data Stream Generation of Model 3D Scenes for IR Time Differentiating Sensors // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM, Erlagol Altai (принято в печать).
2. А.В. Зверев, Д.Е. Ипатов, Алгоритм моделирования инфракрасных сцен на основе графических ускорителей // Тезисы XXII Всероссийской конференции молодых учёных

по математическому моделированию и информационным технологиям. г. Новосибирск, Россия, 25–29 октября 2021 г. — Новосибирск: ФИЦ ИВТ, 2021. — 68 стр.

3. А.В. Зверев, Д.Е. Ипатов, Алгоритм формирования трехмерной сцены инфракрасного диапазона // Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых) ФОТОНИКА 2021, 4-8 октября 2021 г., Новосибирск
4. A.V. Zverev, D. E. Ipatov, Development of Infrared Scene Model in a Wide Wavelength Range // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM, Soyuzga, Altai, 2021, pp. 37-41.
5. А.В. Зверев, Д.Е. Ипатов, Дискретизация видеосигнала сенсора ИК диапазона в пространстве и времени, I Российская научная конференция «Радиофизика, фотоника и исследование свойств вещества», Омск, 6 - 8 октября 2020, с. 192-193, ISBN: 978-5-6041917-6-7, eLIBRARY.RU: 45615029