

Приложение № 3 к Основной профессиональной образовательной программе высшего образования программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

**Федеральное агентство научных организаций**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН)**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор ИАиЭ СО РАН  
академик А.М. Шалагин**

**«16» сентября 2014 г.**



Рабочая программа дисциплины

**«ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА МНОГОРАКУРСНЫХ  
И МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ»**

Основная профессиональная образовательная программа высшего образования  
Программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению  
подготовки кадров высшей квалификации  
**02.06.01 «Компьютерные и информационные науки» направленность «Математическое  
моделирование, численные методы и комплексы программ»**

Форма обучения - очная

Новосибирск 2014

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 02.06.01 Компьютерные и информационные науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) утвержденной приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. №864

Составитель рабочей программы

Научн. сотр., к.т.н.

\_\_\_\_\_

Куликов В.А.

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИАиЭ СО РАН

«16» сентября 2014 г., протокол №14-08

Председатель Ученого совета, академик, профессор

\_\_\_\_\_

Шалагин А.М.

Секретарь Ученого совета, д.т.н.

\_\_\_\_\_

Михляев С.В.

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора Института, д.т.н.

\_\_\_\_\_

Потатуркин О.И.

Вед. научн. сотр., д.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Зюбин В.Е.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Дисциплина «Цифровая обработка многомерных и мультиспектральных изображений» имеет своей целью ознакомление учащихся с задачами и теоретическими основами обработки многомерных сигналов, приобретение навыков разработки эффективных вычислительных алгоритмов, использующих современные методы цифровой обработки изображений.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

- получение представлений об основных направлениях развития прикладных исследований в области цифровой обработки многомерных и мультиспектральных изображений;
- изучение линейных методов обнаружения и восстановления сигналов, искаженных детерминированными и случайными помехами;
- изучение методов поиска особых точек на изображениях;
- изучение основных задач реконструкции трехмерных сцен по их плоским проекциям;
- освоение методов решения практических задач цифровой обработки изображений.

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Цифровая обработка многомерных и мультиспектральных изображений» является обязательной, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки» направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Индекс дисциплины - Б1.В.ОД.2. Дисциплина «Методология научно-исследовательских работ» изучается на втором курсе

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)**

Код компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знать: основы многокурсной геометрии способы реконструкции пространственных структур по их проекциям Уметь: пользоваться основными функциями обработки сигналов и изображений из Open Source Computer Vision Library для C++ Уметь: разрабатывать простые приложения для решения задач подавления помех, восстановления искаженных сигналов, обнаружения сигналов известной формы. Знать: основы теории поиска особых точек на изображении, получения статистических характеристик участков изображений; Уметь: пользоваться математическим аппаратом решения задач цифровой обработки сигналов и изображений: представлением сигналов в различных базисах, линейной фильтрацией, методами оценивания параметров сигнала.
ОПК-2	готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования	Знать: теоретические и практические основы для построения линейных фильтров, для сглаживания, дифференцирования, обнаружения объектов; Знать: принципы настройки и наладки программно-аппаратных комплексов.
УК-3	готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	Знать: методы решения задач подавления помех и обнаружения сигналов. Демонстрировать: эффективность предлагаемых измерительных методов в рамках лабораторно-практических работ курса.
УК-4	готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках	Знать: современные методы коммуникации. Уметь: настроить как отдельные блоки программно-аппаратных комплексов, так и систему в целом.
ПК-1	способность применять методы математического моделирования в научно-исследовательской деятельности	Умение: разработка эффективных вычислительных алгоритмов, использующих современные методы цифровой обработки изображений

#### 4 Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 академических часов.

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (из учебного плана, в часах)					СР	Формы контроля
		лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Контроль самостоятельной работы (КСР)	Консультации		
1	Математическое описание изображений. Физические принципы построения	2		2			14	

	изображений. Двумерные системы. Решаемые задачи							
2	Линейная фильтрация. Устранение шума. Обнаружение контуров. Алгоритмы заливки.	2		2			14	
3	Сегментация изображений. Обработка бинарных изображений.	2		2			14	
4	Поиск особых точек на изображениях. SURF, BRISK, SIFT	2		2			14	
5	Многопроекционная геометрия. Калибровка камеры. Модель искажения.	2		2			14	
6	Стереозображения. Поиск сопряженных точек. Вычисление диспаратности и дальности.	2		2			14	
7	Анализ облаков точек и глубинных изображений. Методы вписывания объектов в облако точек. Хранение и анализ облаков точек.	2		2			14	
8	Анализ многоспектральных изображений. Сопоставление изображений, полученных в различных спектральных диапазонах.	2		2			13	
	Промежуточная аттестация				1		36	Экзамен
	<b>ИТОГО часов:</b>	<b>16</b>		<b>16</b>	<b>1</b>		<b>111 (+36)</b>	

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) Лекции – 16 часов

Раздел (тема), Код компетенции	№ занятия	Содержание занятий и ссылки на рекомендуемую литературу	Кол-во часов	
			всего	В интерактивной форме
Математическое описание изображений. Физические принципы построения изображений. Двумерные системы. Решаемые задачи	1,2	Природа сигналов. Диапазоны волн. Типы сенсоров. Решаемые задачи. [1,2,3]	2	2
Линейная фильтрация. Устранение шума. Обнаружение контуров. Алгоритмы заливки.	3,4	Примитивный анализ изображений. Устранение шумов. Поиск примитива методом корреляции. Поиск краев и углов на изображении. [1,2,3]	2	2
Сегментация изображений. Обработка бинарных изображений.	5,6	Разделение изображения по фрагментам со схожими статистическими свойствами. [1,2,9]	2	2
Поиск особых точек на изображениях. SURF, BRISK, SIFT	7,8	Методы поиска и описаний особых точек. Рассмотрение популярных алгоритмов. [7,8,9]	2	2
Многопроекционная геометрия. Калибровка камеры. Модель искажения.	9,10	Модель камеры, калибровка стереопары. Ректификация изображений. Эпиполярная геометрия. [9,10]	2	2
Стереозображения. Поиск сопряженных точек. Вычисление диспаратности и дальности.	11,12	Алгоритмы восстановления диспаратности по двум снимкам, выровненным по строкам. Получение из диспаратности облака точек. [7,8,10]	2	2
Анализ облаков точек и глубинных изображений. Методы вписывания объектов в облако точек. Хранение и	13,14	Алгоритмы обработки, хранения и анализа облаков точек. Наборов координат, полученных после восстановления трехмерной структуры сцены по	2	2

анализ облаков точек.		последовательности изображений.[4,5,6]		
Анализ многоспектральных изображений. Сопоставление изображений, полученных в различных спектральных диапазонах.	15,16	Сопоставления участков изображения снятых в разных спектральных диапазонах.[7,8]	2	2
Итого			16	16

Практические (семинарские) занятия – 16 часа

Раздел (тема), Код компетенции	№ занятия	Содержание занятий и ссылки на рекомендуемую литературу	Кол-во часов	
			всего	В интерактивной форме
Математическое описание изображений. Физические принципы построения изображений. Двумерные системы. Решаемые задачи	1,2	Создание первого проекта, загрузка изображений[1,2,3]	2	2
Линейная фильтрация. Устранение шума. Обнаружение контуров. Алгоритмы заливки.	3,4	Фильтрация рентген изображения[1,2,3]	2	2
Сегментация изображений. Обработка бинарных изображений.	5,6	Поиск объектов на изображении с тепловизора[1,2,10]	2	2
Поиск особых точек на изображениях. SURF, BRISK, SIFT	7,8	Сшивка нескольких изображений с разными спектрами[9,2,3]	2	2
Многопроекционная геометрия. Калибровка камеры. Модель искажения.	9,10	Сшивка нескольких спутниковых изображений[9,10]	2	2
Стереои изображения. Поиск сопряженных точек. Вычисление диспаратности и дальности.	11,12	Калибровка камер[8,10]	2	2
Анализ облаков точек и глубинных изображений. Методы вписывания объектов в облако точек. Хранение и анализ облаков точек.	13,14	Восстановление рельефа[5,6,10]	2	2
Анализ многоспектральных изображений. Сопоставление изображений, полученных в различных спектральных диапазонах.	15,16	Анализ флоры по спутниковым изображениям[7,8]	2	2
Итого			16	16

Самостоятельная работа – 147 часов (из учебного плана)

Самостоятельная работа аспирантов предусматривает:

Раздел (тема), Код компетенции	№ занятия	Вид работы	Норма времени на выполнение (в часах)
Математическое описание изображений. Физические принципы построения изображений. Двумерные системы.	1	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7

Решаемые задачи Линейная фильтрация. Устранение шума. Обнаружение контуров. Алгоритмы заливки.	2	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
Сегментация изображений. Обработка бинарных изображений.	3	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе.	7
Поиск особых точек на изображениях. SURF, BRISK, SIFT Многопроекционная геометрия. Калибровка камеры. Модель искажения.	4	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
	5	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
Стереои изображения. Поиск сопряженных точек. Вычисление диспаратности и дальности.	6	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
Анализ облаков точек и глубинных изображений. Методы вписывания объектов в облако точек. Хранение и анализ облаков точек.	7	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
	8	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе.	7
Алгоритмы заливки. Сегментация изображений. Обработка бинарных изображений	9	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
	10	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе.	7
	11	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
Поиск особых точек на изображениях. SURF, BRISK, SIFT Многопроекционная геометрия. Калибровка камеры. Модель искажения. Стереои изображения. Поиск сопряженных точек. Вычисление диспаратности и дальности.	12	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
	13	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
	14	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
Анализ облаков точек и глубинных изображений. Методы вписывания объектов в облако точек. Хранение и анализ облаков точек.	15	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7
	16	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	6
Подготовка к экзамену			36
Итого			147

## 5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности аспирантов для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности		
	Лекция	Практ.раб.	Самостоятельная работа
Дискуссия	х	х	
IT-методы			х
Индивидуальное обучение		х	х

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- Практические занятия, решение прикладных задач на ПК.

#### **6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### **Основная литература:**

1. Л. Шапиро, Дж. Стокман. Компьютерное зрение. – Лаборатория знаний, 2013.
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002.
3. Визильтер Ю.В., Желтков С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW. - ДМК Пресс, 2009.
4. Фурман Я.А., Кревецкий А.В., Передреев А.К. Под ред. Фурмана Я.А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов. - Физматлит, 2002.
5. Басараб М.А., Волосюк В.К., Горячкин О.В. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях. – Физматлит, 2007.
6. Дворянкин С.В. Обработка речевых и звуковых сигналов и изображений в пакетах специального программного обеспечения. - МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2013.

##### **Дополнительная литература:**

1. Грузман И.С., Киричук В.С. и др. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Учебное пособие. НГТУ, Новосибирск, 2002.
2. Методы компьютерной обработки изображений. Под ред. В.А.Сойфера.- М.:Физматлит, 2001.
3. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. - М., Изд. дом “Вильямс”, 2004.
4. Д.Даджион, Р.Мерсеро. Цифровая обработка многомерных сигналов. - М., Мир, 1988.



5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2006.
6. R. Hartley, A. Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision. Second Edition. - Cambridge University Press, 2004.
7. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М., Мир, 1990.

#### **Методическая литература:**

1. Потапов А.С. Малашин Р.О. Системы компьютерного зрения: Учебно-методическое пособие по лабораторному практикуму НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2012.
2. Интернет-страница «docs.opencv.org» примеры обработки изображений.
3. Интернет-страница «pointclouds.org» обработка облаков точек.

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.opencv.org/> - Welcome to opencv documentation! - OpenCV 2.4.9.0 documentation  
[www.pointclouds.org](http://www.pointclouds.org) – Анализ облаков точек

#### **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

- MS Visual Studio 2010 или новее (программирование на языке C++)
- OpenCV 2.4.10 – [www.opencv.org](http://www.opencv.org)

#### **7 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Компьютерный класс с 13-ю компьютерами и демонстрационным оборудованием (мультимедиа-проектор). Компьютеры должны быть оснащены программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Microsoft Visual Studio 2010 C++ или новее.

#### **8. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
пороговый	Знать принципы программирования на C++ с использованием библиотеки OpenCV Знание материала курса, а также программных библиотек Знание настройки конфигурации приложения	Имеет неполное представление о принципах программирования на C++. Имеет слишком общие (слабые) представления об обработке изображений, может рассказать только о базовых принципах Слабо имеет представление об алгоритмах, может использовать готовые функции из библиотек	Демонстрирует знание C++, а также способность использовать библиотеку OpenCV для решения задач технического зрения Знает основные алгоритмы и методы цифровой обработки сигналов. Может использовать готовые функции и понимает принципы их работы	Демонстрирует уверенное понимание алгоритмов технического зрения, а также может их реализовать в коде на C++. Знает алгоритмы и методы и может использовать эти методы для решения поставленных задач машинного зрения Хорошо понимает принципы работы функций и может предложить модификации существующих алгоритмов
базовый	Понимание физических законов построения изображения Умение предложить последовательность применения алгоритмов для решения поставленной задачи Может создавать другие конфигурации приложения, подключать библиотеки и ориентироваться в алгоритмах.	Знает номенклатуру датчиков получения изображения и оптического тракта. Решение базовых задач обработки и фильтрации изображений Может использовать базовые программные модули и их конфигурацию	Умеет анализировать и знает принципы действия сенсоров и пониманием допустимых идей. Умеет решать задачи классификации и кластеризации объектов на изображении по вектору характеристик Может подключать дополнительные библиотеки к сборке для использования дополнительного функционала	В полной мере, грамотно владеет расчётом и анализом характеристик сенсоров для получения изображений. Умение решать обратные задачи проекционной геометрии Способен самостоятельно разработать подключаемый модуль, расширяющий возможности разрабатываемой системы

### Типовые контрольные задания

- Предложите метод вычисления контраста по окрестности пикселей размером 3x3. Допустим, что значения 9 входных пикселей являются значениями яркости в диапазоне 0 до 255 и выходное значение, являющееся значением контраста, тоже должно быть в диапазоне от 0 до 255.
- Допустим, что есть съемка Новосибирского оперного театра. Видеосъемка подготовлена человеком, обошедшим театр вокруг внутри и снаружи, т.е. доступны виды с многих точек зрения. Как вы думаете, можно ли сформировать правдоподобную трехмерную модель здания по видеосъемке?

3. Напишите программу для автоматического определения порога методом Оцу.
4. Напишите программный модуль или класс на C++ для хранения двумерных точек и выполнения перечисленных далее действий. Для хранения точек можно использовать структуру данных в идее множества с повторяющимися элементами.
  - Инициализация для хранения двумерных точек (x,y)
  - Добавление точки (x,y) в структуру
  - Вычисление центра тяжести
  - Вычисление центральных моментов второго порядка
  - Вычисление описывающего треугольника
  - Вычисление главных осей
5. Запишите алгоритм выравнивания гистограммы на C++. Убедитесь в корректности определения всех используемых переменных и структур.
6. Почему маски Собеля, по сравнению с масками Превитт, позволяют быстрее оценить истинное значение градиента?
7. Предположим, что 9 значений интенсивности из окрестности изображения 3x3 можно идеально аппроксимировать с помощью модели плоскости  $I(x,y) = ax+by+c$ . покажите, что простая маска ЛОГ-фильтра  $\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$  дает нулевой отклик.
8. Напишите программу для свертки маски с изображением.
9. Продемонстрируйте нестабильность преобразования из системы RGB в HSV при близких значениях насыщенности и интенсивности.
10. Для упражнения необходим компьютер оборудованный видеокамерой. Напишите программу для слежки за областью рабочего стола компьютера. Программа должна получать кадры, вычислять гистограмму для каждого из них и сигнализировать в случае значительного изменения гистограммы.
11. Вычислите суммарную гладкость 4-х точечной траектории вдоль сторон восьмиугольника со сторонами s и 4-х точечной траектории вдоль сторон квадрата со сторонами s.
12. Напишите программу для поиска мод многомодальной гистограммы. Сначала разделите гистограмму на две части (см. метод Оцу), а затем попытайтесь рекурсивно делить каждую часть еще на две.
13. Классификация пикселей для прослеживания контуров. Реализуйте оператор для классификации текущего пикселя по результату анализа его 3x3 окрестности. Возможности: изолированный пиксель, начало конец сегмента, внутренний пиксель сегмента, угловая точка.
14. Запишите матрицу 3x3, представляющую поворот на плоскости относительно точки [4,6] на угол  $\pi/2$ .

15. выполните следующий эксперимент, демонстрирующий свойства стереоскопического зрения. (а) Прямо перед собой на 30 см от носа расположите книгу. Направления взгляда должно быть перпендикулярным плоскости книги. Посмотрите на книгу каждым глазом по очереди в течении 2 секунд. Заметно ли рассогласование признаков точек? Повторите эксперимент, удерживания вытянутой рукой. Рассогласование увеличиваются или уменьшаются?

Приложение А  
(обязательное)

**Методические рекомендации по самостоятельной работе обучающихся по дисциплине дисциплине «Прикладные алгоритмы обработки цифровых изображений»**

1. План-график выполнения СРС по дисциплине

В процессе изучения дисциплины предусмотрено выполнение следующих видов самостоятельной работы:

Вид самостоятельной работы	Номер недели курса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Изучение разделов дисциплины по учебной литературе	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	
Подготовка к экзамену																	36
Итого в неделю часов	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	36

2. Характеристика и описание заданий на СРС.

Основными контролируемым являются сдача практических заданий, которые должны быть сделаны всеми без исключения обучающимися в процессе проведения занятий. В ходе сдачи задач аспирант должен знать ответы на вопросы: примерный перечень вопросов на 2015 г. с соответствующим списком источников представлен в конце данного Приложения.

3. Примерные нормы времени на выполнение заданий контрольных точек

Контрольная точка	Норма времени на выполнение (в часах)
Создание первого проекта, загрузка изображений	2
Фильтрация рентген изображения	2
Поиск объектов на изображении с тепловизора	2

Сшивка нескольких изображений с разными спектрами	2
Сшивка нескольких спутниковых изображений	2
Калибровка камер	2
Восстановление рельефа	2
Анализ флоры по спутниковым изображениям	2

### **Оценка выполнения СРС**

Оценка за каждое задание зачет или незачет. Всего курс содержит 8 практических заданий разной сложности. Для получения оценки удовлетворительно достаточно сдать не менее 40% заданий, для оценки хорошо – 60%, отлично - более 80%.