

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

 О.Т. Прохоренко

«05» июля 2023 г.

Регистрационный № УД – 12137/уч.

## **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

**1-31 03 07 Прикладная информатика (по направлениям)**

Направления специальности:

1-31 03 07-01 Прикладная информатика (программное обеспечение  
компьютерных систем)

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 07-2013, а также учебных планов № G 31-167/уч. от 30.05.2013 и № G 31и-194/уч. от 30.05.2013.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

А.М. НЕДЗЬВЕДЬ, профессор кафедры компьютерных технологий и систем Белорусского государственного университета, доктор технических наук, доцент;

С.В. ШОЛТАНЮК, старший преподаватель кафедры компьютерных технологий и систем Белорусского государственного университета

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.М. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, начальник отдела №219 Объединённого института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, кандидат технических наук

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой компьютерных технологий и систем БГУ (протокол № 15 от 27.06.2023);

Учебно-методической комиссией факультета прикладной математики и информатики БГУ (протокол № 9 от 27.06.2023)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



В.В. Казачёнок

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

**Цель** учебной дисциплины «Цифровая обработка и анализ изображений» – приобретение студентами знаний, необходимых для анализа объектов на изображении, и навыков составления трактовки полученной в результате этого анализа информации об объектах, необходимых для построения адекватной модели или мониторинга их изменений.

### Задачи учебной дисциплины:

1. Ознакомить студентов с основными процессами и методами анализа, применяемыми при цифровой обработке изображений
2. Изучить основные методы компьютерной графики и компьютерного зрения, а также практику их применения для решения базовых задач
3. Приобрести знания, умения и навыки разработки программного кода и приложений для цифровой обработки изображений

**Место учебной дисциплины.** В системе подготовки специалиста с высшим образованием учебная дисциплина относится **к циклу** дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных **связей** и программ по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Алгебра и теория чисел», «Аналитическая геометрия», «Программирование», «Алгоритмы и структуры данных», «Методы вычислений», «Компьютерная графика».

### Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Цифровая обработка и анализ изображений» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

#### *академические* компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

#### *социально-личностные* компетенции:

СЛК-6. Уметь работать в команде.

**профессиональные** компетенции:

ПК-1. Проектировать, разрабатывать и тестировать программное обеспечение различных видов.

ПК-7. Применять профессиональные знания и навыки для проведения научных исследований в области прикладной информатики.

ПК-9. Работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные особенности формирования изображений,
- формальные определения компьютерной графики и компьютерного зрения,
- геометрические преобразования изображений,
- операции предобработки и улучшения сигналов и изображений,
- методы выделения объектов на изображении,
- свойства обработки и формирования видеопоследовательности,
- ключевые программные средства по разработке систем анализа изображений и компьютерной графики.

**уметь:**

- разрабатывать простое программное обеспечение получения, визуализации и обработки изображения,
- проектировать структуру и функции типовых модулей анализа изображения,
- формировать изображения на основе обработки сырых данных,
- разрабатывать новые алгоритмы обработки и визуализации изображений,
- создавать исчерпывающее описание объектов на изображении или видеопоследовательности,
- использовать современные технологии обработки изображений.

**владеть:**

- практическими навыками проектирования, разработки, внедрения и сопровождения приложений получения и обработки изображений, направленных на решение задач автоматизации бесконтактных методов исследования, мониторинга объектов сцены.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Цифровая обработка и анализ изображений» отведено:

– в очной форме получения высшего образования: 158 часов, в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачёт и экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Введение**

Цель и содержание учебной дисциплины. Особенности программных продуктов и библиотек для обработки изображений.

### **Тема 2. Основные понятия компьютерной графики.**

Понятие сцены. Элементы формирования сцены. Формализация задачи и понятий компьютерной графики.

### **Тема 3. Основные понятия компьютерного зрения.**

Понятие сцены компьютерного зрения. Формализация задачи и понятий компьютерного зрения. Взаимосвязь компьютерного зрения и компьютерной графики.

### **Тема 4. Общее понятие обработки и анализа изображений.**

Понятие обработки изображений. Основные этапы обработки изображений. Постановка задачи анализа изображений.

### **Тема 5. Получение изображений.**

Способы получения изображений. Аффинные и проективные преобразования. Модели камеры. Калибровка изображения и сцены.

### **Тема 6. Понятие качества изображения.**

Оценка изображения (абсолютная, относительная оценка). Оценка резкости. Оценка контраста. Соотношение сигнал/шум. Сравнительная оценка изображений. Метрика, расстояние. Дистанционная карта расстояний.

### **Тема 7. Понятие контраста изображений.**

Понятие контраста. Понятие гистограммы. Операции с гистограммой. Линейное контрастирование. Нелинейное контрастирование. Контраст и гистограмма.

### **Тема 8. Растровая фильтрация изображений**

Конволюция изображений. Математическое ожидание. Корреляционные соотношения. Весовые функции. Выделение границ. Линейные и нелинейные фильтры. Медианная фильтрация. Адаптивная фильтрация изображений.

### **Тема 9. Преобразования Фурье изображений.**

Преобразования Фурье. Теорема запаздывания. Свертка на основе преобразования Фурье. Произведения изображений. Спектры типовых сигналов и изображений.

### **Тема 10. Восстановление изображений. Деконволюция.**

Модель процесса искажения. Искажающие функции. Модель шума. Теорема о свертке. Инверсная фильтрация. Существующие подходы для деконволюции.

### **Тема 11. Понятие цвета и особенности его обработки.**

Восприятие цвета. Цветовые модели. Система управления цветом. Закон аддитивности Грассмана. Ограничения трехцветных пространств. Цветовая коррекция изображений. Коррекция с опорным цветом. Цветовой locus.

### **Тема 12. Математическая морфология**

Понятие связности пикселей изображений. Унарные операции над множествами. Основные операции математической морфологии: эрозия, дилатация, отмыкание, замыкание. Понятие локальных минимумов. Особенности математической морфологии на бинарных, полутоновых и цветных изображениях. Hit-miss, Hat-top преобразования. Утолщение и утоньшение. Преобразование водораздела.

### **Тема 13. Особенности свободных библиотек и программного обеспечения для обработки изображений**

Обзор особенностей и недостатков современных библиотек и программного обеспечения для анализа изображений и сигналов, доступных для общего пользования.

### **Тема 14. Анализ и обработка изображений в Республике Беларусь**

Обзор перспективных направлений в области обработки и анализа изображений. Обзор некоторых научных проектов, выполненных белорусскими учеными.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДО)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	Введение	2						
2	Основные понятия компьютерной графики	2			2			
3	Основные понятия компьютерного зрения	2			2			Проверка программного кода лабораторных работ
4	Общее понятие обработки и анализа изображений	3			4			Защита отчёта по лабораторной работе
5	Получение изображений	3			2	2		Проверка программного кода лабораторных работ
6	Понятие качества изображения	2			2			
7	Понятие контраста изображений	2			2			Защита отчёта по лабораторной работе
8	Растровая фильтрация изображений	2			2			Проверка программного кода лабораторных работ
9	Преобразования Фурье изображений	4			4			Защита отчёта по лабораторной работе

10	Восстановление изображений. Де-конволюция	2			2		2	Проверка программного кода лабораторных работ
11	Понятие цвета и особенности его обработки	2			2			
12	Математическая морфология	4			4			Защита отчёта по лабораторной работе
13	Особенности свободных библиотек и программного обеспечения для обработки изображений	2			2			
14	Анализ и обработка изображений в Республике Беларусь	2						
<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>			<b>30</b>		<b>4</b>	



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Старовойтов, В.В. Цифровые изображения: от получения до обработки / В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – 202 с.
2. Дэвис, Р. Компьютерное зрение. Современные методы и перспективы развития / ред. Р. Дэвис, М. Терк; пер. с англ. В. С. Яценкова. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 690 с.
3. Кэлер, А. Изучаем OpenCV 3. Разработка программ компьютерного зрения на C++ с применением библиотеки OpenCV / А. Кэлер, Г. Брэдски ; перевод с английского А. А. Слинкина. — М. : ДМК Пресс, 2017. — 826 с.

### Перечень дополнительной литературы

1. Боресков, А.В. Программирование компьютерной графики, Современный OpenGL / А.В. Боресков. — М. : ДМК Пресс, 2019 — 374 с.
2. Абламейко, С.В. Обработка оптических изображений клеточных структур в медицине. / С.В. Абламейко, А.М. Недзьведь – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2005. – 155 с.
3. Недзьведь, А.М. Анализ изображений для решения задач медицинской диагностики / А.М. Недзьведь, С.В. Абламейко. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2012. – 248 с.
4. Абламейко, С.В. Обработка изображений: технология, методы, применение / С.В. Абламейко, Д.М. Лагуновский. – НАН Беларуси, Институт технической кибернетики. – Минск: 1999. – 300 с.
5. Никулин, Е.А. Компьютерная графика. Модели и алгоритмы: учебное пособие / Е. А. Никулин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 708 с.
6. Никулин, Е.А. Компьютерная графика. Оптическая визуализация: учебное пособие / Е.А. Никулин. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 200 с.
7. Селянкин, В.В. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений: Учебное пособие. / В.В. Селянкин – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 152 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
8. Селянкин, В.В. Анализ и обработка изображений в задачах компьютерного зрения: учебное пособие. / В.В. Селянкин, С.В. Скороход – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – 82 с.

### Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Контроль работы студента проходит в следующих формах:

- Технические: лабораторные работы, выполняемые на компьютере. Они оцениваются исходя из читаемости и оптимизированности программного

кода, а также путём тестирования программного кода при работе на различных примерах.

- Устно-письменные: устная и/или письменная (в виде отчёта) защита лабораторных работ, оцениваемая на основе полноты и последовательности ответа (отчёта), полноты раскрытия содержания выполненного задания, понимания работы алгоритмов и методов, использованных при выполнении задания.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Цифровая обработка и анализ изображений» предусмотрен **зачёт и экзамен**.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в итоговую отметку:

Формирование отметки за текущую успеваемость:

- проверка программного кода лабораторных работ – 70%,
- защита отчётов по лабораторным работам – 30%.

Зачет по дисциплине проходит в устной и/или письменной форме в виде защиты отчётов по лабораторным работам. В случае успешной защиты отчётов по всем лабораторным работам допускается получение зачета без проведения дополнительного опроса. При этом явка обучающегося на зачет является обязательной.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговой системы оценки знаний) и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 40%, экзаменационной отметки – 60%.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

#### **Тема 5. Получение изображений (2 ч.)**

Способы получения изображений. Аффинные и проективные преобразования. Модели камеры. Калибровка изображения и сцены.

**Задание:** Разработать приложение, моделирующее заданную сцену и позволяющее настраивать особенности её визуализации (типы и свойства проекции, характеристики камеры и др.)

**Форма контроля** – проверка программного кода лабораторных работ

#### **Тема 10. Восстановление изображений. Деконволюция (2 ч.)**

Модель процесса искажения. Искажающие функции. Модель шума. Теорема о свертке. Инверсная фильтрация. Существующие подходы для деконволюции.

**Задание:** Разработать приложение для восстановления изображений, в т.ч. посредством фильтрации и деконволюции изображения.

**Форма контроля** – проверка программного кода лабораторных работ

### **Примерная тематика лабораторных занятий**

Занятие № 1. Понятие сцены. Элементы формирования сцены. Формализация задачи и понятий компьютерной графики.

Занятие № 2. Понятие сцены компьютерного зрения. Формализация задачи и понятий компьютерного зрения. Взаимосвязь компьютерного зрения и компьютерной графики.

Занятия №№ 3-4. Понятие обработки изображений. Основные этапы обработки изображений. Постановка задачи анализа изображений.

Занятие № 5. Способы получения изображений. Аффинные и проективные преобразования. Модели камеры. Калибровка изображения и сцены.

Занятие № 6. Оценка изображения (абсолютная, относительная оценка). Оценка резкости. Оценка контраста. Соотношение сигнал/шум. Сравнительная оценка изображений. Метрика, расстояние. Дистанционная карта расстояний.

Занятие № 7. Понятие контраста. Понятие гистограммы. Операции с гистограммой. Линейное контрастирование. Нелинейное контрастирование. Контраст и гистограмма.

Занятие № 8. Конволюция изображений. Математическое ожидание. Корреляционные соотношения. Весовые функции. Выделение границ. Линейные и нелинейные фильтры. Медианная фильтрация. Адаптивная фильтрация изображений.

Занятия №№ 9-10. Преобразования Фурье. Теорема запаздывания. Свертка на основе преобразования Фурье. Произведения изображений. Спектры типовых сигналов и изображений.

Занятие № 11. Модель процесса искажения. Искажающие функции. Модель шума. Теорема о свертке. Инверсная фильтрация. Существующие подходы для деконволюции.

Занятие № 12. Восприятие цвета. Цветовые модели. Система управления цветом. Закон аддитивности Грассмана. Ограничения трехцветных пространств. Цветовая коррекция изображений. Коррекция с опорным цветом. Цветовой локус.

Занятия № 13-14. Понятие связности пикселей изображений. Унарные операции над множествами. Основные операции математической морфологии: эрозия, дилатация, отмыкание, замыкание. Понятие локальных минимумов. Особенности математической морфологии на бинарных, полутоновых и цветных изображениях. Hit-miss, Hat-top преобразования. Утолщение и утоньшение. Преобразование водораздела.

Занятие № 15. Обзор особенностей и недостатков современных библиотек и программного обеспечения для анализа изображений, и сигналов, доступных для общего пользования.

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса используются следующие инновационные подходы:

***практико-ориентированный подход***, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

***метод проектного обучения***, который предполагает:

- способ организации учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагающий создание собственного продукта;
- приобретение навыков для решения исследовательских, творческих, социальных, предпринимательских и коммуникационных задач.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа с целью изучения материала учебной дисциплины предполагает работу с рекомендованной учебной литературой и Интернет-ресурсами. Теоретические сведения закрепляются выполнением лабораторных заданий, при выполнении которых следует руководствоваться методическими разработками, размещенными в электронной библиотеке универси-

тета и на образовательном портале. Также могут быть предложены дополнительные задания (тесты, задания для самостоятельного выполнения) для самооценки и более глубокого усвоения полученного материала.

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Понятие сцены. Формализация процессов компьютерной графики и компьютерного зрения.
2. Построение изображения. Аффинные и проективные преобразования.
3. Общее определение места цифровой обработки изображений. Определение понятия изображения. Примеры задач компьютерного зрения.
4. Формирование изображения в камере. Оптический путь. Представление изображения с памяти компьютера.
5. Особенности хранения изображения в памяти компьютера (структура). Типы изображения. Пиксель. Доступ к пикселю. Граница изображений.
6. Локальная обработка изображений. Конволюция. Корреляция. Свертка. Ядро фильтров (линейные сглаживающие фильтры, градиентные фильтры, подчеркивание границ).
7. Модель шума. Нелинейные растровые фильтры. Минимум, медианная фильтрация. Преимущества нелинейной фильтрации.
8. Понятие края. Понятие контраста. Контрастирование изображения.
9. Понятие гистограммы яркости. Линейное и нелинейное контрастирование. Пороговая сегментация.
10. Частотно-пространственные преобразования. Преобразование Фурье. Использование преобразования Фурье в обработке и анализе изображений.
11. Сегментация изображения. Виды сегментации. Сегментация по порогу. Автоматическое определение порога.
12. Восстановление изображений. Деконволюция. Модель процесса искажения. Искажающие функции.
13. Бинаризация изображений.
14. Сегментация на основе роста и разделения областей.
15. Математическая морфология. Структурный элемент. Основные операции математической морфологии.
16. Математическая морфология. Hit-miss и Hit-top преобразования. Утолщение и утоньшение. Водораздел.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУ-  
ЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 202\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_