

Белорусский государственный университет

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

 О.Г. Прохоренко

«05» июля 2023 г.

Регистрационный № УД – 12138/уч.



**ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

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

1-31 03 04 Информатика

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 04-2013, а также учебных планов № G 31-169/уч. от 30.05.2013, № G 31и-192/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: «Геометрия и алгебра», «Программирование», «Вычислительные методы алгебры», «Теория алгоритмов», «Математический анализ».

### 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-14. Работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой.

ПК-15. Заниматься аналитической и научно-исследовательской деятельностью в области информатики.

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: 82 часа, в том числе 52 аудиторных часа, из них: лабораторные занятия – 30 часов, семинарские занятия – 18 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачёт.

## 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			1	2			
3	Основные понятия компьютерного зрения			1	2			Проверка программного кода лабораторных работ
4	Общее понятие обработки и анализа изображений			2	4			Защита отчёта по лабораторной работе
5	Получение изображений			1	2		2	Проверка программного кода лабораторных работ
6	Понятие качества изображения			1	2			
7	Понятие контраста изображений			1	2			Защита отчёта по лабораторной работе
8	Растровая фильтрация изображений			1	2			Проверка программного кода лабораторных работ
9	Преобразования Фурье изображений			2	4			Защита отчёта по лабораторной работе

10	Восстановление изображений. Де-конволюция			1	2		2	Проверка программного кода лабораторных работ
11	Понятие цвета и особенности его обработки			1	2			
12	Математическая морфология			2	4			Защита отчёта по лабораторной работе
13	Особенности свободных библиотек и программного обеспечения для обработки изображений			1	2			
14	Анализ и обработка изображений в Республике Беларусь			1				
<b>ИТОГО</b>				<b>18</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.

Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний. Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в итоговую отметку:

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

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

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.

### **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 семинарских занятий**

Занятие № 1. Цель и содержание учебной дисциплины. Особенности программных продуктов и библиотек для обработки изображений.

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

Занятие № 3. Понятие обработки изображений. Основные этапы обработки изображений. Постановка задачи анализа изображений.

Занятие № 4. Способы получения изображений. Аффинные и проективные преобразования. Модели камеры. Калибровка изображения и сцены. Оценка изображения (абсолютная, относительная оценка). Оценка резкости. Оценка контраста. Соотношение сигнал/шум. Сравнительная оценка изображений. Метрика, расстояние. Дистанционная карта расстояний.

Занятие № 5. Понятие контраста. Понятие гистограммы. Операции с гистограммой. Линейное контрастирование. Нелинейное контрастирование. Контраст и гистограмма. Конволюция изображений. Математическое ожидание. Корреляционные соотношения. Весовые функции. Выделение границ. Линейные и нелинейные фильтры. Медианная фильтрация. Адаптивная фильтрация изображений.

Занятие № 6. Преобразования Фурье. Теорема запаздывания. Свертка на основе преобразования Фурье. Произведения изображений. Спектры типовых сигналов и изображений.

Занятие № 7. Модель процесса искажения. Искажающие функции. Модель шума. Теорема о свертке. Инверсная фильтрация. Существующие подходы для деконволюции. Восприятие цвета. Цветовые модели. Система управления цветом. Закон аддитивности Грассмана. Ограничения трехцветных пространств. Цветовая коррекция изображений. Коррекция с опорным цветом. Цветовой локус.

Занятие № 8. 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 № 9. Обзор особенностей и недостатков современных библиотек и программного обеспечения для анализа изображений, и сигналов, доступных для общего пользования. Обзор перспективных направлений в области обработки и анализа изображений. Обзор некоторых научных проектов, выполненных белорусскими учеными.

## 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 морфоло-

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

## 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

\_\_\_\_\_