

Белорусский государственный университет



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.Г. Прохоренко

«05» июля 2023 г.

Регистрационный № УД – 12257/уч.

## **СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

**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 04-2021, а также учебных планов № G31-1-031/уч. 30.06.2021 г., № G31-1-021/уч.ин. от 23.07.2021 г. и № G31-1-213/уч. от 22.03.2022 г.

**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:**

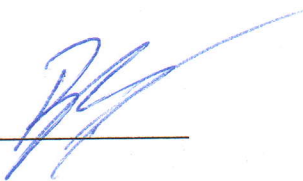
А.М. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, начальник отдела № 219 Объединённого института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, кандидат технических наук.

**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

Дисциплина «Системы компьютерной графики» знакомит студентов с основными направлениями в теории анализа и распознавания изображений, способами формирования изображений и закладывает необходимую теоретическую базу для применения полученных знаний в прикладных задачах.

**Цель** учебной дисциплины «Системы компьютерного зрения» – создание базы для применения современных методов анализа и распознавания изображений, а также формирование у студентов умения анализировать задачи компьютерного зрения и осуществлять взвешенный выбор необходимых алгоритмов, методов и программных решений.

### Задачи учебной дисциплины:

1. Изучение основных типов изображений и способы их получения.
2. Решение типовых задач компьютерного зрения посредством методов анализа и обработки изображений.

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

Учебная программа составлена с учетом межпредметных **связей** и программ по следующим дисциплинам:

- дисциплины модуля «Математический анализ»: «Дифференциальное и интегральное исчисление», «Функциональные последовательности и ряды, несобственный интеграл»;
- дисциплины модуля «Геометрия и алгебра»: «Основы высшей алгебры», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра»;
- дисциплины модуля «Программирование», в первую очередь «Основы и методологии программирования»;
- дисциплины модуля «Дискретные структуры и алгоритмы», в первую очередь «Алгоритмы и структуры данных»;
- «Численные методы»;
- «Функциональный анализ»;
- «Компьютерная графика».

### Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Системы компьютерного зрения» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

#### **универсальные** компетенции:

УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

**базовые профессиональные** компетенции:

БПК-3. Использовать методы аналитической геометрии и линейной алгебры в задачах информационных технологий и применять их при разработке алгоритмов.

БПК-5. Разрабатывать программное обеспечение в интегрированных средах разработки.

**специализированные** компетенции:

СК-10. Решать задачи компьютерной графики в научно-исследовательской и профессиональной деятельности.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные особенности формирования изображений,
- операции предобработки и улучшения изображений,
- методы выделения объектов на изображении,
- методы поиска и распознавания объектов на изображении,
- методы получения характеристик изображений и объектов на них,
- ключевые программные средства по разработке систем анализа изображений.

**уметь:**

- разрабатывать программное обеспечение получения изображения,
- проектировать структуру и функции типовых модулей анализа изображения,
- разрабатывать программное обеспечение анализа изображения,
- разрабатывать программное обеспечение для поиска объектов на изображении,
- создавать исчерпывающее описание объектов на изображении,
- использовать современные технологии работы анализа изображений.

**владеть:**

- практическими навыками проектирования, разработки, внедрения и сопровождения приложений анализа изображений, направленных на решение задач автоматизации бесконтактных методов исследования, мониторинга объектов и диагностики материалов.

### **Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 5 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Системы компьютерного зрения» отведено:

– в очной форме получения высшего образования: 108 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 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Введение**

Цель и содержание учебной дисциплины. Особенности программных продуктов и библиотек компьютерного зрения.

### **Тема 2. Основные понятия компьютерного зрения**

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

### **Тема 3. Общее понятие обработки и анализа изображений**

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

### **Тема 4. Получение изображений**

Способы получения изображений. Модели камеры. Калибровка изображения и сцены.

### **Тема 5. Понятие качества изображения**

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

### **Тема 6. Растровая фильтрация изображений**

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

### **Тема 7. Преобразования Фурье изображений.**

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

### **Тема 8. Восстановление изображений. Деконволюция.**

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

### **Тема 9. 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, Nat-top преобразования. Утолщение и утоньшение. Преобразование водораздела.

**Тема 10. Особенности свободных библиотек и программного обеспечения компьютерного зрения**

Обзор особенностей и недостатков современных библиотек и программного обеспечения компьютерного зрения, доступных для общего пользования.

**Тема 11. Компьютерное зрение в Республике Беларусь**

Обзор перспективных направлений в области компьютерного зрения. Обзор некоторых научных проектов, выполненных белорусскими учеными.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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 компьютерного зрения	2			2			Проверка программного кода лабораторных работ
3	Общее понятие обработки и анализа изображений	4			4			Защита отчёта по лабораторной работе
4	Получение изображений	4			4	2		Проверка программного кода лабораторных работ
5	Понятие качества изображения	4			4			Устный опрос
6	Растровая фильтрация изображений	2			2			Проверка программного кода лабораторных работ
7	Преобразования Фурье изображений	4			4			Защита отчёта по лабораторной работе
8	Восстановление изображений. Деконволюция	4			4	2		Проверка программного кода лабораторных работ

9	Математическая морфология	4			4			Защита отчёта по лабораторной работе
10	Особенности свободных библиотек и программного обеспечения компьютерного зрения	2			2			Устный опрос
11	Компьютерное зрение 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

Текущий 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.

- устные: устные опросы, проводимые в целях первичного мониторинга усвоения материала студентами и оцениваемые исходя из полноты и последовательности ответа, понимания основных понятий, методов и алгоритмов, изложенных на лекционных или лабораторных занятиях.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Системы компьютерного зрения» предусмотрен **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:

- устный опрос— 10%,
- проверка программного кода лабораторных работ – 60%,
- защита отчётов по лабораторным работам – 30%.

В случае успешной защиты отчётов по всем лабораторным работам допускается определение результатов текущей аттестации по дисциплине без проведения дополнительного опроса на экзамене. При этом явка обучающегося на экзамен 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 4. 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 8. 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 компьютерного зрения. Формализация задачи и понятий компьютерного зрения. Взаимосвязь компьютерного зрения и компьютерной графики.

Занятия №№ 2-3. Понятие обработки изображений. Основные этапы обработки изображений. Постановка задачи анализа изображений.

Занятия №№ 4-5. Способы получения изображений. Модели камеры. Калибровка изображения и сцены.

Занятия № 6-7. Оценка изображения (абсолютная, относительная оценка). Оценка резкости. Оценка контраста. Соотношение сигнал/шум. Сравнительная оценка изображений. Метрика, расстояние. Дистанционная карта расстояний.

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.

Занятия № 11-12. Модель процесса искажения. Искажающие функции. Модель шума. Теорема о свертке. Инверсная фильтрация. Существующие подходы для деконволюции.

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 компьютерного зрения, 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.

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

1. Понятия обработки изображения, компьютерной графики и компьютерного зрения. Их основные задачи.

2. Понятие сцены. Формализация процессов компьютерной графики и компьютерного зрения.
3. Построение изображения. Аффинные преобразования.
4. Построение изображения. Проективные преобразования.
5. Понятие сцены. Факторы, влияющие на получение изображения сцены.
6. Общее определение места цифровой обработки изображений. Определение понятия изображения. Примеры задач компьютерного зрения.
7. Классификация видимого излучения и способов его регистрации.
8. Способы регистрации и передачи на изображениях невидимого излучения.
9. Основные датчики сигналов и их классификация.
10. Формирование изображения в камере. Оптический путь. Представление изображения с памяти компьютера.
11. Особенности хранения изображения в памяти компьютера (структура). Типы изображения. Пиксель. Доступ к пикселю. Граница изображений.
12. Понятие качества изображения. Оценка характеристик изображения. Сравнительная оценка изображений.
13. Локальная обработка изображений. Конволюция. Корреляция. Свертка. Ядро фильтров (линейные сглаживающие фильтры, градиентные фильтры, подчеркивание границ).
14. Модель шума. Нелинейные растровые фильтры. Минимакс, медианная фильтрация. Преимущества нелинейной фильтрации.
15. Понятие края. Понятие контраста. Контрастирование изображения.
16. Понятие гистограммы яркости. Линейное и нелинейное контрастирование. Пороговая сегментация.
17. Частотно-пространственные преобразования. Преобразование Фурье. Использование преобразования Фурье в обработке и анализе изображений.
18. Сегментация изображения. Виды сегментации. Сегментация по порогу. Автоматическое определение порога.
19. Восстановление изображений. Деконволюция. Модель процесса искажения. Искажающие функции.
20. Понятие цвета. Предпосылки восприятия цвета человеком. Цветовые модели. Закон Грассмана.
21. Цветовая коррекция изображений. Коррекция с опорным цветом.
22. Бинаризация изображений.
23. Сегментация на основе роста и деления областей.
24. Математическая морфология. Структурный элемент. Основные операции математической морфологии.
25. Математическая морфология. Hit-miss и Hit-top преобразования.
26. Математическая морфология. Утолщение и утоньшение.
27. Понятие водораздела. Сегментация изображения при помощи водоразделов.

28. Основные программные продукты и библиотеки для обработки изображений.

29. Особенности свободных библиотек и программного обеспечения для обработки изображений, доступного для общего пользования.

30. История развития анализа изображений в Республике Беларусь и других странах.

31. Основные перспективы и направления развития в области анализа и обработки изображений в Республике Беларусь.

## 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)
Компьютерная графика	Компьютерных технологий и систем	Нет	Изменений в содержании учебной программы не требуется, протокол № 15 от 27.06.2023 г.

**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

\_\_\_\_\_