

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

10 июня 2024 г.

Регистрационный № 1848/м.



МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности:

7-06-0533-05 Прикладная математика и информатика

Профилизации:

Компьютерный анализ данных

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-06-0533-05-2023 и учебного плана № М53-53-43/уч. от 15.02.2023.

СОСТАВИТЕЛЬ:

П.А. Пашук, старший преподаватель кафедры теории вероятностей и математической статистики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, магистр прикладной математики и информационных технологий.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

М.С. Абрамович, заведующий НИЛ статистического анализа и моделирования учреждения Белорусского государственного университета «НИИ прикладных проблем математики и информатики», кандидат физико-математических наук, доцент;

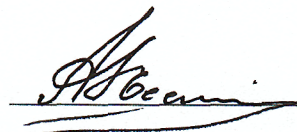
А.И. Кишкар, ведущий инженер-программист отдела информационных систем управления бизнес-приложений департамента производства ЗАО «Международный деловой альянс», магистр прикладной математики и информационных технологий.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теории вероятностей и математической статистики БГУ
(протокол № 12 от 21.05.2024);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 8 от 31.05.2024)

Заведующий кафедрой теории вероятностей
и математической статистики



А.Ю.Харин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Математические модели и методы компьютерного зрения» – познакомить студентов с принципами получения изображений человеком и различными техническими устройствами, различными типами, формами представления и хранения изображений, методами обработки изображений, а также применять полученные знания при решении прикладных задач.

Задачи учебной дисциплины:

- 1) изучение основных типов цифровых изображений и способов их получения;
- 2) знакомство студентов с основными методами преобразования и обработки цифровых изображений;
- 3) формирование практических навыков решения прикладных задач с использованием современного программного обеспечения при обработке цифровых изображений.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с углубленным высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Специальные методы анализа в прикладных задачах» компонента учреждения образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по дисциплинам: «Программные средства анализа данных», «Методы визуализации в анализе данных средствами языка R», «Интеллектуальный анализ данных».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Математические модели и методы компьютерного зрения» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальные компетенции:

УК. Развивать инновационную восприимчивость и способность к инновационной деятельности;

специализированные компетенции:

СК. Применять знания об основных вероятностных моделях и применяемых математических методах компьютерного зрения.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные особенности формирования изображений;
- основные методы обработки и улучшения качества изображений;

уметь:

- реализовывать базовые методы и алгоритмы анализа и обработки изображений;
- выбирать средства реализации практических задач компьютерного зрения, в том числе библиотеки стандартных программ компьютерного зрения;

иметь навык:

- работы с основными методами компьютерного зрения в программной среде;
- компьютерной реализации базовых подходов и методов при анализе и улучшении цифровых изображений;
- решения прикладных задач обработки изображений с использованием современного программного обеспечения;

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Математические модели и методы компьютерного зрения» отведено:

– для очной формы получения углубленного высшего образования: 120 часов, в том числе 40 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 20 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Компьютерное зрение. Формирование изображений.

Компьютерное зрение как научная дисциплина и область информационных технологий. Задачи компьютерного зрения. Особенности зрительной системы человека. Принципы получения изображений техническими системами. Монохроматические и хроматические aberrации. Цифровые изображения. Формы представления цифровых изображений. Типизации цифровых изображений. Цветовые пространства. Переход из одного цветового пространства в другое.

Тема 2. Цвет и текстура.

Глобальные и локальные гистограммы цвета. Определения и способы описания текстуры. Структурное, статистическое и спектральное описание текстур. Матрицы встречаемости.

Тема 3. Форма, контуры и границы объектов изображений.

Особенности геометрических преобразований растровых изображений. Методы описания формы объектов изображений. Определение свертки изображения с маской. Сверточные методы вычисления градиента изображения. Способы описания контура и границы объекта. Внутренняя и внешняя границы. Граница объекта как разрез графа.

Тема 4. Методы улучшения качества изображений. Виды шумов на изображениях.

Методы повышения контраста изображений. Гамма-коррекция. Эквализация гистограммы. Линейные фильтры повышения контраста. Повышение четкости изображения путем добавления его градиента. Фильтрация изображений. Пространственная и частотная фильтрация. Низкочастотная и высокочастотная фильтрация. Типизация пространственных методов улучшения изображений. Типизация частотных методов улучшения изображений. Аддитивные и мультипликативные точечные шумы. Случайные шумы и их типы. Периодические шумы. Площадные шумы. Примеры шумов на изображениях.

Тема 5. Пространственная фильтрация.

Линейные, нелинейные, адаптивные пространственные фильтры. Медианный фильтр. Билатеральный фильтр. Краткое знакомство с $\max()$ - и $\min()$ - фильтрами, фильтром серединной точки, ранговыми фильтрами, фильтром усеченного среднего, среднегеометрическим и гармоническим фильтрами.

Тема 6. Частотная фильтрация.

Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Метод удвоения как пример вычисления БПФ. Общая схема частотной фильтрации. Низкочастотные идеальный, гауссовский, Баттерворта фильтры. Высокочастотные частотные фильтры. Лапласиан в частотной области. Понятие «звона» фильтра. Частотный фильтр Винера. Режекторные и полосовые частотные фильтры.

Тема 7. Интерполяция изображений.

Постановка задачи интерполяции изображений. Примеры задач интерполяции. Интерполяция по ближайшему соседу. Билинейная интерполяция. Бикубическая интерполяция. Интерполяция Ланцоша. Сравнение методов интерполяции

Тема 8. Сегментация изображений.

Общая постановка задачи сегментации изображений. Примеры признаков, применяемых для сегментации изображений. Применение масочных фильтров и оконной корреляции для сегментации точечных объектов. Методы сегментации линий. Алгоритм Хафа. Детектор границ Кани. Методы бинаризации. Методы постеризации. Кластеризация – частный случай сегментации. Метод наращивания областей. Метод водораздела. Метод активных контуров и особенности его применения. Другие методы сегментации.

Тема 9. Распознавание изображений.

Принципы и методы распознавания изображений. Основные типы задач распознавания. Признаковые пространства в задачах распознавания. Распознавание с учителем и без учителя.

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	Компьютерное зрение. Формирование изображений	2			2			Устный опрос
2	Цвет и текстура	2			2			Индивидуальные задания
3	Форма, контуры и границы объектов изображений	2			2			Расчетно-графическая работа, отчет по лабораторной работе
4	Методы улучшения качества изображений. Виды шумов на изображениях	2			2			Контрольная работа
5	Пространственная фильтрация	2			2			Индивидуальные задания, отчет по лабораторной работе
6	Частотная фильтрация	2			2			Контрольная работа
7	Интерполяция изображений	2			2			Индивидуальные задания, отчет по лабораторной работе
8	Сегментация изображений	4			4			Контрольная работа
9	Распознавание изображений	2			2			Отчет по лабораторной работе
ИТОГО		20			20			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. Л. И. Рубанова, П. А. Чочиа; науч. ред. перевода П. А. Чочиа. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва: Техносфера, 2024. - 1103 с.
2. Селянкин, В. В. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений: учебное пособие для вузов / В. В. Селянкин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2023. - 148 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/276455>.
3. Голуб, Ю. И. Оценка качества цифровых изображений / Ю. И. Голуб, В. В. Старовойтов; Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси. - Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2023. - 251 с.

Дополнительная литература

1. Клетте, Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / Р. Клетте; [пер. с англ. А. А. Слинкин]. - Москва: ДМК Пресс, 2019. - 505 с.
2. Шакирьянов, Э.Д. Компьютерное зрение на Python. Первые шаги / Э. Д. Шакирьянов. - Москва: Лаборатория Знаний, 2021. - 160 с.
3. Старовойтов В.В. Цифровые изображения: от получения до обработки / В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – 202 с.
4. Шапиро, Л. Компьютерное зрение: пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – 4 издание, М.: Электрон. Лаборатория знаний, 2020. – 752 с.
5. Snyder, W.E. Fundamentals of Computer Vision / W.E. Snyder, H. Qi. – Cambridge University Press, 2017. – 386 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущего контроля: устный опрос, контрольные работы, отчеты по лабораторным работам, индивидуальные задания, расчетно-графические работы.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Математические модели и методы компьютерного зрения» учебным планом предусмотрен **зачет**.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая

возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- контрольные работы – 40%;
- защита отчетов по лабораторным работам – 60%.

Зачет по дисциплине проходит в устной и(или) письменной форме. В случае успешного прохождения всех форм текущего контроля и получения положительной (4 и выше) отметки текущей аттестации, допускается получение зачета без проведения дополнительного опроса. При этом явка обучающегося на зачет является обязательной.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) 60% и отметки на зачете 40%.

Примерная тематика лабораторных занятий

Занятие № 1. Компьютерное зрение. Формирование изображений.

Занятие № 2. Цвет и текстура.

Занятие № 3. Форма, контуры и границы объектов изображений.

Занятие № 4. Методы улучшения качества изображений. Виды шумов на изображениях.

Занятие № 5. Пространственная фильтрация.

Занятие № 6. Частотная фильтрация.

Занятие № 7. Интерполяция изображений.

Занятие № 8. Постановка задачи и методы сегментации точечных и линейных объектов.

Занятие № 9. Методы сегментации областей изображений.

Занятие № 10. Распознавание изображений.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **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.

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 самооценивания и более глубокого усвоения полученного материала.

Примерный перечень вопросов к зачету

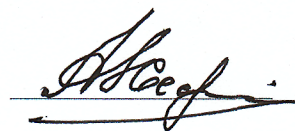
1. Принципы работы глаза человека. Типы фоторецепторов. Виды информации, извлекаемой человеком из изображений.
2. Типы изображений, получаемых на основе преобразования волн разной природы.
3. Камера обскура. Аналоговые и цифровые фотокамеры. Типы монохроматических и хроматической аберраций.
4. Растровые и векторные формы представления цифрового изображения. Определение 2D и 3D растровых цифровых изображений.
5. Общая схема типизации изображений.
6. Физические характеристики света, используемые в компьютерном зрении. Белый свет.
7. Представление цвета с помощью базовых цветов. Цветовые пространства.
8. Текстура: понятие и способы описания. Определение окрестности пиксела.
9. Особенности геометрических преобразований изображений.
10. Способы описания формы объектов на изображениях.
11. Способы выделения границы объектов.
12. Определение растрового пути. Определение связного множества пикселей
13. Определение и примеры внутренней и внешней границы множества пикселей. Определение и примеры контура.
14. Модели (аддитивная и мультипликативная) и типы шумов на изображении.
15. Задача фильтрации изображения. Понятие о пространственных и частотных методах фильтрации.

16. Дискретное 1D и 2D преобразование Фурье. Прямое и обратное ДПФ.
17. Типы частотных фильтров улучшения качества изображений.
18. Пространственные фильтры: гамма коррекция.
19. Повышение четкости изображения путем добавления градиента.
20. Линейные или сверточные фильтры. Общий вид и примеры.
21. Гауссовский и медианный пространственные фильтры.
22. Сверточные фильтры повышения контраста. Назначение и способы коррекции гистограммы изображений.
23. Гистограммы изображения. Эквиализация гистограммы.
24. Гистограммы изображения. Постеризация.
25. Билатеральный фильтр.
26. Частотная фильтрация. Использование БПФ. Общая схема частотной фильтрации. Передаточная функция фильтра.
27. Фильтр-пробка. Низкочастотный фильтр Баттерворта.
28. Низкочастотный и высокочастотный идеальный фильтр и ограничения его применения.
29. Низкочастотные Баттерворта и гауссовский фильтры.
30. Высокочастотные Баттерворта и гауссовский фильтры.
31. Лапласиан в частотной области. Вид передаточной функции фильтра и его предназначение.
32. Режекторный Баттерворта и гауссовский фильтры. Предназначение.
33. Общая постановка оптимальной линейной винеровской фильтрации изображений. Примеры применения.
34. Предназначение алгоритмов интерполяции изображений. Интерполяция по ближайшему соседу. Билинейная интерполяция.
35. Бикубическая интерполяция.
36. Интерполяция Ланцоша.
37. Определение процесса сегментации изображений. Примеры характеристик, используемых при сегментации изображений.
38. Сегментация точечных объектов сверточными и корреляционными фильтрами. Определение корреляции изображений совпадающих размеров и опонной корреляции.
39. Алгоритм Хафа выделения отрезков растровых прямых.
40. Детектор границ Кани. Сравнение с градиентными методами.
41. Общие принципы сегментации. Сегментация по порогу. Определение процесса кластеризации.
42. Метод наращивания областей.
43. Метод водораздела. Особенности применения. Сглаживание и устранение «неглубоких» локальных экстремумов.
44. Метод активных контуров: физические принципы работы. Трактовка в терминах энергии.
45. Типы задач распознавания: распознавание объектов, идентификация, классификация. Понятие о методах распознавания с учителем и без учителя. Основные этапы процесса распознавания.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

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)
Программные средства анализа данных	Теории вероятностей и математической статистики	Изменений не требуется	Протокол № 12 от 21.05.2024
Методы визуализации в анализе данных средствами языка R	Теории вероятностей и математической статистики	Изменений не требуется	Протокол № 12 от 21.05.2024
Интеллектуальный анализ данных	Теории вероятностей и математической статистики	Изменений не требуется	Протокол № 12 от 21.05.2024

Заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики,
доктор физ.-мат. наук, профессор



А.Ю. Харин

21 мая 2024 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ 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
