

Белорусский государственный университет



Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям
О.И. Чуприс
2019 г.

Регистрационный № УД- 7208/уч.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

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

1-31 80 09 Прикладная математика и информатика

профилизация

Компьютерный анализ данных

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 09-2019 и учебного плана G31-073/уч. от 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Б.А. Залесский, заведующий лабораторией обработки и распознавания изображений Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук

В.В. Мушко, доцент кафедры технологий программирования факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Н.В. Марковская, доцент кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем Учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», кандидат физ.-мат. наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теории вероятностей и математической статистики (протокол № 15 от 30 апреля 2019 г.);

Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 5 от 28 июня 2019 года).

Заведующий кафедрой
теории вероятностей и математической статистики



А.Ю. Харин



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Компьютерное зрение» – ознакомление студентов II ступени высшего образования (магистрантов) с принципами получения изображений человеком и различными техническими устройствами; различными типами, формами представления и хранения изображений; физическими характеристиками света, цветовыми пространствами; текстурами; способами описания формы объектов изображений и выделения их границ; типами шумов и искажений на изображениях, а также методами и алгоритмами: геометрических преобразований изображений; улучшения качества и фильтрации изображений; сегментации и кластеризации изображений.

При изложении содержания учебной дисциплины важно уделить внимание компьютерной реализации основных методов и алгоритмов компьютерного зрения.

В рамках поставленной цели задачи учебной дисциплины состоят в следующем:

1. Изучение основных принципов и методов получения, представления и хранения цифровых изображений.
2. Изучения методов и алгоритмов обработки, преобразований, фильтрации и сегментации цифровых изображений.
3. Развитие практических навыков работы с изображениями.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к компоненту учреждения высшего образования и входит в модуль «Специальные методы анализа в прикладных задачах».

Знания, полученные в результате изучения учебной дисциплины «Компьютерное зрение», будут использованы при изучении учебной дисциплины II ступени высшего образования «Визуальная аналитика данных с временной структурой» модуля «Визуализация и интеллектуальный анализ», а также способствовать успешному прохождению производственной практики и подготовки магистерской диссертации.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Компьютерное зрение» должно обеспечить формирование следующих универсальных и специализированных компетенций.

универсальные компетенции:

УК-5. Обладать способностью в минимальные сроки изучать и профессионально эксплуатировать программные системы, модули и библиотеки.

специализированные компетенции:

СК-3. Иметь представление об основных вероятностных моделях и применяемых математических методах компьютерного зрения, а также иметь опыт их компьютерной реализации.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- современные способы получения, представления и хранения цифровых изображений;
- методы и алгоритмы обработки, преобразования, фильтрации и сегментации цифровых изображений;
- основные предпосылки и условия применения изученных методов и алгоритмов;

уметь:

- проводить выбор известных методов и алгоритмов для решения практических задач компьютерного зрения;
- создавать простейшие методики обработки изображений в виде цепочек выбранных алгоритмов;
- самостоятельно выбирать средства реализации практических задач компьютерного зрения, в том числе библиотеки стандартных программ компьютерного зрения;
- самостоятельно решать несложные практические задачи обработки изображений;

владеть:

- способами и формами получения, преобразования, записи и хранения изображений;
- основными методами и алгоритмами обработки изображений;
- средствами программной реализации разработанных решений.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в первом семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Компьютерное зрение» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 126 часов, в том числе 40 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 20 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Компьютерное зрение

Тема 1.1. Компьютерное зрение как научная дисциплина и область информационных технологий

Компьютерное зрение как научная дисциплина и область информационных технологий. Специфика и особенности. Традиционные задачи компьютерного зрения.

Раздел 2. Принципы формирования изображений и их типы

Тема 2.1. Формирование изображений человеком и техническими системами и их типы

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.

Раздел 3. Характеристики содержания изображения

Тема 3.1. Цвет и текстура

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

Тема 3.2. 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.

Раздел 4. Методы улучшения качества изображений

Тема 4.1. Типизация методов улучшения качества изображений

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.

Тема 4.2. Виды шумов на изображениях

Аддитивные и мультипликативные точечные шумы. Случайные шумы и их типы. Периодические шумы. Площадные шумы. Примеры шумов на изображениях.

Тема 4.3. 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 4.4. 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 4.5. Интерполяция изображений

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

Раздел 5. Сегментация изображений

Тема 5.1. Постановка задачи и методы сегментации точечных и линейных объектов

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.

Тема 5.2. Методы сегментации областей изображений

Методы бинаризации. Методы постеризации. Кластеризация – частный случай сегментации. Метод наращивания областей. Метод водораздела. Метод активных контуров и особенности его применения. Другие методы сегментации.

Раздел 6. Распознавание изображений

Тема 6.1. Принципы и методы распознавания изображений

Примеры применения методов распознавания изображений. Основные типы задач распознавания. Признаковые пространства в задачах распознавания. Распознавание с учителем и без учителя. Обучающая и тестовая подвыборки данных.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	
1	Компьютерное зрение	1		
1.1	Компьютерное зрение как научная дисциплина и область информационных технологий	1		собеседования
2	Принципы формирования изображений и их типы	1		
2.1	Формирование изображений человеком и техническими системами и их типы	1		собеседования
3	Характеристики содержания изображения	4	4	
3.1	Цвет и текстура	2		собеседования
3.2	Форма, контуры и границы объектов изображений	2	4	отчеты
4	Методы улучшения качества изображений	8	8	
4.1	Типизация методов улучшения качества изображений	1		собеседования
4.2	Виды шумов на изображениях	1		собеседования
4.3	Пространственная фильтрация	2	4	отчеты
4.4	Частотная фильтрация	2	4	отчеты
4.5	Интерполяция изображений	2		собеседования
5	Сегментация изображений	5	8	
5.1	Постановка задачи и методы сегментации точечных и линейных объектов	2	4	отчеты
5.2	Методы сегментации областей изображений	3	4	отчеты
6	Распознавание изображений	1		
6.1	Принципы и методы распознавания изображений	1		коллоквиум
ИТОГО		20	20	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Snyder W.E., Qi H. Fundamentals of Computer Vision. – Cambridge University Press, 2017. – 386 p.
2. Клетте Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы.– М.: ДМК Пресс, 2019. – 506 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
2. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. – М.: Лаборатория знаний, 2007. – 496 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
4. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: Бином-Пресс, 2011. – 654 с.
5. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2012. – 1048 с.
6. Смит С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. – М.: ДМК-Пресс, 2018. – 718 с.
7. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие. – М.: Техносфера, 2018. – 528 с.
8. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов: Учебное пособие. – М.: Техносфера, 2012. – 368 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

1. *Устная форма*: собеседования, коллоквиум;
2. *Устно-письменная форма*: отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Компьютерное зрение» учебным планом предусмотрен зачет.

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

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- работа на лабораторных занятиях – 75 %;
- коллоквиум – 25 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и зачетной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Оценка по текущей успеваемости составляет 30 %, зачетная оценка – 70 %.

Примерная тематика лабораторных занятий

Занятие № 1-2. Программная реализация и сравнительный анализ алгоритмов выделения контуров и границ объектов изображений.

Занятие № 3-4. Программная реализация и сравнительный анализ алгоритмов пространственной фильтрации изображений.

Занятие № 5-6. Программная реализация и сравнительный анализ алгоритмов частотной фильтрации изображений.

Занятие № 7-8. Программная реализация и сравнительный анализ алгоритмов сегментации точечных и линейных объектов.

Занятие № 9-10. Программная реализация и сравнительный анализ алгоритмов сегментации областей изображений.

Текущий контроль знаний проводится в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает:

- освоение содержание 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.

При организации образовательного процесса используется метод группового обучения, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные ресурсы: разместить на образовательном портале комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, методические указания к лабораторным занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и др., список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Принципы работы глаза человека. Типы фоторецепторов.
2. Виды информации, извлекаемой человеком из изображений.
3. Объяснение термина «компьютерное зрение».
4. Типы изображений, получаемых на основе преобразования волн разной природы.
5. Камера обскура. Аналоговые и цифровые фотокамеры.
6. Типы монохроматических и хроматической аберраций.
7. Растровые и векторные формы представления цифрового изображения. Определение 2D и 3D растровых цифровых изображений.
8. Типизация изображений по числу принимаемых значений и количеству каналов. Форматы записи цифровых растровых изображений.
9. Общая схема типизации изображений.
10. Физические характеристики света, используемые в компьютерном зрении. Белый свет.
11. Факторы, влияющие на человеческое восприятие света. Зеркальная и матовые поверхности.
12. Представление цвета с помощью базовых цветов.
13. Цветовые пространства.
14. Текстура: понятие и способы описания. Текселы. Матрицы встречаемости.
15. Определение окрестности пиксела. Примеры окрестностей, используемых в компьютерном зрении.
16. Особенности геометрических преобразований изображений.
17. Способы описания формы объектов на изображениях.
18. Способы выделения границы объектов.
19. Определение растрового пути. Определение связного множества пикселов.

20. Определение и примеры внутренней и внешней границы множества пикселей. Определение и примеры контура.
21. Примеры множеств пикселей, границы которых нельзя представить в виде упорядоченного пути, замкнутого пути.
22. Определение границы односвязного множества с помощью двойственного графа.
23. Модели (аддитивная и мультипликативная) и типы шумов на изображении.
24. Задача фильтрации изображения. Понятие о пространственных и частотных методах фильтрации.
25. Дискретное 1D и 2D преобразование Фурье. Прямое и обратное ДПФ.
26. Типы частотных фильтров улучшения качества изображений.
27. Пространственные фильтры: гамма коррекция.
28. Повышение четкости изображения путем добавления градиента.
29. Линейные или сверточные фильтры. Общий вид и примеры.
30. Гауссовский и медианный пространственные фильтры.
31. Сверточные фильтры повышения контраста. Назначение и способы коррекции гистограммы изображений.
32. Гистограммы изображения. Эквализация гистограммы.
33. Гистограммы изображения. Постеризация.
34. Билатеральный фильтр.
35. Частотная фильтрация. Использование БПФ. Общая схема частотной фильтрации. Передаточная функция фильтра.
36. Фильтр-пробка. Низкочастотный фильтр Баттерворта.
37. Низкочастотный и высокочастотный идеальный фильтр и ограничения его применения.
38. Низкочастотные Баттерворта и гауссовский фильтры.
39. Высокочастотные Баттерворта и гауссовский фильтры.
40. Лапласиан в частотной области. Вид передаточной функции фильтра и его предназначение.
41. Режекторный Баттерворта и гауссовский фильтры. Предназначение.
42. Общая постановка оптимальной линейной винеровской фильтрации изображений. Примеры применения.
43. Предназначение алгоритмов интерполяции изображений. Интерполяция по ближайшему соседу. Билинейная интерполяция.
44. Бикубическая интерполяция.
45. Интерполяция Ланцоша.
46. Определение процесса сегментации изображений. Примеры характеристик, используемых при сегментации изображений.
47. Сегментация точечных объектов сверточными и корреляционными фильтрами. Определение корреляции изображений совпадающих размеров и опонной корреляции.
48. Алгоритм Хафа выделения отрезков растровых прямых.

49. Детектор границ Кани. Сравнение с градиентными методами.
50. Общие принципы сегментации. Сегментация по порогу. Определение процесса кластеризации.
51. Метод наращивания областей.
52. Метод водораздела. Особенности применения. Сглаживание и устранение «неглубоких» локальных экстремумов.
53. Метод активных контуров: физические принципы работы. Трактовка в терминах энергии.
54. Типы задач распознавания: распознавание объектов, идентификация, классификация. Понятие о методах распознавания с учителем и без учителя. Основные этапы процесса распознавания.

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)
Методы визуализации в анализе больших данных средствами языка R	Кафедра теории вероятностей и математической статистики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 15 от 30 апреля 2019 г.
Визуальная аналитика данных с временной структурой	Кафедра теории вероятностей и математической статистики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 15 от 30 апреля 2019 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 _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
