

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор учреждения образования
«Полоцкий государственный
университет имени Евфросинии
Полоцкой»

 Ю.Я. Романовский
«28» 2024 г.
Регистрационный № УД – 118/24 /уч.

МОДУЛЬ «ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ»

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности
1-40 03 01 «Искусственный интеллект»

2024 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта по специальности высшего образования ОСВО 1-40 03 01-2021 и учебного плана по специальности 1-40 03 01 «Искусственный интеллект». Регистрационный № 72-22/уч. ФИТ от 22.07.2022

СОСТАВИТЕЛЬ:

Светлана Александровна Игнатьева, старший преподаватель кафедры вычислительных систем и сетей учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой вычислительных систем и сетей учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» (протокол № 9 от 24.06 2024 г.)

Методической комиссией факультета информационных технологий учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» (протокол № 6 от 16.06 2024 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цифровая обработка изображений – одно из перспективных направлений для профессиональной деятельности специалистов в области информатики и вычислительной техники, а также смежных областей (автоматизация, программная инженерия и др.), информационной безопасности телекоммуникационных систем, радиотехники, электроники и связи, инфокоммуникационных технологий и систем связи, помехоустойчивости и электромагнитной совместимости информационных систем и др.

Целью преподавания учебной дисциплины является получение обучающимися знаний и умений в проектировании систем цифровой обработки изображений, обнаружения объектов на изображениях и их распознавания.

Задачи изучения учебной дисциплины состоят в приобретении знаний по следующим направлениям:

- элементы прикладной теории обработки изображений, идентификации и распознавания образов;
- методы, алгоритмы и программные средства обработки изображений, распознавания образов;
- техника решения класса актуальных прикладных задач, включающих основные этапы распознавания образов.

Изучение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих **компетенций**:

специализированная:

СК-18. Использовать методы цифровой фильтрации, спектрально-корреляционного анализа, многоскоростной обработки, переноса и преобразования спектров для проектирования систем аппаратно-программной реализации цифровой обработки изображений.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные положения цифровой обработки изображений;
- основы проектирования цифровых фильтров;
- основы спектрального анализа;
- основные алгоритмы обработки и анализа изображений;
- основные принципы сжатия изображений;
- принципы формирования признаков и классификации;
- основы обработки изображений с использованием нейронных сетей;

уметь:

- осуществлять выбор необходимого метода и алгоритма цифровой обработки изображений для решения конкретных прикладных задач;
- уметь использовать специальные алгоритмы цифровой обработки сигналов и изображений для решения востребованных прикладных задач;

владеть:

– навыками программной реализации алгоритмов предварительной обработки изображений во временной, пространственной и частотной областях;

– навыками решения задач обработки изображений с использованием сверточных нейронных сетей.

Учебная дисциплина включена в учебный план специальности 1-40 03 01 «Искусственный интеллект» как дисциплина компонента учреждения образования. Она частично базируется на знаниях, полученных при освоении содержания таких учебных дисциплин как «Математические основы интеллектуальных систем», «Логические основы интеллектуальных систем». Знания, полученные при изучении данной учебной дисциплины, могут быть использованы при изучении учебной дисциплины «Методы машинного обучения».

Согласно учебному плану специальности учебная программа изучения учебной дисциплины «Цифровая обработка изображений» рассчитана следующим образом:

Форма получения высшего образования	дневная
Курс	3
Семестр	5
Всего часов по учебной дисциплине	108
Аудиторных часов по учебной дисциплине	48
Лекции, часов	32
Лабораторные занятия, часов	16
Самостоятельная работа студентов, часов	60
Трудоемкость дисциплины, зачетные единицы	3
Форма промежуточной аттестации	зачет

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1.1 Введение в цифровую обработку изображений

Изображение как многомерный сигнал. Основные стадии цифровой обработки изображений. Особенности зрительной системы человека. Введение в библиотеку обработки изображений OpenCV.

Тема 1.2 Особенности обработки бинарных изображений

Причины и типы шумов на бинарных изображениях. Улучшение качества бинарных изображений. Выделение средних линий объектов изображений. Выделение контуров. Связность в изображениях.

Тема 1.3 Преобразования изображений точечного типа

Линейные преобразования яркости полутоновых изображений. Нелинейная коррекция яркости изображений. Преобразования яркости на базе гистограммы изображения. Локально-адаптивная обработка изображений.

Тема 1.4 Преобразования изображений локального типа

Масочная фильтрация изображений. Низкочастотные и высокочастотные фильтры. Нелинейная фильтрация. Внесение эффектов в изображение.

Тема 1.5 Обработка изображений на основе математической морфологии

Основные операции математической морфологии. Обработка бинарных изображений на основе математической морфологии. Обработка полутоновых изображений.

Тема 1.6 Представление и обработка цветных изображений

Представление и описание цветного изображения. Цветовые модели. Цветовые преобразования. Вырезания цветового диапазона. Яркостная и цветовая коррекция.

Тема 1.7 Двумерные дискретные преобразования в обработке изображений

Двумерные преобразования в задачах обработки изображений. Двумерное преобразование Фурье. Дискретное косинусное преобразование. Применение вейвлет-преобразования для обработки изображений.

Тема 1.8 Обработка изображений в частотной области

Обобщенный алгоритм фильтрации изображений в частотной области. Соответствие между фильтрацией в частотной области и пространственной области. Сглаживающие частотные фильтры.

Тема 1.9 Сжатие изображений

Классификация методов сжатия. Особенности изображений, учитываемые при сжатии. Требования к алгоритмам компрессии. Основные шаги стандартов сжатия JPEG и JPEG2000.

Тема 1.10 Сравнение и поиск изображений

Проблема сравнения видеоданных. Требования к мерам, вычисляющим сходство. Функции схожести корреляционного типа. Метрики оценки качества обнаружения.

Тема 1.11 Сегментация изображений

Обнаружение точек, линий и перепадов. Выделение линий разной направленности на изображениях. Линейные и нелинейные методы выделения контуров. Сегментация цветных изображений. Определения и основные требования к качеству сегментации. Прикладные задачи, использующие сегментацию цветных изображений. Пороговые алгоритмы. Сегментация цветных изображений средствами кластерного анализа.

Тема 1.12 Основные понятия распознавания образов

Понятия классификации и распознавания. Выбор признаков в задачах распознавания образов. Виды разделяющих функций.

Тема 1.13 Модель нейрона. Полносвязная нейронная сеть

Модель нейрона. Основные типы слоев нейронной сети. Виды функций активации. Модель полносвязной нейронной сети.

Тема 1.14 Классические нейронные сети

Структура Персептрона. Нейронная сеть для операции XOR. Принципы и требования к формированию обучающей выборки. Принцип обучения нейронной сети методом обратного распространения ошибки.

Тема 1.15 Сверточные нейронные сети

Основные типы слоев сверточных нейронных сетей. Типовая структура архитектуры сверточной нейронной сети. Современные архитектуры СНС и их применение.

Тема 1.16 Анализ движения на видеопоследовательностях

Обнаружение и классификация объектов на изображениях. Классификация изображений с использованием сверточных нейронных сетей. Особенности представления и обработки видеопоследовательностей. Методы обнаружения движения: разностный метод, на основе вычитания фонового кадра и метод оптического потока. Алгоритмы сопровождения объектов на видео.

**Учебно-методическая карта учебной дисциплины «Цифровая обработка изображений»
дневная форма получения высшего образования**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная работа обучающегося		
Тема 1.1	Введение в цифровую обработку изображений	2				[1–3,6]	УО ¹
Тема 1.2	Особенности обработки бинарных изображений	2				[1,2,5]	УО
	Лабораторная работа № 1. Библиотеки компьютерного зрения для обработки изображений			2		МУ _{ЛР} ² , [4]	
	Лабораторная работа № 1. Библиотеки компьютерного зрения для обработки изображений			2		МУ _{ЛР} , [4]	ЛР ^{3*}
Тема 1.3	Преобразования изображений точечного типа	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.4	Преобразования изображений локального типа	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.5	Обработка изображений на основе математической морфологии	2				[1,2,5]	УО
	Лабораторная работа № 2. Обработка изображений классическими алгоритмами с использованием библиотек компьютерного зрения			2		МУ _{ЛР} , [4]	
	Лабораторная работа № 2. Обработка изображений классическими алгоритмами с использованием библиотек компьютерного зрения			2		МУ _{ЛР} , [4]	ЛР*

¹ УО – устный опрос на занятии

² МУ_{ЛР} – методические указания к выполнению лабораторных работ

³ ЛР – письменный отчет по лабораторной работе с его устной защитой

* – мероприятия текущего контроля

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная работа обучающегося		
Тема 1.6	Представление и обработка цветных изображений	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.7	Двумерные дискретные преобразования в обработке изображений	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.8	Обработка изображений в частотной области	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.9	Сжатие изображений	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.10	Сравнение и поиск изображений	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.11	Сегментация изображений	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.12	Основные понятия распознавания образов	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.13	Модель нейрона. Полносвязная нейронная сеть	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.14	Классические нейронные сети	2				[1,2,5]	УО
Тема 1.15	Сверточные нейронные сети	2				[4,7]	УО
	Лабораторная работа № 3. Обучение сверточной нейронной сети для обнаружения объектов на изображениях			2		МУ _{ЛР} , [4]	
	Лабораторная работа № 3. Обучение сверточной нейронной сети для обнаружения объектов на изображениях			2		МУ _{ЛР} , [4]	ЛР*
Тема 1.16	Анализ движения на видеопоследовательностях	2				[4,7]	УО
	Лабораторная работа № 4. Сопровождение объекта на видеопоследовательности.			2		МУ _{ЛР} , [4]	
	Лабораторная работа № 4. Сопровождение объекта на видеопоследовательности.			2		МУ _{ЛР} , [4]	ЛР*
	Итого:	32		16			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. Л.И. Рубанова, П.А. Чочиа. - Москва: Техносфера, 2024. - 1103 с.
2. Медведев, М.В. Цифровая обработка изображений [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / М.В. Медведев. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2020. – 100 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/193507>
3. Матвеев, А.И. Цифровая обработка изображений в OpenCv. Практикум [Электронный ресурс] / А.И. Матвеев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 104 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/303413>

Дополнительная:

4. Богуш, Р.П. Цифровая обработка изображений: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 1-40 01 01 «Программное обеспечения информационных технологий», 1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети» / Р.П. Богуш, С.А. Игнатьева; Министерство образования Республики Беларусь, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, кафедра технологий программирования. – Новополоцк: ПГУ, 2022. – 3.89 Мб, (92 с.)
5. Цифровая обработка изображений: учебн.-метод. комплекс. Р.П. Богуш. – Новополоцк, ПГУ, 2009. – 320 с.
6. Федотов, А.А. Введение в цифровую обработку биомедицинских изображений [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Федотов. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 108 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/206105>
7. Ростовцев, В.С. Искусственные нейронные сети [Электронный ресурс] / В.С. Ростовцев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 216 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/310184>

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Библиотеки компьютерного зрения для обработки изображений.
2. Обработка изображений классическими алгоритмами с использованием библиотек компьютерного зрения.
3. Обучение сверточной нейронной сети для обнаружения объектов на изображениях.
4. Сопровождение объекта на видеопоследовательности.

ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ, НАГЛЯДНЫХ И ДРУГИХ ПОСОБИЙ, МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ И МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ, ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. ПЭВМ с основной конфигурацией CPU Intel Core i3 / DDR4 4GB / 500 GB.
2. Операционная система – Windows 10.
3. Интегрированная среда разработки программных приложений на языке Python: PyCharm.
4. Интегрированная среда разработки: Microsoft Visual Studio 2022.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА

1. Области применения ЦОС.
2. Обобщенная схема ЦОС и принцип ее работы.
3. Дискретизация и квантование. Теорема Котельникова.
4. Типовые дискретные сигналы и их описание.
5. Основная полоса частот. Нормирование частоты.
6. Дискретные экспоненциальные функции и их свойства.
7. Дискретное преобразование Фурье и основные свойства.
8. Вычисление свертки и корреляции прямым методом.
9. Вычисление свертки и корреляции и с использованием ДПФ.
10. Алгоритм БПФ с прореживанием по времени.
11. Алгоритм БПФ с прореживанием по частоте.
12. Функции Уолша и Матрицы Адамара.
13. Преобразование Уолша-Адамара и его свойства.
14. Алгоритм БПУА.
15. Функции Хаара и их математическое описание.
16. Преобразование Хаара и его особенности.
17. Особенности вейвлет-преобразования, математическое описание
18. Типы ЦФ. Частотные характеристики КИХ и БИХ фильтров.
19. Основные этапы разработки ЦФ.
20. Базовая структура анализаторов спектра на основе ДПФ.

21. Весовые функции для гармонического спектрального анализа.
22. Структура анализатора спектра на основе гребенки фильтров.
23. Компоненты системы обработки изображений.
24. Низкочастотная фильтрация изображений в пространственной области.
25. Глобальные методы улучшения контраста полутоновых изображений.
26. Линейные методы контрастирования изображений.
27. Принципы и особенности пространственной фильтрации изображений.
28. Сегментация изображений с помощью преобразования Хафа.
29. Улучшение качества бинарных изображений.
30. Утонышение бинарных изображений.
31. Обработка бинарных изображений на основе математической морфологии.
32. Связность в изображениях.
33. Бинаризация полутоновых изображений.
34. Обработка полутоновых изображений на основе математической морфологии.
35. Классификация методов распознавания объектов изображений.
36. Структурные методы распознавания объектов изображений.
37. Фильтрация изображений в частотной области.
38. Требования к алгоритмам компрессии.
39. Функции схожести корреляционного типа.
40. Сегментация цветных изображений на основе кластерного анализа.
41. Основные шаги стандарта сжатия JPEG.
42. Адаптивная бинаризация.
43. Нелинейные методы контрастирования изображений.
44. Модель нейрона.
45. Персептрон для операции XOR.
46. Функции активации для нейронных сетей.
47. Принцип обучения нейронной сети методом обратного распространения ошибки.
48. Описание цветного изображения. Цветовые модели и преобразования.
49. Архитектура сверточной нейросети.
50. Методы обнаружения движения на видеопоследовательностях.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины обучающимися дневной формы получения образования используются следующие формы самостоятельной работы:

- изучение учебной и методической литературы для подготовки к устным опросам на лекциях;
- подготовка к защите отчетов по лабораторным работам.

Содержание самостоятельной работы обучающихся дневной формы получения образования

Вид самостоятельной работы	Тематическое содержание и используемые источники	Кол-во часов на выполнение
Изучение учебной и методической литературы для подготовки к устным опросам на лекциях	Тема 1.1 Литература: [1–3,6]	2
	Тема 1.2 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.3 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.4 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.5 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.6 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.7 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.8 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.9 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.10 Литература: [1,2,5]	2
	Тема 1.11 Литература: [1,2,5]	4
	Тема 1.12 Литература: [1,2,5]	4
	Тема 1.13 Литература: [1,2,5]	4
	Тема 1.14 Литература: [1,2,5]	4
	Тема 1.15 Литература: [4,7]	4
	Тема 1.16 Литература: [4,7]	4
Подготовка к защите отчетов по лабораторным работам	Лабораторная работа № 1 [МУ _{ЛР} , 4]	4
	Лабораторная работа № 2 [МУ _{ЛР} , 4]	4
	Лабораторная работа № 3 [МУ _{ЛР} , 4]	4
	Лабораторная работа № 4 [МУ _{ЛР} , 4]	4
Итого:		60

Перечень дополнительного информационного и учебно-методического обеспечения самостоятельной работы, размещенного в Google Classroom университета:

1. Конспект лекций.
2. Методические указания к выполнению лабораторных работ.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

Средства диагностики результатов учебной деятельности:

- устный опрос на лекции;
- отчет по лабораторной работе с его устной защитой;
- зачет.

Контроль качества усвоения знаний проводится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний и компетенций студентов (приказ ректора университета от 06.06.2014 № 294 (в редакции, утвержденной приказом ректора университета от 17.11.2014 № 605) в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результат текущего контроля за семестр оценивается отметкой в баллах по десятибалльной шкале и выводится, исходя из отметок, выставленных в ходе проведения мероприятий текущего контроля в течение семестра по формуле

$$T = \frac{LP_1 + \dots + LP_4}{4}$$

где $LP_1, \dots, LP_4$ – отметки, выставленные по результатам устных защит отчетов по лабораторным работам.

Результат текущего контроля рассчитывается как округленное среднее значение и может быть увеличен в соответствии с п.п. 6.8 и 6.9 Положения.

Промежуточная аттестация в семестре проводится в форме зачета. Итоговая отметка о зачете формируется по формуле

$$З = k \cdot T,$$

где k – весовой коэффициент текущего контроля в семестре, $k = 1$;

T – результат текущего контроля за семестр.

Если итоговая отметка $З < 4$ баллов, то проводится устный зачет отдельно по вопросам, представленным в программе.

Перевод отметки по зачету осуществляется по следующим правилам: отметка «зачтено» выставляется студентам, получившим от 4 до 10 баллов, отметка «не зачтено» выставляется обучающимся, получившим от 1 до 3 баллов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К ПРЕПОДАВАНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение учебной дисциплины на лекционных занятиях осуществляется в режиме живого диалога с применением презентаций. Все необходимые материалы доступны в Google Classroom. На лекционных занятиях обучающиеся овладевают системой теоретических знаний об особенностях цифровой обработки сигналов и изображений. В ходе изложения теоретических сведений применяются элементы проблемного обучения (проблемно-модульное изложение материала), а также традиционные словесные приемы и методы, которые активизируются постановкой проблемных вопросов и заданий, организацией учебных дискуссий (коммуникативные технологии) в опоре на имеющуюся начальную подготовку обучающихся и их политехнический кругозор; интерактивные методы обучения.

На лабораторных работах развиваются и формируются необходимые практические умения и навыки по разработке программного обеспечения для цифровой обработки сигналов и изображений. Во время проведения лабораторных работ и самостоятельной управляемой работы особое внимание уделяется формированию у обучающихся умения планировать работу, определять эффективную последовательность ее выполнения.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
С ДРУГИМИ УЧЕБНЫМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Методы машинного обучения	Технологий программирования		

Заведующий кафедрой
технологий программирования,
кандидат технических наук, доцент

_____ В.М. Чертков