

**ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский)
университет**

Утверждено
Директор Института математики и информатики
Арамян Р.Г.



«21» мая 2025, протокол №9.1

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины: Специализация по компьютерной науке 1.2
(Робототехника)**

Автор (ы) Мелконян В.Г., Сардарян А.С.
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика
**Наименование образовательной программы: 01.03.02 Прикладная
математика и информатика**

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Курс Б1.В.ДВ.02.02 «Специализация по компьютерной науке 1.2 (Робототехника)»

предназначен для студентов, обучающихся по направлениям, связанным с информационными технологиями, интеллектуальными системами и прикладной информатикой.

Цель курса — ознакомление студентов с основами проектирования и управления робототехническими системами на примере беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В рамках дисциплины рассматриваются архитектура и принципы работы современных дронов, а также программирование полетных заданий с использованием библиотеки DroneKit.

Особое внимание в курсе уделяется системам компьютерного зрения, необходимым для автономной навигации и восприятия окружающей среды. Студенты изучают базовые алгоритмы обработки изображений, методы распознавания, сегментации и отслеживания объектов, а также интеграцию модулей машинного зрения с реальными камерами дронов.

Значительное внимание уделяется практическим занятиям, включающим реальные полеты, настройку систем управления, работу с **ROS2** и моделирование в **Gazebo**. Курс формирует навыки создания автономных решений, применимых в научных исследованиях и промышленности.

1.2. Курс «Специализация по компьютерной науке 1.2 (Робототехника)» осваивается на 4 курсе бакалавриата (7, 8 семестр).

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах
Общая трудоемкость изучения курса	324
Аудиторные занятия, в т. ч.:	96
Лекции	48
Практические занятия	48
Самостоятельная работа	120

Итоговый контроль	Экзамен
-------------------	---------

1.3. Курс «Специализация по компьютерной науке 1.2 (Робототехника)» логически и содержательно связан с такими дисциплинами, как: «Python», «Introduction to Robotics», «Operating Systems».

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенций	Наименование индикатора достижений компетенций
ПК-7	способностью к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения	1	Знать методы и технологии разработки и применения системного и прикладного программного обеспечения
		2	Разрабатывать и применять алгоритмические и программные решения в области системного и прикладного программного обеспечения
		3	Владеть способностью разрабатывать и применять алгоритмические и программные решения в области системного и прикладного программного обеспечения

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цель дисциплины.

Дать систематизированное представление о принципах построения, программирования и управления робототехническими системами на примере беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), включая практические навыки взаимодействия с реальными дронами, применение

алгоритмов компьютерного зрения, моделирование и симуляцию автономного поведения в средах ROS2 и Gazebo, а также 3D-моделирование и использование технологий 3D-печати для создания компонентов робототехнических систем.

- Ознакомить студентов с архитектурой современных БПЛА и основами их функционирования;
- Научить использовать библиотеку **DroneKit** для программирования автономных полетных заданий;
- Дать практические навыки управления реальными дронами в безопасной учебной среде;
- Ознакомить с основами **ROS2** и его ролью в построении распределенных робототехнических систем;
- Научить использовать симулятор **Gazebo** для отработки сценариев автономного поведения роботов;
- Ознакомить с базовыми алгоритмами **компьютерного зрения**, такими как распознавание, обнаружение, отслеживание объектов, 3D-зрение, и их применением в управлении роботами;
- Сформировать представление о принципах **3D-моделирования** и использовании **3D-печати** для изготовления деталей и корпусов дронов;
- Развить навыки интеграции программного и аппаратного обеспечения в рамках одного проекта;

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах)

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам	
		7 сем	8 сем
1	2	3	4
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	324	216	144
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	96	64	32
1.1.1. Лекции	48	32	16
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	48	32	16
1.1.2.1. Обсуждение прикладных проектов	6	3	3

1.1.2.2. Кейсы	2	1	1
1.1.2.3. Деловые игры, тренинги	2	1	1
1.1.2.4. Контрольные работы	6	3	3
1.1.2.5. Другое (полеты)	6	3	3
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	120	62	58
1.2.1. Подготовка к экзаменам	108	54	54
1.2.2. Другие виды самостоятельной работы, в т.ч. (проектные работы)	80	40	40
1.3. Консультации	4	2	2
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	Экзамен/ диф. зачет		

2.3. Содержание дисциплины

- Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Практ. Занятия (ак. часов)	Семинары (ак. часов)	Лабор. (ак. часов)
1	2=3+4	3	4		
Тема 1. Введение в компьютерное зрение	6	3	3		
Тема 2. Проектирование и 3D-печать дронов	6	3	3		
Тема 3. Симуляция дронов в Gazebo	6	3	3		
Тема 4. Протоколы связи и MAVLink	6	3	3		
Тема 5. Извлечение признаков изображения и базовые алгоритмы	6	3	3		
Тема 6. Рой дронов и кооперативный полет	6	3	3		
Тема 7. Планирование маршрута и избегание препятствий	6	3	3		
Тема 8. Полезная нагрузка, анализ и логгирование данных	6	3	3		
Тема 9. Управление проектами с дронами	6	3	3		
Тема 10. Восприятие объектов	6	3	3		
Тема 11. Введение в ROS2 и Docker	6	3	3		
Тема 12. Глубокое обучение в компьютерном зрении	6	3	3		

Тема 13. Управление дроном с помощью ROS2	6	3	3		
Тема 14. Компьютерное зрение и навигация в ROS2	6	3	3		
Тема 15. Пространственное зрение	6	3	3		
Тема 16. Проектная работа на базе ROS2	6	3	3		
ИТОГО	96	48	48		

■ Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Тема 1. Введение в компьютерное зрение

Рассматриваются фундаментальные основы формирования изображений, включая геометрию проектирования и камерную модель. Изучаются цветовые пространства, методы представления и преобразования цвета, а также базовые операции обработки изображений, такие как фильтрация, сглаживание и коррекция яркости.

Тема 2. Проектирование и 3D-печать дронов

Изучаются основы 3D-моделирования с использованием CAD-программ. Рассматривается процесс подготовки модели к 3D-печати и создание пользовательских компонентов дронов.

Тема 3. Симуляция дронов в Gazebo

Рассматриваются возможности симуляции дронов в среде Gazebo, подключение к PX4/ArduPilot, моделирование поведения и взаимодействие с виртуальной средой.

Тема 4. Протоколы связи и MAVLink

Объясняется архитектура протокола MAVLink, его применение для управления дроном и получения телеметрии. Рассматривается библиотека DroneKit.

Тема 5. Извлечение признаков изображения и базовые алгоритмы

Изучаются методы извлечения и анализа визуальных признаков: контуров, углов, ключевых точек и дескрипторов. Рассматриваются алгоритмы построения и сопоставления карт признаков, а также применение этих данных для последующего анализа сцены.

Тема 6. Рой дронов и кооперативный полет

Изучаются принципы управления несколькими дронами, алгоритмы координации, базовая коммуникация и синхронизация задач в рое.

Тема 7. Планирование маршрута и избегание препятствий

Рассматриваются алгоритмы A*, RRT и другие методы построения траектории. Вводятся подходы к обнаружению и обходу препятствий.

Тема 8. Полезная нагрузка, анализ и логгирование данных

Анализируются различные типы полезной нагрузки, методы сбора данных с дронов и их обработка. Уделяется внимание анализу логов.

Тема 9. Управление проектами с дронами

Рассматриваются этапы планирования, реализации и тестирования проектов с дронами. Даются основы работы в команде и ведения технической документации.

Тема 10. Восприятие объектов

Изучаются классические методы восприятия объектов на изображениях и в видеопотоке. Включает:

- оценку движения между кадрами;
- обнаружение и распознавание объектов;
- отслеживание объектов;
- основы сегментации изображений.

Уделяется внимание применению этих методов для автономной навигации и взаимодействия с окружающей средой.

Тема 11. Введение в ROS2 и Docker

Введение в Docker: образы, контейнеры и докер-файлы.

Изучаются концепции ROS2: узлы, сообщения, сервисы. Демонстрируется структура типичного ROS2-проекта.

Тема 12. Глубокое обучение в компьютерном зрении

Рассматриваются основы глубокого обучения и современные нейросетевые архитектуры, включая сверточные сети и визуальные трансформеры. Обсуждаются особенности обучения и внедрения таких моделей в автономные системы, а также задачи оптимизации и запуска нейросетей на встраиваемых вычислительных платформах.

Тема 13. Управление дроном с помощью ROS2

Рассматривается взаимодействие ROS2 с PX4, отправка команд движения, получение данных и работа с Rviz.

Тема 14. Компьютерное зрение и навигация в ROS2

Интеграция камеры в ROS2, работа с потоками изображений, реализация алгоритмов визуальной навигации и распознавания объектов. Применения ПИД-регуляторов.

Тема 15. Пространственное зрение

Изучаются методы пространственного анализа окружающей среды: восстановление глубины, стереозрение и построение трехмерных карт. Рассматриваются подходы, применяемые для ориентации в пространстве, построения навигационных карт и реконструкции сцены в приложениях дронов.

Тема 16. Проектная работа на базе ROS2

Завершающий модуль, в котором студенты выполняют самостоятельный проект, объединяющий все изученные технологии: ROS2, компьютерное зрение, автономная навигация, симуляция и управление дроном.

■ Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

Практические занятия проводятся в форме:

- Лабораторных работ с реальными дронами (настройка, полёты, тесты);
- Работа в симуляторе Gazebo (моделирование полётов и сценариев);
- Решение задач восприятия объектов с помощью камеры и планирования маршрутов;
- Командная работа над мини-проектами и финальным проектом на ROS2;
- Разбор полетных логов и анализ телеметрии.

■ Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Реальные дроны (набор минимум из 2-х платформ)
- Ноутбуки или ПК с Ubuntu и установленным ROS2, Gazebo, DroneKit
- Камеры и модули для компьютерного зрения (например, RunCam, Raspberry Pi Camera)
- 3D-принтер и материалы для печати (PLA, PETG и пр.)
- Помещение для полётов (спортивный зал)

2.4. одульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)		Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля	
	М1 ¹	М2	М1	М2	М1	М2				
Вид учебной работы/контроля	М1 ¹	М2	М1	М2	М1	М2				
Контрольная работа <i>(при наличии)</i>			0.5	0.5						
Устный опрос <i>(при наличии)</i>										
Тест <i>(при наличии)</i>										
Лабораторные работы <i>(при наличии)</i>										
Письменные домашние задания <i>(при наличии)</i>										
Реферат <i>(при наличии)</i>										
Эссе <i>(при наличии)</i>										
Проект <i>(при наличии)</i>										
Другие формы <i>(при наличии)</i>										
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей										
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей										
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5			

¹ Учебный Модуль

Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								Экзамен
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

3. Теоретический блок

3.1. Материалы по теоретической части курса

- *ROS 2 from Scratch* – Edouard Renard [link](#)
- Официальная документация ROS2: <https://docs.ros.org>
- Официальная документация PX4: <https://docs.px4.io>
- Документация по DroneKit: <http://python.dronekit.io>
- Авторские презентации по каждой теме
- Примеры кода на GitHub
- Видеодемонстрации (YouTube / авторские записи)
- Шаблоны моделей для 3D-печати
- Онлайн-курсы от RobotAcademy: <https://robotacademy.net.au/>
- Литература по компьютерному зрению: Foundations of Computer Vision by Antonio Torralba, Phillip Isola, and William Freeman; Deep Learning for Vision Systems by Mohamed Elgendy; Robotics, Vision & Control: Fundamental algorithms in Python by Peter Corke

4. Фонды оценочных средств.

4.1. Планы практических и семинарских занятий

- Темы практик соответствуют темам лекций: работа с симуляцией в Gazebo, программирование миссий в DroneKit, настройка MAVLink, создание моделей для 3D-печати, взаимодействие с ROS2, реализация алгоритмов компьютерного зрения.
- Семинары включают обсуждение кейсов, презентации мини-проектов, анализ ошибок и логов с реальных/симулированных полётов.

4.2. Планы лабораторных работ и практикумов

- Управление дроном через Mission Planner
- Полёты по заданным точкам (waypoints)
- Реализация алгоритмов компьютерного зрения и их внедрение на борт БПЛА
- Симуляция автономного полёта в Gazebo
- ROS2-пакет для управления дроном
- Навигация с препятствиями
- Финальный ROS2-проект

4.3. Материалы по практической части курса

- Учебно-методические инструкции к лабораторным работам
- Наборы примерных программ (Python, ROS2)
- Модели для симуляции и печати

4.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

- Анализ логов полетных миссий
- Настройка симуляции собственной сцены в Gazebo
- Реализация базовых алгоритмов компьютерного зрения на языке Python с использованием библиотеки OpenCV

4.5. Тематика рефератов, эссе и других форм самостоятельных работ

4.6. Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

- Варианты тестов (по 10–15 вопросов с выбором и открытым ответом)
- Примерные контрольные задания:
 - Написать DroneKit-скрипт на автономный полёт
 - Распознать объект по изображению и подать координаты в контроллер

4.7. Перечень экзаменационных вопросов

- Опишите этапы построения автономной миссии с использованием DroneKit.
- Что такое MAVLink и как он используется с DroneKit?
- Какие различия есть между режимами полёта дронов?
- Перечислите основные датчики, применяемые в дронах, и их назначение.
- Опишите процесс симуляции полета в Gazebo.
- Какие существуют алгоритмы планирования маршрута?
- Что такое Rviz и как используется в ROS2?
- Приведите пример использования компьютерного зрения для навигации дрона.

- Какой тип внимания наиболее распространён в визуальных трансформерах?
- Что такое "ambiguity" в Visual Servoing?
- Какая из задач наиболее чувствительна к плохой калибровке камеры?
- Какое математическое отношение описывает якобиан изображения в машинном зрении?
- Рассчитайте метрику IoU, если предсказанная ограничительная рамка имеет координаты $(x1, y1, x2, y2) = (10, 10, 50, 50)$, а истинная — $(30, 30, 70, 70)$.
- Объясните основные компоненты ROS2 и их взаимодействие.
- Опишите, как происходит обмен сообщениями между ROS2-узлами.
- Назовите меры безопасности при полётах дронов.
- Какие этапы включает процесс 3D-моделирования и печати деталей для дрона?

4.8. Образцы экзаменационных билетов

■ Билет

№1:

1. **Теоретический вопрос:** Объясните основные компоненты ROS2 и их взаимодействие.
2. **Теоретический вопрос:** Что такое MAVLink и как он используется с DroneKit?
3. **Практическое задание:** Напишите простой скрипт на Python с использованием DroneKit для взлёта и посадки дрона.

■ Билет

№2:

1. **Теоретический вопрос:** Какие различия есть между режимами полёта дронов?
2. **Теоретический вопрос:** Назовите меры безопасности при полётах дронов.
3. **Практическое задание:** Настройте в симуляции Gazebo карту миссии с тремя контрольными точками.

■ Билет

№3:

1. **Теоретический вопрос:** Опишите, как происходит обмен сообщениями между ROS2-узлами.
2. **Теоретический вопрос:** Какие этапы включает процесс 3D-моделирования и печати деталей для дрона?
3. **Практическое задание:** Создайте ROS2-пакет, публикующий видеопоток с камеры.

4.9. Образцы экзаменационных практических заданий

- Напишите простой скрипт на Python с использованием DroneKit для взлёта и посадки дрона.

- Настройте в симуляции Gazebo карту миссии с тремя контрольными точками.
- Создайте ROS2-пакет, публикующий видеопоток с камеры.
- Реализуйте простой алгоритм выделения границ на изображении с использованием библиотеки OpenCV.

4.10. Банк тестовых заданий для самоконтроля

■ **1. Какой из этих компонентов не является частью MAVLink-сообщения?**

- A) Header
- Б) Payload
- В) Node ID
- Г) Checksum

■ **2. Установите соответствие:**

Компонент ROS2	Назначение
Service	А) Обмен данными между узлами
Subscriber	В) Приём сообщений
Publisher	С) Запрос-ответ
Topic	Д) Канал коммуникации

■ **3. Что такое GCS в контексте дронов?**

Открытый ответ: _____

■ **4. Какая из задач наиболее чувствительна к плохой калибровке камеры?**

- A) Image Classification
- Б) Object Detection
- В) Visual Servoing
- Г) Semantic Segmentation

■ **5. Какой вариант точнее всего описывает семантическую сегментацию?**

- A) Идентификация отдельных экземпляров объектов
- Б) Классификация каждого пикселя в изображении
- В) Отслеживание объектов по видеокадрам
- Г) Определение только границ объектов

4.11. Методики решения и ответы к образцам тестовых заданий

Правильные ответы для

- 1 - В
- 2 - Service — C, Subscriber — B, Publisher — A, Topic — D
- 3 - GCS (Ground Control Station) — это наземная станция управления, которая используется для мониторинга, управления и программирования полётов дрона. Она может быть реализована как программное обеспечение (например, Mission Planner, QGroundControl) и/или аппаратное устройство (например, ноутбук, планшет), обеспечивающее связь с дроном по протоколу MAVLink или другим.
- 4 - В
- 5 - Б