

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 12.07.2023 16:46:23
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Автономные интеллектуальные
системы»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«АЛГОРИТМЫ БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТА»

для подготовки магистров

по направлению

09.04.04 «Программная инженерия»

по программе

«Автономные интеллектуальные системы»

Санкт-Петербург

2023

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

к.т.н., доцент Кринкин К.В.

ассистент Филатов А.Ю.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МОЭВМ

15.02.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФКТИ, 24.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	МОЭВМ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	2
Семестр	3
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	92
Всего (академ. часов)	144
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	2

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«АЛГОРИТМЫ БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТА»

Данный курс знакомит слушателей с основами управления беспилотными автомобилями. Рассматриваются основные компоненты таких систем: модели и методы восприятия информации при помощи сенсоров или человеко-машинного интерфейса; методы определения собственного положения на известной и неизвестной карте; методы планирования пути (в том числе на графах и не на графах); фреймворк, подходящий для разработки собственных решений для беспилотных транспортных средств.

Данный курс знакомит с уровнями автономности беспилотных средств, с основами машинного обучения, в том числе при помощи нейросетей, операционной системой Robot Operating System, являющейся де-факто стандартным решением для многих роботов, в том числе беспилотных автомобилей. Курс позволяет освоить основные приёмы программирования в ROS, алгоритмов локализации и построения карты (SLAM), алгоритмов машинного зрения

SUBJECT SUMMARY

«ALGORITHMS OF SELF-DRIVING CARS»

This course introduces students to the basics of managing self-driving cars. The main components of such systems are considered: models and methods of information perception using sensors or a human-machine interface; methods for determining of a position of a vehicle on a known and unknown map; path planning methods (including on graphs and not on graphs); a framework suitable for developing your own self-driving vehicle solutions.

This course of autonomy of unmanned vehicles, with the basics of machine learning, including using neural networks, the operating system of robots, which is the de facto standard solution for many robots, including unmanned vehicles. The course

allows students to master the basic techniques of programming in ROS, algorithms for localization and mapping (SLAM), machine vision algorithms.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью дисциплины является формирование теоретических знаний по управлению беспилотными автомобилями и другими автономными интеллектуальными системами, а также практических навыков по применению полученных знаний для решения задач профессиональной деятельности.
2. Задачами дисциплины является приобретение обучающимися знаний, умений и навыков обоснованного и результативного применения существующих методов, моделей, а также алгоритмов для управления беспилотными автомобилями и другими автономными интеллектуальными системами.
3. Освоение знаний о существующих методах и алгоритмах беспилотного транспорта, а также методологии построения систем беспилотного транспорта.
4. Получение умения разрабатывать алгоритмы для беспилотного транспорта и применять методы компьютерного зрения и машинного обучения для решения задач беспилотного транспорта.
5. Приобретение навыков разработки и анализа алгоритмов автономного движения, наблюдения окружающего мира, фильтрации данных.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Основы разработки автономных систем»
2. «Математические методы распознавания образов»
3. «Многопоточное и распределённое программирование»
4. «Нейронные сети»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-12	Способен руководить проектами по созданию, внедрению и использованию одной или нескольких сквозных цифровых технологий искусственного интеллекта в прикладных областях
<i>ПК-12.1</i>	<i>Руководит проектами в области сквозной цифровой технологии «Компьютерное зрение»</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1	0		0
2	Введение в Robot Operating System	1	2		6
3	Программирование с использованием ROS	1	2		6
4	Использование пакетов, поставляемых с ROS	1	2		6
5	Инструменты для визуализации и отладки приложений, использующих ROS	1	2		6
6	Введение в машинное обучение	1	2		6
7	Применение нейронных сетей	1	2		6
8	Классификация и кластеризация изображений при помощи нейронных сетей	1	2		6
9	Задача фильтрации данных	2	4		6
10	Задача одновременной локализации и построения карты SLAM	2	4		6
11	Методы представления и хранения карты	1	2		6
12	Задача построения пути	1	2		6
13	Duckietown как модель города с беспилотными автомобилями	1	2		6
14	Автоматизация движения по проложенному маршруту в симуляторе Duckietown	1	6	1	6
15	Заключение	1	0		14
	Итого, ач	17	34	1	92
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Общие сведения об автономных и интеллектуальных системах. Беспилотные автомобили. Задачи, решаемые беспилотными автомобилями. Уровни автоматизации беспилотных автомобилей. Датчики и сенсоры. Стек алгоритмов, выполняемых беспилотными автомобилями

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
2	Введение в Robot Operating System	Назначение ROS. Место ROS в беспилотных автомобилях. Программная единица в ROS. Методы взаимодействия между программными единицами. Разработка собственного приложения, использующего ROS.
3	Программирование с использованием ROS	Подготовка CMake файлов, xml-файлов с параметрами. Запуск готовых приложений. Компиляция и сборка приложений ROS. Структура рабочего каталога. Разработка, запуск и логгирование собственных приложений.
4	Использование пакетов, поставляемых с ROS	Визуализация графа взаимодействий программных модулей ROS. Назначение и применение пакетов ROS для упрощения разработки. Назначение и применение пакета TF. Использование сгенерированного исходного кода.
5	Инструменты для визуализации и отладки приложений, использующих ROS	Пакет RVIZ, семейство пакетов rqt, пакет Rqt_graph, пакет Gazebo. Настройка файлов логов. Отладка средствами ROS. Многопоточность в ROS.
6	Введение в машинное обучение	Обучение с учителем. Задача классификации и регрессии. Обучение без учителя. Кластеризация. Нейронные сети. Понятие нейрона, перцептрона и простейшая нейронная сеть. Слои в нейронных сетях.
7	Применение нейронных сетей	Нейронные сети прямого распределения. Перцептроны. Полносвязные сети. Нейронная сеть Хопфилда. Свёрточные нейронные сети. Развёртывающие нейронные сети.
8	Классификация и кластеризация изображений при помощи нейронных сетей	Нейросеть Кохонена. Функционирование сети. Современные модификации свёрточных нейросетей для задачи кластеризации. Недостатки. Ускорение работы. Синтетические данные для обучения.
9	Задача фильтрации данных	Постановка задачи фильтрации. Рекурсивный фильтр. Модель. Комплексование. Априорная и апостериорная оценка. Расширенный фильтр Калмана. Матричная линеаризация. Фильтр Калмана со старением.
10	Задача одновременной локализации и построения карты SLAM	Постановка задачи SLAM. Решение на базе фильтра Калмана. Фильтр частиц. FastSLAM. Gmapping. Scan matching. Графовые подходы. Методы оценки качества SLAM алгоритмов. Применение SLAM к задаче беспилотных автомобилей.
11	Методы представления и хранения карты	Карта в EKF SLAM. Сетка занятости. Детали реализации графовых алгоритмов SLAM. Определение и замыкание циклов в графе. Методы визуализации карты в ROS. Методы оценки качества построенной карты.
12	Задача построения пути	Задача поиска пути на графе. Алгоритм Дейкстры. A*. Методы построения пути на неизвестной карте. Локальный планировщик пути. PID-регулятор. Синергия глобального и локального планировщика.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
13	Duckietown как модель города с беспилотными автомобилями	Назначение Duckietown. Описание составных частей. Робот Duckiebot. Компоненты робота. Автомат состояний Duckietown. Применение Duckietown в качестве модели беспилотного транспорта.
14	Автоматизация движения по проложенному маршруту в симуляторе Duckietown	Датчики Duckiebot. Применение алгоритмов SLAM к Duckietown. Построение маршрута в Duckietown. Симулятор Duckietown. Запуск всех компонентов беспилотного автомобиля в симуляторе.
15	Заключение	Обсуждение состояния прикладной технологии автопилотируемых транспортных средств на ближайшие годы.

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Установка ROS и запуск базовых примеров	2
2. Разработка приложения с использованием ROS	2
3. Применение специальных утилит, встроенных в ROS	2
4. Особенности перцептрона. Простейшая нейронная сеть	2
5. Обратное распространение ошибки в сети из двух нейронов	2
6. Фильтр Калмана	4
7. Задача локализации по известной карте	4
8. Фильтр частиц	4
9. Задача одновременной локализации и построения карты	4
10. Алгоритмы планирования пути. PID регулятор	4
11. Duckietown	4
Итого	34

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

ИДЗ заключается в аналитическом поиске необходимой информации для решения поставленной задачи, решении и развернутом описании решения. Источниками информации являются лекции, основная и дополнительная литература, интернет-источники. Задание на ИДЗ выдается в начале семестра. Отчетность по ИДЗ представляется в течение семестра на коллоквиумах.

Оформление отчета осуществляется в соответствии с университетскими "Требованиями к оформлению научно-технических отчетов" (Распоряжение от 09.11.2011 № 3003), ссылка на которые приведена в п. 5.2. Количество источников min - 3, max - не ограничено. Количество страниц min - 5, max - 10. Шрифт - Times New Roman, размер шрифта – 14 кегль. Отчет сдается преподавателю электронном виде в формате PDF.

Рисунки, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Иллюстрации нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией по всему документу. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте. После номера иллюстрации может быть указано ее наименование.

Таблицы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией по всему документу, на все таблицы должны быть даны ссылки в тексте. Таблицы предваряются заголовком, включающим слово «Таблица» (с указанием номера и выравниванием по левому краю) и наименование таблицы.

Примерные темы ИДЗ:

1. Разработайте приложение, основанное на применении ROS, обрабатывающее данные лазерного дальномера
2. Разработайте или модифицируйте алгоритм SLAM для решения задачи одновременной локализации и построения карты
3. Разработайте или модифицируйте алгоритм семантической сегментации

изображений при помощи нейросетей

4. Разработайте алгоритм движения беспилотного автомобиля в симуляторе

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	15
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	16
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	16
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	92

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Программирование в Robot Operating System [Текст] : учеб.-метод. пособие / [К. В. Крикин [и др.], 2018. -42, [1] с.	20
Дополнительная литература		
1	Бринк Х. Машинное обучение [Электронный ресурс] / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф, 2017. -336 с.	неогр.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Проект Duckietown - http://www.duckietown.org
2	Современные исследования - http://paperswithcode.com
3	”Требования к оформлению научно-технических отчетов” (Распоряжение от 09.11.2015 № 3003) https://etu.ru/ru/studentam/dokumenty-dlya-ucheby/blanki-zayavlenij-i-shablony-dlya-obuchayushhihsya

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=7526>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Алгоритмы беспилотного транспорта» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Выставляется студенту, продемонстрировавшему существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий
Удовлетворительно	Выставляется студенту, продемонстрировавшему знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, обладающему необходимыми знаниями, но допустившему неточности в ответах на аттестационном испытании и при выполнении учебных заданий
Хорошо	Выставляется студенту, продемонстрировавшему полное знание учебного материала, успешно выполнившему предусмотренные программой задачи, освоившему основную рекомендованную литературу, показавшему систематический характер знаний по дисциплине и способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности
Отлично	Выставляется студенту, продемонстрировавшему всестороннее систематическое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, освоившему основную литературу и ознакомившемуся с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины, усвоившему взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала

Особенности допуска

Для допуска к экзамену студент должен успешно пройти 3 коллоквиума на среднюю оценку не ниже "Удовлетворительно", защитить ИДЗ. Экзамен проводится по билетам.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Отличие задачи SLAM от задачи локализации
2	Скан матчер, входными данными которого является текущее и предыдущее наблюдение
3	Скан матчер, входными данными которого является текущее наблюдение и карта
4	Достоинства и недостатки алгоритма SLAM, основанного на фильтре Калмана
5	Алгоритмы FastSLAM и Gmapping. Фильтра частиц
6	Графовые алгоритмы SLAM. Принцип работы
7	Замыкание циклов в графовом алгоритме SLAM
8	Постановка задачи фильтрации.
9	Рекурсивный фильтр.
10	Модель. Комплексование.
11	Априорная и апостериорная оценка.
12	Расширенный фильтр Калмана.
13	Матричная линеаризация.
14	Фильтр Калмана со старением.
15	Карта в EKF SLAM.
16	Сетка занятости.
17	Детали реализации графовых алгоритмов SLAM.
18	Определение и замыкание циклов в графе.
19	Методы визуализации карты в ROS.
20	Методы оценки качества построенной карты.

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Алгоритмы беспилотного транспорта** ФКТИ

1. Локализация на известной карте. Структуры данных для хранения карты в памяти.
2. Скан матчер на основе стохастического поиска. Достоинства, недостатки и область применения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

К. В. Кринкин

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Инструменты для визуализации и отладки приложений, использующих ROS Программирование с использованием ROS	
2		
3		
4		Коллоквиум
5	Применение нейронных сетей Введение в машинное обучение	
6		
7		
8		Коллоквиум
9	Задача одновременной локализации и построения карты SLAM Задача фильтрации данных Классификация и кластеризация изображений при помощи нейронных сетей	
10		
11		
12		Коллоквиум
13	Методы представления и хранения карты Задача построения пути Duckietown как модель города с беспилотными автомобилями Автоматизация движения по проложенному маршруту в симуляторе Duckietown	
14		
15		
16		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

Контроль выполнения ИДЗ проходит в течение семестра на коллоквиумах во время практических занятий. Студенты делают доклад о полученных промежуточных результатах три раза за семестр. За каждую итерацию выставляется оценка.

”Отлично” - использован правильный подход к решению задачи, дано пошаговое описание решения задачи, при защите студент дает правильные ответы на все вопросы.

”Хорошо” - использован правильный подход к решению задачи, при защите студент дает правильные ответы на большинство вопросов.

”Удовлетворительно” - использован подход к решению задачи, содержащий ошибки, не являющиеся грубыми, при защите студент дает правильные ответы не менее чем на половину вопросов.

”Неудовлетворительно” - использован подход к решению задачи, содержащий грубые ошибки, при защите студент дает правильные ответы менее чем на половину вопросов.

В конце семестра проводится защита ИДЗ, которое оценивается по тем же критериям.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, IBM-совместимый компьютер Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест, оборудованных персональными IBM-совместимыми компьютерами Pentium или выше в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, IBM-совместимый компьютер Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Linux Альт Образование 10 и выше; 2) P7-Офис 7 и выше либо LibreOffice 7 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА
1	14.02.2023	Программа актуальна, изменения не требуются.	14.02.2023 г., протокол заседания УМК № 2	к.т.н., доцент, К.В. Кринкин; ассистент, А.Ю. Филатов	