

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

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ СИСТЕМАМИ»

для подготовки магистров

по направлению

09.04.04 «Программная инженерия»

по программе

«Автономные интеллектуальные системы»

Санкт-Петербург

2023

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

заведующий кафедрой МОЭВМ, 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	1
Семестр	1
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	35
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	109
Всего (академ. часов)	144
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	1

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ СИСТЕМАМИ»

Автономные системы, являющиеся объектом изучения этой дисциплины, -это подвижные роботы, решающие сервисные задачи. Инженеры, разрабатывающие таких роботов, предоставляют интерфейс для низкоуровневого управления системами, поэтому программирование движения по нестандартным траекториям лежит на пользователе. В рамках этой дисциплины рассматриваются способы построения физической траектории движения, особенности алгоритмов управления автономными системами, а также принципы устройства симуляторов.

SUBJECT SUMMARY

«FUNDAMENTALS OF THE THEORY OF AUTONOMOUS SYSTEMS CONTROL»

Autonomous systems, which are the subject of this discipline, are mobile robots that solve service problems. Engineers developing such robots provide an interface for low-level control of systems, so the programming of motion along non-standard trajectories lies with the user. Within the framework of this discipline, methods of constructing a physical trajectory of movement, features of algorithms for controlling autonomous systems, as well as the principles of a simulator are considered.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цель дисциплины -сформировать у обучающихся теоретические знания и практические навыки обоснованного и результативного применения алгоритмов управления автономными системами.
2. Задачи дисциплины -обучить применению существующих алгоритмов теории управления, а также дать умения и навыки по новым методам и алгоритмам управления автономными системами.
3. Дать знания о существующих методах и алгоритмах управления автономными системами.
4. Дать умения разрабатывать алгоритмы управления автономными системами и применять методы компьютерного зрения для управления автономными системами.
5. Привить навыки разработки и анализа методов управления автономными системами.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе знаний, полученных при освоении программы бакалавриата или специалитета.

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Математические методы распознавания образов»
2. «SLAM-алгоритмы»
3. «Алгоритмы беспилотного транспорта»
4. «Стандартизация систем на базе искусственного интеллекта»

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-10	Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта
<i>ПК-10.1</i>	<i>Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области</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	0.5			
2	Тема 1. Основные законы движения физического тела	2	2		14
3	Тема 2. Прямая и обратная кинематика	2	3		14
4	Тема 3. Регуляторы для движения по траектории	4	4		14
5	Тема 4. Функция Ляпунова	4	4		16
6	Тема 5. Системы управления движением робота	4	4		16
7	Заключение	0.5		1	35
	Итого, ач	17	17	1	109
	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	Проблемы и задачи при управлении автономными системами. Линейные и нелинейные автономные системы. Простейшие примеры управления линейными системами.
2	Тема 1. Основные законы движения физического тела	Степени свободы движения роботов. Матрицы поворота и смещения. Экспоненциальные координаты вращения. Однородные матрицы преобразования, экспоненциальные координаты движения твердого тела.
3	Тема 2. Прямая и обратная кинематика	Кинематика скорости с использованием пространственного якобиана и якобиана тела, статика открытых цепей, особенности и манипулируемость. Аналитическая и численная обратная кинематика.
4	Тема 3. Регуляторы для движения по траектории	PID-регулятор, адаптивный регулятор. Нечёткий регулятор. Достоинства, недостатки и области применения.
5	Тема 4. Функция Ляпунова	Функция Ляпунова, как инструмент решения дифференциальных уравнений. Использование Функции Ляпунова для построения физической траектории для линейных систем. Преимущества и недостатки управления при помощи функции Ляпунова.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Тема 5. Системы управления движением робота	Планирование движения на дискретизированной сетке C-пространства. Средства планирования на основе случайной выборки. Виртуальные потенциальные поля и нелинейная оптимизация. Системы с обратной связью.
7	Заключение	Потенциал применения аналитических и численных методов управления. Аппроксимация и интерполяция траекторий.

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Прямая и обратная кинематика линейной системы	4
2. PID регулятор	4
3. Движение линейной системы по траектории, построенной при помощи функции Ляпунова	4
4. Движение нелинейной системы по траектории, построенной при помощи функции Ляпунова	5
Итого	17

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Цель ИДЗ состоит в освоении работы с симулятором, а также в проведении аналитических вычислений траектории движения.

Задача ИДЗ - научиться строить траекторию движения по заданным данным

начала и конца траектории.

Содержание ИДЗ:

1. Освоение работы с симулятором.
2. Использование прямой и обратной кинематики линейной системы для решения конкретной задачи.
3. Использование PID регулятора для решения конкретной задачи.
4. Использование движения линейной и нелинейной систем по траектории, построенной при помощи функции Ляпунова.

Оформление отчета об ИДЗ осуществляется в соответствии с университетскими "Требованиями к оформлению научно-технических отчетов" (Распоряжение от 09.11.2015 № 3003), ссылка на которые приведена в п. 5.2. Количество источников min - 3, max - не ограничено. Количество страниц min - 10, max - 15. Шрифт - Times New Roman, размер шрифта – 14 кегль. Отчет сдается преподавателю электронном виде в формате PDF. После устранения замечаний ИДЗ представляется к защите на бумажном носителе.

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, выравниваются по левому краю) и наименование таблицы.

Единая тема ИДЗ "Построение траектории движения по заданным данным начала и конца траектории" включает индивидуальные заданные данные для каждого студента.

Оценивание ИДЗ происходит комплексно, по результатам ставится оценка по четырехбалльной шкале, которая впоследствии влияет на допуск к экзамену. Критерии оценивания приведены в разделе 6.4 Методика текущего контроля.

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	44
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	30
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
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	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	109

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	Пантелеев, Андрей Владимирович. Теория управления в примерах и задачах [Текст] : Учеб. пособие для вузов / А.В. Пантелеев, А.С. Бортакровский, 2003. -583 с.	55
2	Пошехонов, Леонид Борисович. Основы теории управления. Линейные непрерывные системы [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлениям 550200, 651900 -"Автоматизация и управление" подгот. бакалавров, магистров и дипломир. специалистов / Л.Б. Пошехонов, 2006. -91 с.	141
Дополнительная литература		
1	Кочетков, Владимир Петрович. Основы теории управления [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности 140604-"Электропривод и автоматика промышл. установок и технол. комплексов" направления подгот. 140600 -"Электротехника, электромеханика и электротехнологии" : соответствует Фед. гос. образоват. стандарту (третьего поколения) / В. П. Кочетков, 2012. -411 с.	25

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Математические основы теории автоматического управления http://drive.ispu.ru/elib/lebedev/
2	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=7545>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Основы теории управления автономными системами» 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 необходимо посетить не менее 80% лекций и практических занятий, выполнить и защитить 4 практические работы и 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	Законы движения физического тела. Голономное и неголономное движение
2	Прямая и обратная кинематика
3	Регуляторы движения по траектории. ПИД-регулятор, адаптивный регулятор, нечёткий регулятор
4	Функция Ляпунова. Ограничения применения и примеры
5	Виртуальные потенциальные поля и нелинейная оптимизация
6	Планирование движения на дискретизированной сетке C-пространства.
7	Средства планирования на основе случайной выборки.
8	Виртуальные потенциальные поля и нелинейная оптимизация.
9	Системы с обратной связью.
10	Кинематика скорости с использованием пространственного якобиана

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 **Основы теории управления автономными системами**

1. Голономное движение. Примеры, особенности, способы задания траектории с помощью дифференциальных уравнений
2. ПИД-регулятор. Границы применимости.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

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	Тема 1. Основные законы движения физического тела Тема 2. Прямая и обратная кинематика	
2		
3		
4		Практическая работа
5	Тема 3. Регуляторы для движения по траектории	
6		
7		
8		Практическая работа
9	Тема 4. Функция Ляпунова	
10		
11		
12		Практическая работа
13	Тема 5. Системы управления движением робота	
14		
15		
16		Практическая работа
17	Заключение	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), выполнение ИДЗ, выполнение и защиту практических работ .

ИДЗ выдается студентам на 1-й неделе семестра, оценивается по четырехбалльной системе:

- ”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 за-

щите 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 процессе обучения по дисциплине студент обязан выполнить и успешно защитить 4 практические работы. Под выполнением работ подразумевается подготовка к работе, выполнение задания, подготовка отчета и его защита. Отчет оформляется после выполнения задания и представляется преподавателю на проверку в электронном виде. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо допускается к защите.

Работы защищаются студентами индивидуально на практических занятиях. На защите студент должен показать: понимание постановки задачи, подхода к ее решению, умение объяснять ход решения, выбор тех или иных методик решения задачи. Преподаватель задает вопросы, позволяющие определить глубину понимания теоретического материала, который лежит в основе решения задачи практической работы, а также самостоятельность ее выполнения.

Критерии оценивания практических работ: «не зачтено» - ставится, если основное содержание материала работы не раскрыто, не даны ответы на вопросы преподавателя, допущены грубые ошибки в определении понятий и в использовании терминологии; «зачтено» ставится, если продемонстрировано усвоение основного содержания материала, работа выполнена полностью, самостоятельно и оформлена в соответствии с требованиями.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекци-

онных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

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, персональный компьютер IBM совместимый 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 компьютерами IBM совместимыми Pentium или выше, – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, меловая или маркерная доска, персональный компьютер IBM совместимый Pentium или выше	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	заведующий кафедрой МОЭВМ, к.т.н., доцент, К.В. Кринкин; ассистент, А.Ю. Филатов	