ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«07» марта 2024 г.
Протокол №1

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Теория управления»

Направление подготовки: *02.03.01 Математика и компьютерные науки*

Направленность (профиль) подготовки: *Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика»*

Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Срок освоения программы: *4 года*

Год набора: *2024*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0215B0C000D1B3FEB44A37EE631E0C27D4
Владелец: Ивашкевич Евгений Васильевич
Действителен: с 13.01.2026 до 13.04.2027

Электронный документ

Москва
2024

Содержание

1. **Краткая характеристика дисциплины (модуля)** 3
2. **Перечень планируемых результатов обучения** 5
3. **Тематический план** 7
4. **Содержание дисциплины (модуля)** 7
5. **Учебно-методическое обеспечение** 9
6. **Материально-техническое обеспечение** 9
7. **Методические и оценочные материалы** 11

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Теория управления» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Теория управления» закладывает фундамент для проектирования эффективных систем автоматического управления в технике, экономике и робототехнике. Полученные знания и навыки позволяют формализовать, анализировать и решать сложные задачи оптимизации динамических процессов с учётом ограничений и неопределённостей.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика» и входит в вариативную часть Блока 1 формируемую участниками образовательных отношений как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 3 курсе в 6 семестре. Доступна к изучению после успешного освоения дисциплины (модуля) «Дифференциальные уравнения».

Цель изучения дисциплины (модуля): сформировать глубокое понимание математических основ оптимального управления и развить навыки аналитического и численного решения задач управления динамическими системами в различных постановках.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

— изучить основные постановки задач оптимального управления — лагранжа, майера и больца — и научиться различать их применение в зависимости от типа критерия качества;

— освоить необходимые условия оптимальности: уравнение эйлера–лагранжа, принцип максимума понтрягина и условия трансверсальности;

— научиться применять принцип оптимальности беллмана и уравнение гамильтона–якоби–беллмана для синтеза оптимальных стратегий управления;

— освоить методы решения линейно-квадратичной задачи (lqr) и построения регуляторов с обратной связью для многомерных систем;

— развить навыки применения численных методов (прямых и непрямых) и современных инструментов (casadi, jax, matlab) для расчёта и анализа оптимальных траекторий.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

— основные постановки задач оптимального управления (Лагранжа, Майера, Больца) и их отличия;

— необходимые условия оптимальности: уравнение Эйлера–Лагранжа, принцип максимума Понтрягина, условия трансверсальности, условия скачка при фазовых ограничениях;

— принцип оптимальности Беллмана и уравнение Гамильтона–Якоби–Беллмана;

— особенности линейно-квадратичной задачи (LQR) и свойства её решения;

— базовые численные стратегии (прямые и непрямые методы) и идею Model Predictive Control.

уметь:

— формализовать практическую задачу управления как задачу оптимального управления с критерием качества и ограничениями;

— выписывать необходимые условия оптимальности и решать аналитически задачи малой размерности (быстродействие, LQR, простейшие вариационные задачи);

— синтезировать оптимальный регулятор с обратной связью для линейно-квадратичных систем;

— применять численные методы (пристрелку, коллокацию) для расчёта оптимальных траекторий и управлений;

— интерпретировать сопряжённые переменные как «теневые цены» и анализировать чувствительность критерия.

владеть:

— математическим аппаратом классического вариационного исчисления, принципа максимума и динамического программирования;

— навыками численного решения краевых задач с помощью современных библиотек (MATLAB, Python с CasADi, JAX) и специализированных решателей;

— методикой построения и настройки линейно-квадратичных регуляторов для многомерных систем;

— инструментарием проверки выполнения необходимых условий оптимальности и анализа особых управлений.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1.	Знает методы поиска и анализа информации в области искусственного интеллекта, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности.
		УК-1.2.	Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем
		УК-1.3.	Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации
УК-2.	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1.	Знает действующие правовые нормы, регулирующие деятельность в области решения задач, основные методы и подходы к определению круга задач
		УК-2.2.	Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения задач, учитывая имеющиеся ресурсы и ограничения
		УК-2.3.	Имеет практический опыт применения знаний о правовых нормах и ресурсах в реальных ситуациях, разработки и реализации решений в соответствии с установленными ограничениями
ОПК-1.	Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	ОПК-1.1.	Знает основные методы и подходы к решению задач прикладной и компьютерной математики, включая алгоритмы, математическое моделирование и теорию оптимизации, а также современные инструменты и технологии, используемые в этой области

		ОПК-1.2.	Умеет анализировать и формулировать математические задачи, применять соответствующие методы и алгоритмы для их решения, а также интерпретировать и представлять результаты в понятной и доступной форме
		ОПК-1.3.	Имеет практический опыт работы над проектами или исследованиями в области прикладной и компьютерной математики, включая участие в конкурсах, олимпиадах или научных публикациях, где были решены актуальные и значимые задачи
ПК-1.	Способен формулировать задачи с математической точностью, обосновывать утверждения строго и анализировать полученные результаты в области математики и компьютерных наук	ПК-1.1.	Знает методы и подходы к формулированию задач, а также основные принципы математического доказательства и анализа результатов.
		ПК-1.2.	Умеет корректно ставить и формулировать математические задачи, применять строгие методы доказательства и анализировать полученные результаты.
		ПК-1.3.	Имеет опыт работы с задачами в области математики и компьютерных наук, включая применение математических методов для решения практических задач
ПК-2.	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности в области искусственного интеллекта, опираясь на информационную и библиографическую культуру, используя информационно-коммуникационные технологии и учитывая основные требования информационной безопасности	ПК-2.1.	Знает основы информационной и библиографической культуры, а также принципы информационной безопасности и применения информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности
		ПК-2.2.	Умеет эффективно использовать информационно-коммуникационные технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности, учитывая требования информационной безопасности
		ПК-2.3.	Имеет опыт работы с информационными ресурсами и технологиями в области искусственного интеллекта, включая соблюдение норм информационной безопасности

3. Тематический план

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары			
1	Введение и вариационная основа оптимального управления	6	6		26	Домашнее задание
2	Принцип максимума Понтрягина	10	10		26	Домашнее задание
3	Динамическое программирование	6	6		26	Домашнее задание
4	Линейно-квадратичные задачи	6	6		26	Домашнее задание
5	Численные методы и приложения	2	2		22	Домашнее задание
	Зачёт с оценкой			4		
	Итого:	***30***	***30***	***4***	***126***	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		***190***				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		***5***				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Введение и вариационная основа оптимального управления	Постановка задачи оптимального управления: динамическая система, критерий качества, ограничения. Классификация задач (Больца, Майера, Лагранжа). Примеры из техники, экономики, биологии. Вариационное исчисление для простейшей задачи: уравнение Эйлера–Лагранжа, естественные и закреплённые граничные условия. Первые интегралы. Задачи с подвижными концами и условия трансверсальности. Расширение на динамические системы: задача Лагранжа и переход к гамильтоновой форме
2	Принцип максимума Понтрягина	Гамильтониан задачи оптимального управления. Принцип максимума для задачи со свободным правым концом и фиксированным временем. Сопряжённая система. Задачи с терминальными ограничениями и фиксированным конечным состоянием. Общие условия трансверсальности. Ограничения на управление. Геометрическая формулировка принципа максимума. Теорема Каратеодори о существовании решения. Особые управления и условие Келли. Задачи с фазовыми ограничениями. Условия скачка сопряжённых переменных, метод прямого примыкания.

		Задачи быстродействия. Принцип максимума для систем с нефиксированным временем. Связь с классическим вариационным исчислением
3	Динамическое программирование	Принцип оптимальности Беллмана. Уравнение Гамильтона–Якоби–Беллмана (ГЯБ) для непрерывных систем. Функция ценности. Синтез оптимального управления по принципу обратной связи. Связь уравнения ГЯБ с принципом максимума Понтрягина (характеристики). Примеры аналитического построения синтеза. Динамическое программирование для дискретных систем. Многошаговые задачи принятия решений. Элементы стохастического оптимального управления (при наличии времени)
4	Линейно-квадратичные задачи	Задача линейно-квадратичного регулятора (LQR) на конечном горизонте. Матричное дифференциальное уравнение Риккати. Структура оптимального регулятора. LQR на бесконечном горизонте: алгебраическое уравнение Риккати, стабилизирующее решение. Свойства замкнутой системы, частотные характеристики и гарантированные запасы устойчивости. Расширения LQR: задача слежения с ненулевым заданием, линейно-квадратичная задача с дисконтированием, дискретный LQR
5	Численные методы и приложения	Введение в Model Predictive Control (MPC) как практическую оптимальную стратегию с обратной связью. Кейсы из робототехники, аэрокосмоса и экономики. Обобщение курса

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Мэрфи, К. П. Вероятностное машинное обучение. Дополнительные темы: основания, вывод : монография / К. П. Мэрфи ; пер. с англ. А. А. Слинкина. – Москва : ДМК Пресс, 2024. - 772 с. – ISBN 978-5-93700-120-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2204219.

2. Лакшманан, В. Машинное обучение. Паттерны проектирования : практическое пособие / В. Лакшманан, С. Робинсон, М. Мунн. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-9775-6797-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2140204.

Дополнительная литература:

1. Коэльо, Л. Построение систем машинного обучения на языке Python : практическое руководство / Л. Коэльо, В. Ричарт ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - 3-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 304 с. - ISBN 978-5-89818-331-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2102618.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование"	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое

Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Теория управления» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удается, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Семинар – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Теория управления»

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме ***зачёта с оценкой***, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

Десятибалльная оценка	**Пятибалльная оценка**	**Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)**
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	
8	Отлично	
7	Хорошо	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
5	Удовлетворительно	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов
4	Удовлетворительно	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		исследования.
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Теория управления» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	50%	15	Набор задач по темам недели
Зачёт с оценкой	50%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Теория управления»: «0,5 × среднее за домашние задания + 0,5 × зачёт с оценкой».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание 1.

1. Объясните различия между постановками задач оптимального управления по Лагранжу, Майеру и Больца и приведите примеры их применения в технике и экономике;
2. Выведите уравнение Эйлера–Лагранжа для простейшей вариационной задачи и объясните его физический смысл;
3. Опишите, как формулируются естественные и закреплённые граничные условия, и в чём их разница при решении задач с подвижными концами;
4. Объясните, как условия трансверсальности позволяют определять оптимальные граничные значения в задачах с нефиксированными концами;
5. Покажите, как задача Лагранжа преобразуется к гамильтоновой форме и какова роль сопряжённых переменных в этой системе.

Домашнее задание 2.

1. Объясните, как строится гамильтониан в задаче оптимального управления и как он связан с функцией Лагранжа;
2. Сформулируйте принцип максимума Понтрягина для задачи со свободным правым концом и фиксированным временем и опишите структуру сопряжённой системы;
3. Опишите, как учитываются терминальные ограничения и как формулируются общие условия трансверсальности;
4. Объясните, как геометрическая интерпретация принципа максимума помогает анализировать оптимальные управления и выявлять особые режимы;
5. Решите простую задачу быстродействия для линейной системы, применив принцип максимума, и определите структуру оптимального управления.

Домашнее задание 3.

1. Сформулируйте принцип оптимальности Беллмана и объясните его значение для синтеза управления в многошаговых системах;
2. Запишите уравнение Гамильтона–Якоби–Беллмана (ГЯБ) для непрерывной системы и объясните, как функция ценности связана с оптимальным критерием;

3. Объясните, как на основе решения уравнения ГЯБ строится оптимальное управление с обратной связью;

4. Покажите связь между характеристиками уравнения ГЯБ и траекториями, получаемыми по принципу максимума Понтрягина;

5. Реализуйте численное решение простой дискретной задачи методом динамического программирования и постройте функцию ценности для конечного горизонта.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1	Укажите основное понятие, связанное со стохастическими дифференциальными уравнениями (СДУ) в теме введения в стохастическое управление.	Стохастическое дифференциальное уравнение	УК-1
2	Найдите количество основных компонентов в управляемом процессе из темы введения в стохастическое управление.	Три	УК-1
3	Укажите тип связи между СДУ и уравнениями в частных производных (УрЧП) из темы введения в стохастическое управление.	Итó	УК-1
4	Назовите пример задачи управления ресурсами из темы введения в стохастическое управление.	Управление портфелем	УК-1
5	Укажите временной интервал для управляемых диффузионных процессов в теме динамического программирования.	Конечный	УК-2
6	Найдите тип уравнения Беллмана в теме динамического программирования.	Параболическое	УК-2
7	Укажите принцип, используемый в выводе уравнения Беллмана из темы динамического программирования.	Оптимальности	УК-2
8	Назовите задачу, решаемую в практике темы динамического программирования.	Управление инвестициями	УК-2
9	Укажите алгоритм для параболических уравнений из темы уравнения Гамильтона-Якоби-Беллмана (HJB).	Беллмана–Ховарда	ОПК-1
10	Найдите тип функции затрат в примерах темы HJB.	Квадратичная	ОПК-1
11	Укажите инструмент для численной реализации из темы HJB.	Python	ОПК-1
12	Назовите метод сравнения в теме принципа максимума Понтрягина.	HJB	ОПК-1
13	Укажите количество условий оптимальности в теме принципа максимума Понтрягина.	Два	ПК-1
14	Найдите пример задачи в теме принципа максимума Понтрягина.	Быстродействия	ПК-1
15	Укажите связь с детерминированным случаем из темы принципа максимума Понтрягина.	Перенос	ПК-1
16	Назовите постановку задачи в теме линейно-квадратичного управления.	LQG	ПК-2
17	Укажите метод решения в теме линейно-квадратичного управления.	HJB	ПК-2
18	Найдите приложение из темы линейно-квадратичного управления.	Робототехника	ПК-2

19	Укажите модель в теме модели Мертона.	Мертона	ПК-1
20	Найдите тип горизонта в теме модели Мертона.	Бесконечный	ПК-1