

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 8/1/2024

от 28.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5	4	144	32	32	16		28	0	Э
Итого	4	144	32	32	16	16	28	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина дает теоретические основы вычислительных методов решения задач линейной алгебры. Изучаются алгоритмы этих методов и особенности их программной реализации.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебной дисциплины являются теоретическое освоение вычислительных методов решения задач линейной алгебры. Изучаются алгоритмы этих методов и особенности их программной реализации.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс представляет собой дисциплину базовой части цикла математических и естественнонаучных дисциплин, которая является частью теоретической профилирующей подготовки студентов. Для успешного освоения дисциплины необходимы элементарные знания в области математики, вычислительной техники и программирования в рамках программы второго курса.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2 [1] – Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	З-ОПК-2 [1] – знать существующие математические методы и системы программирования необходимые для реализации алгоритмов решения прикладных задач У-ОПК-2 [1] – уметь использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования необходимые для реализации алгоритмов решения прикладных задач В-ОПК-2 [1] – владеть навыками реализации математических алгоритмов для решения прикладных задач с использованием существующих систем программирования
УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и

	обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
--	---

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Роль инженера МО: 1. Реализация ML-моделей в продуктивных системах 2. Оптимизация производительности и масштабирование моделей 3. Разработка ML-пайплайнов и автоматизация процессов	– информационные и программные системы; – летательные аппараты; – математические модели процессов в сложных технических системах; – системы ядерно-энергетического комплекса.	ПК-1.11 [1] - Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математических основ и областей применения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, Анализ опыта: Компетентностно-ролевая модель ИТМО. ML Engineer Проектирует, разрабатывает и улучшает классические алгоритмы/модели машинного обучения для продуктов компании с учетом требований к производительности и работе в продуктиве. Data Analyst - Выбирает и обучает классические ML модели, проводит валидацию, реализует шаги по улучшению качества моделей	З-ПК-1.11[1] - знать математические основы алгоритмов машинного обучения (Б). ; У-ПК-1.11[1] - уметь разрабатывать и адаптировать собственные алгоритмические решения на основе классических методов. Обосновывает математически сложные решения. уметь адаптировать и модифицировать существующие алгоритмы под специфику задачи. Интегрировать классические модели в сложные ИИ-системы с учётом требований к производительности и масштабированию. Разрабатывать и реализовывать оптимизационные стратегии под специфические функциональные характеристики (скорость, explainability).

			Интерпретировать полученные результаты для поддержки принятия решений. Разрабатывает и адаптирует алгоритмы под специфические задачи, оптимизирует их для повышения точности, объяснимости и скорости. Понимать теоретические ограничения алгоритмов и способен находить баланс между различными подходами. Проводить системный анализ эффективности моделей на уровне бизнес-эффекта, затрат и рисков. Может объяснить результаты моделей заказчику (Э). Обосновывать выбор конкретных алгоритмов и их параметров в зависимости от задачи и данных. Применять методы байесовской классификации и ансамблевых методов МО (бэггинг, бустинг, стэкинг моделей), а также производных от них (случайные леса, градиентный бустинг на деревьях) (П).; В-ПК-1.11[1] - владеть классическими методами МО для временных рядов
--	--	--	--

			(ARIMA, экспоненциальное сглаживание, линейная регрессия с лагами). Владеть инструментами оценки качества моделей ранжирования и сравнения ранжирующих моделей между собой. Владеть методами обучения типа pairwise и listwise (Б).
производственно-технологический			
разработка математического, программного и алгоритмического обеспечения для анализа и моделирования физических процессов	математические модели процессов в сложных технических системах	ПК-1.15 [1] - (PL-3) Способен применять языки программирования C/C++ для решения задач в области ИИ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, Анализ опыта: Компетентностно-ролевая модель ИТМО. Разрабатывает высокопроизводительные индустриальные решения ИИ, в том числе для граничных вычислений.	З-ПК-1.15[1] - знать проблемы одновременного доступа к данным из нескольких потоков (Б).; У-ПК-1.15[1] - уметь применять атомарные операции и механизм блокировок, оценивать производительность, профилировать код и устранять найденные узкие места. Уметь разрабатывать, дорабатывать и оптимизировать системы ИИ под требуемую аппаратную платформу (П).; В-ПК-1.15[1] - владеть инструментальными средствами разработки для GPU и FPGA (OpenCL, CUDA и пр.) (Э).

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное	Создание условий,	1.Использование

воспитание	обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер

		трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального

		модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально- технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/16/8		25	КИ-8	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Часть 2	9-16	16/16/8		25	КИ-16	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/32/16		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	Э	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-УК-1,

							У-УК-1, В-УК-1
--	--	--	--	--	--	--	-------------------

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	32	16
1-8	Часть 1	16	16	8
1	Краткая характеристика курса. Формулируются типовые задачи линейной алгебры. Даются формулы основных норм вектора и согласованных с ними норм матрицы. Обсуждаются алгоритмы для их вычисления. Выводится формула для расчета меры обусловленности матрицы.	Всего аудиторных часов		
		2	2	1
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Итерационные методы решения систем линейных уравнений . Рассматривается общая итерационная схема решения систем линейных уравнений и условия ее сходимости . Из общей схемы строятся и исследуются методы простой итерации, Зейделя, верхней релаксации. Обсуждаются особенности программной реализации алгоритмов этих методов. Знакомятся с примерами конкретных программ, реализующих эти методы.	Всего аудиторных часов		
		6	6	3
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 8	Конечные методы решения систем линейных уравнений. Метод Гаусса и его модификации. Расчет определителя и получение обратной матрицы. Метод квадратного корня и методы ортогонализации. Метод прогонки. Получение нормального решения для плохо обусловленной системы.	Всего аудиторных часов		
		8	8	4
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	16	16	8
9 - 13	Проблема собственных значений и собственных векторов. Решение частичной проблемы собственных. Решение полной проблемы собственных значений методами Данилевского и Крылова. Метод вращения для решения полной проблемы собственных значений для эрмитовой матрицы.	Всего аудиторных часов		
		8	8	4
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Алгоритмы для работы с полиномами Схема Горнера для вычисления значения полинома. Алгоритмы деления полинома на линейный и	Всего аудиторных часов		
		8	8	4
		Онлайн		

	квадратичный полиномы. Способы локализации и уточнения корней полинома. Метод парабол для вычисления корней характеристического полинома.	0	0	0
--	---	---	---	---

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
2 - 4	Лабораторная работа 1 Лабораторная работа 1 Нахождение меры обусловленности матрицы. Использовать программы: нахождения обратной матрицы, определения нормы матрицы, нахождение максимального по модулю собственного числа для симметричной положительно определенной матрицы. Тема исследования. 1. Выбрать матрицу с двумя почти линейно зависимыми строками и посмотреть, как это сказывается на мере обусловленности. Литература 1. Турчак Л.И. Основы численных методов. М., Наука, 1987 2. Крылов В.И. и др. Вычислительные методы. Т.1, М., Физматгиз, 1976 3. Калиткин Н.Н. Численные методы. М., Наука, 1978 4. Волков Е.А. Численные методы. М., Наука, 1987 5. Козин Р.Г. Алгоритмы численных методов линейной алгебры и их программная реализация. М. НИЯУ МИФИ, 2012
5 - 6	Лабораторная работа 2. Проверка линейной независимости системы векторов. Использовать программу, реализующую модифицированную процедуру ортогонализации Грамма-Шмидта. Тема исследований. 1. Проверить возможность данного подхода для решения поставленной задачи. Литература 1. Крылов В.И. и др. Вычислительные методы. Т.1, М., Физматгиз, 1976
7 - 8	Лабораторная работа 3. Установить является ли симметричная матрица положительно определенной. Как инструмент, использовать программу решения системы линейных уравнений методом квадратного корня. Темы исследований. 1. Проверить возможность данного подхода для решения поставленной задачи.

	Литература 1. Крылов В.И. и др. Вычислительные методы. Т.1, М., Физматгиз, 1976 2. Турчак Л.И. Основы численных методов. М., Наука, 1987 3. Козин Р.Г. Алгоритмы численных методов линейной алгебры и их программная реализация. М. НИЯУ МИФИ, 2012
9 - 15	Лабораторная работа 4,5 Нахождение корней полинома. Использовать программу, которая позволяет локализовать местоположение корней на комплексной плоскости, а затем их уточнить методами дихотомии или наискорейшего спуска. Темы исследований. 1. Исследовать зависимость корней от точности задания коэффициентов полинома 2. Исследовать скорость сходимости итерационных методов уточнения корней от параметров процесса. Литература 1. Крылов В.И. и др. Вычислительные методы. Т.1, М., Физматгиз, 1976 2. Турчак Л.И. Основы численных методов. М., Наука, 1987 3. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М., Из-во «Наука» 4. Козин Р.Г. Алгоритмы численных методов линейной алгебры и их программная реализация. М. НИЯУ МИФИ, 2012

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Разработанные компьютерные программные комплексы и программы позволяют студентам оперативно вводить программные модули требуемой конфигурации и исследовать особенности работы различных методов решения задач линейной алгебры. При обучении используется дисплейный класс, оснащенный современными персональными компьютерами, мультимедийная техника.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-2	З-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 512 K59 Алгоритмы численных методов линейной алгебры и их программная реализация : учебно-методическое пособие, Козин Р.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. ЭИ Д 30 Основы вычислительной математики : учебное пособие, Демидович Б. П., Марон И. А., Санкт-Петербург: Лань, 2011

3. ЭИ К59 Программирование численных методов линейной алгебры : учебно-методическое пособие, Козин Р.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ф 15 Вычислительные методы линейной алгебры : учебное пособие, Фаддеев Д. К., Фаддеева В. Н., Санкт-Петербург: Лань, 2009
2. ЭИ Ш 37 Численные методы линейной алгебры : учебное пособие, Мызникова Б. И., Крюкова О. Г., Шевцов Г. С., Санкт-Петербург: Лань, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Компьютерный класс ()

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Требовать от преподавателя разъяснения всех не понятных или не четко изложенных вопросов.
2. С ответственностью относиться к решению тех задач, которые преподаватель предлагает рассмотреть дома.
3. Пытаться найти собственное, если это возможно, подходы к решению для тех задач, которые преподаватель задает в качестве самостоятельной работы.
4. Старайтесь заглядывать в литературу, рекомендуемую преподавателем, поскольку в этом случае вам можете познакомиться с другими подходами к порядку изложения лекционного материала.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Подробно объяснять все рассматриваемые алгоритмы с учетом их программной реализации.
2. Требовать от студентов обязательного решения задач, которые им предлагается рассмотреть дома.
3. Подчеркивать желательность поиска собственного, если это возможно, подходы к решению тех задач, которые им задаются в качестве самостоятельной работы.

4. Советовать почаще заглядывать в рекомендуемую литературу, отмечая, что в этом случае студенты смогут познакомиться с другими подходами в изложении лекционного материала.

Автор(ы):

Козин Рудольф Глебович

Рецензент(ы):

Кулябичев Ю.П.