



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.01.02 Численные методы алгебры и безусловной оптимизации в системах искусственного интеллекта

**Направление подготовки:** 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

**Направленность (профиль):** Искусственный интеллект и большие данные

**Квалификация (степень):** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**Институт:** математики, естествознания и техники

**Кафедра:** математики, информатики, физики и методики обучения

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	I		
Семестр/триместр	2		
Лекции	18		
Лабораторные занятия			
Практические (семинарские) занятия	18		
в т. ч. практическая подготовка	2		
Форма(ы) промежуточной аттестации	зачет		
Контроль			
Иные формы работы	-		
Самостоятельная работа	144		

**Всего часов:** 180

**Трудоемкость:** 5 зачетных единицы

Разработчик рабочей программы: кандидат физико-математических наук, доцент Е.В. Игонина

# I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Цель изучения дисциплины:** являются приобретение обучающимися знаний и умений по вычислительной линейной алгебре и методам безусловной оптимизации.

**Задачи изучения дисциплины:**

- выстраивание общего контекста математического мышления как культурной формы деятельности, определяемой не только структурными особенностями математического знания, но и местом математики в системе наук,
- осознание социальной значимости будущей профессии, формирование мотивации к осуществлению профессиональной деятельности;
- подготовка к использованию систематизированных знаний и практических умений при решении профессиональных задач.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений Б1. Дисциплины (модули).

**Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>ПКС-1</b> Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта	Знать: – способы и методы исследования архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей; – способы и методы разработки архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей – комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта.	Знает: - различные основные понятия численных методов; - численные методы решения алгебраических уравнений.; - типичные случаи приближения (аппроксимации) функций; - основные проблемы поиска приближённой функции; - ;
	Уметь: – распределять работы и выделять ресурсы в рамках управления работами по сопровождению и проектами создания (модификации) систем искусственного интеллекта; – осуществлять анализ больших данных средствами искусственного интеллекта.	Умеет: - грамотно выбирать численный метод решения конкретной исследуемой задачи; - оценивать качество различных численных методов и — — эффективность их применения для конкретной задачи; давать анализ результатов решения и оценивать границы применимости выбранного метода.
	Владеть: – организацией согласования и утверждения требований к системе искусственного интеллекта заказчиком в рамках управления	Владеет: – методологией и навыками применения численных методов

	<p>работами по сопровождению и проектами создания (модификации) системы искусственного интеллекта; приемами анализа больших данных средствами искусственного интеллекта.</p>	<p>для решения прикладных (научных и практических) задач, самостоятельно осуществлять выбор методики решения и построения алгоритма той или иной задачи.</p>
--	--	--

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
1.	<b>Раздел 1. Теоретические основы численных методов алгебры</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>22</b>
2.	Тема 1. Погрешности вычислений	13	1	1		11
3.	Тема 2. Свойства вычислительных задач и алгоритмов	13	1	1		11
4.	<b>Раздел 2. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>30</b>
5.	Тема 4. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса (схема единственного деления) и методом прогонки.	19	2	2		15
6.	Тема 5. Методы, основанные на разложении матриц. Вычисление определителей и обращение матриц	19	2	2		15
7.	<b>Раздел 3. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>30</b>
8.	Тема 6. Классические итерационные методы	19	2	2		15
9.	Тема 7. Методы спуска и сопряженных градиентов	19	2	2		15
10.	<b>Раздел 4. Вычисление собственных значений и собственных векторов матриц</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>30</b>
11.	Тема 8. Собственные пары матриц и их свойства	19	2	2		15
12.	Тема 9. Решение частичной и полной проблемы собственных значений	19	2	2		15
13.	<b>Раздел 5. Численные методы безусловной оптимизации</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>30</b>
14.	Тема 10. Принципы построения градиентных методов поиска безусловного экстремума. Постановка задачи.	19	2	2		15
15.	Тема 11. Градиентные методы первого и второго порядка	19	2	2		15
	<i>Форма отчетности</i>	<i>зачет</i>				
	<i>Итого за 2 семестр</i>	<i>180</i>	<i>18</i>	<i>18</i>		<i>144</i>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>18</b>		<b>144</b>

**Очно-заочная форма обучения (не реализуется)**  
**Заочная форма обучения (не реализуется)**

**III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Текущая аттестация проводится в форме контрольных работ и теста.

**Типовые варианты контрольных работ**

**Контрольная работа**

1. Методом Гаусса (с помощью расчетной таблицы) решить систему уравнений:

$$\begin{cases} 3x_1 - x_2 + 3x_3 = 5; \\ x_1 + 2x_2 - x_3 = 2; \\ 3x_1 + 2x_2 - 5x_3 = 0. \end{cases}$$

2. Решить методом простой итерации систему с точностью  $10^{-3}$ .

$$\left. \begin{aligned} 20.9x_1 + 1.2x_2 + 2.1x_3 + 0.9x_4 &= 21.70, \\ 1.2x_1 + 21.2x_2 + 1.5x_3 + 2.5x_4 &= 27.46, \\ 2.1x_1 + 1.5x_2 + 19.8x_3 + 1.3x_4 &= 28.76, \\ 0.9x_1 + 2.5x_2 + 1.3x_3 + 32.1x_4 &= 49.72 \end{aligned} \right\}$$

3. Методом наискорейшего спуска найти минимум функции с точностью  $10^{-3}$

$$: f(x_1, x_2) = 9x_1^2 + x_2^2 - 18x_1 + 6x_2 + 18.$$

4. Методом Ньютона с точностью  $10^{-3}$  найти точку минимума функции

$$: f(x_1, x_2) = 9x_1^2 + x_2^2 - 18x_1 + 6x_2 + 18.$$

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета с использованием следующих оценочных материалов:

**Вопросы к зачету**  
**(2 семестр, очная форма обучения)**

1. Источники погрешностей вычислений, приближенные числа, абсолютная и относительная погрешности, верные значащие цифры.
2. Особенности математических вычислений, реализуемых на компьютере: представление чисел в форме с плавающей точкой, диапазон и погрешности представления чисел, операции над числами с плавающей точкой, свойства арифметических операций, стандарт IEEE 754 арифметики с плавающей точкой.
3. Погрешности округления. Трансформированные погрешности арифметических операций, трансформированные погрешности вычисления функций.
4. Корректность вычислительной задачи, обусловленность вычислительной задачи. Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам.
5. Методы Гаусса и прогонки. Метод Гаусса: схема единственного деления, выбор главного элемента по столбцу и по всей матрице, матрицы перестановок,
6. метод Гаусса-Йордана.
7. Метод прогонки: метод прогонки для системы с трехдиагональной матрицей.

8. Методы, основанные на разложении матриц Метод LU-разложения.
9. Метод Холецкого (метод квадратных корней).
10. LDV-разложение,  $LDL^T$ -разложение. QR-разложение.
11. Сингулярное разложение.
12. Вычисление определителей и обращение матриц Вычисление определителей треугольной декомпозицией матрицы, обращение матриц путем решения вспомогательных систем линейных уравнений.
13. Основы итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений.
14. Понятие итерационного метода решения системы линейных алгебраических уравнений.
15. Расщепляющая матрица. Условия сходимости итерационного процесса.
16. Условия окончания итерационного процесса (критерии останова). Методическая погрешность итерационного процесса.
17. Классические итерационные методы.
18. Эквивалентность решения системы линейных алгебраических уравнений и минимизации квадратичного функционала. Метод скорейшего спуска.
19. Метод минимальных невязок.
20. Собственные пары матриц и их свойства Понятия собственных значений и собственных векторов матриц.
21. Матрица простой структуры. Отношение Рэля. Подобные матрицы. Полная и частичная проблема собственных значений. Обусловленность задачи вычисления собственных значений.
22. Решение частичной и полной проблемы собственных значений Степенной метод.
23. Метод скалярных произведений. Метод обратных итераций. QR -алгоритм решения полной проблемы собственных значений
24. Принципы построения градиентных методов поиска безусловного экстремума Постановка задачи безусловной оптимизации, вектор градиента, матрица Гессе, условия оптимальности.
25. Общая схема алгоритма безусловной оптимизации.
26. Градиентные методы первого порядка Градиентный спуск, импульсный метод, метод Нестерова, алгоритм RPROF.
27. Алгоритмы с адаптивной скоростью обучения: AdaGrad, RMSProp, Adadelta, Adam. Алгоритм сопряженных градиентов

## **IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Основная литература**

1. Сахарова, Л. В. Методы оптимизации для машинного обучения: учебное пособие : [16+] / Л. В. Сахарова, Г. В. Лукьянова ; Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону : Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2023. – 87 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=711220> (дата обращения: 20.04.2024). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7972-3139-4. – Текст : электронный.
2. Зенков, А. В. Численные методы: учебное пособие для вузов / А. В. Зенков. Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 122 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10893-4. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452695> (дата обращения: 20.04.2024 г.).

### **4.2. Дополнительная литература**

1. Гателюк, О. В. Численные методы: учебное пособие для вузов / О. В. Гателюк, Ш. К. Исмаилов, Н. В. Манюкова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. 140 с. (Высшее

образование). — ISBN 978-5-534-05894-9. Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452912> (дата обращения: 20.04.2024 г.).  
 2. Балабко, Л.В. Численные методы: учебное пособие / Л.В. Балабко, А.В. Томилова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. - Архангельск: САФУ, 2014. - 163 с. : схем., табл., ил. - ISBN 978-5-261-00962-7; - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436331> (дата обращения: 20.04.2024 г.).

## **V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>№ пп</b>	<b>Ссылка на информационный ресурс</b>	<b>Наименование разработки в электронной форме</b>	<b>Доступность</b>
1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.mathclub.ru">http://www.mathclub.ru</a>	Образовательный математический сайт	Свободный доступ
3.	<a href="http://www.mathnet.ru">http://www.mathnet.ru</a>	Образовательный математический сайт	Свободный доступ
4.	<a href="http://edu.ru/">http://edu.ru/</a>	Российское образование: Федеральный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	Свободный доступ
5.	<a href="http://www.krugosvet.ru">http://www.krugosvet.ru</a>	Электронная энциклопедия, в которой представлен материал по основным математическим терминам, а также биографические данные об известных математиках.	Свободный доступ
6.	<a href="http://vilenin.narod.ru/Mm/Books/Books.htm">http://vilenin.narod.ru/Mm/Books/Books.htm</a>	Математическая библиотека, постоянно пополняемое собрание университетских	Неограниченный доступ

		учебников, исследований по математическому анализу, алгебре, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальными уравнениями, математической физике.	
--	--	--	--

## **VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="https://intuit.ru/">https://intuit.ru/</a>	Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ" — имеется много бесплатных курсов (в том числе, по численным методам), программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки, интересных докладов и другой полезной информации.	Свободный доступ.
2.	<a href="https://eqworld.ipmnet.ru/index.htm">https://eqworld.ipmnet.ru/index.htm</a>	Международный научно-образовательный сайт "EqWorld — Мир математических уравнений" — крупнейший в мире электронный ресурс, посвященный математическим уравнениям и методам их решения (в том числе численным). Материалы доступны на русском языке.	Свободный доступ
3.	<a href="https://num-anal.srcc.msu.ru/">https://num-anal.srcc.msu.ru/</a>	Научно-образовательный Интернет-ресурс НИВЦ МГУ по численному анализу	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).