

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Арзамасский филиал ННГУ - Факультет естественных и математических наук

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Численные методы и их компьютерная реализация

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
09.03.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы
Прикладная информатика в экономике

Форма обучения
очная, очно-заочная

г. Арзамас

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.08 Численные методы и их компьютерная реализация относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-9: Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области	<p>ПК-9.1: Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области</p> <p>ПК-9.2: Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС</p> <p>ПК-9.3: Имеет практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области</p>	<p>ПК-9.1:</p> <p>Знать приемы и методы вычислительных процедур, способы выбора оптимальных численных методов, необходимых для применения системного подхода в формализации решения прикладных задач</p> <p>Уметь использовать современные компьютерные технологии и пакеты прикладных программ для решения численных задач, лежащих в основе применения системного подхода в формализации решения прикладных задач.</p> <p>Владеть численными методами, методами интерполирования и сглаживания экспериментальных данных, опытом выбора оптимального численного метода, навыками использования Internet-ресурсов для изучения и реализации численных методов при решении прикладных задач с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>Задания</p> <p>Исследовательское задание</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>ПК-9.2: Знать основы моделирования прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС</p> <p>Уметь применять навыки моделирования прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС</p> <p>Владеть навыками моделирования прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС</p>		
		<p>ПК-9.3: Знать основы моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области</p> <p>Уметь применять основы моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области</p> <p>Владеть навыками планирования проведения экспериментов и обработки их результатов</p>		

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	4	4
Часов по учебному плану	144	144
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	34	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные)	34	16

работы)		
- КСР	2	2
самостоятельная работа	38	74
Промежуточная аттестация	36 Экзамен	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе									
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы			
	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы		Всего							
о Ф о	о З Ф о	о Ф о	о З Ф о	о Ф о	о З Ф о	о Ф о	о З Ф о	о Ф о	о З Ф о			
Тема 1. Погрешность результата численного решения задачи	10	14	4	2	2	2	6	4	4	10		
Тема 2. Численные методы решения нелинейных уравнений	16	16	6	2	6	2	12	4	4	12		
Тема 3. Численные методы линейной алгебры	18	18	6	2	6	2	12	4	6	14		
Тема 4. Интерполирование	18	22	6	4	6	4	12	8	6	14		
Тема 5. Численное интегрирование	21	18	6	4	6	2	12	6	9	12		
Тема 6. Численные методы решения дифференциальных уравнений	23	18	6	2	8	4	14	6	9	12		
Аттестация	36	36										
КСР	2	2							2	2		
Итого	144	144	34	16	34	16	70	34	38	74		

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Погрешность результата численного решения задачи

Точные и приближенные значения величин, точные и приближенные числа. Источники классификаций погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Верные знаки, связь количества верных знаков и относительной погрешности. Правила округления и погрешность округления. Основные задачи теории погрешностей, способы их решения. Применение дифференциального исчисления при оценке погрешности. Обратная задача теории погрешностей. Оценка погрешностей вычислений, возникающих в ЭВМ.

Тема 2. Численные методы решения нелинейных уравнений

Отделение корней. Приближенное вычисление корня уравнения с заданной точностью методом половинного деления. Метод простой итерации численного решения уравнений. Условия сходимости итерационной последовательности. Практические схемы вычисления приближенного значения корня уравнения с заданной точностью методом простой итерации. Сходимость и устойчивость численного метода.

Тема 3. Численные методы линейной алгебры

Точные и приближенные методы решения систем линейных уравнений. Полные метрические пространства. Теорема о сжимающих отображениях в полном метрическом пространстве и ее следствия. Применение теоремы о сжимающих отображениях при решении системы линейных уравнений: простые итерации, метод Зейделя. Погрешности округления при практической реализации итерационного процесса. Число операций при решении системы линейных уравнений методом Гаусса. Оценка погрешности решения системы линейных алгебраических уравнений. Понятие об обусловленности. Достаточное условие сжатости отображения для системы нелинейных уравнений. Понятие о методе Ньютона решения такой системы. Практические схемы решения на ЭВМ.

Тема 4. Интерполирование

Задачи, приводящие к аппроксимации одной функции другой. Алгебраический интерполяционный многочлен: единственность, форма Лагранжа, оценка погрешности интерполирования. Схема Эйткена. Разделенные разности. Первый и второй многочлены Ньютона. Связь разделенной разности и производной. Практическая оценка погрешности интерполирования. Обратное интерполирование. Многочлены Чебышева, их применение для минимизации оценки погрешности интерполирования. Понятие о сходимости интерполяционного процесса. Обобщенная задача, интерполирования. Многочлены Эрмита. Понятия о сплайнах. Практические схемы интерполирования на ЭВМ. Теорема о существовании элемента наилучшего приближения в линейном нормированном пространстве. Необходимое и достаточное условие, которому удовлетворяет элемент наилучшего приближения в пространстве со скалярным произведением. Единственность этого элемента, его нахождение. Ортогонализация линейно независимой системы. Приближение по ортогональной системе. Неравенство Бесселя. Многочлены Лежандра, их свойства. Дискретный вариант среднеквадратичных приближений. Ортогональные на сетке многочлены. Переопределенная система линейных уравнений. Понятие об определении параметров функциональной зависимости.

Тема 5. Численное интегрирование

Постановка задачи приближенного вычисления определенного интеграла, формула прямоугольников. Формулы Ньютона-Котеса. Метод неопределенных коэффициентов. Формула трапеций. Практическая оценка погрешности квадратурных формул. Формула Симпсона. Квадратурная формула Гаусса, оценка порядка убывания погрешности. Вычислительная погрешность квадратурных формул. Метод Монте-Карла. Численное интегрирование на ЭВМ.

Тема 6. Численные методы решения дифференциальных уравнений

Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты. Многошаговые методы. Решение краевой задачи для линейного 2-ого порядка сведением к разностной краевой задаче. Метод прогонки. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений на ЭВМ.

Решение дифференциальных уравнений в частных производных с помощью построения разностных схем. Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Понятие о спектральном признаке устойчивости. Явные, неявные разностные схемы. Понятие о решении задачи Дирихле для уравнения Лапласа сведением к системе линейных уравнений с последующим ее решением методом Монте-Карло или итерационным методом. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных на ЭВМ.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

численные методы, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=7988>.

Иные учебно-методические материалы:

<https://arz.unn.ru/sveden/document/>

https://arz.unn.ru/pdf/Method_all_all.pdf

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

Тема 2. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Задание 2. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений методами Эйлера, Рунге-Кутты 2 (улучшенным методом Эйлера) и методом Рунге-Кутты 4

Решить задачу Коши методами Эйлера, улучшенным методом Эйлера (метод Рунге-Кутты 2) и методом Рунге-Кутты 4. Заполнить таблицу вычисленных значений параметров от начального значения, равного 0, до max значения, равного 0,1, с шагом 0,01.

Сделать блок-схемы по всем трем методам.

Вариант 1.

$$\frac{dx}{dt} = x(1 - \sqrt{x^2 + y^2}) - y, x^0 = 1,0;$$

$$\frac{dy}{dt} = y(1 - \sqrt{x^2 + y^2}) + x, y^0 = 1,0;$$

Вариант 2.

$$y_1' = 2(y_1 - y_1 \cdot y_2), y_1^0 = 1,0;$$

$$y_2' = -(y_2 - y_1 \cdot y_2), y_2^0 = 3,0;$$

Вариант 3.

$$y_1' = -y_2 + \frac{y_1 \cdot y_3}{\sqrt{y_1^2 + y_2^2}}, y_1^0 = 3,0;$$

$$y_2' = y_1 - \frac{y_2 \cdot y_3}{\sqrt{y_1^2 + y_2^2}}, y_2^0 = 0,0;$$

$$y_3' = \frac{y_3}{\sqrt{y_1^2 + y_2^2}}, y_3^0 = 0,0;$$

Вариант 4.

$$y_1' = y_2 y_3, y_1^0 = 0,0;$$

$$y_2' = -y_1 y_3, y_2^0 = 1,0;$$

$$y_3' = -0,51 y_1 y_2, y_3^0 = 1,0;$$

Вариант 5.

$$y_1' = y_2, y_1^0 = 2,0;$$

$$y_2' = (1 - y_1^2) y_2 - y_1, y_2^0 = 0,0;$$

Тема 1. Численное интегрирование функций.

Задание 1. Численное интегрирование функции методами прямоугольников в среднем, трапеций и методом Симпсона.

Вычислить интеграл методами прямоугольников в среднем, методом трапеций и методом Симпсона с шагом $h=0.01$. Подготовить отчет с результатами. Сравнить результаты.

Сделать блок-схемы по всем трем методам.

Вариант 1. Вычислить интеграл:

$$\int_0^{2.0} \frac{1}{\sqrt{9+x^2}} dx.$$

Вариант 2. Вычислить интеграл:

$$\int_1^{2.0} \frac{\sqrt{x^2+0.16}}{x^2} dx.$$

Вариант 3. Вычислить интеграл:

$$\int_1^{2.0} \frac{x^3}{3.0+x} dx.$$

Вариант 4. Вычислить интеграл:

$$\int_1^{2.0} x \frac{e^x - e^{-x}}{2} dx.$$

Вариант 5. Вычислить интеграл:

$$\int_0^{1.0} 2^{3x} dx.$$

Вариант 6. Вычислить интеграл:

$$\int_{2.0}^{3.0} (x \ln(x))^2 dx.$$

Вариант 7. Вычислить интеграл:

$$\int_{0.0}^{\pi} e^x \sin(x) \cos(x) dx.$$

Вариант 8. Вычислить интеграл:

$$\int_{2.0}^{3.0} \frac{\ln^2(x)}{x} dx.$$

Задание 5. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса.

Решить систему линейных уравнений методом Гаусса.

Сделать блок-схему программы.

1.

$$5,5x - 123,1y + 37z = 438,73$$

$$24,1x + 7,2y - 11,9z = -3,17$$

$$101,5x + 54,8y - 213,7z = -208,63$$

2.

$$5,5x + 3,1y + 27z = 6,42$$

$$40,1x + 17,2y - 21,9z = 119,02$$

Тема 4. Решение стационарного уравнения

Задание 4. Решение стационарного уравнения Лапласа методом Либмана.

Используя метод сеток, составить приближенное решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в квадрате ABCD с вершинами A(0,0), B(0,1), C(1,1), D(1,0); шаг $h=0.2$. При решении задачи использовать формулы Либмана. Вычисления закончить, выполнив 200 итераций.

Сделать блок-схему программы записать вычисленные значения искомой функции во всех узлах сетки.

Варианты указывают формулы, задающие искомую функцию на сторонах квадрата ABCD.

Варианты.

№ варианта	$U/_{AB}$	$U/_{BC}$	$U/_{CD}$	$U/_{AD}$
1	$30y$	$30(1-x^2)$	0	0
2	$20y$	$30\cos(\frac{\pi x}{2})$	$30\cos(\frac{\pi y}{2})$	$20,0 x^2$
3	$50y(1-y^2)$	0	0	$50\sin(\pi x)$
4	$20y$	20	$20y^2$	$50x(1-x)$
5	0	$50x(1-x)$	$50y(1-y^2)$	$50x(1-x)$
6	$30\sin(\pi y)$	$20x$	$20y$	$30x(1-x)$
7	$30(1-y)$	$20\sqrt{x}$	$20y$	$30x(1-x)$
8	$50\sin(\pi y)$	$30\sqrt{x}$	$30y^2$	$50\sin(\pi x)$
9	$40y^2$	40	40	$40\sin(\frac{\pi x}{2})$
10	$50y^2$	$50(1-x)$	0	$60x(1-x^2)$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Исследовательское задание) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

1. Вычисление коэффициентов интерполяционного алгебраического многочлена с помощью решения системы линейных уравнений. 2. Численное дифференцирование на основе интерполяционного многочлена. 3. Решение задачи Коши для дифференциального уравнения 1-ого порядка с помощью одного из изученных способов численного решения. 4. Численное решение краевой задачи для дифференциального уравнения 2-ого порядка. 5. Численное решение линейного уравнения в частных производных с использованием разностных схем. 6. Многочлены Чебышева 7. Методы статистического моделирования (Монте-Карло). 8. Классическая модель множественной регрессии. 9. Свойства оценок наименьших квадратов; обобщенная модель и НК-оценка Aitken'a. 10. Свойства многомерного нормального распределения. 11. Нормальная регрессия. 12. Регрессионный анализ для нормальной модели. 13. Структура и функции банков данных. 14. Информационно-поисковые системы. 15. Информационно-поисковые языки.

Критерии оценивания (оценочное средство - Исследовательское задание)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Работа полностью раскрывает основные вопросы теоретического материала. Студент приводит информацию из первоисточников и изданий периодической печати, приводит практические примеры, отвечает на дополнительные вопросы преподавателя и студентов (в процессе выступления с докладом)
хорошо	Работа частично раскрывает основные вопросы теоретического материала. Студент приводит информацию из первоисточников, отвечает на дополнительные вопросы преподавателя и студентов (в процессе выступления с докладом), но при этом дает не четкие ответы, без достаточно их аргументации.
удовлетворительно	Работа в общих чертах раскрывает основные вопросы теоретического материала. Студент приводит информацию только из учебников. При ответах на дополнительные вопросы (в процессе выступления с докладом) путается в ответах, не может дать понятный и аргументированный ответ.
неудовлетворительно	Ставится за работы, в которых нет информации о проблематике работы и ее месте в контексте других работ по исследуемой теме

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		

<u>Знания</u>	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
<u>Умения</u>	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
<u>Навыки</u>	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-9

1. Основные источники и классификация погрешностей численного решения задач. 2. Вычислительная погрешность 3. Неустраняемая погрешность 4. Погрешности арифметических операций над приближенными числами. 5. Сложение и вычитание приближенных чисел. Оценка погрешности результата. 6. Умножение и деление приближенных чисел. Оценка погрешности вычислений. 7. Оценка погрешности функции на погрешность аргумента. 8. Обратная задача для оценки погрешности функции на погрешности аргументов. Допустимые погрешности аргументов. 9. Вычислительная погрешность метода Гаусса. Выбор ведущего элемента исключения. 10. Метод Гаусса для решения СЛАУ с выбором главного элемента по столбцу. 11. Метод Гаусса для решения СЛАУ с выбором главного элемента по всей матрице. 12. Вычисление определителя методом Гаусса. 13. Вычисление элементов обратной матрицы методом Гаусса. 14. Решение СЛАУ методом простой итерации. (первый способ). 15. Решение СЛАУ методом простой итерации. (второй способ). 16. Применение метода простой итерации для уточнения элементов обратной матрицы 17. Постановка задачи интерполирования. Интерполирование для случая равноотстоящих узлов. Первая интерполяционная формула Ньютона. 18. Постановка задачи

интерполирования. Интерполирование для случая равноотстоящих узлов. Вторая интерполяционная формула Ньютона. 19. Интерполяционная формула Лагранжа. 20. Интерполяционная схема Эйткена. 21. Обратное интерполирование. Нахождение корней уравнения методом обратного интерполирования. 22. Выбор шага интегрирования. Принцип Рунге для оценки погрешностей. 23. Приближенное вычисление интегралов. Формулы Ньютона – Котеса.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	выставляется, когда студент глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с ситуационными заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок
хорошо	выставляется, если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при анализе информации
удовлетворительно	выставляется в том случае, при котором студент освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении анализа информации
неудовлетворительно	выставляется студенту, в ответе которого обнаружилось существенные пробелы в знании основного содержания учебной программы дисциплины и / или неумение использовать полученные знания

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Зенков А. В. Численные методы / Зенков А. В. - Москва : Юрайт, 2022. - 122 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/491582> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-534-10893-4 : 319.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=789008&idb=0>.
2. Пименов В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 1 / Пименов В. Г. - Москва : Юрайт, 2022. - 111 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/492872> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-534-10886-6 : 299.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=784445&idb=0>.
3. Пименов В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 2 : учебное пособие / В. Г. Пименов, А. Б. Ложников. - Москва : Юрайт, 2022. - 107 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/492873> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-10891-0 : 369.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт".,

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=821135&idb=0>.

4. Гателюк О. В. Численные методы : учебное пособие / О. В. Гателюк, Ш. К. Исмаилов, Н. В. Манюкова. - Москва : Юрайт, 2022. - 140 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/491796> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-05894-9 : 449.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=819494&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Пантелеев Андрей Владимирович. Численные методы. Практикум : Учебное пособие / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2017. - 512 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-012333-2. - ISBN 978-5-16-105242-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=594708&idb=0>.
2. Бахвалов Н.С. Численные методы : учебник / Бахвалов Н.С.; Жидков Н.П.; Кобельков Г.М. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 636 с. - ISBN 978-5-00101-836-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735442&idb=0>.
3. Гулин Алексей Владимирович. Введение в численные методы в задачах и упражнениях : Учебное пособие. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. - 368 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-012876-4. - ISBN 978-5-16-101108-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=627923&idb=0>.
4. Шевченко Алеся Сергеевна. Численные методы : Учебное пособие / Алтайский государственный университет, ф-л Рубцовский институт. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 381 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-014605-8. - ISBN 978-5-16-107164-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=771719&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Лицензионное программное обеспечение: Операционная система Windows.
Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Office.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), платформа Elibrary: национальная информационно-аналитическая система. Адрес доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp

ГАРАНТ. Информационно-правовой портал [Электронный ресурс].– Адрес доступа: <http://www.garant.ru>

Свободно распространяемое программное обеспечение:

программное обеспечение LibreOffice;
программное обеспечение YandexBrowser;

Электронные библиотечные системы и библиотеки:

Электронная библиотечная система "Лань" <https://e.lanbook.com/>

Электронная библиотечная система "Консультант студента" <http://www.studentlibrary.ru/>

Электронная библиотечная система "Юрайт" <http://www.urait.ru/ebs>

Электронная библиотечная система "Znaniium" <http://znaniium.com/>

Электронно-библиотечная система Университетская библиотекаONLINE <http://biblioclub.ru/>

Фундаментальная библиотека ННГУ www.lib.unn.ru/

Сайт библиотеки Арзамасского филиала ННГУ. – Адрес доступа: lib.arz.unn.ru

Ресурс «Массовые открытые онлайн-курсы Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского»
<https://moos.unn.ru/>

Портал «Современная цифровая образовательная среда Российской Федерации»
<https://online.edu.ru/public/promo>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: проектор, интерактивная доска

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.03.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Миронова Светлана Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Нестерова Лариса Юрьевна, кандидат педагогических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 27.11.2024 г., протокол № 9.