

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, проректор
по УР

_____ А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.03

Методы прикладной математики

Учебный план: 2026-2027 09.03.03 ИИТА ПИИ ОО №1-1-181.plx

Кафедра: **26** Математики

Направление подготовки:
(специальность) 09.03.03 Прикладная информатика

Профиль подготовки: Прикладной искусственный интеллект
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
4	УП	34	34	49	27	4	Экзамен
	РПД	34	34	49	27	4	
Итого	УП	34	34	49	27	4	
	РПД	34	34	49	27	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, утверждённым приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 922

Составитель (и):		
Кандидат физико-математических наук, Доцент	_____	Вьюненко Людмила Федоровна
От кафедры составителя:		
Заведующий кафедрой математики	_____	Рожков Николай Николаевич
От выпускающей кафедры:		
Заведующий кафедрой	_____	Сошников Антон Владимирович

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области применения систем, основанных на интеллектуальном анализе данных.

1.2 Задачи дисциплины:

- дать представление о понятии модели и моделирования, подходах к классификации моделей;
- познакомить с типовыми математическими моделями и вычислительными аспектами моделирования;
- продемонстрировать приемы профессиональной работы с современными программными средствами в области моделирования процессов, связанных с анализом данных;
- обучить анализу данных с применением математических моделей и методов.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математика

Теория систем и системный анализ

Прикладная статистика

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-6: Способен подготавливать данные для проведения аналитических работ по исследованию больших данных						
Знать: методы извлечения данных						
Уметь: производить очистку данных для проведения аналитических работ						
Владеть: навыками получения и фильтрации больших объемов данных из гетерогенных источников						
ПК-7: Способен проводить аналитическое исследование с применением технологий больших данных в соответствии с требованиями заказчика						
Знать: сущность и особенности статистического анализа, семантического анализа, кластерного анализа, дискриминантного анализа, факторного анализа, методов анализа выживаемости, временных рядов						
Уметь: применять технологии анализа данных						
Владеть: навыками анализа данных с применением математических методов и моделей						

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Общие вопросы моделирования	4					О
Тема 1. Общие вопросы и понятийный аппарат моделирования. Классификация моделей. Смена поколений моделей. Современное поколение моделей (IV, 2015+) – экспертно-имитационные системы.		2		4		
Тема 2. Классические примеры математических моделей в прикладных задачах. Основные этапы построения компьютерной модели. Постановка вычислительной задачи. Практические занятия: сравнительный анализ различных моделей.		2	2	2		

Тема 3. Оценка погрешностей при решении вычислительных задач. Источники погрешности приближенного решения задачи. Оценка погрешностей арифметических операций. Верные значащие цифры. Плохо обусловленные вычислительные задачи и алгоритмы. Практические занятия: практическая реализация правил, входящих в понятие «культуры вычислений».		2	2	2		
Раздел 2. Детерминированные модели данных						
Тема 4. Методы аппроксимации детерминированных данных, используемые в задачах, связанных с обработкой информации. Задачи локального и глобального интерполирования. Интерполирование сплайнами. Понятие о фазовом сплайн-анализе данных. Практические занятия: решение задач локального и глобального интерполирования.		4	4	7		О
Тема 5. Наилучшее среднеквадратическое приближение. Наилучшее равномерное приближение. Постановка задачи и методы решения. Практические занятия: решение задачи наилучшего среднеквадратического приближения.		2	4	3		
Тема 6. Понятие о стохастических моделях данных.		2		3		
Раздел 3. Динамические модели систем и процессов						О
Тема 7. Построение динамических моделей. Основные типы задач для систем обыкновенных уравнений. Аналитические и численные решения. Динамические модели в виде задач для уравнений с частными производными. Практические занятия: построение динамических моделей, формализуемых в виде задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения 1-го порядка.		4	4	4		
Тема 8. Численные методы для решения прикладных задач, формализуемых в виде задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Практические занятия: сравнительный анализ численных методов решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений 1-го порядка.		4	4	8		
Раздел 4. Оптимизационные модели и методы						
Тема 9. Численные методы решения оптимизационных задач. Методы нулевого порядка (метод бисекции, метод золотого сечения, метод покоординатного спуска, поиск по деформируемому многограннику, метод случайного поиска). Практические занятия: применение численных методов нулевого порядка для решения оптимизационной задачи.		6	8	8		О

Тема 10. Методы первого порядка (метод наискорейшего спуска, метод сопряженных градиентов). Понятие о генетических алгоритмах решения оптимизационных задач. Калибровка математической модели с использованием методов оптимизации. Практические занятия: применение численных методов первого порядка для решения оптимизационной задачи. Сравнительный анализ результатов.		6	6	8		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	49		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		70,5		73,5		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-6	Излагает и раскрывает суть методов подготовки данных для проведения моделирования и анализа результатов моделирования. Выполняет комплекс действий по подготовке данных для построения математических моделей в задачах, связанных с анализом данных. Применяет современные инструментальные средства моделирования и анализа данных.	
ПК-7	Раскрывает сущность и особенности моделирования как метода познания, описывает типовые математические модели и численные методы решения соответствующих вычислительных задач. Применяет приемы моделирования в задачах, связанных с анализом данных. Выбирает верные математические модели и методы при проведении анализа различных данных.	

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям. Учитываются баллы, полученные в течение семестра	
4 (хорошо)	Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный. Задание выполнено в достаточном объеме, но ограничивается только основными подходами. Учитываются баллы, полученные в течение семестра	

3 (удовлетворительно)	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки. Задание выполнено в соответствии с условием, решение представлено фрагментарно, его ход трудно проследить. Имеются отдельные несущественные ошибки. Учитываются баллы, полученные в течение семестра	
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе. Не учитываются баллы, полученные в течение семестра	

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 4	
1	Раскройте сущность моделирования как метода научного познания и его роль в исследовании сложных систем.
2	Дайте определения понятий «модель» и «моделирование».
3	Перечислите и объясните основные принципы, лежащие в основе построения моделей.
4	Приведите классификацию моделей по степени полноты отражения объекта исследования.
5	Приведите классификацию моделей по способу их реализации.
6	Дайте определение информационной модели и укажите её основные характеристики.
7	Какие модели относятся к классу существенно машинных? Приведите примеры.
8	Перечислите основные источники погрешностей при приближённом решении вычислительных задач.
9	Дайте определения понятий «значащая цифра» и «верная значащая цифра».
10	Поясните смысл утверждения: «Точность результата вычислений не может превосходить точности исходных данных».
11	Приведите пример плохо обусловленной вычислительной задачи и объясните, в чём заключается её неустойчивость.
12	Приведите пример плохо обусловленного вычислительного алгоритма и объясните причины его неустойчивости.
13	Сформулируйте постановку интерполяционной задачи и объясните, в чём состоит условие интерполирования.
14	В чём заключается различие между задачами локального и глобального интерполирования?
15	Возможно ли построение интерполяционного многочлена степени выше, чем $(n-1)$, по таблице, содержащей (n) узлов? Обоснуйте ответ.
16	Дайте определение интерполяционного кубического сплайна и поясните, как определяются его канонические коэффициенты для заданного интервала.
17	Существуют ли таблицы данных, для которых «естественный» сплайн и сплайн с условием «отсутствие узла» совпадают? Обоснуйте свой ответ.
18	Сформулируйте постановку задачи о наилучшем среднеквадратическом приближении функции.
19	В каких случаях решения задач интерполирования и наилучшего среднеквадратического приближения совпадают?
20	Установите связь между решением задачи наилучшего среднеквадратического приближения алгебраическим многочленом первой степени и зависимостью вида $(y = Ae^{Bx})$.
21	Перечислите основные типы задач, рассматриваемых для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

22	Приведите пример практической задачи, сводящейся к задаче Коши для одного уравнения или системы ОДУ.
23	Укажите минимальный набор параметров, необходимых для численного решения задачи Коши.
24	Какой численный метод реализуют функции семейства ode* в программных пакетах общего назначения?
25	Существует ли функция ode100? Обоснуйте ответ.
26	Возможно ли численное решение любой системы ОДУ с использованием функций ode*? Поясните ограничения.
27	Приведите пример жёсткой системы ОДУ и объясните, чем такие системы отличаются от обычных.
28	Сформулируйте общую постановку оптимизационной задачи и укажите её основные элементы.
29	Приведите пример задачи оптимизации, возникающей при обработке экспериментальных или статистических данных.
30	Объясните различие между численными методами нулевого и первого порядка, используемыми при решении оптимизационных задач.
31	Поясните, почему в программных пакетах отсутствует функция fmaxsearch, в то время как реализована fminsearch.
32	Можно ли гарантировать, что найденный численно минимум функции является глобальным? Обоснуйте ответ.
33	Может ли минимум, найденный методом Нелдера–Мида, быть ложным? Приведите пример.
34	Приведите пример практической задачи, формализуемой в виде задачи линейного программирования.
35	Укажите минимальный набор параметров функции linprog и порядок их следования.
36	Возможно ли решение задачи линейного программирования методом Нелдера–Мида? Объясните причины.
37	Раскройте основную идею генетических алгоритмов и их применение в решении задач оптимизации.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы) находятся в приложении к данному РПД

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐+ Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐+

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в компьютерном классе, и состоит из 2 теоретических вопросов и практико-ориентированного задания, которое выполняется на ПК с помощью специализированного ПО.

Время на подготовку ответа на теоретический вопрос составляет 15 минут. Время на ответ, требующий применения вычислительной техники составляет 20 минут.

Использование источников информации и технических средств при подготовке ответа на теоретический вопрос не допускается. При проведении экзамена пользоваться учебными материалами и иными информационными источниками не разрешается.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Воронина, П. В., Лапин, В. Н.	Математическое моделирование в задачах	Новосибирск: Новосибирский государственный университет	2023	https://www.iprbooks.hop.ru/134573.html
Окунева, Г. Л., Рябцева, С. В.	Математическое моделирование систем и процессов	Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ	2022	https://www.iprbooks.hop.ru/133720.html

Афонин, В. В., Федосин, С. А.	Моделирование систем	Москва: Интернет- Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа	2024	https://www.iprbookshop.ru/133951.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Бояршинов, М. Г.	Вычислительные методы алгебры и анализа	Саратов: Вузовское образование	2020	http://www.iprbookshop.ru/93065.html
Смирнов И. Н.	Моделирование систем и процессов. Статистическое моделирование	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2022	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202238

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Engage — российская система динамического моделирования сложных технических систем с применением методологии модельно-ориентированного проектирования, язык программирования Julia (<https://engage.com>).

Scilab — пакет прикладных программ, позиционируемый как общедоступная альтернатива MATLAB (<https://www.scilab.org/>).

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду

Приложение

рабочей программы дисциплины Методы прикладной математики

наименование дисциплины

по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатиканаименование ОП (профиля): Прикладной искусственный интеллект

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/п	Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)																																																																				
Семестр 4																																																																					
1	Практический кейс: интерполяция траекторий движения объектов в системах компьютерного зрения с помощью кубических сплайнов. Контекст задачи: автономный робот-курьер должен перемещаться по городу, объезжая препятствия. Для плавного и безопасного движения требуется: - восстанавливать траекторию по дискретным точкам GPS-треков робота; - для сохранности груза минимизировать рывки при изменении направления. Требования к решению: построить интерполяционный кубический сплайн, обеспечивающий точное восстановление траектории по дискретным точкам GPS-треков робота. Данные для работы: синтетические GPS-треки (координаты x_i, y_i с шагом 0.1 с), имитирующие движение в городской среде с поворотами и изменением скорости. Таблица данных (первые 20 точек, шаг 0.1 с) <table><tr><th>Время (с)</th><th>x_i (м)</th><th>y_i (м)</th><th>Примечание</th></tr><tr><td>0.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>Старт</td></tr><tr><td>0.1</td><td>0.12</td><td>0.01</td><td></td></tr><tr><td>0.2</td><td>0.24</td><td>0.02</td><td></td></tr><tr><td>0.3</td><td>0.36</td><td>0.03</td><td></td></tr><tr><td>0.4</td><td>0.48</td><td>0.04</td><td></td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.60</td><td>0.05</td><td></td></tr><tr><td>0.6</td><td>0.72</td><td>0.07</td><td></td></tr><tr><td>0.7</td><td>0.84</td><td>0.10</td><td></td></tr><tr><td>0.8</td><td>0.96</td><td>0.14</td><td>Начало поворота</td></tr><tr><td>0.9</td><td>1.08</td><td>0.19</td><td></td></tr><tr><td>1.0</td><td>1.20</td><td>0.25</td><td></td></tr><tr><td>1.1</td><td>1.32</td><td>0.32</td><td></td></tr><tr><td>1.2</td><td>1.44</td><td>0.40</td><td></td></tr><tr><td>1.3</td><td>1.56</td><td>0.49</td><td></td></tr><tr><td>1.4</td><td>1.68</td><td>0.59</td><td>Пик поворота</td></tr><tr><td>1.5</td><td>1.80</td><td>0.70</td><td></td></tr></table>	Время (с)	x_i (м)	y_i (м)	Примечание	0.0	0.00	0.00	Старт	0.1	0.12	0.01		0.2	0.24	0.02		0.3	0.36	0.03		0.4	0.48	0.04		0.5	0.60	0.05		0.6	0.72	0.07		0.7	0.84	0.10		0.8	0.96	0.14	Начало поворота	0.9	1.08	0.19		1.0	1.20	0.25		1.1	1.32	0.32		1.2	1.44	0.40		1.3	1.56	0.49		1.4	1.68	0.59	Пик поворота	1.5	1.80	0.70	
Время (с)	x_i (м)	y_i (м)	Примечание																																																																		
0.0	0.00	0.00	Старт																																																																		
0.1	0.12	0.01																																																																			
0.2	0.24	0.02																																																																			
0.3	0.36	0.03																																																																			
0.4	0.48	0.04																																																																			
0.5	0.60	0.05																																																																			
0.6	0.72	0.07																																																																			
0.7	0.84	0.10																																																																			
0.8	0.96	0.14	Начало поворота																																																																		
0.9	1.08	0.19																																																																			
1.0	1.20	0.25																																																																			
1.1	1.32	0.32																																																																			
1.2	1.44	0.40																																																																			
1.3	1.56	0.49																																																																			
1.4	1.68	0.59	Пик поворота																																																																		
1.5	1.80	0.70																																																																			

1.6	1.92	0.82	
1.7	2.04	0.95	Окончание поворота
1.8	2.20	1.10	Ускорение
1.9	2.38	1.27	

2 Практический кейс: моделирование распространения информации в социальной сети.

Контекст задачи: маркетинговое агентство планирует кампанию по распространению информации («вирусного контента») в социальной сети. Требуется построить модель планируемого процесса, которая позволит

- оценить, станет ли контент вирусным;
- подбирать значения параметров, характеризующих качество контента и частоту напоминаний;
- исследовать влияние параметров кампании на её результаты.

Основные допущения и упрощения:

- есть три группы пользователей:
S(t) — «незнающие» (ещё не видели контент);
I(t) — «активные распространители» (увидели и делятся информацией);
R(t) — «потерявшие интерес» (перестали делиться информацией);
- общее число пользователей $N=S+I+R$ постоянно;
- скорость распространения зависит от числа контактов между S и I;
- переход из I в R происходит с постоянной скоростью.

Требования к решению: построить математическую модель процесса в виде задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений; исследовать рост «вирусности» ($\beta = 0.001, 0.005, 0.01$) и скорость «забывания» ($\gamma = 0.05, 0.1, 0.2$).

Данные для работы: по результатам социологических опросов установлены
 $\beta > 0$ — коэффициент «заразительности» информации (вероятность передачи при контакте);
 $\gamma > 0$ — скорость «забывания» (выход из активной фазы);
N — общее число пользователей.
Стартовые значения: $\beta = 0.007, \gamma = 0.04, N = 112\,000$.

3 Практический кейс: прогнозирование трафика веб-сайта с оптимизацией гиперпараметров модели ML методами нулевого порядка.

Контекст задачи: при прогнозировании трафика веб-сайта компания использует экспоненциальное сглаживание – модель Simple Exponential Smoothing:

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_t,$$

где:

- $\hat{y}_{t+1}$ — прогноз на следующий период;
- y_t — фактическое значение в момент t ;
- α — коэффициент сглаживания ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Качество прогноза сильно зависит от коэффициента сглаживания. Требуется: найти значение α , минимизирующее ошибку прогноза на валидационной выборке.

Данные для работы:

Синтетический временной ряд (для старта):

модель: $y_t = 100 + 5t + 10\sin(0.5t) + \varepsilon_t$, где $\varepsilon_t \sim N(0,5)$; длина: 200 точек; разбиение: 150 — обучение, 50 — валидация.

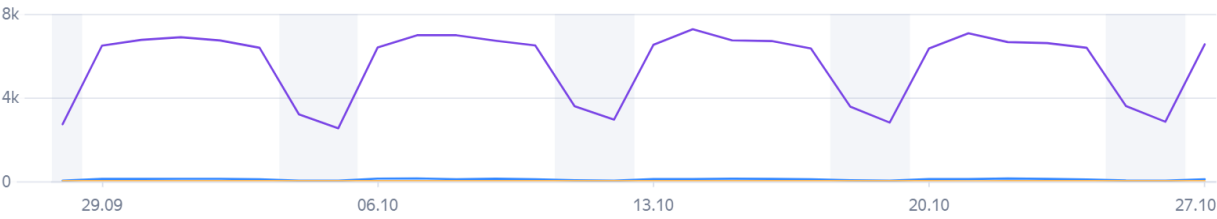
Реальный датасет: <https://metrika.yandex.ru/>, компанию и период наблюдения задает преподаватель.

Пример данных:

Источники трафика



Визиты



- ✓ **Переходы по ссылкам на сайтах** 167,7 тыс
- **Переходы из поисковых систем** 68 тыс
- **Прямые заходы** 12,9 тыс
- ✓ **Внутренние переходы** 2 576
- ✓ **Переходы из социальных сетей** 203