

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра информационных систем и математических методов в экономике

Авторы-составители: **Шишкин Владимир Андреевич
Ильин Иван Вадимович**

Рабочая программа дисциплины

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ (АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ)

Код УМК 20518

Утверждено
Протокол №8
от «17» апреля 2024 г.

Пермь, 2024

1. Наименование дисциплины

Численные методы (анализ экономических процессов)

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **01.03.02** Прикладная математика и информатика

направленность Анализ данных и искусственный интеллект в цифровой экономике

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Численные методы (анализ экономических процессов)** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Анализ данных и искусственный интеллект в цифровой экономике)

ПК.1 Способен проводить работы по сбору, обработке и анализу информации и результатов исследований в предметной области

Индикаторы

ПК.1.2 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Анализ данных и искусственный интеллект в цифровой экономике)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	6
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (6 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Численные методы (анализ экономических процессов).Первый семестр

Введение

Понятие "численные методы". Математические и компьютерные модели систем. Относительные и абсолютные ошибки, источники ошибок.

Входное тестирование

Элементы линейной алгебры, математического анализа, теории дифференциальных уравнений, оптимизации, программирования.

Тема 1. Приближение функций

Моделирование наборов данных и функций. Понятие близости. Интерполяция и аппроксимация. Полиномиальная интерполяция. Метод неопределённых коэффициентов, матрица и определитель Вандермонда. Интерполяционные многочлены Лагранжа и Ньютона. Оценка ошибки. Ортогональные многочлены Чебышёва и интерполяционные многочлены наилучшего приближения. Интерполяционные сплайны. Кусочно-кубический интерполяционный многочлен Эрмита. Дробно-полиномиальная интерполяция.

Численное дифференцирование. Построение интерполяционных формул методом неопределённых коэффициентов.

Приближение зашумлённых наборов данных, аппроксимация. Метод наименьших квадратов.

Тема 2. Численное интегрирование

Простейшие квадратурные формулы: прямоугольников, трапеций, парабол (Симпсона). Оценка погрешности.

Равномерные сетки, квадратурные формулы Ньютона-Котеса.

Неравномерные сетки, квадратурные формулы Чебышёва.

Поправка Рундсона, метод Рунге.

Формула Гаусса. Формула Гаусса-Кронрода.

Кубатурные формулы.

Оценка значения интеграла методом Монте-Карло.

Контрольная точка 1

Проверка знаний и умения использовать методы приближения функций, численного интегрирования и дифференцирования.

Тема 3. Задачи линейной алгебры

Векторные и матричные нормы. Оценка обусловленности матрицы.

Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод исключения Гаусса, метод полного исключения Гаусса-Жордана, выбор главного элемента. LU-разложение.

Вычисление определителя матрицы. Обращение матрицы, уточнение решения.

Ортогональные преобразования. Решение системы линейных алгебраических уравнений методами вращений и отражений.

Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

Метод Холецкого (метод квадратного корня) для систем с симметричной матрицей. LL-разложение.

Полная и частная проблемы собственных значений. Метод Крылова.

Тема 4. Решение нелинейных уравнений

Локализация корня скалярного нелинейного уравнения. Методы решения, основанные на сокращении интервала (метод деления отрезка пополам, метод хорд). Метод Ньютона (метод касательных) и метод

секущих.

Решение систем нелинейных уравнений. Сведение задачи решения системы нелинейных уравнений к задаче минимизации.

Метод простых итераций.

Локализация корней многочленов.

Тема 5. Решение дифференциальных уравнений

Решение дифференциальных уравнений.

Решение задачи Коши. Одношаговые и многошаговые методы.

Явный и неявный методы Эйлера. Метод Хьюна. Методы Рунге-Кутты. Метод Рунге-Кутты-Фелберга с адаптивным выбором длины шага.

Методы Адамса-Башфорта и Адамса-Моултона. Метод прогноза и коррекции.

Решение дифференциальных уравнений с запаздыванием.

Решение двухточечной краевой задачи. Метод пристрелки. Метод конечных разностей. Вариационные методы.

Контрольная точка 2

Проверка знаний и умения использовать численные методы линейной алгебры, методы решения нелинейных уравнений, а также методы решения дифференциальных уравнений (задача Коши, краевая задача).

Тема 6. Численная оптимизация

Минимизация скалярной функции. Методы исключения интервалов. Методы с использованием полиномиальной интерполяции. Методы с использованием производных.

Минимизация функции векторного аргумента. Методы прямого поиска. Градиентные методы.

Методы условной оптимизации на основе преобразования задачи.

Методы оптимизации из теории слабого искусственного интеллекта. Метод имитации отжига.

Генетические и эволюционные алгоритмы.

Тема 7. Некорректные задачи

Некорректные задачи и регуляризующие алгоритмы. Оценка точности и оптимальность регуляризующих алгоритмов. Регуляризация экстремальных задач.

Итоговое контрольное мероприятие

Проверка знаний и умения использовать методы приближения функций, численного интегрирования, решения линейных и нелинейных уравнений, дифференциальных уравнений, численной оптимизации.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Пименов, В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 1 : учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 111 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10886-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/539605>
2. Программирование, численные методы и математическое моделирование: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Прикладная математика и информатика"/И. Г. Семакин [и др.].-Москва:КНОРУС,2023, ISBN 978-5-406-10904-5.-298.

Дополнительная:

1. Гилл Ф.,Мюррей У.,Райт М. Практическая оптимизация/Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт ; пер. В. Ю. Лебедев ; ред. А. А. Петров.-М.:Мир,1985.-509.
2. Бабенко К. И. Основы численного анализа/К. И. Бабенко.-М.:Наука,1986.-744.
3. Бахвалов Н. С.,Жидков Н. П.,Кобельков Г. М. Численные методы:учебное пособие/Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков.-Москва:Лаборатория Базовых Знаний,2000, ISBN 5-93208-043-4.-624.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

При освоении дисциплины использование ресурсов сети Интернет не предусмотрено.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Численные методы (анализ экономических процессов)** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- 1) презентационные материалы (слайды по темам лекционных занятий);
- 2) доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- 3) доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- 4) интернет-сервисы и электронные ресурсы.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Приложения, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов;
2. Офисные пакеты приложений;

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

В учебном процессе для изучения дисциплины «Численные методы (анализ экономических процессов)» для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий требуется компьютерный класс. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для самостоятельной работы требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Для текущего контроля требуется компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Индивидуальные и групповые консультации - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской или аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Численные методы (анализ экономических процессов)**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Способен проводить работы по сбору, обработке и анализу информации и результатов исследований в предметной области

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ПК.1.2 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	Знает методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ. Умеет применять методы анализа научных данных, а также методы и средства планирования и организации исследований и разработок. Владеет методикой использования пакетов прикладных для анализа и планирования.	Неудовлетворител Не знает методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ. Допускает грубые ошибки в процессе применения методов анализа научных данных, а также методов и средств планирования и организации исследований и разработок. Не владеет методикой использования пакетов прикладных для анализа и планирования. Удовлетворительн Слабо знает методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ. Допускает ошибки в ходе применения методов анализа научных данных, а также методов и средств планирования и организации исследований и разработок. Демонстрирует неуверенное владение методикой использования пакетов прикладных для анализа и планирования. Хорошо Знает методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ. Допускает незначительные ошибки в процессе применения методов анализа научных данных, а также методов и средств планирования и организации исследований и разработок. Владеет методикой использования пакетов прикладных для

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Хорошо анализа и планирования. Отлично Отлично знает методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ. Умеет применять методы анализа научных данных, а также методы и средства планирования и организации исследований и разработок. Демонстрирует уверенное владение методикой использования пакетов прикладных для анализа и планирования.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : набор 2024

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 42 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 42 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Входное тестирование Входное тестирование	Элементы линейной алгебры, математического анализа, теории дифференциальных уравнений, оптимизации, программирования.
ПК.1.2 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	Контрольная точка 1 Письменное контрольное мероприятие	Знает и умеет использовать методы приближения функций, численного интегрирования и дифференцирования.
ПК.1.2 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	Контрольная точка 2 Защищаемое контрольное мероприятие	Знает и умеет использовать численные методы линейной алгебры, методы решения нелинейных уравнений, а также методы решения дифференциальных уравнений (задача Коши, краевая задача).
ПК.1.2 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	Итоговое контрольное мероприятие Итоговое контрольное мероприятие	Знает и умеет использовать методы приближения функций, численного интегрирования, решения линейных и нелинейных уравнений, дифференциальных уравнений, численной оптимизации.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Входное тестирование

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Знает и умеет использовать основные методы математического программирования.	2
Знает и умеет использовать основные методы решений дифференциальных уравнений.	2
Знает и умеет использовать основные понятия программирования: структура данных, программная конструкция, поток вычислений и т.п.	2
Знает и умеет использовать основные понятия математического анализа: предел, производная, интеграл и т.п.	2
Знает и умеет использовать основные понятия линейной алгебры: вектор, матрица, линейный оператор и т.п.	2

Контрольная точка 1

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12.5**

Показатели оценивания	Баллы
Знает и умеет использовать методы интерполяции и аппроксимации, численного дифференцирования.	20
Знает и умеет использовать основные методы численного интегрирования.	10

Контрольная точка 2

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12.5**

Показатели оценивания	Баллы
Знает и умеет использовать численные методы линейной алгебры: решение систем линейных алгебраических уравнений и обращение матриц, методы вычисления собственных значений и собственных векторов матрицы.	10
Знает и умеет использовать методы решения задачи Коши для дифференциальных уравнений.	10
Знает и умеет использовать методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений.	5
Знает и умеет использовать методы численного решения скалярных нелинейных уравнений и систем нелинейных уравнений.	5

Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Знает и умеет использовать методы интерполяции и аппроксимации.	8
Знает и умеет использовать численные методы линейной алгебры.	8
Знает и умеет использовать методы численной оптимизации.	8
Знает и умеет использовать методы решения нелинейных уравнений.	6
Знает и умеет использовать методы численного решения дифференциальных уравнений (начальные и краевые задачи)	5
Знает и умеет использовать методы численного интегрирования.	5