

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра прикладной математики и информатики

«Утверждаю»
Проректор по учебно-методической
работе

_____ Ю.А. Устименко
«23» июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Б1.В.12 Прогнозирование в условиях неопределенности

Направление подготовки **01.03.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль) **Математическое и информационное моделирование**
Форма обучения: очная
Курс – 4
Семестр – 7
Всего зачетных единиц – 3, часов – 108

Форма отчетности: зачет – 7 семестр

Программу разработал
Доцент Усачев В.И.

Одобрена на заседании кафедры
«16» июня 2022 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой _____ С.В. Козлов

Смоленск
2022

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Прогнозирование в условиях неопределенности» включена в дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений, основной образовательной программы по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Характерным для современного этапа развития естественных и технических наук является весьма широкое и плодотворное применение статистических методов во всех областях знания. Задача любой науки состоит в выявлении и исследовании закономерностей, которым подчиняются реальные процессы. Найденные закономерности имеют не только теоретическую ценность, они широко применяются на практике – в планировании, управлении и прогнозировании.

Изучение статистических моделей дает возможность понять различные свойства случайных явлений на абстрактном и обобщенном уровне, не прибегая к эксперименту. В математической статистике, наоборот, исследование связано с конкретными данными и идет от практики (наблюдения) к гипотезе и ее проверке.

Цель освоения данного курса — выработать глубокое теоретическое осмысление студентами основ математического аппарата и фундаментальных методов исследования, применяемых в данной дисциплине. Сформировать у студентов представления о статистическом моделировании как об одном из важных разделов современной статистики, развить навыки практического применения математического аппарата и реализации изучаемых алгоритмов с помощью современных информационных технологий.

Задачи освоения дисциплины «Прогнозирование в условиях неопределенности»:

- дать теоретическое обоснование некоторым основным положениям статистической обработки данных;
- выработать навыки решения основных практических задач по этой дисциплине;
- сформировать понятия, необходимые при изучении статистики и ее приложений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-1. Способен осуществлять поиск, анализ, систематизацию научной информации в области прикладной математики и информатики для реализации научно-исследовательских проектов и решения прикладных задач по проектированию и разработке программного обеспечения.	Знает: теоретические основы и технологии организации научно-исследовательской деятельности. Умеет: осуществлять поиск, анализ, систематизацию научной информации в области прикладной математики и информатики для реализации научно-исследовательских проектов и решения прикладных задач по проектированию и разработке программного обеспечения. Владеет: навыками организации и проведения научно-исследовательской деятельности в ходе выполнения профессиональных функций.
ПК-2. Способен анализировать требования и проектировать программное и информационное обеспечение компьютерных сетей, вычислительные модели и модели данных для реализации элементов новых (или известных) программных продуктов.	Знает: возможности существующей программно-технической аппаратуры, современных и перспективных средств разработки программных продуктов, технических средств; методологии разработки программного обеспечения, технологии программирования; методы и средства проектирования программного обеспечения, баз данных, программных интерфейсов; принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения, типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; методики формализации и алгоритмизации поставленных задач. Умеет: проводить анализ требований к программному

	<p>обеспечению, вырабатывать варианты их реализации, проводить оценку и обоснование вырабатываемых решений; использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения, применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов; использовать методы и приемы формализации и алгоритмизации задач, применять стандартные алгоритмы, использовать программные средства для графического отображения алгоритмов.</p> <p>Владеет: методами анализа возможностей реализации требований к программному обеспечению, оценки времени и трудоемкости их реализации, навыками по проектированию программного обеспечения, баз данных, программных интерфейсов, информационных ресурсов сети Интернет.</p>
--	--

3. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение.

Предмет курса, история и перспективы развития методов математического моделирования. Актуальность и значимость проблем имитационного и статистического моделирования.

Тема 2. Математические и статистические модели.

Понятие сложной системы. Показатели эффективности функционирования сложных систем. Виды моделирования систем. Классификация математических моделей. Дискретные непрерывные модели, детерминированные и стохастические модели. Агрегативные модели (А-модели).

Тема 3. Имитационное моделирование.

Имитационное моделирование и условия его применения. Понятие о модельном времени. Способы описания имитационных моделей на основе событий, активностей, транзактов, процессов, агрегатов. Этапы построения имитационной модели.

Тема 4. Статистическое моделирование.

Принципы моделирования случайных элементов. Датчики случайных чисел: табличные, физические, программные и их свойства. Псевдослучайные числа. Моделирование на компьютере случайных событий, дискретных и непрерывных случайных величин. Метод обратной функции и его применения. Метод исключения. Метод суперпозиции. моделирование векторных данных и случайных процессов. Моделирование случайных потоков. Контроль точности имитации.

Тема 5. Метод Монте-Карло и его применения.

Понятие вычислительного эксперимента. Метод Монте-Карло и его применения к приближенному вычислению интегралов. Методы понижения дисперсии при вычислении интегралов: выделение главной части, метод существенной выборки, метод расслоения выборки. Решение интегральных и линейных алгебраических уравнений методом Монте-Карло. Оптимальное планирование имитационных экспериментов. Цели и методы планирования экспериментов. Метод прямого статистического моделирования Г. Бёрда.

Тема 6. Обработка результатов численных экспериментов, интерпретация полученных результатов.

Статистические модели экспериментальных данных. Сжатие данных методами главных компонент и факторного анализа. Методы статистического исследования зависимостей. Интерпретация результатов численных экспериментов.

Тема 7. Моделирование ряда физических, биологических и экономических процессов.

Модели общего экономического равновесия. Модели экономических циклов неоклассического и кейнсианского типов. Модели молекулярной динамики.

Тема 8. Программное обеспечение

Обзор современного состояния имитационного и статистического моделирования. Принципы реализации методов статистического моделирования на языке R. Использование статистических пакетов (Statistica, SPSS, JASP, Past, NCSS, Gretl) при построении моделей

Тематический план

№	Темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Лабор. занятия	Самостоятельная работа
1	Введение в математическое и статистическое моделирование.	10	2	–	8
2	Сложные системы и виды их моделирования.	10	2	2	6
3	Имитационное моделирование.	16	2	4	10
4	Статистическое моделирование.	18	2	6	10
5	Метод Монте-Карло и его применения.	14	2	4	8
6	Статистические модели экспериментальных данных.	10	2	4	4
7	Моделирование ряда физических, биологических и экономических процессов	12	2	6	4
8	Использование статистических пакетов (R, Statistica, SPSS, JASP, Past, NCSS, Gretl) при построении моделей	18	2	8	8
ИТОГО		108	16	34	58

5. Виды образовательной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция 1.

Предмет курса, история и перспективы развития методов математического моделирования. Актуальность и значимость проблем имитационного и статистического моделирования.

Лекция 2.

Математические модели. Классификация математических моделей. Дискретные, непрерывные модели, детерминированные и стохастические модели

Лекция 3.

Имитационное моделирование и условия его применения. Понятие о модельном времени. Способы описания имитационных моделей. Этапы построения имитационной модели.

Лекция 4.

Статистическое моделирование. Принципы моделирования случайных элементов. Датчики случайных чисел: табличные, физические, программные и их свойства. Псевдослучайные числа. Моделирование на ЭВМ случайных событий, дискретных и непрерывных случайных величин. Метод обратной функции и его применения. Метод исключения. Метод суперпозиции. моделирование векторных данных и случайных процессов. Моделирование случайных потоков. Контроль точности имитации.

Лекция 5.

Понятие вычислительного эксперимента. Метод Монте-Карло и его применения к приближенному вычислению интегралов. Методы понижения дисперсии при вычислении интегралов: выделение главной части, метод существенной выборки, метод расслоения выборки. Решение интегральных и линейных алгебраических уравнений методом Монте-Карло. Оптимальное планирование имитационных экспериментов. Цели и методы планирования экспериментов. Метод прямого статистического моделирования Г. Бёрда.

Лекция 6.

Статистические модели экспериментальных данных. Сжатие данных методами главных компонент и факторного анализа. Методы статистического исследования зависимостей. Интерпретация результатов численных экспериментов.

Лекция 7.

Моделирование физических, биологических и экономических процессов. Модели общего экономического равновесия. Модели экономических циклов неоклассического и кейнсианского типов. Модели молекулярной динамики. Моделирование функции риска в анализе выживаемости с помощью регрессии Кокса.

Лекция 8.

Программное обеспечение – основы работы в статистических пакетах R, Statistica, SPSS, JASP, Past, NCSS, Gretl. Теоретические основы и технология построения моделей в них.

Занятия семинарского типа - лабораторные занятия

В качестве баз данных для построения моделей используется сайт негосударственного мониторинга социально-экономического положения и состояния здоровья населения Российской Федерации (RLMS-HSE).

<https://www.hse.ru/rlms/project>

Лабораторная работа № 1-4.

Цель работы: Построение простейших математических и статистических моделей: траектории движения объектов, модели в виде дифференциальных уравнений, регрессионные модели, временные ряды и т. д.

Образец:

Исследовать динамику безработицы в России. <https://www.hse.ru/rlms/project>

Лабораторная работа № 5-8.

Цель работы: Понятие об имитационном моделировании и условиях его применения. Понятие о модельном времени. Способы описания имитационных моделей. Этапы построения имитационной модели. Моделирование на ЭВМ случайных событий, дискретных и непрерывных случайных величин. Моделирование векторных данных и случайных процессов. Моделирование случайных потоков. Контроль точности имитации.

Образец:

Построить модель (с использованием R или Excel) бросания 15 игральных костей.

Ответить на вопрос о коррелированности нерегулярного доступа в Интернет и отсутствие профиля в социальных сетях с невысокой частотой общения с друзьями и родственниками в реальной жизни.

См. <https://www.hse.ru/rlms/vestnik#vestnik11> стр. 6.

Лабораторная работа № 9-11.

Цель работы: Понятие вычислительного эксперимента. Метод Монте-Карло и его применения к приближенному вычислению интегралов. Методы понижения дисперсии при вычислении интегралов: выделение главной части, метод существенной выборки, метод расслоения выборки. Решение интегральных и линейных алгебраических уравнений методом Монте-Карло.

Образец:

Методом Монте-Карло:

найти интеграл

$$\int_0^1 \frac{\sin x^2 + 5}{x^4 + x + 1} dx$$

решить систему

$$\begin{cases} 2x^2 + y - z = 3 \\ x - 4y + 3z = 5 \\ 3x + y^2 - 2z = 1 \end{cases}$$

Задача. Время между последовательными прибытиями покупателей в магазине равномерно распределяется в интервале от 1 до 20 мин. Для 50% покупателей время обслуживания составляет 8 мин, в то время как для остальных 50% это время составляет 14 мин. Предложите подходящий для этого случая генератор случайных чисел, отображающих времена прибытия покупателей, и другой такой генератор – для отображения времени обслуживания (применять таблицы случайных чисел не следует). Имитируйте 4 ч работы. Определите суммарное время ожидания покупателей и время простоя системы обслуживания

Лабораторная работа № 12-17.

Цель работы: Рассмотреть основы работы в статистических пакетах R, Statistica, SPSS, JASP, Past, NCSS, Gretl. Теоретические основы и технология построения моделей в них. Модель пропорциональных интенсивностей Кокса

Образец:

В пакете Statistica открыть файл примеров heart.sta. Следующие задания выполнить в Statistica, R, JASP, Past.

Построить таблицу времен жизни. Найти кумулятивную долю выживших и плотность вероятности. Функция мгновенного риска. Осуществить подгонку теоретического распределения к данным при помощи моделей Экспоненциальная регрессия, Линейный риск, Гомпертца и Вейбулла. Методом множительных оценок Каплана - Мейера дать оценку функции выживаемости.

Самостоятельная работа

Текущая самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студентов и развитие их практических умений. Она заключается в работе с лекционными материалами, поиске и обзоре литературы и электронных источников, информации по

заданным темам курса, опережающей самостоятельной работе, в изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку, подготовке к лабораторным занятиям.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов состоит в:

- проработке лекционного материала, составлении конспекта лекций по темам, вынесенным на самостоятельное изучение;
- выполнении домашних заданий.

Темы для самостоятельного изучения

1. История и перспективы развития методов математического моделирования.
2. Классификация математических моделей.
3. Способы описания имитационных моделей. Можно ли с помощью имитационной модели выявить свойства оригинала, явно не участвовавшие в построении модели.
4. Датчики случайных чисел: табличные, физические, программные и их свойства.
5. Псевдослучайные числа.
6. Линейная регрессионная модель. Оценка наименьших квадратов, формула ее вычисления. Несмещенные оценки для параметров линейной регрессионной модели.
7. Линейная гауссовская модель, достаточная статистика в линейной гауссовской модели.
8. Линейные гипотезы, F-критерий для проверки линейной гипотезы в гауссовской
9. линейной модели.
10. Регрессия с фиктивными переменными. Логистическая регрессия. Проверка качества полученной модели, требования к исходным данным. Интерпретация результатов.
11. Метод наименьших квадратов для нелинейных моделей. Метод Ньютона – Гаусса.
12. Байесовские оценки. Необходимая информация, функции штрафа. Байесовская оценка при квадратичной функции штрафа.
13. Обработка данных в пакете Past.

Консультирование студентов осуществляется в индивидуальном порядке на занятиях и во внеурочное время. Выполнение самостоятельной работы оценивается по электронным материалам, подготовленным студентами. Результаты деятельности накапливаются в индивидуальных портфолио студентов.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Теоретические вопросы

1. Предмет курса, история и перспективы развития методов математического моделирования.
2. Актуальность и значимость проблем имитационного и статистического моделирования.
3. Понятие сложной системы. Показатели эффективности функционирования сложных систем. Виды моделирования систем.
4. Классификация математических моделей. Дискретные непрерывные модели, детерминированные и стохастические модели. Агрегативные модели (А-модели).
5. Имитационное моделирование и условия его применения. Понятие о модельном времени.
6. Способы описания имитационных моделей на основе событий, активностей, транзактов, процессов, агрегатов. Этапы построения имитационной модели.
7. Принципы моделирования случайных элементов. Датчики случайных чисел: табличные, физические, программные и их свойства. Псевдослучайные числа.
8. Моделирование на компьютере случайных событий, дискретных и непрерывных случайных величин. Метод обратной функции и его применения. Метод исключения.
9. Метод суперпозиции. Моделирование векторных данных и случайных процессов. Моделирование случайных потоков. Контроль точности имитации.

10. Понятие вычислительного эксперимента. Метод Монте-Карло и его применения к приближенному вычислению интегралов.
11. Методы понижения дисперсии при вычислении интегралов: выделение главной части, метод существенной выборки, метод расслоения выборки.
12. Решение интегральных и линейных алгебраических уравнений методом Монте-Карло. Оптимальное планирование имитационных экспериментов.
13. Цели и методы планирования экспериментов. Метод прямого статистического моделирования Г. Бёрда.
14. Статистические модели экспериментальных данных. Сжатие данных методами главных компонент и факторного анализа.
15. Методы статистического исследования зависимостей. Интерпретация результатов численных экспериментов.
16. Модели общего экономического равновесия. Модели экономических циклов неоклассического и кейнсианского типов. Модели молекулярной динамики.
17. Обзор современного состояния имитационного и статистического моделирования.
18. Принципы реализации методов статистического моделирования на языке R.
19. Использование статистических пакетов (Statistica, SPSS, JASP, Past, NCSS, Gretl) при построении моделей

Критерии оценивания теоретических вопросов

Нормы оценивания ответов на теоретические вопросы

№ п/п	Теоретический вопрос	Количество баллов (*)
1	Дан краткий ответ на поставленный вопрос	1 балл
2	Дан развернутый ответ на вопрос с анализом результатов	2 балла

(*) Возможна градация в 0,25 балла.

Шкала оценивания. Оценка «зачтено» за ответы на теоретические вопросы выставляется, если набрано не менее 3 баллов при ответе на три вопроса, в противном случае выставляется «не зачтено».

Задания для лабораторных занятий

Задачи по темам курса предложены к каждому лабораторному занятию.

Задания для лабораторных и самостоятельной работ, образцы решений основных типовых задач практики также размещены в ЭИОС СмолГУ (www.moodle.smolgu.ru).

Образец задания

1. Построить модель (с использованием R или Excel) бросания 12 игральных костей.
2. Методом Монте-Карло найти интеграл $\int_0^1 \frac{\sin x^2 + 7}{x^4 + 2x + 5}$.
3. В пакете Statistica осуществить подгонку теоретического распределения к данным при помощи моделей экспоненциальной регрессии, линейного риска, Гомпертца и Вейбулла.

Критерии оценивания выполнения лабораторных работ

Нормы оценивания каждой лабораторной работы:

№п/п	Структурная часть работы	Количество баллов (*)
1	Ответ на теоретические вопросы по теме лабораторной работы	1 балл
2	Демонстрация выполнения конкретного задания, предложенного для самостоятельного решения к лабораторной работе	2 балла

(*) с возможностью градации до 0,25 балла.

Шкала оценивания. Оценка «зачтено» за лабораторную работу выставляется, если набрано не менее 2 баллов, в противном случае за работу выставляется «не зачтено».

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Зачетная работа

1. Исследовать динамику безработицы в Смоленской области.
2. Построить модель (с использованием R или Excel) бросания 30 игральных костей.
3. В пакете Statistica построить таблицу времен жизни. Найти кумулятивную долю выживших и плотность вероятности.

Критерии оценивания зачетной работы

Нормы оценивания работы

№ п/п	Структурная часть контрольной работы	Количество баллов (*)
1	Правильно реализован каждый метод решения	1 балл
2	Анализ результатов	2 балла

(*) Возможна градация в 0,25 балла.

Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Отлично	4,75-5
2	Хорошо	3,75-4,5
3	Удовлетворительно	3-3,5
4	Неудовлетворительно	менее 3

Критерий получения зачета

Зачет выставляется по результатам работы студента в течение семестра.

Для получения зачета студент должен:

- уметь отвечать на теоретические вопросы, рассмотренные на лекциях;
- уметь решать задачи, предложенные на лабораторных занятиях.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Михайлов, Г. А. Статистическое моделирование. Методы Монте-Карло : учебное пособие для вузов / Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 323 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11518-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/474241>.

2. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 495 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05070-7. — С. 19 — 34 — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449686>.

7.2. Дополнительная литература

1. Дайитбегов Д.М. Компьютерный технологии анализа данных в эконометрике. - М.: Вузовский учебник : НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 578 с.

2. Математическое и имитационное моделирование: Учебное пособие / Составитель А.А. Мицель А.А. – Юрга: Изд-во ЮТИ(филиал)ТПУ, 2016. – 108с.

3. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник — М: ООО «Бином-Пресс», 2007 г. — 512 с: ил. ISBN 978-5-9518-0215-6
4. Халафян А.А. Промышленная статистика: контроль качества, анализ процессов, планирование экспериментов в пакете STATISTICA : учебное пособие для студентов вузов / Халафян, Алексан Альбертович ; А. А. Халафян. - Москва : URSS : [Книжный дом "ЛИБРОКОМ"], 2013. - 380 с. : ил. - Библиогр.: с. 379-380. - ISBN 9785397035767.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Система дистанционного обучения СмолГУ (moodle.smolgu.ru).
2. Национальный открытый университет (intuit.ru).
3. Национальная платформа открытого образования (opened.ru).
4. Сеть разработчиков Майкрософт (msdn.microsoft.com/ru-ru/).
5. Каталог образовательных Internet-ресурсов (<http://window.edu.ru>).
6. Новая электронная библиотека (www.newlibrary.ru).
7. Федеральный портал «Российское образование» (www.edu.ru).
8. Математическое бюро: решение задач по высшей математике (www.matburo.ru).
9. Сайт материалов по математическим пакетам (<http://www.exponenta.ru/>).
10. Метод Монте-Карло (<http://www.math.ru/lib/book/plm/v46.djvu>).
11. Метод прямого статистического моделирования (<http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1034709>).

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, интерактивной доской, мультимедиапроектором, ноутбуком и колонками.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - компьютерная аудитория с выходом в Интернет.

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9. Программное обеспечение

KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный АО «Лаборатория Касперского», лицензия 1FB6-161215-133553-1-6231.

Microsoft Open License, лицензия 49463448 в составе: Microsoft Windows Professional 7 Russian; Microsoft Office 2010 Russian.

PTC Mathcad 15.0 (Лицензия 449732).

Установленный дистрибутив языка R или дистрибутив Microsoft R open (GPLv2 license).

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022