

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Павловский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Математическое и имитационное моделирование

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

09.03.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в экономике и управлении

Форма обучения

очная, очно-заочная

г. Павлово

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.07 Математическое и имитационное моделирование 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
УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1: Демонстрирует знание необходимых для осуществления профессиональной деятельности правовых норм УК-2.2: Демонстрирует умение определять круг задач в рамках избранных видов профессиональной деятельности, рационально планировать свою деятельность с учетом имеющихся ресурсов и существующих ограничений УК-2.3: Демонстрирует наличие практического опыта применения нормативной базы и решения задач в области избранных видов профессиональной деятельности	УК-2.1: Знать методы принятия оптимальных решений в задачах анализа и управления экономическими системами. УК-2.2: Уметь анализировать альтернативные варианты решений для достижения намеченных результатов; определять цели и этапы выполнения работ УК-2.3: Владеть методиками разработки целей и задач проекта; методами принятия оптимальных решений с учетом имеющихся ресурсов и ограничений	Задачи Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-9: Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области	ПК-9.1: Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области ПК-9.2: Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС ПК-9.3: Имеет	ПК-9.1: Знать основы математики, вычислительной техники и программирования ПК-9.2: Уметь решать задачи анализа экономических систем с применением естественнонаучных знаний, методов математического моделирования	Задачи Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

	практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области	ПК-9.3: Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования экономических и управленческих систем		
--	---	--	--	--

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	16	12
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32	12
- КСР	2	2
самостоятельная работа	58	82
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 З Ф	О Ф	О З Ф	О Ф	О З Ф	О Ф	О З Ф	О Ф	О З Ф
Тема 1. Применение имитационных систем в экономических исследованиях	12	12	1	1	2	1	3	2	9	10
Тема 2. Вероятностно-статистические методы моделирования экономических систем	11	11	1	1	2	1	3	2	8	9
Тема 3. Финансовое моделирование для решения задач финансового менеджмента	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 4. Имитационное моделирование для анализа рисков инвестиционных проектов	11	11	2	1	4	1	6	2	5	9

Тема 5. Технология имитационного моделирования в среде MS Excel	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 6. Программный комплекс «Project Expert» как средство финансового имитационного моделирования и анализа инвестиционных проектов	12	12	2	1	4	1	6	2	6	10
Тема 7. Основные составные части программного комплекса «Project Expert» и порядок работы с программой	12	12	2	2	4	2	6	4	6	8
Тема 8. Разработка инвестиционного проекта предприятия с применением пакета Project Expert. Построение финансовой имитационной модели предприятия	12	12	2	2	4	2	6	4	6	8
Тема 9. Анализ эффективности текущей и перспективной деятельности предприятия. Подготовка бизнес-плана инвестиционного проекта	12	12	2	2	4	2	6	4	6	8
Аттестация	36	36								
КСР	2	2						2	2	
Итого	144	144	16	12	32	12	50	26	58	82

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Применение имитационных систем в экономических исследованиях

Тема 2. Вероятностно-статистические методы моделирования экономических систем

Тема 3. Финансовое моделирование для решения задач финансового менеджмента

Тема 4. Имитационное моделирование для анализа рисков инвестиционных проектов

Тема 5. Технология имитационного моделирования в среде MS Excel

Тема 6. Программный комплекс «Project Expert» как средство финансового имитационного моделирования и анализа инвестиционных проектов

Тема 7. Основные составные части программного комплекса «Project Expert» и порядок работы с программой

Тема 8. Разработка инвестиционного проекта предприятия с применением пакета Project Expert. Построение финансовой имитационной модели предприятия

Тема 9. Анализ эффективности текущей и перспективной деятельности предприятия. Подготовка бизнес-плана инвестиционного проекта

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 24 ч., очно-заочная форма обучения - 12 ч.

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.

Цель самостоятельной работы - формирование навыков непрерывного самообразования и профессионального совершенствования.

Самостоятельная работа способствует формированию аналитического и творческого мышления, совершенствует способы организации исследовательской деятельности, воспитывает целеустремленность, системность и последовательность в работе студентов,

развивает у них навык завершать начатую работу.

Основные виды самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой;
- изучение категориального аппарата дисциплины;
- самостоятельное изучение тем дисциплины;
- подготовка к зачёту, экзамену;
- работа в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет.

Работа с основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к научным монографиям и материалам периодических изданий. Работа с литературой предусматривает конспектирование наиболее актуальных и познавательных материалов. Это не только мобилизует внимание, но и способствует более глубокому осмыслению материала, его лучшему запоминанию, а также позволяет студентам проводить систематизацию и сравнительный анализ изучаемой информации. Таким образом, конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, которая требует от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций. Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую литературу для учебной и научной работы, уметь обращаться с предметными каталогами и библиографическим справочником библиотеки.

Изучение категориального аппарата дисциплины

Изучение и осмысление экономических категорий требует проработки лекционного материала, выполнения практических заданий, изучение словарей, энциклопедий, справочников.

Индивидуальная самостоятельная работа студента направлена на овладение и грамотное применение экономической терминологии в области компьютерного моделирования.

Самостоятельное изучение тем дисциплины

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем изучаемой дисциплины. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, умений и навыков, всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

Изучение вопросов определенной темы направлено на более глубокое усвоение основных категорий экономической теории, понимание экономических процессов, происходящих в обществе, совершенствование навыка анализа теоретического и эмпирического материала.

Подготовка к зачёту, экзамену

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проходит в виде зачёта и экзамена, предусматривающего оценку. Условием успешного прохождения промежуточной аттестации является систематическая работа студента в течение семестра. В этом случае подготовка к зачёту, экзамену является систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

Рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к зачёту, экзамену, а также использовать в процессе обучения программу, учебно-методический комплекс, другие методические материалы.

Желательно спланировать троекратный просмотр материала перед зачётом, экзаменом. Во-первых, внимательное чтение с осмыслением, подчеркиванием и составлением краткого плана ответа. Во-вторых, повторная проработка наиболее сложных вопросов. В-третьих, быстрый просмотр материала или планов ответов для его систематизации в памяти.

Самостоятельная работа в библиотеке

Важным аспектом самостоятельной подготовки студентов является работа с библиотечным фондом.

Это работа предполагает различные варианты повышения профессионального уровня студентов:

- а) получение книг для подробного изучения в течение семестра на научном абонементе;
- б) изучение книг, журналов, газет - в читальном зале;
- в) возможность поиска необходимого материала посредством электронного каталога;
- г) получение необходимых сведений об источниках информации у сотрудников библиотеки.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам. Необходимо помнить об оформлении ссылок на Интернет-источники.

Тема 1. Применение имитационных систем в экономических исследованиях.

Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом

Тема 2. Вероятностно-статистические методы моделирования экономических систем.

Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом. Выполнение самостоятельного практического задания.

Пример задания

Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта «А». Предполагается, что наиболее существенное влияние на реализацию проекта оказывает объем выпуска Q , переменные затраты V и цена P . Диапазоны изменения этих переменных следующие:

Ключевые параметры проекта

Показатели

Сценарий

	наихудший	наилучший	вероятный
Объем выпуска Q	800	1800	1400
Цена за штуку P	20	50	30
Переменные затраты V	40	15	20

Неизменяемые параметры проекта

Показатели Наиболее вероятное значение

Постоянные затраты F 3000

Амортизация A 2000

Налог на прибыль T 30%

Норма дисконта r 10%

Срок проекта n 5

Начальные инвестиции I_0 30000

Предполагается, что ключевые переменные имеют равновероятные распределения. Провести имитационный и вероятностный анализ собственного риска проекта (100 имитаций) с использованием соответствующих функций MS Excel.

Тема 3. Финансовое моделирование для решения задач финансового менеджмента.
Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом. Выполнение самостоятельного практического задания.

Пример задания

Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта «В» Предполагается, что наиболее существенное влияние на реализацию проекта оказывает объем выпуска Q , переменные затраты V и цена P . Методом экспертных оценок установлены следующие распределения вероятностей для ключевых переменных:

Ключевые параметры проекта

Показатели

Сценарий

Наихудший

$P=0,1$ Наилучший

$P=0,1$ Вероятный

$P=0,8$

Объем выпуска Q	900	4000	2200
Цена за штуку P	30	70	60
Переменные затраты V	40	20	35

Неизменяемые параметры проекта

Показатели Наиболее вероятное значение

Постоянные затраты F 800

Амортизация A 300

Налог на прибыль T 30%

Норма дисконта r 6%

Срок проекта n 5

Начальные инвестиции I_0 20000

Провести имитационный и вероятностный анализ собственного риска проекта (100 имитаций) с использованием инструмента Генератор случайных чисел .

Осуществить статистический анализ взаимосвязей между ключевыми переменными.

Проверить гипотезу о нормальном распределении исходных переменных и полученных результатов.

Тема 4. Имитационное моделирование для анализа рисков инвестиционных проектов.

Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом. Выполнение самостоятельного практического задания.

Пример задания

Фирма рассматривает инвестиционный проект. В зависимости от ключевых факторов были получены значения критерия NPV по трём вариантам развития событий (оптимистичный, пессимистичный, реалистичный). Методом экспертных оценок были определены также вероятности реализации этих вариантов.

NPV (тыс. руб.)	Вероятность
-----------------	-------------

Минимум	N1	P1
Вероятное	N2	P2
Максимум	N3	P3

Провести оценку риска инвестиционного проекта методом имитационного моделирования (300 имитаций) в MS Excel . По результатам имитации определить среднее значение критерия NPV, стандартное отклонение NPV, вероятность того, что значение NPV будет меньше или равно 0, подсчитать сумму убытков и доходов. Провести статистический анализ полученных результатов с использованием Пакета анализа.

Тема 5. Технология имитационного моделирования в среде MS Excel.

Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом. Подготовка к компьютерному тестированию.

1. Стохастические модели предполагают:
 - a) Жесткие функциональные связи между переменными модели
 - b) Взаимосвязи переменных во времени
 - c) Наличие случайных воздействий на исследуемые показатели
2. Экономико-математические модели подразделяются на:
 - a) Статические
 - b) Динамические
 - c) Оптимизационные
 - d) Балансовые
3. Имитационное моделирование – это:
 - a) Серия численных экспериментов, призванных получить эмпирические оценки степени влияния исходных величин на результаты от них зависящие
 - b) Серия численных экспериментов, призванных получить теоретические оценки степени влияния исходных величин на результаты от них зависящие
4. Имитация - это:
 - a) Процесс проведения на компьютере экспериментов с математическими моделями сложных систем реального мира
 - b) Процесс проведения на компьютере экспериментов с реальными системами
5. Случайной называется величина, которая:
 - a) Относится к определенному моменту или периоду времени
 - b) Может с определенными вероятностями принимать те или иные значения
 - c) Имеет несколько значений, соответствующих некоторому числовому множеству
6. Дисперсией называется:
 - a) Сумма отклонений случайных величин от их среднего значения взвешенных на соответствующие вероятности
 - b) Сумма квадратов отклонений случайных величин от их среднего значения взвешенных на соответствующие вероятности
 - c) Сумма произведений случайных величин на их вероятности
7. Стандартное отклонение рассчитывается как:
 - a) Квадратный корень из дисперсии
 - b) Сумма отклонений случайных величин от их среднего значения
 - c) Сумма произведений случайных величин на их вероятности
8. Средним, или ожидаемым значением (математическим ожиданием) случайной величины называется:

- a) Сумма отклонений случайных величин от их среднего значения
 - b) Сумма отклонений случайных величин от их среднего значения, взвешенных на соответствующие вероятности
 - c) Сумма произведений случайных величин на их вероятности
9. Функцией распределения вероятностей случайной величины называется:
- a) Вероятность того, что случайная величина примет значение превосходящее число X
 - b) Вероятность того, что случайная величина примет значение не превосходящее число X
 - c) Вероятность того, что случайная величина примет значение равное числу X
10. Коэффициент вариации вычисляется как:
- a) Отношение стандартного отклонения к математическому ожиданию
 - b) Отношение дисперсии к математическому ожиданию
 - c) Отношение математического ожидания к дисперсии

Тема 6. Программный комплекс «Project Expert» как средство финансового имитационного моделирования и анализа инвестиционных проектов.

Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом.

Тема 7. Основные составные части программного комплекса «Project Expert» и порядок работы с программой

Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом.

Тема 8. Разработка инвестиционного проекта предприятия с применением пакета Project Expert . Построение финансовой имитационной модели предприятия.

Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом

Тема 9. Анализ эффективности текущей и перспективной деятельности предприятия. Подготовка бизнес-плана инвестиционного проекта.

Для самостоятельной работы предлагается проработка учебной литературы, работа с дополнительным теоретическим материалом

Для повышения эффективности самостоятельной работы студентов преподавателю целесообразно использовать следующие виды деятельности:

- консультации,
- выдача заданий на самостоятельную работу,
- информационное обеспечение обучения,
- контроль качества самостоятельной работы студентов.

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-2:

Задание 1

Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта «А». Предполагается, что наиболее существенное влияние на реализацию проекта оказывает объем выпуска Q , переменные затраты V и цена P . Диапазоны изменения этих переменных следующие:

Ключевые параметры проекта

Показатели	Сценарий		
	наихудший	наилучший	вероятный
Объем выпуска Q	800	1800	1400
Цена за штуку P	20	50	30
Переменные затраты V	40	15	20

Неизменяемые параметры проекта

Показатели	Наиболее вероятное значение
Постоянные затраты F	3000
Амортизация A	2000
Налог на прибыль T	30%
Норма дисконта r	10%
Срок проекта n	5
Начальные инвестиции I_0	30000

Предполагается, что ключевые переменные имеют равновероятные распределения. Провести имитационный и вероятностный анализ собственного риска проекта (100 имитаций) с использованием соответствующих функций MS Excel.

Задание 2

Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта «В». Предполагается, что наиболее существенное влияние на реализацию проекта оказывает объем выпуска Q ,

переменные затраты V и цена P. Методом экспертных оценок установлены следующие распределения вероятностей для ключевых переменных:

Ключевые параметры проекта

Показатели	Сценарий		
	Наихудший P=0,1	Наилучший P=0,1	Вероятный P=0,8
Объем выпуска Q	900	4000	2200
Цена за штуку P	30	70	60
Переменные затраты V	40	20	35

Неизменяемые параметры проекта

Показатели	Наиболее вероятное значение
Постоянные затраты F	800
Амортизация A	300
Налог на прибыль T	30%
Норма дисконта r	6%
Срок проекта n	5
Начальные инвестиции I ₀	20000

Провести имитационный и вероятностный анализ собственного риска проекта (100 имитаций) с использованием инструмента Генератор случайных чисел .

Осуществить статистический анализ взаимосвязей между ключевыми переменными.

Проверить гипотезу о нормальном распределении исходных переменных и полученных результатов.

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

Задание 3

Задача опроса прохожих

Предположим, опрашивают прохожих на улице города. Требуется оценить время проведения опроса и затраты на него. Входных данных, в обычном понимании, в данной модели нет (возможность отсутствия входных данных – особенность имитационного моделирования).

1 этап – определение параметров модели

Сначала требуется определить параметры модели. Пусть a – интервал между появлениями прохожих, которым можно задать вопрос; b – продолжительность беседы; c – желание прохожего беседовать.

Параметры данной модели являются случайными переменными. Случайной переменной назовем переменную, которая в результате опыта со случайным исходом принимает то или иное значение. Возможные значения случайной переменной образуют множество ее значений. В нашей модели a , b , c – случайные переменные.

2 этап – получение информации для построения модели.

Во многих случаях это можно сделать, проведя эксперимент. Предположим, что при сборе информации для каждой переменной изучены 100 прохожих и получены следующие данные. Интервал между появлениями прохожих, которым можно задать вопрос, был от 0 до 5 минут. Так как строится дискретная модель, то необходимо непрерывный промежуток времени $[0;5]$ сделать дискретным – решить, какие промежутки времени будут использоваться. Например, 1 минута. Это означает, что переменная a может принимать значения 0,1,2,3,4 и 5 мин. Это значения переменной a . Очевидно, что при сборе данных нет необходимости измерять время появления очередного прохожего с точностью, большей, чем 1 мин. Пусть 0 мин. прошло между появлениями 20 прохожих, 1 мин. – между 25 прохожих и т.д.

Время между появлениями прохожих, a	Число Прохожих, $d(a)$	Сумма прохожих	Вероятность	Случайные числа
0	20	20	0,2	0-19
1	25	45	0,25	20-44
2	34	79	0,34	45-78
3	12	91	0,12	79-90
4	7	98	0,07	91-97
5	2	100	0,02	98-99

В первом столбце приведены все значения переменной a ; во втором – экспериментально полученное число прохожих, прошедших с интервалом a ; в третьем – число прохожих, прошедших с интервалом не больше, чем a ; в четвертом – вероятность появления прохожего в течение времени a . (Вероятность появления равна отношению числа благоприятных случаев к общему числу случаев. $P(a)=d(a)/100$).

Пусть из 100 прохожих согласились побеседовать 50. Тогда вероятность того, что некоторый прохожий ответит на вопрос, равна 0,5.

Согласие прохожих беседовать	Количество прохожих	Сумма прохожих	Вероятность	Случайные числа
Да	50	50	0,5	0-49

Нет	50	100	0,5	50-99
-----	----	-----	-----	-------

Предположим , что беседа с прохожими продолжалась от 2 до 8 мин. Следовательно переменная b изменяется в интервале $[2,8]$. Будем использовать для b следующие значения: 2,4,6,8.

Продолжительность беседы, b	Количество бесед, d	Сумма бесед	Вероятность	Случайные числа
2	20	20	0,2	0-19
4	40	60	0,4	20-59
6	36	96	0,36	60-95
8	4	100	0,04	96-99

Сбор информации закончен.

3 этап – оценка полученной модели

Для оценки полученной модели будем использовать математ.ожидание и дисперсию.

$$M[a]=0*0.2+1*0.25+2*0.34+3*0.12+4*0.07+5*0.02=1.67$$

Мат. Ожидание переменной a равно 1,67. Следовательно, среднее время между появлениями прохожих – 1,67 мин.

$$\text{Мат.ожидание переменной } b: M[b]=2*0.2+4*0.4+6*0.36+8*0.04=4.48$$

Следовательно, средняя продолжительность беседы с прохожим – 4,48 мин.

Дисперсия случайной переменной характеризует разброс случ.переменной вокруг мат.ожидания. или более просто :

Найдем дисперсию случайных переменных a и b :

$$D[a]=0^2*0.2+1^2*0.25+2^2*0.34+3^2*0.12+4^2*0.07+5^2*0.02-1.67^2=1.5211$$

$$D[b]=2^2*0.2+4^2*0.4+6^2*0.36+8^2*0.04-4.48^2=2.6496$$

4 этап – моделирование процесса опроса.

Пусть имеется генератор случайных чисел, который позволяет получить псевдослучайные числа, равномерно распределенные в заданном диапазоне.

Предположим, имеются случайные числа в диапазоне от 0 до 99. Поставим в соответствие

каждой переменной модели набор случайных чисел										№ беседы
Появление прохожего				Согласие беседовать		Беседа				
прохоже	Набор случайных чисел определяется вероятностями. Например, для переменной a – интервала									
между появлениями прохожих – вероятность $p(0) = 0,2$, т.е. 20% случайных чисел должны										
Случайное число	Время между появлениями прохожих, а	Абсолютное время появления	Случайное число	Согласие беседовать	Случайное число	Продолжит. беседы, b	Абс. время оконч. беседы			

соответствовать $a=0$. Пусть это числа 0,1,219. Аналогично определены остальные случайные числа.

Пусть получены три последовательности случайных чисел:

56,90,90,87,95,52,11,46,80,1,49,2,65,79;

47,48,9,98,40,55,91,24,82,0,48,96,26,8;

51,87,78,33,65,94,2,79,60,70,68,80,72,86.

Первую используем для определения времени появления прохожих, вторую – для определения согласия прохожих беседовать, а третью – для определения продолжительности беседы.

Предположим, что следующая беседа может начаться сразу после окончания предыдущей.

Первое случайное число 56, оно соответствует $a=2$, следоват. первый прохожий появится через 2 мин. Второе случ. число 90 показывает, что второй прохожий появится через 3 мин., третий тоже через 3 мин. Случ. число 47 означает, что первый прохожий согласился побеседовать.

Случ. числа 48 и 9 означают, что второй и третий прохожий также согласны беседовать. Случ. число 51 показывает, что беседа с первым прохожим продлится 4 мин. , следовательно беседа со вторым прохожим не состоится, т.к. в момент его появления происходит беседа с первым. Можно побеседовать только с третьим прохожим, случ. число 78 показывает, что беседа с ним продлится 6 мин.

Если считать, что процесс начался в начальный момент времени, то в четвертом столбце таблицы указано через сколько минут после начала процесса появился очередной прохожий . Получим 5 интервью.

5 этап - Составим словесный алгоритм моделирования опроса:

1. Ввод числа бесед.
2. Увеличение счетчика числа прохожих $num_про$ на 1.
3. Получение случайного числа $rnd1$.
4. Если $0 \leq rnd1 \leq 19$, то время появления прохожего $a=0$ мин. ; если $20 \leq rnd1 \leq 44$, то $a=1$ мин. ; $45 \leq rnd1 \leq 78$, то $a=2$ мин.; $79 \leq rnd1 \leq 90$,то 3мин.; $91 \leq rnd1 \leq 97$, то $a=4$ мин.; $98 \leq rnd1 \leq 99$, то $a=5$ мин.
5. Изменение счетчика абсолютного времени появления прохожего $abs_a=abs_a+a$.
6. Проверка: если опрашивающий свободен, т.е. абсолютное время появления прохожего больше абсолютного времени окончания беседы $abs_a \geq abs_b$, то переход к шагу 7, в противном случае переход к шагу 12.
7. Получение случайного числа rnd . Если $rnd \leq 49$, то прохожий согласен беседовать $c=да$ и увеличение счетчика числа бесед num_int на 1. В противном случае $c=нет$.
8. Если $c=нет$, то переход к шагу 12. В противном случае получение случайного числа $rnd2$ и переход к шагу 9.
9. Если $0 \leq rnd2 \leq 19$, то $b=2$ мин.; Если $20 \leq rnd2 \leq 59$, то $b=4$ мин.; если $60 \leq rnd2 \leq 95$,то $b=6$ мин.; если $96 \leq rnd2 \leq 99$, то $b=8$.
10. Увеличение счетчика чистого времени бесед с прохожими tot_int на время последней беседы: $tot_int=tot_int+b$.
11. Увеличение счетчика абсолютного времени окончания беседы abs_b на время последней беседы: $abs_b=abs_a+b$.
12. Проверка, что проведено нужное количество бесед: если $num_int < n$, то переход к шагу 2, в противном случае переход к шагу 13.
13. Вывод результатов: число прошедших людей $num_про$, число проведенных бесед num_int , чистое время бесед tot_int , время появления последнего прохожего abs_a , время окончания последней беседы abs_b .

Если выполнить процедуру моделирования по этой программе для числа бесед 100,200, 300, 500 и 1000 числа бесед, то получим следующий результат.

Число прошедших прохожих	Время появления последнего прохожего	Число бесед	Чистое Время бесед	Время окончания последней беседы	M[a]	M[b]
404	632	100	432	638	1,564	4,32
813	1391	200	912	1397	1,711	4,56
1333	2183	300	1370	2189	1,638	4,567
2140	3570	500	2260	3574	1,668	4,52
4006	6683	1000	4442	6687	1,668	4,442

Из таблицы видно, что для проведения 100 бесед требуется 638 мин. (11 часов) ,из них 432 (7 часов) затрачивается на сами беседы, а 206 мин. (3 часа 30 мин.) на ожидание очередного прохожего, согласного беседовать. За 11 часов проходит 404 прохожих.

В алгоритме присутствуют случайные переменные, поэтому если выполнить моделирование еще раз, то результат будет отличаться от предыдущего.

6 этап - оценка надежности модели

Следующий этап работы с полученной моделью – оценка ее надежности. Необходимо определить насколько модель соответствует реальному процессу. Определим числовые характеристики распределений случайных переменных и сравним их с имеющимися.

Так, распределение времени между появлениями прохожих имеет мат.ожидание $M[a]=1,67$ и дисперсию $D[a]=1,5211$. Назовем их теоретическими характеристиками. Если характеристики модели близки к теоретическим, то модель надежна. Естественной оценкой для мат.ожидания $M[a]$ является среднее арифметическое результатов экспериментов. $M[a]=$. Дисперсия равняется:

Найдем оценки для математического ожидания распределений случайных переменных a и b , использованных в построенной модели. Для этого в алгоритм добавим шаг, в котором вычислим среднее арифметическое всех значений переменных a и b .

Для a – времени между появлениями прохожих – достаточно разделить абсолютное время появления последнего прохожего на количество прохожих., т.е. данные 2-го столбца разделить на данные 1-го столбца таблицы. Результат записан в 6 столбце.

Аналогично оценка для мат. ожидания переменной b – продолжительности беседы- среднее арифметическое продолжительности проведенных бесед. Достаточно данные 4-го столбца разделить на данные 3-го столбца. Результат записан в 7-м столбце.

Сравним полученные оценки и теоретические характеристики. Найдем относительную погрешность переменных a и b :

;

Для 100 бесед: или 6,3%.

или 3,6%.

Для 200 бесед: = 2,5%, = 1,8%

Для 300 бесед: = 1,9%, = 1,9%

Для 500 бесед: = 0,1%, = 0,9%

Для 1000 бесед: = 0,1%, = 0,8%

Если достаточно, чтобы погрешность модели не превышала 6,5%, то приведенные эксперименты по построенной модели удовлетворительны.

Задание 4

Управление запасами

Имитационные модели можно также использовать при анализе управления запасами. В работе многих производств, магазинов, складов и т.п. присутствует элемент неопределенности поставок комплектующих, материалов или товаров и спроса на продукцию. Построение аналитической модели такой ситуации очень сложно. В этом случае применяют методы имитационного моделирования.

Рассмотрим имитационную модель управления запасами на примере работы склада.

Рассмотрим поставки и отгрузку некоторого товара. Предположим, на основе наблюдений собрана следующая информация. Товар поступает от поставщика неравномерно. В таблице приведено распределение срока поставки после подачи заявки.

Срок поставки t , дн.	Вероятность	Случайные числа
2	0,2	0-19
4	0,5	20-69
6	0,3	70-99

Спрос на этот товар имеет следующее распределение.

Спрос за день d ,	Вероятность	Случайные числа
---------------------	-------------	-----------------

шт.		
140	0,05	0-4
160	0,1	5-14
180	0,2	15-34
200	0,3	35-64
220	0,2	65-84
240	0,1	85-94
260	0,05	95-99

Используя последовательности случайных чисел, проведем вычислительный эксперимент для 16 дней работы склада. Получая случайные числа, можно определить спрос. Исходя из спроса, определяется запас на складе. Начальный запас товара на складе составляет 1000 штук. Хранение единицы товара в день стоит 10 рублей. Принята следующая стратегия: если на складе остается меньше 400 штук товара, то на следующий день заказывается партия 1500 штук. Отсутствие единицы требуемого товара на складе оценивается в 300 рублей убытка в день. Затраты на подачу заявки 90 рублей.

Построим имитационную модель управления запасами. Параметры модели: t – срок поставки

№ дн я	Заказ			Заказ	Поставка		Неудовле творенный спрос
	Заказ шт.	Случ.число	Кол-во, шт.		Случ. число	Сро к, дн.	
1	1000	58	200	Нет			-
2	800	22	180	Нет			-

Всего не хватило 740 единиц товара, это принесло убыток $740 \cdot 300 = 222000$ рублей. Дважды делалась заявка на поставку, это стоило 180 рублей. Затраты на хранение за 16 дней составили 103800 рублей. Общие затраты за 16 дней составили 325980 руб. или 20378, 7 руб. в день. Для анализа функционирования склада 16 дней недостаточно. Расчеты сделаем для 100, 200, 300, 500, 1000 дней. Составим словесный алгоритм имитационной модели управления запасами на примере работы склада:

1. Начало процесса.
2. Ввод числа дней моделирования n .
3. Организация цикла по числу дней: цикл по i , i изменяется от 1 до n . (i номер текущего дня)
4. Проверка: если в этот день осуществляется поставка $day_supply = i$ (переменная даты поставки равна номеру текущего дня), то увеличение переменной числа товаров на складе $store$ на количество поставленного товара (1500 единиц) и отгрузка недопоставленного товара def : $store = store + 1500 - def$; если весь спрос удовлетворен $store > 0$ (число товаров на складе > 0), то недопоставленного товара нет: $def = 0$ (переменная недопоставленного товара $= 0$); установка переменной заявки на поставку – нет : $send = false$. В противном случае переход к шагу 5.
5. Проверка: если на складе осталось не больше 400 единиц товара : $store \leq 400$, то проверка: если заявки на поставку - нет: $send = false$ (переменная заявки на поставку $= false$), то отправка заявки на поставку: получение случайного числа $rnd2$; если $0 \leq rnd2 \leq 19$, то поставка будет через 2 дня: $t = 2$; если $20 \leq rnd2 \leq 69$, то поставка будет через 4 дня: $t = 4$; если $70 \leq rnd2 \leq 99$, то поставка будет через 6 дней: $t = 6$; установка переменной даты поставки через t дней $day_supply = i + t$ (к текущему дню прибавить срок поставки); увеличение переменной затрат на стоимость заявки (90 руб): $tot_exp = tot_exp + 90$; установка переменной заявки на поставку - да: $send = true$. В противном случае переход к шагу 6.
6. Увеличение переменной затрат на стоимость хранения товара (10 руб. за ед. товара)
7. Определение спроса за день: получение случайного числа $rnd1$, если $0 \leq rnd1 \leq 4$, то спрос 140 ед. товара $d = 140$; если $5 \leq rnd1 \leq 14$, то спрос 160 ед. товара $d = 16$; если $15 \leq rnd1 \leq 34$, то спрос 180 ед. товара $d = 180$; если $35 \leq rnd1 \leq 64$, то спрос 200 ед. товара $d = 200$; если $65 \leq rnd1 \leq 84$, то спрос 220 ед. товара $d = 220$; если $85 \leq rnd1 \leq 94$, то спрос 240 ед. товара $d = 240$; если $95 \leq rnd1 \leq 99$, то спрос 260 ед. товара $d = 260$.
8. Если спрос превышает запас на складе: $store < d$, то переменная дефицита увеличивается на разницу : $def = def + d - store$ (между спросом и количеством на складе), затраты возрастают на 300 руб. за каждую единицу недопоставленного товара : $tot_exp = tot_exp + def \cdot 300$ (Увеличение переменной затрат на: переменная дефицита умножить на 300; на складе товара нет: $store = 0$ (кол-во товара $= 0$). В противном случае запас товара на складе уменьшается на спрос: $store = store - d$.
9. Вывод результатов: затрат tot_exp ; средних ежедневных затрат tot_exp/n .

Выполним моделирование по приведенному алгоритму

Число дней	Общие затраты, руб.	Средние ежедневные затраты, руб.	Дни, когда спрос не был удовлетворен	Доля дней неудовлетворенного спроса

100	6278370	62783	47	0,47
200	11667940	58339	91	0,46
300	16079200	53597	127	0,42
500	23593430	47186	194	0,39
1000	55933260	55933	430	0,43

В 4-ом столбце записано количество дней, в которые спрос не был удовлетворен полностью (для его нахождения в алгоритм введен счетчик «дефицитных» дней, который увеличивается на 1, если спрос превышает количество товара. Средние ежедневные затраты составляют примерно 50000 рублей и больше 40% дней спрос не был удовлетворен. Так как на складе не может находиться в день больше 1900 штук товара (если на складе меньше 400 штук, то делается заказ на 1500 штук), то затраты только на хранение нереализованного товара не могут превышать 19000 руб. Следовательно основные затраты приходятся на убыток, связанный с отсутствием товара.

Изменим стратегию .

Мат. Ожидание срока поставки равно $M(t) = 2 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,5 + 6 \cdot 0,3 = 4,2$ дня.

Мат.ожидание ежедневного спроса равно 200 штукам. Следовательно , для удовлетворения спроса каждый день на складе должно быть 200 штук товара. Так как поставка осуществляется через 4,2 дня, то заказывать надо тогда, когда на складе остается примерно 840 штук.

Пусть новая стратегия предписывает делать заказ, когда на складе остается 840 штук товара.

Выполним моделирование в этом случае.

Число дней	Общие затраты, руб.	Средние ежедневные затраты, руб.	Дни, когда спрос не был удовлетворен	Доля дней неудовлетворенного спроса
100	1742460	17244,6	15	0,15
200	3530830	17654,1	25	0,13
300	5002600	16675,3	41	0,14
500	9294230	18588,5	69	0,14
1000	18516370	18516,4	162	0,16

Ни в одном случае ежедневные затраты не превышают 25000 рублей, а дней, когда спрос не был удовлетворен полностью, не больше 16%. Так как получена существенная экономия, то следует предпочесть вторую стратегию.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание основного и дополнительного материала
отлично	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание основного материала
очень хорошо	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание материала, допущено не более 2 неточностей не принципиального характера
хорошо	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, допущены неточности не принципиального характера, но обучающийся показывает систему знаний по теме своими ответами на поставленные вопросы
удовлетворительно	Задание выполнено не в полном объеме (решено более 50% поставленных задач), но обучающийся допускает ошибки, нарушена последовательность ответа, но в целом раскрывает содержание основного материала
неудовлетворительно	Задание выполнено не в полном объеме (решено менее 50% поставленных задач), обучающийся дает неверную информацию при ответе на поставленные задачи, допускает грубые ошибки при толковании материала, демонстрирует незнание основных терминов и понятий
плохо	Задание не выполнено, обучающийся демонстрирует полное незнание материала

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции УК-2:

Контрольная работа 1

Фирма рассматривает инвестиционный проект. В зависимости от ключевых факторов были получены значения критерия NPV по трём вариантам развития событий (оптимистичный, пессимистичный, реалистичный). Методом экспертных оценок были определены также вероятности реализации этих вариантов.

	NPV (тыс. руб.)	Вероятность
Минимум	N1	P1
Вероятное	N2	P2

Максимум	N3	P3

Провести оценку риска инвестиционного проекта методом имитационного моделирования (300 имитаций) в MS Excel . По результатам имитации определить среднее значение критерия NPV, стандартное отклонение NPV , вероятность того, что значение NPV будет меньше или равно 0, подсчитать сумму убытков и доходов. Провести статистический анализ полученных результатов с использованием Пакета анализа.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

Контрольная работа 2

Имитационная модель обслуживания клиентов

Построить имитационную модель функционирования парикмахерской, в которой работают два мастера. Предположим, что сделаны следующие наблюдения. Предварительной записи в парикмахерской нет. Клиенты приходят в случайный момент времени и ожидают обслуживания в очереди, если мастер занят. Некоторые клиенты желают обслуживаться только у определенного мастера. Другие соглашаются идти к другому мастеру, если предпочитаемый ими занят. Кроме того, есть клиенты, которым мастер безразличен. Время обслуживания клиента зависит от мастера и является случайной величиной.

Параметры модели: а – промежуток времени между появлениями клиентов; b – мастер, к которому желает попасть клиент; с – согласие пойти к другому мастеру; d1- продолжительность обслуживания первым мастером; d2- продолжительность обслуживания вторым мастером. Параметры модели являются случайными переменными. Предположим, сделаны наблюдения о распределении этих случайных переменных.

Таблица 1

Время между появлениями клиентов, а, мин	Вероятность P(a)	Случайные числа
5	0,05	0-4
10	0,1	5-14
15	0,2	15-34
20	0,4	35-74
25	0,2	75-94
30	0,05	95-99

Таблица 2

Мастер, к которому желает пойти клиент, b	Вероятность P(b)	Случайные числа
1	0,5	0-49
2	0,3	50-79
Любой	0,2	80-99

Таблица 3

Согласие пойти к другому мастеру, c	Вероятность P(c)	Случайные числа
Да	0,2	0-19
Нет	0,8	20-99

Таблица 4

Время обслуживания 1-м мастером, d1, мин	Вероятность P(d1)	Случайные числа
15	0,05	0-4
20	0,1	5-14
25	0,4	15-54
30	0,3	55-84
35	0,1	85-94
40	0,05	95-99

Таблица 5

Время обслуживания 2-м мастером, d2, мин	Вероятность P(d2)	Случайные числа
15	0,1	0-9
20	0,2	10-29
25	0,3	30-59
30	0,3	60-89
35	0,09	90-98
40	0,01	99

Используя последовательности случайных чисел, проведем вычислительный эксперимент обслуживания 15 клиентов. Сначала определяется время появления очередного клиента. – столбцы 1-3 затем, в столбцах 4 и 5 находится мастер, к которому пришел клиент; если мастер занят, то в столбцах 6 и 7 определяется согласие клиента идти к другому мастеру; в 8 столбце вычислено, сколько минут клиент ожидает; в 9-11 столбцах описано обслуживание 1-м мастером; в 12-14 столбцах – обслуживание 2-м мастером.

Из таблицы 6 видно, что примерно за 5 часов работы парикмахерской было обслужено 15 клиентов: 9- первым мастером, и 6 - вторым. При этом клиенты ожидали в совокупности 55 мин: из них 50 – 1-го мастера. Первый мастер простаивал 30 мин., а 2-ой 135 мин. Из-за малочисленности экспериментов нельзя сделать обоснованные выводы о работе парикмахерской на основании таблицы 6. Поэтому составим алгоритм имитационной модели работы парикмахерской.

Появление клиента			Мастер, к которому желает попасть клиент, b		Согласен ли идти к другому мастеру		Ожидание	Работа 1-го мастера			Работа 2-го мастера		
Случ. число	Время, а	Абс. время	Случ. число	Мастер	Случ. число	Согласие, с		Случ. число	Время, d1	Абс. время	Случ. число	Время, d2	Абс. время
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
56	20	20	47	1	51		-	20	25	45	74		
90	25	45	48	1	87		-	97	40	85	84		
90	25	70	9	1	78	нет	15(1)	39	25	110	67		
87	255	95	98	любой	33		-	24			17	20	115
95	30	125	40	1	65		-	42	25	150	16		
52	20	145	55	2	94		-	62			31	25	170
11	10	155	91	любой	2		-	53	25	180	62		
46	20	175	24	1	79	нет	5(1)	76	30	210	1		
80	25	200	82	любой	60		-	63			66	30	230
1	5	205	0	1	70	нет	5(1)	27	25	235	78		
49	20	225	48	1	68	нет	10(1)	63	30	265	56		
2	5	230	96	любой	80		-	12		33	25	255	
65	20	250	26	1	72	нет	15(1)	59	30	295	99		
18	15	265	5	1	12	да	-	38			57	25	290
69	20	285	99	любой	53		5(2)	45			52	25	315

Словесно-формульное описание алгоритма имитационной модели работы парикмахерской.
Обслуживают 2 мастера:

1. Начало процесса.
2. Ввод числа клиентов n .
3. Увеличение счетчика числа клиентов num_reo на 1.
4. Получение случайного числа rnd1 .
5. Если $0 \leq \text{rnd1} \leq 4$, то время появления очередного клиента $a=5$ мин. Если $5 \leq \text{rnd1} \leq 14$, то $a=10$ мин. Если $15 \leq \text{rnd1} \leq 34$, то $a=15$ мин. Если $35 \leq \text{rnd1} \leq 74$, то $a=20$ мин. Если $75 \leq \text{rnd1} \leq 94$, то $a=25$ мин. Если $95 \leq \text{rnd1} \leq 99$, то $a=30$ мин;
6. Изменение счетчика абсолютного времени появления клиента abs_a : $\text{abs_a} = \text{abs_a} + a$.
7. Проверка: если свободен 1-й мастер: $\text{tot_m1} \leq \text{abs_a}$, то очереди к 1-му мастеру нет: $\text{fr_m1} = \text{true}$ и $q1=0$. В противном случае очередь есть $\text{fr_m1} = \text{false}$ и ждать надо $q1 = \text{tot_m1} - \text{abs_a}$.
8. Проверка: если свободен 2-й мастер: $\text{tot_m2} \leq \text{abs_a}$, то очереди к 2-му мастеру нет: $\text{fr_m2} = \text{true}$ и $q2=0$. В противном случае очередь есть $\text{fr_m2} = \text{false}$ и ждать надо $q2 = \text{tot_m2} - \text{abs_a}$.
9. Проверка: если ждать 1-го мастера дольше, чем 2-го: $q1 < q2$, то переменная $\text{sec_m}=1$, в противном случае $\text{sec_m}=2$.
10. Получение случайного числа rnd2 .
11. Если $0 \leq \text{rnd2} \leq 49$, то клиент предпочитает 1-го мастера: $m=1$. если $50 \leq \text{rnd2} \leq 79$, то клиент предпочитает 2-го мастера: $m=2$; если $80 \leq \text{rnd2} \leq 99$, то клиенту мастер безразличен: $m=0$;
12. Проверка: если предпочтителен 1-й мастер: $m=1$ и он свободен $\text{fr_m1} = \text{false}$, то обслуживать будет 1-й мастер $\text{ser_m}=1$.
13. Проверка: если предпочтителен 2-й мастер: $m=2$ и он свободен $\text{fr_m2} = \text{false}$, то обслуживать будет 2-й мастер $\text{ser_m}=2$.
14. Проверка: если предпочтителен 1-й мастер $m=1$ и он занят $\text{fr_m1} = \text{true}$, то переход к шагу 15.
15. В противном случае переход к шагу 16.
15. Получение случайного числа rnd3 . Если клиент не согласен пойти к 2-му мастеру: $\text{rnd3} > 19$, то обслуживать будет 1-й мастер: $\text{ser_m}=1$. В противном случае, если 2-й мастер свободен $\text{fr_m2} = \text{false}$, то обслуживать будет 2-й мастер: $\text{ser_m}=2$. Иначе обслуживать этого клиента будет мастер, ждать которого меньше: $\text{ser_m} = \text{sec_m}$.
16. Проверка: если предпочтителен 2-й мастер $m=2$ и он занят $\text{fr_m2} = \text{true}$, то переход к шагу 18.
17. Получение случайного числа rnd3 . Если клиент не согласен пойти к 1-ому мастеру: $\text{rnd3} > 19$, то обслуживать будет 2-й мастер: $\text{ser_m}=2$. В противном случае, если 1-й мастер свободен $\text{fr_m1} = \text{false}$, то обслуживать будет 1-й мастер $\text{ser_m}=1$. Иначе обслуживать этого клиента будет мастер, ждать которого меньше: $\text{ser_m} = \text{sec_m}$.

18. Проверка: если мастер безразличен: $m=0$, то если 1-й мастер свободен $fr_m1=true$, то обслуживать будет 1-й мастер: $ser_m=1$. Иначе, если 2-й мастер свободен $fr_m2=true$, то обслуживать будет 2-й мастер $ser_m=1$. Иначе обслуживать этого клиента будет мастер, ждать которого меньше: $ser_m=sec_m$.
19. Если обслуживать будет 1-й мастер $ser_m=1$, то переход к шагу 20. В противном случае переход к шагу 22.
20. Получение случайного числа rnd . если $0 \leq rnd \leq 4$, то время обслуживания клиента $d=15$ мин. если $5 \leq rnd \leq 14$, то $d=20$ мин. если $15 \leq rnd \leq 54$, то $d=25$ мин. если $55 \leq rnd \leq 84$, то $d=30$ мин. если $85 \leq rnd \leq 94$, то $d=35$ мин. если $95 \leq rnd \leq 99$, то $d=40$ мин;
21. Увеличение счетчика времени 1-го мастера $tot_m1=abs_a+q1+d$, увеличение счетчика времени ожидания клиентами 1-го мастера $tot_q1=tot_q1+q1$ и увеличение счетчика чистого времени работы 1-го мастера $abs_m1=abs_m1+d$.
22. Получение случайного числа rnd . если $0 \leq rnd \leq 9$, то время обслуживания клиента $d=15$ мин. если $10 \leq rnd \leq 29$, то $d=20$ мин. если $30 \leq rnd \leq 59$, то $d=25$ мин. если $60 \leq rnd \leq 89$, то $d=30$ мин. если $90 \leq rnd \leq 98$, то $d=35$ мин. если $rnd=99$, то $d=40$ мин;
23. Увеличение счетчика времени 2-го мастера $tot_m2=abs_a+q2+d$, увеличение счетчика времени ожидания клиентами 2-го мастера $tot_q2=tot_q2+q2$ и увеличение счетчика чистого времени работы 2-го мастера $abs_m2=abs_m2+d$.
24. Вычисление вспомогательных параметров модели. Число клиентов, обслуженных каждым мастером: если клиента обслуживал 1-й мастер: $ser_m=1$, то счетчик числа его клиентов увеличивается на 1: $num_m1=num_m1+1$, в противном случае увеличивается счетчик числа клиентов 2-го мастера: $num_m2=num_m2+1$. Оценка для математического ожидания времени между появлениями клиентов к общему числу клиентов: $mo_a=abs_a/num_reo$. Оценки для математического ожидания времени обслуживания каждым мастером – чистое время работы мастера, деленное на число клиентов, обслуженных этим мастером: $mo_d1=abs_m1/num_m1$ и $mo_d2=abs_m2/num_m2$
25. Проверка, что прошло заданное число клиентов: если $num_reo < n$, то переход к шагу 3, в противном случае переход к шагу 26.
26. Вывод результатов: общее число клиентов num_reo , время появления последнего клиента abs_a , время работы 1-го мастера abs_m1 и число клиентов num_m1 , время работы 2-го мастера abs_m2 и число клиентов num_m2 , время, в течение которого клиенты ожидали 1-го мастера tot_q1 и 2-го мастера tot_q2 , оценки для математического ожидания времени между появлениями клиентов mo_a и времени работы каждого из мастеров mo_d1 и mo_d2 .
27. Конец процесса.

Рассмотрим результат работы этой программы

Общее число клиентов	Время появления последнего клиента	1-й мастер		2-й мастер		M[a]	M [d1]	M [d2]
		Чистое время работы	Число клиентов	Чистое время работы	Число клиентов			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	1935	1570	60	980	40	19,35	26,17	24,5
150	2805	2375	89	1510	61	18,7	26,69	24,75
200	3705	2895	106	2305	94	18,53	27,31	24,52
300	5610	4555	172	3305	128	18,7	26,48	25,82
500	9225	7800	289	5285	211	18,45	26,99	25,05
1000	18860	15410	565	10995	435	18,86	27,27	25,28

В 1-м столбце таблицы записано число обслуженных клиентов. Во 2-ом – абсолютное время появления последнего клиента (мин.). В 3-м и 4-м столбцах собрана информация о 1-м мастере: чистое время его работы и число клиентов. В 5-м и 6-м столбцах записана та же информация о 2-м мастере. В остальных столбцах записана оценка для математического ожидания времени появления клиентов и времени работы каждого из мастеров.

Например, пусть в парикмахерской обслужили 1000 клиентов. На это потребовалось 18860 мин. (примерно месяц работы, считая продолжительность рабочего дня 10 ч.). Первый мастер обслужил за это время 565 клиентов, работая 15410 мин. (примерно 257 часов). Второй мастер обслужил за это время 435 клиентов, работая 10885 мин (примерно 183 часа).

Рассмотрим характеристики распределения случайных величин. Используя таблицу найдем математическое ожидание времени между появлениями клиентов а:

$$M[a]=5*0,05+10*0,1+15*0,2+20*0,4+25*0,2+30*0,05=18,75$$

Аналогично, определяем математическое ожидание времени обслуживания 1-м и 2-м мастерами, соответственно:

$$M[d1]=15*0,05+20*0,1+25*0,4+30*0,3+35*0,1+40*0,05=27,25$$

$$M[d2]=15*0,1+20*0,2+25*0,3+30*0,3+35*0,09+40*0,01=25,55$$

Рассмотрим последнюю строку таблицы 2.15. Из 1000 клиентов 565 обслужил 1-й мастер. Это примерно 57%. Второй мастер обслужил 43% клиентов. Первый мастер работал 15410 мин. Из 18860 мин. для примерно 82% всего времени. Аналогично 2-й мастер работал примерно 58% всего времени. В то же время клиенты ожидали первого мастера 13430 мин., а 2-го – 2820 мин.

Хотелось бы повысить эффективность работы парикмахерской (под повышением эффективности работы будем понимать улучшение любой характеристики модели: например, уменьшение времени ожидания клиентами). Очевидные резервы – уменьшение времени простоя мастеров и уменьшение времени ожидания клиентами. Варьируем параметры модели. 50% клиентов желают обслуживаться у 1-го мастера, а 30% - у 2-го. Остальным клиентам мастер безразличен. Предположим, что 2-й мастер повысил свою квалификацию и клиентура распределилась так: 40% клиентов предпочитают 1-го мастера, 40% клиентов предпочитают 2-го мастера, а остальным - безразлично. Пойти к другому мастеру вместо того, чтобы ожидать

«своего» согласны не 20% клиентов, как раньше, а 35%. Выполним моделирование с такими распределениями.

В этом случае, распределение нагрузки на мастеров более равномерно, время ожидания клиентами меньше. Поэтому второе распределение более предпочтительно для работы парикмахерской. Следовательно, если на практике имеют место распределения, описанные в таблицах, то можно рекомендовать мероприятия, изменяющие распределения. Они не принесут прямой выгоды, так как общее число обслуженных клиентов не изменится, но сокращение времени ожидания улучшит репутацию мастерской, возможно, привлечет новых клиентов, а примерно одинаковая нагрузка мастеров благоприятствует психологическому климату в рабочем коллективе.

Задание 5. Расчет оптимальной партии заказа

Логисты торговой компании рассчитали сумму издержек на поставку товаров разными партиями.

Затраты на хранение единицы запаса в год определены в размере $I = 1\,000$ руб.

Общая потребность S задана в размере $2\,600$ руб.

Стоимость размещения одного заказа A задана в размере $15\,000$ руб.

Таблица 1. Расчет издержек на поставку и хранение товаров

Размер заказа, Q	Гарантийный запас, ГЗ	Средний запас, Q/2 + ГЗ	Затраты на хранение (1), Q/2*I	Затраты на хранение (2), ГЗ*I	Стоимость размещения заказа, S/Q*A	Общие издержки,[5] + [6]
1	2	3	4	5	6	7
100	100					
200	100					
300	100					
400	100					
500	100					
600	100					

Задание

1. Средствами Microsoft Excel рассчитать все показатели Таблицы 1. И определить оптимальный размер заказа.

2. Рассчитать размер оптимальной партии заказа по формуле Уилсона.
3. Сравнить полученные результаты.

Задание 5. Пример из практики

Рассмотрим московскую организацию, ведущую торговлю мукой. Годовая потребность организации в закупках муки - 4000 т. Вопрос определения ОРЗ стоял перед организацией довольно актуально в связи с необходимостью определиться с видом наиболее экономичного вида транспорта.

Для применения формулы Вильсона требуется задать исходные данные. Все денежные показатели даны в уе.

Стоимость размещения заказа была определена на основе следующих данных:

- затраты на работу с поставщиками рассчитаны через фонд заработной платы менеджеров и равны 3400.;
- стоимость аренды офиса 2000.

Затраты на хранение запаса:

- капитальные затраты - 7100 уе /т;
- альтернативные издержки - 90 уе/т (из расчета 14% годовых);
- стоимость обработки заказов (подача и уборка вагона, погрузка-выгрузка, стрейч-пленка) - 420 уе/т;
- аренда склада $13 \text{ уе. м}^2/\text{сут.} \times 150 \text{ м}^2 = 175 \text{ уе/мес.};$

Издержки обслуживания запаса:

- заработная плата кладовщика, водителя, бухгалтера - 372 уе/мес.;
- сертификация - 50.;
- лицензирование - 75.;
- аренда офиса на складе - 200.

Целесообразно проводить поставки ж\д транспортом, крытыми вагонами 68 тонн.

Рассчитать.

1 – оптимальную теоретическую партию заказа, количество поставок в год и периодичность поставок

2 – скорректированную оптимальную партию заказа с учетом специфики транспортных перевозок, количество поставок в год и периодичность поставок

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание основного и дополнительного материала
отлично	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание основного материала
очень хорошо	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание материала, допущено не более 2 неточностей не принципиального характера
хорошо	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, допущены неточности не принципиального характера, но обучающийся показывает систему знаний по теме своими ответами на поставленные вопросы
удовлетворительно	Задание выполнено не в полном объеме (решено более 50% поставленных задач), но обучающийся допускает ошибки, нарушена последовательность ответа, но в целом раскрывает содержание основного материала
неудовлетворительно	Задание выполнено не в полном объеме (решено менее 50% поставленных задач), обучающийся дает неверную информацию при ответе на поставленные задачи, допускает грубые ошибки при толковании материала, демонстрирует незнание основных терминов и понятий
плохо	Задание не выполнено, обучающийся демонстрирует полное незнание материала

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции УК-2:

1. Стохастические модели предполагают:

- a. Жесткие функциональные связи между переменными модели
- b. Взаимосвязи переменных во времени
- c. Наличие случайных воздействий на исследуемые показатели

2. Экономико-математические модели подразделяются на:

- a. Статические
- b. Динамические
- c. Оптимизационные
- d. Балансовые

3. Имитационное моделирование – это:

- a. Серия численных экспериментов, призванных получить эмпирические оценки степени влияния исходных величин на результаты от них зависящие
- b. Серия численных экспериментов, призванных получить теоретические оценки степени влияния исходных величин на результаты от них зависящие

4. Имитация - это:

- a. Процесс проведения на компьютере экспериментов с математическими моделями сложных систем реального мира
- b. Процесс проведения на компьютере экспериментов с реальными системами

5. Имеется несколько значений, соответствующих некоторому числовому множеству. Случайной называется величина, которая:

- a. Относится к определенному моменту или периоду времени
- b. Может с определенными вероятностями принимать те или иные значения
- c. Имеет несколько значений, соответствующих некоторому числовому множеству

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

1. Дисперсией называется:

- a. Сумма отклонений случайных величин от их среднего значения взвешенных на соответствующие вероятности
- b. Сумма квадратов отклонений случайных величин от их среднего значения взвешенных на соответствующие вероятности
- c. Сумма произведений случайных величин на их вероятности

2. Стандартное отклонение рассчитывается как:

- a. Квадратный корень из дисперсии
- b. Сумма отклонений случайных величин от их среднего значения
- c. Сумма произведений случайных величин на их вероятности

3. Средним, или ожидаемым значением (математическим ожиданием) случайной величины называется:

- a. Сумма отклонений случайных величин от их среднего значения
- b. Сумма отклонений случайных величин от их среднего значения, взвешенных на соответствующие вероятности
- c. Сумма произведений случайных величин на их вероятности

4. Функцией распределения вероятностей случайной величины называется :

- a. Вероятность того, что случайная величина примет значение превосходящее число X
- b. Вероятность того, что случайная величина примет значение не превосходящее число X
- c. Вероятность того, что случайная величина примет значение равное числу X

5. Коэффициент вариации вычисляется как :

- a. Отношение стандартного отклонения к математическому ожиданию
- b. Отношение дисперсии к математическому ожиданию
- c. Отношение математического ожидания к дисперсии

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	100% правильных ответов
отлично	90-99% правильных ответов
очень хорошо	81-89% правильных ответов
хорошо	66-80% правильных ответов
удовлетворительно	51-65% правильных ответов
неудовлетворительно	31-50% правильных ответов
плохо	30% и меньше правильных ответов

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	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. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	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	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			объеме	некоторые с недочетами	недочетами	и, выполнены все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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 УК-2

1. Понятие экономико-математической модели.
2. Роль моделей в экономической теории и принятии решений.

3.	Структура системы экономико-математических моделей.
4.	Требования, предъявляемые к математическим моделям.
5.	Классификация экономико-математических моделей.
6.	Предпосылки использования имитационных систем в экономических исследованиях.
7.	Статистическое имитационное моделирование, как метод анализа экономических систем.
8.	Этапы конструирования имитационных систем.
9.	Вероятностные методы анализа и моделирования экономических систем.
10.	Случайные события, величины и функции.
11.	Понятие вероятности и функции распределения вероятностей случайной величины.
12.	Плотность распределения вероятностей.
13.	Числовые характеристики случайных величин.
14.	Статистическая оценка законов распределения случайных величин.
15.	Основные законы распределений случайных величин.
16.	Понятие стохастической модели.
17.	Анализ стохастической модели с применением метода Монте-Карло.

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

Построение имитационной модели с использованием датчика случайных чисел.
Использование финансового моделирования для реализации основных принципов инвестиционной политики коммерческой организации.
Основные методы оценки инвестиционных проектов и их содержание.
Денежный поток, основные способы прогнозирования денежного потока и применение имитационного моделирования для его планирования.
Бюджетный подход при анализе инвестиций с использованием имитационного моделирования.
Понятие, расчет, применение и роль показателя чистая дисконтированная стоимость, его достоинства и недостатки.
Понятие, расчет, применение и роль показателя проверочный дисконт, его достоинства и недостатки.
Понятие, расчет и роль показателей индекс выгодности инвестиций и периода окупаемости инвестиций и возможности их применения при

выборе инвестиционных проектов.

Анализ альтернативных проектов, оценка инвестиций в условиях дефицита финансовых ресурсов.

Применение финансового моделирования для анализа эффективности инвестиционных проектов в условиях инфляции.

Общая концепция риска.

Виды предпринимательского риска.

Методы количественного анализа экономических рисков.

Понятие риска инвестиционного проекта.

Изменение денежного потока, как метод анализа риска инвестиционного проекта.

Риск, ассоциируемый с отдельным активом.

Дисконтирование по текущей стоимости, как метод анализа риска инвестиционного проекта.

Имитационная модель оценки риска. Имитационное моделирование и влияние рисков на эффективность инвестиционных проектов.

Количественный анализ рисков инвестиционных проектов с использованием финансовых функций MS Excel.

Способы разработки имитационных экспериментов в среде MS Excel.

Имитационное моделирование с применением математических и статистических функций MS Excel.

Имитация с использованием инструмента «Генератор случайных чисел».

Программа «Пакет анализа» в MS Excel.

Статистический и вероятностный анализ результатов имитационного эксперимента среде MS Excel.

Описательная статистика, как инструмент анализа данных в MS Excel.

Инструмент анализа данных «Корреляция» в MS Excel.

Программный комплекс «Project Expert» как средство финансового имитационного моделирования и анализа инвестиционных проектов.

Модель финансового планирования. Основные функции финансовых моделей.

Реализация динамической имитационной модели денежных потоков в программном комплексе «Project Expert».

Основные задачи, решаемые с помощью Project Expert.

Структура Project Expert.

Основные составляющие блоки программного комплекса Project Expert.

Последовательность действий при работе с программой Project Expert. Построение модели.

Разработка стратегии финансирования предприятия в Project Expert.

Формирование отчета в Project Expert.

Стандартный шаблон проекта в Project Expert.

Моделирование окружающей среды и денежных потоков предприятия в Project Expert

Разработка инвестиционного плана проекта в Project Expert.

Моделирование операционного плана компании в Project Expert.

Проигрывание различных сценариев развития предприятия в Project Expert.

Анализ эффективности текущей и перспективной деятельности предприятия в Project Expert.

Бизнес-план инвестиционного проекта в Project Expert.

Основные финансовые показатели в Project Expert.

Анализ чувствительности проекта в Project Expert.

Создание графиков и диаграмм в Project Expert.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

Оценка	Критерии оценивания
неудовлетворительно	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Горбунов В. К. Математическое моделирование рыночного спроса / Горбунов В. К. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 212 с. - Книга из коллекции Лань - Экономика и менеджмент. - ISBN 978-5-8114-3256-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=881401&idb=0>.
2. Горлач Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация : учебное пособие для вузов / Горлач Б. А., Шахов В. Г.; Шахов В. Г. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 292 с. - Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по программам высшего образования в областях: «Инженерное дело, технологии и технические науки» и «Науки об обществе». - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-507-46275-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=860394&idb=0>.
3. Матвеева Е. В. Математическое моделирование : учебное пособие. Ч. 1. Математическое моделирование. В 2 ч. Ч. 1 / Матвеева Е. В. - Хабаровск : ДВГУПС, 2022. - 100 с. - Книга из коллекции ДВГУПС - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=866674&idb=0>.
4. Матвеева Е. В. Математическое моделирование : учебное пособие. Ч. 2. Математическое моделирование. В 2 ч. Ч. 2 / Матвеева Е. В. - Хабаровск : ДВГУПС, 2022. - 106 с. - Книга из коллекции ДВГУПС - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=866675&idb=0>.
5. Акопов А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум / А. С. Акопов. - Москва : Юрайт, 2023. - 389 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-02528-6. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=841644&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Осипенко С.А. Математическое моделирование : учебно-методическое пособие / Осипенко С.А. - Москва : Директ-Медиа, 2022. - 144 с. - ISBN 978-5-4499-3176-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=878623&idb=0>.
2. Булыгина Ольга Валентиновна (Московский энергетический институт). Имитационное моделирование в экономике и управлении : Учебник / Московский энергетический институт; Московский энергетический институт. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2024. - 592 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-

014523-5. - ISBN 978-5-16-107028-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=889250&idb=0>.

3. Боев В. Д. Имитационное моделирование систем / Боев В. Д. - Москва : Юрайт, 2022. - 253 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/492781> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-534-04734-9 : 819.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=785031&idb=0>.

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

1. <http://www.gpss.ru> - GPSS - язык программирования для системы имитационного моделирования
2. www.pro-invest.com – сайт компании ПРОИНВЕСТ
3. www.intuit.ru – Интернет-университет информационных технологий
4. www.citforum.ru – центр информационных технологий
5. www.bptrends.com – аналитические материалы по моделированию бизнес-процесов
6. Электронная почта
7. Программный комплекс «Project Expert»
8. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
9. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресур-сов» <http://school-collection.edu.ru/>
10. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>
11. Операционная система Microsoft Windows
12. Пакет прикладных программ Microsoft Office
13. Правовая система «Консультант плюс»
14. Правовая система «Гарант».
15. Интернет браузеры (Mozilla Firefox, Google Chrome)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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): Ратафьев Сергей Васильевич, кандидат технических наук.

Рецензент(ы): Голубева Екатерина Александровна, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 27.11.2023, протокол № 5.