

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Кудрявцев Максим Сергеевич  
Должность: Проректор по образованию  
Дата подписания: 27.05.2026  
Уникальный программный ключ:  
790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e902bfb0

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**  
(Университет Вернадского)

Кафедра Экономического развития сельских территорий

Принято Ученым советом  
Университета Вернадского  
«26» марта 2026 г. протокол № 8



## Рабочая программа дисциплины

### Имитационное моделирование

Направление подготовки: **09.03.02 Информационные системы и технологии**

Направленность (профиль) программы: **Системная аналитика**

Квалификация: бакалавр

Форма обучения: очно-заочная

Балашиха 2026 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии

Рабочая программа дисциплины разработана профессором кафедры Экономического развития сельских территорий, д.э.н. Аскеровым П.Ф.

Рецензент: Рецензент: д.э.н., профессор кафедры Территориального управления и планирования Васильева И.В.

# 1 Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций

## 1.1 Перечень компетенций, формируемых учебной дисциплиной

<b>Общепрофессиональная компетенция</b>	
ОПК-1. Способен проводить моделирование, анализ и совершенствование бизнес-процессов и информационно-технологической инфраструктуры предприятия в интересах достижения его стратегических целей с использованием современных методов и программного инструментария;	<b>Знать (З):</b> методы моделирования, анализа для совершенствования бизнес-процессов и информационно-технологической инфраструктуры предприятия для достижения стратегических целей с использованием современных методов программного инструментария.
	<b>Уметь (У):</b> правильно определять стратегические цели с использованием методов современного программного инструментария.
	<b>Владеть (В):</b> основными методами, способами и средствами современного программного инструментария для определения стратегических целей в профессиональной области знания.
ОПК-2. Способен проводить исследование и анализ рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, выбирать рациональные решения для управления бизнесом;	<b>Знать (З):</b> способы проведения исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для рационального управления бизнесом.
	<b>Уметь (У):</b> пользоваться методами исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий.
	<b>Владеть (В):</b> Методами и приемами исследований рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для принятия рациональных решений.

## 2. Цели и задачи освоения учебной дисциплины, место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования 09.03.02 Информационные системы и технологии, профиль «Системная аналитика».

**Цель:** овладение студентами основными методами имитационного моделирования, умение использовать современные информационные технологии при решении инженерных задач, связанных с имитационным моделированием.

### **Задачи:**

- Овладение навыками и знаниями в области имитационное моделирование;
- Освоение методов моделирования случайных величин и процессов с заданным законом распределения.

## 3. Объем учебной дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий, текущий и промежуточный контроль по дисциплине) и на самостоятельную работу обучающихся

### 3.1 Очная форма обучения

Вид учебной работы	6 семестр
Общая трудоемкость дисциплины, зачетных единиц	4

<b>часов</b>	<b>144</b>
<b>Аудиторная (контактная) работа, часов</b>	<b>32,25</b>
в т.ч. занятия лекционного типа	16
занятия семинарского типа	16
промежуточная аттестация	0,25
<b>Самостоятельная работа обучающихся, часов</b>	<b>111,75</b>
Вид промежуточной аттестации	зачёт

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Перечень разделов дисциплины с указанием трудоемкости аудиторной (контактной) и самостоятельной работы, видов контролей и перечня компетенций**  
Очная форма обучения

Наименование разделов и тем	Трудоемкость, часов			Наименование оценочного средства	Код компетенции
	всего	в том числе			
		аудиторной (контактной) работы	самостоятельной работы		
<b>Раздел 1. Введение в дисциплину, основные понятия.</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	Тест	ОПК-1; ОПК-2
1.1. Предмет и задачи дисциплины, область применения имитационных моделей.	18	2	16		
1.2. Место имитационного моделирования среди других экономико-математических методов. Имитационная модель как источник ответа на вопрос: «что будет, если.....»	22	2	20		
<b>Раздел 2. Основы имитационного моделирования (технология разработки).</b>	<b>46,7</b>	<b>14</b>	<b>32,7</b>	Контрольная работа	ОПК-1; ОПК-2
2.1 Математические основы создания имитационной модели	22,7	6	16,7		
2.2.Метод Монте - Карло.	24	8	16		
<b>Раздел 3. Разработка имитационных моделей экономических процессов.</b>	<b>57</b>	<b>14</b>	<b>43</b>	Контроль ная работа	ОПК-1; ОПК-2
3.1. Процессы массового обслуживания в экономических системах. Имитационные модели экономических задач массового обслуживания.	24	7	17		
3.2. Управление запасами в экономических системах. Имитационное моделирование задач управления запасами.	24	7	17		
<b>Итого за семестр</b>	<b>143,7</b>	<b>32</b>	<b>102,7</b>		

Промежуточная аттестация	0,3	0,3		Вопросы к зачёту	ОПК-1; ОПК-2
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	144	30,3	114,7		

#### 4.2 Содержание дисциплины по разделам

##### Раздел 1. Введение в дисциплину, основные понятия.

- 1.1. Предмет и задачи дисциплины, область применения имитационных моделей.  
1.2. Место имитационного моделирования среди других экономико-математических методов. Имитационная модель как источник ответа на вопрос: « что будет, если.....»

##### Раздел 2. Основы имитационного моделирования (технология разработки).

- 2.1 Математические основы создания имитационной модели  
2.2.Метод Монте - Карло.

##### Раздел 3. Разработка имитационных моделей экономических процессов.

- 3.1. Процессы массового обслуживания в экономических системах. Имитационные модели экономических задач массового обслуживания. Планирование и организация компьютерного эксперимен  
3.2. Управление запасами в экономических системах. Имитационное моделирование задач управления запасами.

#### 5. Оценочные материалы по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине представлены в виде фонда оценочных средств.

#### 6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

##### 6.1 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания, количество страниц, режим доступа
1	Методические указания по изучению дисциплины

##### 6.2 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины \*

Электронные учебные издания в электронно-библиотечных системах (ЭБС)\*\*:

№ п/п	Автор, название, место издания, год издания, количество страниц	Ссылка на учебное издание в ЭБС
Основная:		
1	Боев В. Д. - МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ANYLOGIC. Учебное пособие для вузов - М.:Издательство Юрайт - 2019 - 298с. - ISBN: 978-5-534-02560-6 - Текст электронный // ЭБС ЮРАЙТ	<a href="https://urait.ru/book/modelirovanie-v-srede-anylogic-437871">https://urait.ru/book/modelirovanie-v-srede-anylogic-437871</a>

2	Древс Ю. Г., Золотарёв В. В. - ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие для СПО - М.:Издательство Юрайт - 2019 - 142с. - ISBN: 978-5-534-11951-0	<a href="https://urait.ru/book/imitacionnoe-modelirovanie-446488">https://urait.ru/book/imitacionnoe-modelirovanie-446488</a>
Дополнительная		
1	Боев В. Д. - ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ. Учебное пособие для прикладного бакалавриата - М.:Издательство Юрайт - 2019 - 253с. - ISBN: 978-5-534-04734-9	<a href="https://urait.ru/book/imitacionnoe-modelirovanie-sistem-438785">https://urait.ru/book/imitacionnoe-modelirovanie-sistem-438785</a>
2	Палей А.Г., Поллак Г.А. - Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic: учебное пособие - Издательство "Лань" - 2019 - 208с. - ISBN: 978-5-8114-3844-0	<a href="https://e.lanbook.com/book/122179">https://e.lanbook.com/book/122179</a>

### 6.3 Перечень электронных образовательных ресурсов \*

№ п/п	Электронный образовательный ресурс	Доступ в ЭОР (сеть Интернет, локальная сеть, авторизованный/свободный доступ)
1	Образовательная платформа Coursera. [Электронный ресурс]. - Режим доступа:-Загл. с экрана	<a href="https://www.coursera.org/">https://www.coursera.org/</a>

### 6.4 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы и лицензионное программное обеспечение

#### Современные профессиональные базы данных

<https://rosstat.gov.ru/>- Федеральная служба государственной статистики.

<https://cyberleninka.ru/>- научная электронная библиотека открытого доступа (OpenAccess).

<http://link.springer.com/> - полнотекстовая коллекция (база данных) электронных книг издательства SpringerNature.

<http://fcior.edu.ru/>- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов.

<http://window.edu.ru/>- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

#### Информационные справочные системы

1. Информационно-справочная система «Гарант». – URL: <https://www.garant.ru/>

2. Информационно-справочная система «Консультант Плюс». – URL: <http://www.consultant.ru/>

#### Лицензионное программное обеспечение

MicrosoftOffice (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д),

OpenOffice, Linux (бесплатное программное обеспечение широкого класса),

система дистанционного обучения Moodle ([www.edu.rgazu.ru](http://www.edu.rgazu.ru)),

Вебинар (AdobeConnect v.8, Zoom, GoogleMeet, Skype, Мираполис), программное обеспечение электронного ресурса сайта, включая ЭБС AgriLib и видеоканал РГАЗУ(<http://www.youtube.com/rgazu>),

антивирусное программное обеспечение Dr. WEB DesktopSecuritySuite.

### 6.5 Перечень учебных аудиторий, оборудования и технических средств обучения\*\*

Предназначение помещения (аудитории)	Наименование корпуса, № помещения (аудитории)	Перечень оборудования (в т.ч. виртуальные аналоги) и технических средств обучения*
<i>Для занятий лекционного типа</i>	Учебно-административный корпус. Каб. 129. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий (поточная).	Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования, проектор EPSON EB-1880, экран настенный моторизированный SimSCREEN
<i>Для занятий семинарского типа, групповых консультаций, промежуточной аттестации</i>	Учебно-административный корпус. Каб. 240.	Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования, проектор EPSON EB-1880, экран настенный моторизированный
<i>Для самостоятельной работы</i>	Учебно-административный корпус. Помещение для самостоятельной работы. Читальный зал	Персональные компьютеры 11 шт. Выход в интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета
	Учебно-лабораторный корпус. Помещение для самостоятельной работы. Каб. 320.	Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования, персональные компьютеры 11 шт. Выход в интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета
	Учебно-административный корпус. Каб. 105. Учебная аудитория для учебных занятий обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ	Специализированная мебель, набор демонстрационного оборудования. Автоматизированное рабочее место для инвалидов-колясочников с коррекционной техникой и индукционной системой ЭлСис 290; Автоматизированное рабочее место для слабовидящих и незрячих пользователей со стационарным видеоувеличителем ЭлСис 29 ON; Автоматизированное рабочее место для слабовидящих и незрячих пользователей с портативным видеоувеличителем ЭлСис 207 CF; Автоматизированное рабочее место для слабовидящих и незрячих пользователей с читающей машиной ЭлСис 207 CN; Аппаратный комплекс с функцией видеоувеличения и чтения для слабовидящих и незрячих пользователей ЭлСис 207 OS.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**  
(Университет Вернадского)

**Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной  
аттестации обучающихся по дисциплине  
Имитационное моделирование**

Направление подготовки: **09.03.02 Информационные системы и  
технологии**

Направленность (профиль) программы: **Системная аналитика**

Квалификация: бакалавр

Форма обучения: очно-заочная

Балашиха 2026г.

### 1. Описание показателей и критериев оценивания планируемых результатов обучения по учебной дисциплине

Компетенций	Индикатор сформированности компетенций	Уровень освоения*	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
<p><i>ОПК-1. Способен проводить моделирование, анализ и совершенствование бизнес-процессов и информационно-технологической инфраструктуры предприятия в интересах достижения его стратегических целей с использованием современных методов и программного инструментария</i></p>	<p><b>Знать (З):</b>методы моделирования, анализа для совершенствования бизнес-процессов и информационно-технологической инфраструктуры предприятия для достижения стратегических целей с использованием современных методов программного инструментария.</p>	<p><b>Пороговый (удовлетворительно)</b></p>	<p><b>знать:</b>методы моделирования, анализа для совершенствования бизнес-процессов и информационно-технологической инфраструктуры предприятия для достижения стратегических целей с использованием современных методов программного инструментария.</p> <p><b>уметь:</b>правильно определять стратегические цели с использованием методов современного программного инструментария.</p> <p><b>владеть:</b>основными методами, способами и средствами современного программного инструментария для определения стратегических целей в профессиональной области знания.</p>	
	<p><b>Уметь (У):</b>правильно определять стратегические цели с использованием методов современного программного инструментария.</p>		<p><b>Продвинутый (хорошо)</b></p>	<p><b>Знает твердо:</b>методы моделирования, анализа для совершенствования бизнес-процессов и информационно-технологической инфраструктуры предприятия для достижения стратегических целей с использованием современных методов программного инструментария.</p> <p><b>Умеет уверенно:</b>определять стратегические цели с использованием методов современного программного инструментария.</p> <p><b>Владеет уверенно:</b>основными методами, способами и средствами современного программного инструментария для определения стратегических целей в</p>

			профессиональной области знания.	
	<b>Владеть (В):</b> основными методами, способами и средствами современного программного инструментария для определения стратегических целей в профессиональной области знания.	<b>Высокий (отлично)</b>	<b>Имеет сформировавшееся систематические знания:</b> методах моделирования, анализа для совершенствования бизнес-процессов и информационно-технологической инфраструктуры предприятия для достижения стратегических целей с использованием современных методов программного инструментария. <b>Имеет сформировавшееся систематическое умение:</b> определять стратегические цели с использованием методов современного программного инструментария. <b>Показал сформировавшееся систематическое владение:</b> основными методами, способами и средствами современного программного инструментария для определения стратегических целей в профессиональной области знания.	
<i>ОПК-2. Способен проводить исследование и анализ рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, выбирать рациональные решения для управления бизнесом;</i>	<b>Знать (З):</b> способы проведения исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для рационального управления бизнесом.	<b>Пороговый (удовлетворительно)</b>	<b>знать:</b> способы проведения исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для рационального управления бизнесом. <b>уметь:</b> пользоваться методами исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий. <b>владеть:</b> Методами и приемами исследований рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для принятия рациональных решений.	
	<b>Уметь (У):</b> пользоваться методами исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных	<b>Продвинутый (хорошо)</b>	<b>Знает твердо:</b> способы проведения исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для рационального управления бизнесом. <b>Умеет уверенно:</b> пользоваться методами	

	технологий.		исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий. <b>Владеет уверенно:</b> Методами и приемами исследований рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для принятия рациональных решений.	
	<b>Владеть (В):</b> Методами и приемами исследований рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для принятия рациональных решений.	<b>Высокий (отлично)</b>	<b>Имеет сформировавшееся систематические знания:</b> о способах проведения исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для рационального управления бизнесом. <b>Имеет сформировавшееся систематическое умение:</b> о пользовании методами исследования и анализа рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий. <b>Показал сформировавшееся систематическое владение:</b> методами и приемами исследований рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, для принятия рациональных решений.	

\* зачтено выставляется при уровне освоения компетенции не ниже порогового

## 2. Описание шкал оценивания

### 2.1 Шкала оценивания на этапе текущего контроля

Форма текущего контроля	Отсутствие усвоения (ниже порогового)*	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Выполнение контрольного задания	не выполнена или все задания решены неправильно	Решено более 50% задания, но менее 70%	Решено более 70% задания, но есть ошибки	все задания решены без ошибок
Тест	Менее 51%	51-79%	80-90%	91% и более

### 2.2 Шкала оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет и экзамен, курсовая работа)

Форма промежуточной аттестации	Отсутствие усвоения (ниже порогового)	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Ответы на вопросы к зачёту	не выполнена или все задания решены неправильно	Цель и задачи вопроса достигнуты частично. Актуальность темы определена неубедительно.	Цель и задачи выполнения вопроса достигнуты. Актуальность темы подтверждена.	Ответы на вопросы к зачёту

**3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

**Раздел 1. Введение в дисциплину, основные понятия.**

**Примерные тестовые задания**

1. Что понимается под *технологией моделирования*?
  - a. Строго определённая последовательность этапов исследования модели.
  - b. Расчёт значений параметров системы.
  - c. Взгляд разработчика на математическую модель.
  - d. Совокупность математических зависимостей.
2. Модель -это...
  - a. Структура системы
  - b. Объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.
  - c. Алгоритм функционирования
  - d. Описание объекта.
3. Что понимается под *математической моделью*?
  - a. Первый этап построения компьютерной модели.
  - b. Совокупность соотношений, определяющих характеристики системы.
  - c. Совокупность объектов, выполняющих определённую задачу.
  - d. Расчёт значений одного варианта выходных характеристик.
4. Система массового обслуживания - это:
  - a. Совокупность технических и программных средств.
  - b. Первый этап построения математической модели.
  - c. Физическая модель системы.
  - d. Совокупность обслуживающих приборов, входного и выходного потоков
5. Коэффициент парной корреляции позволяет установить
  - a. Есть ли связь между случайными величинами и насколько сильная.
  - b. Отсутствие связи между выборками.
  - c. Вид функциональной зависимости между случайными величинами.
  - d. Форму функциональной зависимости между случайными величинами.
6. Коэффициент парной корреляции изменяется в пределах
  - a. От 0 до 1.
  - b. От -от до от.
  - c. От -1 до 1.
  - d. От -10 до 10.
7. Коэффициент парной корреляции равен 0,25. Это означает, что
  - a. Между случайными величинами связи нет.
  - b. Есть очень сильная связь.
  - c. Есть очень слабая связь.
  - d. Есть умеренная связь.
8. При изучении взаимосвязи трех процессов получены следующие коэффициенты

парной корреляции:  $r_{12} = 0,88$ ;  $r_{13} = -0,95$ ;  $r_{23} = 0,33$

Укажите наличие взаимосвязей исследуемых процессов

- a. У первого процесса - сильная прямая связь со вторым и сильная обратная с третьим процессом. У второго и третьего процессов сильная прямая связь.
  - b. У первого процесса - сильная прямая связь со вторым и сильная обратная с третьим процессом. У второго и третьего процессов связи нет.
  - c. У первого процесса - сильная обратная связь со вторым и сильная прямая с третьим процессом. У второго и третьего процессов сильная прямая связь.
  - d. Связи между процессами нет.
9. Для исследуемого процесса вычислены коэффициенты линейной регрессии:  $a^* = 3,4$ ;  $b^* = 2,5$ . Напишите уравнение регрессии.
- a.  $Y = 2.5 + 3.4 * X$
  - b.  $Y = -2.5 + 3.4 * X$
  - c.  $Y = 3.4 + 2.5 * X$
  - d.  $Y = 3.4 - 2.5 * X$
10. Для исследуемого процесса вычислены коэффициенты линейной регрессии:  $a^* = 3,4$ ;  $b^* = 2,5$ . Осуществите прогноз для  $X = 10$ .
- a. 28,4
  - b. 36,5
  - c. 5,9
  - d. 15,9
11. Что понимается под *имитационным моделированием*?
- a. Расчёт характеристик системы по заданному набору аналитических зависимостей.
  - b. Проведение экспериментов с математической моделью.
  - c. Искусственный вероятностный процесс для решения поставленной задачи.
  - d. Дискретно-событийное детерминированное представление исследуемого процесса.
12. Генератор случайных величин - это:
- a. Физическое устройство для получения случайных чисел.
  - b. Программа получения последовательности псевдослучайных величин
  - c. Таблица случайных величин.
  - d. Генератор дискретных событий для реализации моделирования.
13. Как рассчитываются вероятности начальных состояний однородной марковской цепи?
- a.  $p_{0i} = 1 / k$ .
  - b.  $p_{0i} = k$ .
  - c.  $p_{0i} = n / k$ .
  - d.  $p_{0i} = kn$ .
- a.
14. Как получить последовательность случайных величин, равномерно распределённых в интервале  $[-30, -20]$ ?
- a.  $X_i = 20^i$ .

- b.  $X_i = -30\delta_i$ .
  - c.  $X_i = -30 + (-20 + 30)$ .
  - d.  $X_i = (-30 - 20)^i$ .
15. Дисциплина обслуживания заявок в СМО - это...
- a. Порядок поступления заявок в очередь.
  - b. Длительность пребывания заявок на обслуживании.
  - c. Правило выбора заявок на обслуживание из очереди.
  - d. Правило определения длительности ожидания заявок начала обслуживания.
16. От каких величин зависит количество реализаций процесса имитационного моделирования?
- a.  $N = f(t_j, r)$ .
  - b.  $N = f(m, n)$ .
  - c.  $N = f(T_j, T_j^*, t_j)$ .
  - d.  $N = f(p, r, Q)$ .
17. Для построения графика используется функция:
- a.  $\text{plot}(f(X))$ .
  - b.  $\text{plot}(f(X), X=X_{\min} \dots X_{\max})$ .
  - c.  $\text{plot}(f)$ .
  - d.  $\text{plot}(f(X), X_{\min}, X_{\max})$ .

## Раздел 2. Основы имитационного моделирования (технология разработки).

### Примерные вопросы для контрольной работы

1. Характеристика основных этапов технологии моделирования.
2. Классификация математических моделей.
3. Структура модели СМО и классификация моделей СМО.
4. Потоки событий.
5. Методы построения генераторов случайных величин.
6. Проверка качества последовательностей случайных величин.
7. Моделирование случайных процессов (реализация события).
8. Моделирование случайных процессов (реализация группы событий).
9. Моделирование случайных процессов с заданным законом распределения.
10. Необходимое число реализаций имитационного эксперимента для обеспечения точности статистических характеристик.
11. Принципы построения моделирующих алгоритмов (принцип «Дельта т», «Особых состояний», «Последовательной проводки заявок»).

## Раздел 3. Разработка имитационных моделей экономических процессов

### Перечень задач для контрольной работы

#### Задача 1

Городская администрация города контролирует услуги микроавтобусов, которые развозят туристов и покупателей с автобусов и железнодорожного вокзалов в различные районы города. О потоке пассажиров, прибывающих на автобусную остановку, находящуюся около железнодорожного вокзала, были собраны следующие данные:

Время между							
-------------	--	--	--	--	--	--	--

моментами прибытия пассажиров, мин	0	1	2	3	4	5	6
Вероятность	0.04	0.16	0.24	0.28	0.16	0.10	0.02

По расписанию микроавтобусы должны прибывать каждые 10 мин, однако изменчивость транспортных условий приводит к следующему распределению их прибытия:

Интервал между последовательными прибытиями автобусов, мин	8	10	12	14	16
Вероятность	0.10	0.38	0.28	0.15	0.09

Число мест в автобусе определяется следующим распределением:

Число свободных мест	0	1	2	3	4	5	6
Вероятность	0.06	0.18	0.27	0.34	0.11	0.03	0.01

Требуется:

1. Построить имитационную модель потока из 30 пассажиров, прибывающих на автобусную остановку, в предположении, что моделируемый счетчик времени установлен на нулевой отметке.
2. Оценить среднее время ожидания автобуса пассажиром и среднюю длину очереди.

Задача 2

1. Опишите преимущества и недостатки применения имитационных моделей в исследовании систем массового обслуживания по сравнению с методами теории массового обслуживания.
2. По данным проведенных наблюдений было установлено, что интервалы между поступлениями жалоб от покупателей в крупном универмаге подчиняются следующему распределению:

Время между поступлениями жалоб, мин.	0-4	4-8	8-12	12-16
Вероятность	0.25	0.45	0.20	0.10

Жалобы покупателей рассматриваются одним служащим универмага, однако все покупатели, которые сочли свои претензии "серьезными" или которым пришлось ждать 5 мин и более, прежде чем быть принятыми служащим, который рассматривает жалобы, требуют переговоров с главным администратором, который принимает их жалобы самостоятельно. Продолжительность рассмотрения жалоб клиентов соответствующим служащим аппроксимируется нормальным распределением со средним значением 7 мин и стандартным отклонением, равным 2 мин. Было оценено, что 20% покупателей, имеющих

жалобы, считают свои претензии "серьезными".

Требуется:

а) Пользуясь приведенными выше данными, таблицей случайных чисел и нижеследующей таблицей, полученной из таблицы кумулятивного стандартного нормального распределения, описать этапы построения имитационной модели потоков прибытия и обслуживания клиентов в условиях данной системы.

Случайное число	Число отклоняющийся от среднего значения	Случайное число	Число j отклонений от среднего
00-01	-2,5	61-77	+0,5
02-04	-2,0	78-88	+1,0
05-10	-1,5	89-94	+1,5
11-21	-1,0	95-97	+2,0
22-38	-0,5	98-99	+2,5
39-60	0		

б) Используя приведенные ниже случайные числа, построить имитационную модель обслуживания 10 имеющих жалобы покупателей, если претензии некоторых из них являются серьезными.

Интервалы между прибытием покупателей, мин	09	06	51	62	83	61	59	20	82	68
Серьезные претензии, кол-во	5	0	7	3	8	2	9	8	1	6
Продолжительность обслуживания	39	60	50	31	02	02	83	90	71	16

в) Используя построенную имитационную модель, оценить долю покупателей, которые действительно встретятся с главным администратором универмага. Затем оценить общее время, которое главный администратор затратит на рассмотрение жалоб в предположении, что у него 8-часовой рабочий день, а время, которое он затрачивает на рассмотрение одной жалобы, подчиняется соответствующему распределению для служащего универмага, рассматривающего жалобы клиентов.

г) Кратко поясните, каким образом можно использовать имитационную модель для принятия решения о целесообразности или нецелесообразности принятия на работу еще одного служащего, рассматривающего жалобы покупателей.

### Задача 3

Корпорация "Romulus Products" производит операции со всеми клиентами в 30-дневный срок. Как показывает опыт, 80% всех счетов закрывается в течение одного месяца, а 70% оставшихся счетов — в течение следующего месяца после того, как клиенту посылается стандартное письмо-напоминание о просроченных счетах. Половина счетов остается неоплаченной в течение двух месяцев. После того, как было отправлено письмо, содержащее "последнее предупреждение", выплаты производятся в течение третьего месяца. Со всеми счетами, которые окажутся неоплаченными в течение трех месяцев, поступают одним из двух возможных способов. Если сумма на счету превышает 1000 ф.

ст., то для того, чтобы вернуть деньги, компания прибегает к законодательным процедурам. Принимая во внимание связанные с судебными процедурами издержки, доля исходной суммы, которую в конечном счете удастся вернуть, варьирует следующим образом:

Доля исходной денежной суммы, которую удастся вернуть, %	0-40	40-60	60-80	80-100
Вероятность	0.1	0.3	0.4	0.2

Прежде, чем окончательные выплаты будут произведены, проходит, как правило, не менее трех месяцев. Если денежная сумма на счету составляет менее 1000 ф. ст., то компания продает неоплаченные счета другой компании, специализирующейся на скупке долговых обязательств, получая за это 50% исходной суммы, выплаты которой производятся в течение одного месяца, т.е. к концу четвертого месяца. Суммы счетов, выписанных компаний за последние месяцы, распределяются следующим образом:

Сумма на счету, ф. ст.	0-200	200-500	500-1000	1000-2000	2000-5000
Вероятность	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1

Примем предпосылки о том, что связь между суммой счета в момент его оплаты и долей общей суммы, которую удастся возратить, отсутствует, а также о том, что оплата всех счетов производится в последний день каждого месяца. Темпы роста основного капитала компании равны 1,5% в месяц.

Требуется:

1. Определить вероятность того, что выплаты по любому счету будут произведены в конце:

- а) второго месяца;
- б) третьего месяца;
- в) четвертого месяца;
- г) шестого месяца.

2. Определить, какова ожидаемая стоимость в настоящий момент нового счета, размер неоплаченной суммы которого составляет 2000 ф. ст.? Значения ежемесячных коэффициентов дисконтирования:

Месяц	1	2	3	4	5	6
Коэффициент	0,9852	0,9707	0,9563	0,9422	0,9283	0,9145

3. Показать, используя указанные ниже случайные числа, каким образом можно построить имитационную модель системы в целом и определить текущее значение стоимости двух моделируемых счетов.

Счет 1	8	8	7	5	7
Счет 2	9	9	8	2	9

#### Задача 4

Администрация корпорации "Hentor Products pic" рассматривает вопрос о покупке новой упаковочной машины с автоматическим управлением. Новая машина позволит ликвидировать две старые, которые в настоящее время используются для упаковки продукта X. Ввиду более высокой автоматизации технологического процесса новая машина также позволит сократить затраты на оплату труда, а ввиду ее более высокой производительности — увеличить объемы производства. В связи со значительным ростом спроса на продукт X, по оценкам специалистов, установка новой машины приведет к увеличению прибыли за каждый из ближайших трех лет. Однако ввиду неопределенности спроса ежегодный приток капитала (включая сумму экономии), вызванный покупкой новой машины, нельзя оценить точно, поэтому при его расчете за каждый год использовались следующие вероятностные оценки:

Ежегодный приток капитала, тыс. ф. ст.					
1-й год	Вероятность	2-й год	Вероятность	3-й год	Вероятность
10	0,3	10	0,1	10	0,3
15	0,4	20	0,2	20	0,5
20	0,3-	30	0,4	30	0,2
		40	0,3		

Поскольку в объемах продаж продукта X также существует неопределенность, то для решения вопроса о целесообразности или нецелесообразности покупки новой упаковочной машины необходимо учитывать величину притока капитала только за ближайшие три года. Чистая стоимость новой машины за вычетом ликвидационной стоимости старого оборудования составит 42000 ф. ст. Воздействие налоговой политики можно не учитывать.

Требуется:

1. Не принимая во внимание изменение стоимости во времени, определить, какая из комбинаций ежегодных притоков капитала приведет к отрицательному значению общего притока капитала, а также вероятность появления этого события.
2. Рассчитать на основе средних значений притока капитала за каждый год текущее значение чистой стоимости новой машины, если стоимость капитала для компании равна 15%. Соответствующие коэффициенты дисконтирования имеют следующие значения:

Год	Значение коэффициента дисконтирования
1	0,8696
2	0,7561
3	0,6575

Построив имитационную модель расчета текущего значения чистой стоимости, оценить значение риска, соответствующее данной ситуации. При моделировании 5 множеств притоков капитала используйте приведенные значения случайных чисел. На основе полученных по имитационной модели результатов рассчитать ожидаемое значение чистой стоимости на настоящий момент и вероятность того, что внедрение новой машины приведет к получению отрицательного значения чистой стоимости на настоящий момент.

	Множество 1	Множество 2	Множество 3	Множество 4	Множество 5

1-й год	4	7	6	5	0
2-й год	2	4	8	0	1
3-й год	7	9	4	0	1

#### Задача 5

Мойщик машин, который в настоящее время работает на себя, установил свое оборудование на автомобильной стоянке около оживленной транспортной магистрали. На автомобильной стоянке могут находиться одновременно максимум два автомобиля, включая автомобиль, обслуживание которого производится в данный момент, причем в соответствии с местными правилами движения стоянка на дороге запрещена. Следовательно, любой потенциальный клиент, подъезжающий к стоянке в тот момент, когда все места парковки заняты, является потерянным для мойщика машин. В нижеследующей таблице приведены распределение интервалов прибытия потенциальных клиентов и распределение времени их обслуживания.

Время, мин.	Интервалы между прибытиями, %	Длительность обслуживания, %
0-2	15	10
2-4	50	25
4-6	20	30
6-8	5	25
8-10	5	10
10-12	5	0
Итого	100	100

Требуется:

- Оценить среднее число потенциальных клиентов в час.
- Используя приведенные ниже случайные числа, построить имитационную модель работы мойщика машин по обслуживанию 10 потенциальных клиентов и таким образом оценить число потерянных клиентов за 1 ч, пояснив при этом, каким образом генерируются интервалы между прибытиями клиентов и длительность обслуживания.

Номер клиента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайные числа:										
для интервалов прибытия	87 90	69 67	19 83	21 32	62 65	07 18	31 74	30 8	60 18	88 38
для длительности обслуживания										

#### Задача 6

Доктор Аббот и доктор Буф имеют в совместной собственности кабинет, в котором начиная с 9.00 ведут утренний прием больных. Приемная открывается в 8.30, а закрывается в 10.00 утра. Секретарь сохраняет записи об обращениях пациентов за

последние десять недель, кроме того, сами врачи ведут учет пациентов, принятых ими в часы консультаций. Входной поток имеет следующую структуру:

*Модель входного потока пациентов*

Промежуток между моментами появления пациентов, мин	1	2	3	4	5	6	7	8
Вероятность	0,05	0,05	0,10	0,20	0,40	0,10	0,05	0,05

Одна половина пациентов регистрируется у доктора Аббота, другая — у доктора Буфа, причем они образуют две отдельные очереди, которые движутся по принципу "обслуживания в порядке прибытия" (FIFO). Однако если свободен другой доктор, то 90% пациентов высказывают желание обратиться к нему, когда подошла их очередь, а их доктор занят. Распределение времени консультаций обоих докторов имеет следующий вид:

*Распределение времени консультаций модель обслуживания*

Продолжительность консультаций, мин.	6	8	10	12	14
Вероятность	0,10	0,20	0,50	0,10	0,10

Для каждого пациента отводится одинаковое время на консультацию независимо от того, какой из докторов его обслуживает. Однако в зависимости от конкретной ситуации можно ввести в модель и два типа распределений времени консультаций отдельно для каждого из врачей.

Используя имитационную модель, оценить входной поток пациентов в часы утреннего приема и ответить на следующие вопросы:

1. Какое число пациентов ожидает в приемной в 9.00 утра?
2. Чему равно среднее время ожидания пациентом приема в очереди?
3. В котором часу каждого из докторов покидает последний пациент?

Задача 7

1. Используйте метод Монте-Карло для распределения случайных чисел по интервалам приезда автомобилей.

Модель интервалов приезда автомобилей в ремонтную мастерскую представлена таблицей:

Интервалы приезда автомобилей	10	20	30	40
Вероятность	0,40	0,40	0,15	0,05

2. Построить модель процесса проведения опроса посетителей магазина. Провести расчеты проведения 10 интервьюером. Определить время, необходимое для проведения 10 интервью, и охват опросом посетителей ( доля посетителей, давших интервью).

Известны:

- модель появления посетителей – интервалы между моментами появления

Интервалы появления посетителей, мин.	0	2	4	6
---------------------------------------	---	---	---	---

Вероятность	0,25	0,35	0,20	0,20
-------------	------	------	------	------

- распределение продолжительности интервью

Продолжительность интервью, мин.	2	4	6
Вероятность	0,20	0,50	0,30

#### Задача 8

1. Используйте метод Монте-Карло для распределения случайных чисел по длительности обслуживания рабочим требованиям.

Модель длительности обслуживания рабочим требований представлена таблицей:

Продолжительность обслуживания, мин.	1	2	3	4
Вероятность	0,05	0,35	0,45	0,15

2. Построить имитационную модель работы мастерской «Шиномонтаж». Если очередь на ремонт больше двух автомобилей, то очередной подъезжающий автомобиль в очередь не встает. Расчеты провести за первую половину смены – 4 часа, начиная с 8 часов утра.

Определить количество автомобилей покинувших очередь за первую половину смены, время простоя мастерской и среднее время ожидания в очереди клиентов.

Известны:

- модель интервалов приезда автомобилей в мастерскую

Интервалы прибытия автомобилей, мин.	10	15	20
Вероятность	0,35	0,45	0,20

- модель обслуживания – распределение времени ремонта шин

Продолжительность ремонта, мин.	5	15	25
Вероятность	0,25	0,50	0,25

#### Задача 9.

1. Распределите интервалы случайных чисел по интервалам поступления требований на обслуживание станков.

Модель интервалов поступления требований на обслуживание станков представлена таблицей:

Интервалы поступления требований, мин.	1	3	6	9
Вероятность	0,10	0,25	0,45	0,20

2. Построить имитационную модель приема врачом поликлиники пациентов. Поликлиника начинает работу в 9 часов утра, регистратура открывается в 8:30. Расчеты провести за 2 часа работы поликлиники.

Определить количество принятых пациентов, среднее время ожидания приема.

Известны:

- модель потока пациентов

Интервалы появления пациентов, мин.	10	15	20
Вероятность	0,20	0,60	0,20

- модель обслуживания – распределение времени приема

Продолжительность приема, мин.	9	12	15
Вероятность	0,10	0,50	0,40

#### Задача 10

1. Известна реализация магазином холодильников по дням за прошедшие 100 дней.

Продолжительность обслуживания, мин.	1	2	3	4
Вероятность	0,05	0,35	0,45	0,15

Определите вероятность продажи в день 1,2,3,4 холодильников.

Используйте метод Монте-карло для распределения случайных чисел по количеству продаваемых в день холодильников.

2. Разработать имитационную модель управления запасами.

Автозавод покупает аккумуляторы у внешнего поставщика. Спрос на аккумуляторы за неделю имеет следующее распределение

Спрос за неделю, шт.	450	500	550
Вероятность	0,35	0,50	0,15

Начальный запас аккумуляторов составляет 1000 шт., причем администрация завода приняла решение о подачах заказов на партии аккумуляторов размером в 1500 шт. каждый раз когда их запас опускается ниже уровня в 1000 шт.

Распределение времени поставки заказа.

Время поставки заказа, недель.	1	2	3
Вероятность	0,30	0,40	0,30

Провести по имитационной модели расчета в течении 20 недель и определить:

- среднее значение спроса за неделю;
- средний размер запаса на конец недели;
- средний размер дефицита;
- число заказов, поданных в течении 20 недель.

### КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ (ЗАЧЁТ)

#### Вопросы для промежуточной аттестации (зачет) по дисциплине

1. Методика формального представления объекта моделирования и принципы, на которых базируется теория моделирования.
2. Характеристика основных этапов технологии моделирования.
3. Методология разработки концептуальной модели.
4. Разработка математической модели и характеристика обобщённых формализованных схем.
5. Классификация математических моделей.
6. Структура модели СМО и классификация моделей СМО.
7. Потоки событий.
8. Методы построения генераторов случайных величин.
9. Проверка качества последовательностей случайных величин.
10. Моделирование случайных процессов (реализация события).
11. Моделирование случайных процессов (реализация группы событий).
12. Моделирование случайных процессов (реализация сложного события).

состоящего из двух независимых событий).

13. Моделирование случайных процессов (реализация сложного события, состоящего из двух зависимых событий).

14. Моделирование случайных процессов (реализация однородной марковской цепи).

15. Моделирование случайных процессов с заданным законом распределения.

16. Необходимое число реализаций имитационного эксперимента для обеспечения точности статистических характеристик.

17. Принципы построения моделирующих алгоритмов (принцип «Дельта t», «Особых состояний», «Последовательной проводки заявок»).

18. Алгоритм имитации функционирования одноканальной СМО и анализ показателей её функционирования.

19. Алгоритм имитации функционирования многоканальной СМО и анализ показателей её функционирования.

20. Методика определения приоритетов обслуживания заявок.

21. Моделирование случайных величин (на GPSS).

22. Модель многоканальной СМО (на GPSS).

23. Модель многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди (на GPSS).

24. Модель СМО с приоритетами (на GPSS).

25. Методика расчёта вероятностей состояний однородной марковской цепи.

26. Методика составления уравнений Колмогорова.

27. Предельные вероятности состояний.

28. Процесс «размножения и гибели».

29. Модель многоканальной СМО с отказами.

30. Модель одноканальной СМО с ограниченной очередью.

31. Модель одноканальной СМО с неограниченной очередью.

32. Модель многоканальной СМО с ограниченной очередью.

33. Модель многоканальной СМО с неограниченной очередью.

34. Модель СМО с ограниченным временем ожидания.

35. Методика расчёта характеристик СМО с использованием пакета Maple.