

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Андрей Драгомирович Хлутков  
Должность: директор  
Дата подписания: 26.03.2026 21:28:04  
Уникальный программный ключ:  
880f7c07c583b07b775f6604a630281b13ca9fd2

Приложение 4  
к образовательной программе

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.10 Имитационное моделирование**

(индекс, наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

### **38.03.05 Бизнес-информатика**

(код, наименование направления подготовки/специальности)

### **Бизнес-аналитика**

(наименование образовательной программы)

### **Очная форма обучения**

(форма обучения)

Год набора - 2025

Санкт-Петербург

**Автор(ы)-составитель(и) РПД:**

Наумов Владимир Николаевич, д.в.н., профессор, заведующий кафедрой бизнес-информатики

**Заведующий кафедрой:**

Наумов Владимир Николаевич, доктор военных наук, профессор, заведующий кафедрой бизнес-информатики

Рабочая программа дисциплины Б1.В.10 Имитационное моделирование одобрена на заседании кафедры бизнес-информатики факультета экономики и финансов СЗИУ РАНХиГС.

протокол № 10 от «27» августа 2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание и структура дисциплины
4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии их оценивания
5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам
6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине
7. Методические материалы по освоению дисциплины
8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Дисциплина Б1.В.10 «Имитационное моделирование» обеспечивает формирование у обучающихся следующих универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций\*:

ОТФ/ТФ и реквизиты ПС  (при наличии)**	Код компетенции **	Наименован ие Компетенции **	Код индикатора достижения компетенций **	Наименование индикатора достижения компетенций **	Образова тельный результат **
<p>Обоснован ие решений D/6</p> <p>Формирова ние возможных решений на основе разработан ных для них целевых показателе й D/01/6</p> <p>Анализ, обосновани е и выбор решения D/02.6</p>	ПКС -3	Способен обосновывать решения на основе оценки и анализа целевых показателей, построения и применения алгоритмических моделей	ПКС-3.1	Способен применять системный подход, методы теории принятия решений, методы оптимизации при обосновании решения	<p>ПКС -3.1 3-1 знание общих принципов общей теории систем</p> <p>ПКС-3.1 У-1 умение применять IT-инструменты (приложения и платформы) для обеспечения работ по бизнес-анализу; анализировать факторы и условия</p>

\* Дисциплина может формировать компетенцию полностью или частично.

\*\* Должно соответствовать Приложению 1 к образовательной программе

## 2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы

### Объем дисциплины

Объем дисциплины и виды учебной работы. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы/144 академических/108 астрономических часов. Контактная работа с преподавателем составляет 56

академических / 42 астрономических часа. В том числе лекционных занятий 24/18 часов; практических занятий 30/22,5 часов. Самостоятельная работа – 52 часа (астрономических часов – 39). На промежуточный контроль выделяется 36 аудиторных (27 астрономических) часов. Формой промежуточного контроля является экзамен.

Дисциплина реализуется частично с применением дистанционных образовательных технологий (далее – ДОТ).

Доступ к системе дистанционных образовательных технологий осуществляется каждым обучающимся самостоятельно с любого устройства на портале: <https://lms.ranepa.ru/>. Пароль и логин к личному кабинету/профилю предоставляется студенту в деканате.

Теоретические занятия (лекции) проводятся по потокам. Общий объем лекционного курса составляет 24 академических часов.

Практические занятия организуются по группам в виде семинаров в диалоговом режиме в компьютерном классе путем решения практических задач прогнозирования. Общий объем практических занятий 30 академических часов.

Программой предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 52 академических часа. В рамках самостоятельной работы студенты изучают теоретический материал в целях подготовки к устному опросу и тестированию, выполняют практические контрольные и профессионально-исследовательское задание (разрабатывают модель, решают задачи имитационного моделирования, используют методы теории планирования экспериментов, проведения экспериментов и обработки их результатов, методов математической статистики, применяют средства и системы имитационного моделирования), готовятся к организационно-мыслительной игре и практическим контрольным заданиям.

### **Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Дисциплина Б1.В.10 «Имитационное моделирование» входит в часть (Б1.В) дисциплин, формируемую участниками образовательных отношений, по направлению бакалавриата 38.03.05 «Бизнес-информатика». Изучается в 6-ом семестре (второй семестр 3-го курса).

Преподавание дисциплины «Имитационное моделирование» основано на дисциплинах – Б1.О.07.05 «Теория вероятностей и математическая статистика», Б1.В.06 «Анализ данных», Б1.О.07.06 «Эконометрическое моделирование», Б1.О.07.01 - «Математический анализ», Б1.В.15 «Введение в науку о данных. SQL и Python», Б1.В.17 «Язык программирования R». В свою очередь она создаёт необходимые предпосылки для освоения программ таких дисциплин, как Б1.О.21 «Анализ и моделирование бизнес-процессов». Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами при выполнении выпускных квалификационных работ.

Объем дисциплины, реализуемый с применением СДО: количество академических часов, выделенных на самостоятельную работу обучающихся: всего с применением СДО – 36 а.ч.

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами при подготовке и сдаче государственного экзамена.

Формой промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом является экзамен.

### 3. Содержание и структура дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

##### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем и (или) разделов	Объем дисциплины, ак.час											Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации		
		ВСЕГО	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий							Самостоятельная работа					
			Период теоретического обучения				Период промежуточной аттестации (сессия)								
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		ИК	КСР	КЭ	Кат тЭК	К о н т р о л ь	СРкр		СРэк	СР
			Л	ВЛ	ЛР	ПЗ									
Тема 1	Основы имитационного моделирования	10	4									6	Т		
Тема 2	Статистическое моделирова	18	4		4							8	ПИЗ		

	ние													
Тема 3	Планирование экспериментов	22	8			4							8	ПИЗ
Тема 4	Обработка и интерпретация результатов статистического моделирования	18	4			4							8	ПИЗ
Тема 5	Системы и языки имитационного моделирования	38	4			18							16	ПИЗ, ПКЗ
Промежуточная аттестация									2	36		36		экзамен
<b>Итого</b>		144	24	0	0	30	0	0	2	36	0	36	52	

*Используемые сокращения:*

Л – лекции - занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации обучающимся педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях,).

ВЛ – видео лекции.

ЛР – лабораторные работы.

ПЗ – практические занятия (за исключением лабораторных работ).

ИК – индивидуальные консультации.

КСР – контроль самостоятельной работы

КЭ – консультации перед экзаменом

Каттэк – контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий

Контроль - контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий для заочной формы обучения

СРкр – самостоятельная работа на подготовку курсовой работы/ курсового проекта.

СРэк – самостоятельная работа на подготовку к экзамену.

СР – самостоятельная работа в семестре на подготовку к учебным занятиям.

Т – тестирование.

ПКЗ – практические контрольные задания.

ПИЗ – профессионально-исследовательские задания.

В процессе обучения применяются следующие интерактивные формы: работа в компьютерных классах над выполнением заданий в период занятий и в ходе текущего контроля.

Темы 1-5 могут быть освоены с применением ЭО и ДОТ с контролем в системе электронного обучения Академии.

## **3.2. Содержание дисциплины**

### **Тема 1. Основы имитационного моделирования ПКС-3.1**

Метод имитационного моделирования. Определение имитационной модели. Статистическое моделирование. Метод Монте-Карло. Достоинства и недостатки имитационного моделирования. Классификация методов имитационного моделирования. Классификация имитационных моделей. Дискретно-событийное моделирование. Модели системной динамики. Динамические системы. Многоагентное моделирование. Средства имитационного моделирования.

### **Тема 2. Статистическое моделирование ПКС-3.1**

Требования к генераторам. Физические генераторы случайных чисел. Генераторы псевдослучайных чисел. Псевдослучайные числа и процедуры их генерации. Алгоритм Лемера. Тестирование генераторов случайных чисел. Моделирование случайных событий. Моделирование случайных величин. Моделирование непрерывных случайных величин. Моделирование дискретных случайных величин. Моделирование случайных процессов. Принципы построения имитационной модели: «Dt» и «по особым состояниям». Общая организация статистического моделирования. Этапы статистического моделирования.

### **Тема 3. Планирование экспериментов ПКС-3.1**

Основные понятия теории планирования экспериментов. Стратегическое и тактическое планирование. Структурный и функциональный планы. Факторное пространство. Факторный план. Планирование линейных экспериментов. Полный факторный план. Дробный факторный эксперимент. Генерирующие соотношения. Планы с различной разрешающей способностью. Нелинейные планы. Центральные композиционные планы. Латинский, греко-латинский квадрат. Планы смесей. Экстремальный эксперимент. Методы тактического планирования. Обеспечение точности и достоверности результатов эксперимента. Методы уменьшения дисперсии. Правила остановки.

### **Тема 4. Обработка и интерпретация результатов статистического моделирования ПКС-3.1**

Оценка параметров случайных величин и оценка доли признака. Проверка статистических гипотез. Корреляционный анализ. Дисперсионный анализ. Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ. Построение статистических моделей. Таблица ANOVA. Контрасты дисперсионного анализа. Допущение. Построение регрессионной модели.

## **Тема 5. Системы и языки имитационного моделирования ПКС-3.1**

Общая характеристика системы и языка имитационного моделирования GPSS. Операторы и операнды языка. Система имитационного моделирования GPSS World. Организация планирования и проведения экспериментов с помощью системы GPSS World. Отсеивающий и оптимизирующий эксперимент. Эксперименты пользователя. Общая характеристика системы AnyLogic. Парадигмы системы моделирования. Организация дискретно-событийного моделирования. Организация многоагентного моделирования. Модели системной динамики. Заключение. Обзор пройденного материала.

### **4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии оценивания**

1.1. Оценочные материалы по дисциплине Б1.В.10 «Имитационное моделирование» входят в состав оценочных материалов по образовательной программе. Совокупность оценочных материалов по всем дисциплинам образовательной программы составляет фонд оценочных средств (далее – ФОС). ФОС используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с целью оценивания достижения обучающимися планируемых результатов обучения.

4.2. ФОС разработан как комплекс проверочных заданий различного типа и уровня сложности, включает критерии и шкалы оценивания, а также «ключи» правильных ответов. ФОС формируется как отдельный документ и хранится в электронном виде, доступ к ФОС предоставлен ограниченному кругу лиц.

4.3. Для самостоятельной работы обучающихся при подготовке к текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации в рабочих программах дисциплин размещены типовые проверочные задания, которые можно условно разделить на задания закрытого, комбинированного и открытого типов.

Задания закрытого типа — это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных.

Задания комбинированного типа – это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных и обосновать свой выбор.

Задания открытого типа — это задания, в которых на каждый вопрос должен быть предложен развернутый обоснованный ответ.

В зависимости от типа задания рекомендованы определенная последовательность выполнения и система оценивания выполнения заданий.

#### 4.4. Типы заданий, сценарии выполнения, критерии оценивания

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких предложенных	Прочитайте текст, выберите правильный ответ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.</li> <li>2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа.</li> <li>3. Выбрать один верный ответ.</li> <li>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или В).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква
Задание закрытого типа на установление соответствия	Прочитайте текст и установите соответствие	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов.</li> <li>2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 – вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.; список 2 – утверждения, свойства объектов и т.д.</li> <li>3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов.</li> <li>4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указаны цифры или буквы
Задание закрытого типа с выбором нескольких	Прочитайте текст, выберите правильные ответы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько правильных ответов из предложенных вариантов.</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно установлены все соответствия (позиции из

<p>правильных ответов из нескольких вариантов предложенных</p>		<p>2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа.</p> <p>3. Выбрать несколько правильных ответов.</p> <p>4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).</p>	<p>одного столбца верно сопоставлены с позициями другого)</p>
<p>Задание закрытого типа на установление последовательности</p>	<p>Прочитайте текст и установите последовательность</p>	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов.</p> <p>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Построить верную последовательность из предложенных элементов.</p> <p>4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности (например, БВА или 135).</p>	<p>Ответ считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр</p>
<p>Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа из предложенных и обоснованием выбора</p>	<p>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</p>	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.</p> <p>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Выбрать один верный ответ.</p> <p>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа.</p>	<p>Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква и приведены корректные аргументы, используемые при выборе ответа</p>

		5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа (например, 4 текст обоснования).	
Задание открытого типа с развернутым ответом	Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса.</li> <li>2. Продумать логику и полноту ответа.</li> <li>3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки.</li> <li>4. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ</li> </ol>	<p>Ответ считается верным:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие фактических ошибок.</li> <li>2. Раскрытие объема используемых понятий (полнота ответа).</li> <li>3. Обоснованность ответа (наличие аргументов).</li> <li>4. Логическая последовательность излагаемого материала.</li> </ol>

#### 4.5. Общая шкала оценивания результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением БРС

Итоговая балльная оценка	Традиционная система	Бинарная система	ECTS	
			Для традиционной системы	Для бинарной системы
95-100	Отлично	Зачтено	A	P/ Passed
85-94			B	P/ Passed
75-84	Хорошо		C	P/ Passed
65-74			D	P/ Passed
55-64	Удовлетворительно		E	P/ Passed
0-54	Неудовлетворительно		Не зачтено	F

Соотношение баллов за текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию, а также повторную промежуточную аттестацию:

Максимальная сумма баллов за текущий контроль успеваемости	Максимальная сумма баллов за промежуточную аттестацию	Максимальная итоговая балльная оценка	Максимальная сумма баллов за повторную промежуточную аттестацию
60 баллов	40 баллов	100 баллов	100 баллов

### 5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам

5.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся (в том числе, задания к контрольным точкам):

Т – тестирование, ПКЗ – практические контрольные задания, ПИЗ – профессионально-исследовательские задания.

#### Тема 1. Основы имитационного моделирования

##### *Тестирование по теме 1:*

*Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных.*

1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается один правильный ответ из предложенных вариантов.
2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.

3. Выбрать один правильный ответ.
4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).

### **1. Какой вид моделирования относится к математическому?**

- a) Гипотетическое;
- b) Имитационное;
- c) Языковое;
- d) Аналоговое.

*Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных.*

1. Внимательно прочитайте текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается один правильный ответ из предложенных вариантов.
2. Внимательно прочитайте предложенные варианты ответа.
3. Выбрать один правильный ответ.
4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).

2. Выберите на Ваш взгляд правильное определение метода Монте-Карло? (выберите один вариант ответа)

- a) Численный метод решения аналитической задачи;
- b) Устаревшее название метода имитационного моделирования;
- c) Машинная реализация математической модели;
- d) Проведение машинных экспериментов со случайными объектами (событиями, величинами, процессами);
- e) Машинная реализация имитационной модели.

## **Тема 2. Статистическое моделирование**

### ***ПИЗ по теме 2***

1. Построить генератор случайных чисел Лемера. Проверить качество генератора. Генератор построить в excel и в R.
2. Построить генератор сложных событий.

$$\begin{aligned}
P(A) &= P(A_1)P(B_1)P(C_1); \\
P(B) &= P(A_1)P(\bar{B}_1)P(C_1); \\
P(C) &= P(\bar{A}_1)P(B_1)P(C_1); \\
P(D) &= P(\bar{A}_1)P(\bar{B}_1)P(\bar{C}_1); \\
P(E) &= P(A_1)P(B_1)P(\bar{C}_1); \\
P(F) &= P(A_1)P(\bar{B}_1)P(\bar{C}_1); \\
P(G) &= P(\bar{A}_1)P(B_1)P(\bar{C}_1); \\
P(H) &= P(\bar{A}_1)P(\bar{B}_1)P(\bar{C}_1).
\end{aligned}$$

Если известны вероятности простых событий, приведенные в таблице.

$P(A_1)=$	0,4
$P(B_1)=$	0,8
$P(C_1)=$	0,4

### Тема 3. Планирование экспериментов

#### *ПИЗ по теме 3.*

1. Решить задачу прогнозирования временного ряда `aus_airpassengers` с помощью наивных моделей. Прогнозирование выполнить на 10 шагов. При прогнозировании использовать язык R. Набор данных взять в библиотеке `fpp3`. Данный временной ряд содержит общее количество авиапассажиров в год (в миллионах), включая пассажиров внутренних и международных воздушных судов авиаперевозчиков, зарегистрированных в Австралии, за 1970-2016 годы.

### Тема 4. Обработка и интерпретация результатов статистического моделирования

#### *ПИЗ по теме 4.*

1. Построить план полного факторного эксперимента для  $n=3$ , если каждый фактор меняется на двух уровнях: нижнем и верхнем.

$$x_1 \in [5,10]; x_2 \in [35,150]; x_3 \in [50,110]$$

Выполнить имитационное моделирование, если предполагается трехфазная обработки. Факторы  $x_1, x_2, x_3$  математическое ожидание времени обработки. Интенсивность входного потока равна  $0.005 \text{ мин}^{-1}$ . Откликом является математическое ожидание времени обработки заявки. Построить множественную линейную регрессионную модель по данным экспериментов.

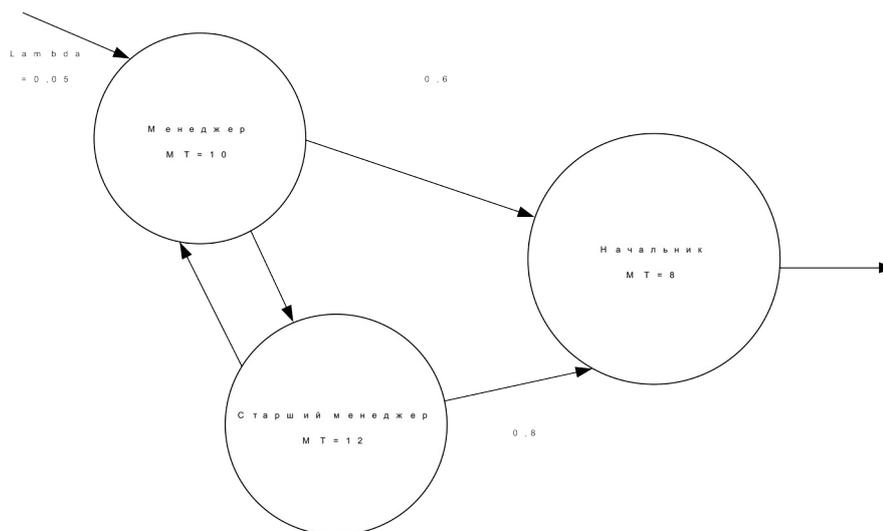
$$x_1 \in [5,10]; x_2 \in [35,150]; x_3 \in [50,110]; x_4 \in [10,120];$$

2. Построить план эксперимента, если не учитываются взаимодействия факторов и целью эксперимента является построение регрессионной модели. Использовать линейный план эксперимента.

### Тема 5. Системы и языки имитационного моделирования ПИЗ по теме 5

1. Решить задачу моделирования непрерывной марковской цепи, состоящей из трех состояний: исправности, скрытой неисправности, отказа. В исходном состоянии система исправна. Потоки отказов, обнаружения неисправности и ремонта являются простейшими с параметрами  $0,01 \text{ час}^{-1}$ ;  $0,1 \text{ час}^{-1}$ ;  $0,3 \text{ час}^{-1}$ . Задать шаг модельного времени 1 час. Промоделировать работу системы в течение 500 часов.

2. Офисное подразделение обслуживает заявки пользователей. Сеть, с помощью которой описывается его функционирование, приведена на рисунке.



Оценить временные характеристики обслуживания клиента. Построить модель в AnyLogic.

3. Построить модель эпидемии в парадигме мультиагентного моделирования. Модель построить в AnyLogic. При построении модели предусмотреть три состояния диаграммы состояний: здоров и подвержен заражению (Healthy); болен (Ill); выздоровел (Recovered). Имеются одно семейство агентов: люди. Задать шаг модельного времени один день. Задать популяцию агентов people размером 5000 агентов с параметрами: AdIll (становиться больным); AdRecovered (становиться здоровым). Зададим

значения параметров 0.1 и 0.2 соответственно. Выполнить моделирование в течение 100 дней. Задать два бегунка, определяющие минимальную и максимальную продолжительность болезни. Данные бегунки связать с параметрами, задающими минимальную и максимальную продолжительность заболевания. Зададим значения этих параметров по умолчанию равными 3 и 20 соответственно. Запустим процесс моделирования в течение 100 дней.

### ***ПКЗ по теме 5***

ПКЗ выполнить в формате контрольной работы. Вариант контрольной работы имеет следующий вид:

1. С помощью генератора случайных чисел построить последовательность, состоящих из 100 нормально распределенных случайных чисел с математическим ожиданием равным 6, ско равным 1. Построить гистограмму распределения. Оценить качество генерации случайных чисел с помощью статистических критериев. При решении задачи использовать разные программные средства.

2. Построить план дробного факторного эксперимента, если в плане имеются четыре фактора. Каждый план изменяется на двух уровнях. При построении модели взаимодействие факторов не учитывается. Каждый фактор изменяется в диапазоне от 0 до 10. В плане учитывать нормализованные и ненормализованные значения.

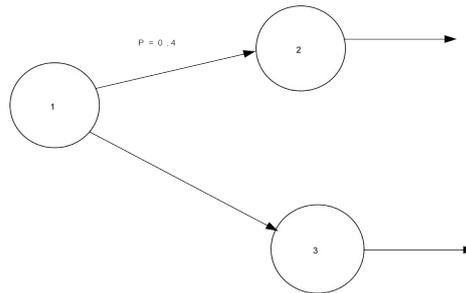
3. Решить задачу дисперсионного анализа, если выборка имеет вид

	Уровень фактора		
j	1	2	3
1	1	1	1
2	2	1	0
3	1	1	9
4	0	0	9
5	1	9	8
6	4	1	1
7	1	1	7
8	1	1	7
9	0	9	8

		1	1	
6	2		2	7
		1	1	
7	4		1	6
		1	1	
8	3		2	8
		1	1	
9	6		5	9
		1	1	
0	2		0	7

Определить значимость факторов. Решить задачу в Excel, в R, Python. Построить линейную регрессионную модель при использовании фиктивных переменных, соответствующих уровню фактора. За базовый принять первый уровень.

4. Разработать имитационную модель на GPSS, в которой анализируется время обработки в системе, имеющей структуру



Входной поток задан экспоненциально с математическим ожиданием 10 с. Все временные характеристики обработки описываются экспоненциальным законом распределения с математическими ожиданиями  $(3 \ 2 \ 4)$  с. Построить гистограмму распределения. Проверить гипотезу о законе распределения.

5. Решить задачу 4 в AnyLogic. Добавим средства сбора и визуализации статистических данных. Для каждого узла обработки задать свой ресурс.

6. Модель системной динамики описывает состояние информационной системы. В ней обрабатываются документы. Общее число документов 500. Состояние документа: подготавливается, согласуется и корректируется, отправляется. Задать три накопителя в модели. Выполнить моделирование в течение 100 часов. Шаг моделирования – 1 час. Интенсивности подготовки, согласования и корректуры, подготовки и отправки соответственно 1, 3, 2 час<sup>-1</sup>. Построить модель и выполнить моделирование.

## 5.2. Типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся (вне контрольных точек):

приведены в п.6.2.

5.3. Один или несколько тематических блоков дисциплины завершаются контрольной точкой (далее – КТ). Текущий контроль успеваемости по дисциплине предусматривает не менее 2 (двух) и не более 10 (десяти) КТ в течение периода освоения дисциплины.

Максимальное количество баллов за любой тип работ в рамках КТ составляет 100 (сто) баллов.

Распределение весовых коэффициентов по КТ в рамках текущего контроля успеваемости по дисциплине и формулы расчета:

Наименование контрольной точки	Максимальное количество баллов за работу в рамках КТ, которое может набрать студент	Коэффициент веса контрольной точки	Результат контрольной точки, участвующий в формировании итоговой балльной оценки по дисциплине (отражается в журнале БРС в СДО)
КТ – 1	100	0,05	5
КТ – 2	100	0,05	5
КТ- 3	100	0,1	10
КТ – 4	100	0,1	10
КТ - 5	100	0,3	30
Итого:	x	0,6	60

Формула расчета результата контрольной точки:

Результат контрольной точки = Количество баллов за работу в рамках КТ X Коэффициент веса контрольной точки.

## 5.4. Формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ и типовые оценочные материалы:

### КТ-1

#### Тема 1.

Практическое контрольное задание (ПКЗ).

### КТ-2

#### Тема 2.

Профессионально-исследовательское задание (ПИЗ).

**КТ-3****Тема 3.**Профессионально-исследовательское задание (ПИЗ).**КТ-4****Тема 4.**Профессионально-исследовательское задание (ПИЗ).**КТ-5****Тема 5.**Практическое контрольное задание (ПКЗ).

Для каждой формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ определены критерии оценивания результатов выполнения задания.

*1. Критерии оценивания тестирования:*

Критерии оценки	Диапазон баллов	Описание критерия
<i>Количество правильных ответов</i>	<i>0</i>	<i>Количество правильных ответов менее 55%</i>
	<i>25</i>	<i>Количество правильных ответов от 55% до 64%</i>
	<i>50</i>	<i>Количество правильных ответов от 65% до 74%</i>
	<i>75</i>	<i>Количество правильных ответов от 75% до 84%</i>
	<i>100</i>	<i>Количество правильных ответов от 85% до 100%</i>
<b>Итого максимально:</b>	<b>100</b>	

*2. Критерии оценивания ПКЗ:*

Критерии оценки	Диапазон баллов	Описание критерия
<i>Содержание и раскрытие выбранных понятий</i>	<i>41-70</i>	<i>Детальное, последовательное описание всех понятий на примере выбранной системы</i>
	<i>21-40</i>	<i>Поверхностное описание без привязки к выбранной системе</i>
	<i>0-20</i>	<i>Понятия раскрыты минимально или не раскрыты вовсе</i>
<i>Количество</i>	<i>30</i>	<i>Количество выполненных заданий</i>

выполненных заданий		<i>от 85% до 100%</i>
	15	<i>Количество выполненных заданий от 55% до 84%</i>
	0	<i>Количество выполненных заданий менее 55%</i>
Итого максимально:	100	

### 3. Критерии оценивания ПИЗ:

Критерии оценки	Диапазон баллов	Описание критерия
Содержание и раскрытие выбранных понятий	31-50	<i>Детальное, последовательное описание всех понятий на примере выбранной системы</i>
	16-30	<i>Поверхностное описание без привязки к выбранной системе</i>
	0-15	<i>Понятия раскрыты минимально или не раскрыты вовсе</i>
Достоверность и актуальность информации	16-20	<i>Представленная информация подтверждена ссылками на источники</i>
	0-15	<i>Представленная информация частично подтверждена ссылками на источники или не подтверждена</i>
Количество выполненных заданий	30	<i>Количество выполненных заданий от 85% до 100%</i>
	15	<i>Количество выполненных заданий от 55% до 84%</i>
	0	<i>Количество выполненных заданий менее 55%</i>
Итого максимально:	100	

### 5.5. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий (при необходимости).

Для решения задач открытого типа (кейсов, ПКЗ, ПИЗ), тестовых заданий студенту разрешается использование калькулятора; программ для работы с электронными таблицами для обработки, анализа и визуализации данных. Для решения задач имитационного моделирования студенту можно использовать системы имитационного моделирования AnyLogic, GPSS, языки R, python, а также офисные приложения.

### 6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания,

## типовые оценочные материалы по дисциплине

### 6.1. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Экзамен проводится в устной форме. Обучающийся получает экзаменационный билет с вариантом задания различного типа. Решение задачи оформляется в виде отчета. После решения задачи производится его защита. В ходе защиты необходимо представить ответы в письменном виде, подробно изложив ход выполнения задания, сделать выводы (при необходимости).

При реализации промежуточной аттестации в ЭО/ДОТ могут быть использованы следующие формы: устно в ДОТ - в форме обоснованных ответов на задания различного типа; письменно в СДО - в форме письменного решения заданий различного типа; тестирование в СДО. Для тестирования используется банк вопросов, разработанный и размещенный в СДО.

### 6.2. Типовые оценочные материалы промежуточной аттестации.

#### Вопросы для подготовки к экзамену.

1. Дать определение имитационной модели. Охарактеризовать метод имитационного моделирования.
2. Дать определение и охарактеризовать методы статистического моделирования и метода Монте-Карло, указать отличия.
3. Назвать достоинства и недостатки метода имитационного моделирования.
4. Классифицировать имитационные модели.
5. Дать определение, сформулировать особенности метода дискретно-событийного моделирования.
6. Дать определение, сформулировать особенности метода системной динамики. Привести примеры моделей системной динамики, объяснить правила их построения.
7. Указать особенности метода «Динамические системы», уточнить отличия динамических систем и системной динамики.
8. Дать определение, сформулировать особенности многоагентного моделирования. Охарактеризовать понятие «агент». Привести пример агентной модели в Anylogic.
9. Дать определение понятия «системное время». Сформулировать принципы построения имитационной модели: по методам «Dt» и «по особым состояниям». Выполнить их сравнительный анализ.
10. Классифицировать генераторы случайных и псевдослучайных чисел. Выполнить их сравнительный анализ.
11. Привести примеры генераторов псевдослучайных чисел и процедуры их генерации. Выполнить их сравнительный анализ.

12. Дать характеристику конгруэнтных генераторов, генератора Лемера.
13. Указать как выполняется тестирование генераторов случайных чисел. Охарактеризовать инструменты оценки их качества.
14. Характеризовать основные методы моделирования случайных событий. Привести примеры генерации простых и сложных событий.
15. Характеризовать основные методы моделирования непрерывных случайных величин. Описать содержание метода обратной функции. Проиллюстрировать его применение.
16. Продемонстрировать моделирование случайных величин, распределенных по нормальному закону распределения. Сравнить результаты, полученные различными способами.
17. Характеризовать основные методы моделирования дискретных случайных величин.
18. Привести основные понятия теории планирования экспериментов. Объяснить содержание и различия активного и пассивного экспериментов.
19. Сделать обзор содержания и общей организации стратегического и тактического планирования экспериментов.
20. Объяснить содержание и различия структурного и функционального планов эксперимента. Привести примеры планов.
21. Дать определение факторного пространства, понятий факторов и отклика. Проиллюстрировать на примере факторный план.
22. Классифицировать планы экспериментов. Указать как строить латинский и греко-латинский квадраты.
23. Описать схему планирования линейных экспериментов. Дать определение и привести примеры полного факторного плана эксперимента.
24. Характеризовать дробный факторный эксперимент. Указать как определяется степень дробности плана. Дать определение генерирующих соотношений. Привести примеры для различных реплик.
25. Дать определение разрешающей способности плана эксперимента. Привести примеры планов.
26. Объяснить, как производится точечная и интервальная оценка параметров случайных величин и оценка доли признака.
27. Объяснить, как производится проверка статистических гипотез о значении параметра и доле признака. Указать статистические критерии для проверки гипотез.
28. Объяснить, как производится проверка статистических гипотез о законе распределения. Привести пример проверки гипотезы для

- случайной последовательности полученной с помощью надстройки «Анализ данных», с помощью R.
29. Объяснить основное содержание корреляционного анализа. Назвать используемые критерии. Привести примеры решения задач корреляционного анализа в R.
  30. Дать определение статистической модели, содержание дисперсионного анализа. Указать допущения и ограничения. Сравнить с проверкой гипотезы по T-критерию.
  31. Привести пример однофакторного дисперсионного анализа. Привести пример его использования с помощью надстройки «Анализ данных», с помощью R.
  32. Привести пример однофакторного дисперсионного анализа. Привести пример его использования с помощью надстройки «Анализ данных», с помощью R.
  33. Указать состав таблицы ANOVA для однофакторного и многофакторного дисперсионного анализа. Привести примеры.
  34. Привести пример решения задачи дисперсионного анализа в SPSS R, Excel. Сравнить полученные результаты. Сделать выводы о значимости факторов.
  35. Объяснить организацию построения регрессионной модели по результатам имитационного моделирования. Привести примеры построения моделей в R.
  36. Сделать обзор системы и языка имитационного моделирования GPSS. Дать краткую характеристику операторов и операндов языка GPSS. Привести примеры их применения для моделирования систем.
  37. Сделать обзор системы имитационного моделирования GPSS World, организации построения имитационной модели и проведения экспериментов с ней.
  38. Рассмотреть организацию планирования и проведения экспериментов с помощью системы GPSS World. Указать, как проводится отсеивающий и оптимизирующий эксперименты. Привести пример отсеивающего эксперимента.
  39. Сделать обзор системы AnyLogic, используемых парадигм системы моделирования. Указать общую организацию имитационного моделирования.
  40. Сформулировать общую организацию дискретно-событийного моделирования в AnyLogic. Привести пример имитационной модели.
  41. Сформулировать общую организацию многоагентного моделирования в AnyLogic. Привести пример имитационной модели.

42. Сформулировать общую организацию построения моделей системной динамики в AnyLogic. Привести пример имитационной модели.

Типовые задания для экзамена.

1. Построить план дробного факторного эксперимента, при числе факторов, равном трем и варьировании каждого фактора на двух уровнях, если взаимосвязь факторов не учитывается. Показать, как будет выглядеть статистическая модель для дисперсионного и регрессионного анализа. Привести примеры генерирующих отношений. Выполнить эксперимент в GPSS и AnyLogic для заданного плана, предполагая, что есть три фазы последовательной обработки заявки. Каждый фактор – МО времени обработки. Отклик - общее время обработки. Задать простейший входной поток заявок на обработку. Область эксперимента определить самостоятельно. Значения факторов заданы самостоятельно.

Сгенерировать план эксперимента в R. При построении плана использовать библиотеку R FrF2. Указать имена факторов  $x_1, x_2, x_3$ . Задать число реплик, равное 5.

2. Построить план дробного факторного эксперимента, при числе факторов, равном четырем и варьировании каждого фактора на двух уровнях, если взаимосвязь факторов не учитывается. Степень дробности задана равным 1. Каждый фактор изменяется в диапазоне от 0 до 10. В плане учитывать нормализованные и ненормализованные значения. Привести примеры генерирующих отношений. Рассмотреть различные реплики плана эксперимента.

При построении плана использовать библиотеку R FrF2. Указать имена факторов  $x_1, x_2, x_3, x_4$ . Задать число реплик, равное 5.

Выполнить эксперимент в GPSS и AnyLogic для заданного плана. Предусмотреть последовательную структуру обработки.

3. В результате имитационного моделирования получена выборка значений времени обработки для разной интенсивности входного потока. Построить регрессионную модель зависимости времени обработки от интенсивности входного потока. Оценить качество модели. Задачу решить в R.

№ п/п, j	Интенсивность входного потока, $\lambda_j$ с-1	Оценка МО времени (им. модель), с. $Y_j$
1	0,001	67,38
2	0,005	68,58

3	0,01	70,76
4	0,012	84,43
5	0,015	79,01
6	0,02	98,89
7	0,022	102,55
8	0,025	112,9
9	0,027	116,2
10	0,03	125,49
11	0,035	168,53
12	0,04	240,12

Для интенсивности потока обслуживания равного  $0,1 \text{ с}^{-1}$  построить модель в AnyLogic, а также график зависимости среднего времени от интенсивности входного потока.

Типовые проверочные задания для самоподготовки обучающегося к промежуточной аттестации:

ТИП ЗАДАНИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ
Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Выбрать один верный ответ. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или В).	1. Принцип $\Delta z$ построения моделирующего алгоритма предполагает: <ul style="list-style-type: none"> <li>а) Изменение текущего времени модели с постоянным шагом</li> <li>б) Изменение текущего времени модели определяется ближайшим будущим событием.</li> <li>в) Отсутствие текущего времени модели.</li> <li>г) Изменение текущего времени модели в момент поступления заявок в систему для обработки.</li> </ul>
		Каким свойствам не должен удовлетворять генератор псевдослучайных чисел? <ul style="list-style-type: none"> <li>а) Получаемые числа должны быть равномерно распределены в диапазоне <math>[0,1]</math> и не должны иметь корреляцию друг с другом.</li> <li>б) Получаемые числа должны быть равномерно распределены в диапазоне <math>[-1,1]</math> и не</li> </ul>

		<p>должны иметь корреляцию друг с другом.</p> <p>с) Генератор должен обеспечить возможность воспроизводить заданный поток случайных чисел.</p> <p>d) Генераторы должны иметь простой способ получения отдельных потоков случайных чисел.</p> <p>e) Генераторы должны каждый раз генерировать новый поток случайных чисел.</p>																				
Задание закрытого типа на установление соответствия	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов.</p> <p>2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 – вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.;</p> <p>список 2 – утверждения, свойства объектов и т.д.</p> <p>3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов.</p> <p>4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4).</p>	<p>1. Установите соответствие между планом эксперимента и числом экспериментов.</p> <table border="1"> <tr> <td>1) Полный факторный эксперимент FfF2(8,3)</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>2) Дробный факторный эксперимент с числом параметров, равным пяти и степенью дробности 1</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>3) Ортогональный центральный композиционный план с числом факторов равным двух</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>2. Установите соответствие между элементами таблицы ANOVA и их названием при решении задачи дисперсионного анализа в R с помощью функции aov</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Параметр</th> <th>Назначение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>df</td> <td>Число степеней свободы</td> </tr> <tr> <td>F-value</td> <td>Наблюдаемое значение критерия Фишера</td> </tr> <tr> <td>Sum sq</td> <td>Сумма квадратов отклонений</td> </tr> <tr> <td>Mean Sq</td> <td>Средняя сумма квадратов отклонений</td> </tr> <tr> <td>Pr(&gt;F)</td> <td>Уровень значимости</td> </tr> </tbody> </table>	1) Полный факторный эксперимент FfF2(8,3)	8	2) Дробный факторный эксперимент с числом параметров, равным пяти и степенью дробности 1	16	3) Ортогональный центральный композиционный план с числом факторов равным двух	9			Параметр	Назначение	df	Число степеней свободы	F-value	Наблюдаемое значение критерия Фишера	Sum sq	Сумма квадратов отклонений	Mean Sq	Средняя сумма квадратов отклонений	Pr(>F)	Уровень значимости
1) Полный факторный эксперимент FfF2(8,3)	8																					
2) Дробный факторный эксперимент с числом параметров, равным пяти и степенью дробности 1	16																					
3) Ортогональный центральный композиционный план с числом факторов равным двух	9																					
Параметр	Назначение																					
df	Число степеней свободы																					
F-value	Наблюдаемое значение критерия Фишера																					
Sum sq	Сумма квадратов отклонений																					
Mean Sq	Средняя сумма квадратов отклонений																					
Pr(>F)	Уровень значимости																					
Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов из нескольких вариантов предложенных	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько правильных ответов из предложенных вариантов.</p> <p>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Выбрать несколько правильных ответов.</p>	<p>1. Что проверяется при проверке качества генератора псевдослучайных чисел:</p> <p>a) Равномерность генерируемой последовательности;</p> <p>b) Независимость последовательности случайных величин на основе корреляционного анализа;</p> <p>c) Длина периода;</p> <p>d) Нормальность распределения</p>																				

	<p>4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).</p>	<p>генерируемой случайной величины;</p> <p>е) Наличие аномальных значений.</p> <hr/> <p>2. Что является оценкой математического ожидания случайной величины?</p> <p>а) Медиана;          б) Мода;          в) Среднее арифметическое;          г) Среднее геометрическое;          д) Стандартное отклонение;          е) Размах.</p>
<p>Задание закрытого типа на установление последовательности</p>	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов.</p> <p>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Построить верную последовательность из предложенных элементов.</p> <p>4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности (например, БВА или 135).</p>	<p>1. Расставьте в правильном порядке этапы решения задачи имитационного моделирования</p> <p>а) Разработка концептуальной модели;          б) Выбор парадигмы моделирования;          в) Разработка математической модели;          г) Разработка машинной модели;          д) Тестирование и проверка качества модели;          е) Планирование эксперимента;          ж) Проведение машинного эксперимента;          з) Обработка и интерпретация результатов;          и) Внедрение результатов эксперимента.</p> <hr/> <p>2. Расставьте в правильной последовательности основные этапы генерации случайной величины с помощью метода обратной функции:</p> <p>а) инициализация генератора;          б) определение значения базового случайного числа;          в) задание значения функции распределения по значению случайного числа          г) определение значения квантиля для значения функции распределения;          д) вычисление или получения с помощью таблиц и вычислительных функций значения случайной величины.</p>
<p>Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа из предложенных и обоснованием выбора</p>	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.</p> <p>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Выбрать один верный ответ.</p> <p>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа.</p> <p>5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа (например, 4 текст обоснования).</p>	<p>1. Для вычисления значений случайной величины <math>t_i</math>, распределенной по экспоненциальному закону с интенсивностью <math>\lambda</math> следует воспользоваться формулой в программной модели:</p> <p>а) <math>t_i = random(\lambda)</math>          б) <math>t_i = -\ln(random) \cdot \frac{1}{\lambda}</math>          в) <math>t_i = random\left(\frac{1}{\lambda}\right)</math>          г) <math>t_i = \frac{1}{\lambda} + random\left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right)</math></p> <hr/> <p>2. Дисперсионная модель для двух факторов имеет вид:</p> $y = b_0 + A + B + AB$

		<p>Сколько точек спектра плана активного полного эксперимента должно быть, если не предусмотрены реплики?</p> <p>а) две;</p> <p>б) три;</p> <p>в) план построить невозможно, т.к. число факторов очень мало.</p>
Задание открытого типа с развернутым ответом	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса.	1. Объясните зачем нужно решать задачу дисперсионного анализа.
	<p>2. Продумать логику и полноту ответа.</p> <p>3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки.</p> <p>4. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ</p>	2. Прокомментируйте саммари задачи регрессионного анализа, полученного с помощью функции aov языка R.

### 6.3. Критерии и шкала оценивания на основе БРС.

*Критерии и балльная шкала определяются преподавателем*

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ	РЕЗУЛЬТАТ В БАЛЛАХ
<i>Дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок</i>	40
<i>Дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.</i>	30-39
<i>Дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным</i>	20-29

<p><i>умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.</i></p>	
<p><i>Дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено, т.е. студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</i></p>	0-19

**6.4. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий (при необходимости).**

Для решения задач открытого типа (кейсов, ПКЗ, ПИЗ), тестовых заданий студенту разрешается использование калькулятора; программ для работы с электронными таблицами для обработки, анализа и визуализации данных. Для построения моделей временных рядов студенту потребуются языки программирования, интегрированные платформы проектирования, а также статистические пакеты и системы имитационного моделирования.

**7. Методические материалы по освоению дисциплины**

Для изучения основных вопросов образовательной программы необходимо конспектировать материалы лекций, работать с рекомендованной преподавателем литературой, а также ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Для приобретения навыков активного использования знаний полезно обсуждать плановые и возникающие вопросы, а также решаемые задачи на практических занятиях, решать задачи имитационного моделирования с использованием современных программных средств. Чтобы легче и прочнее усвоить материал следует постоянно использовать конкретные примеры, сравнения из уже полученных областей наук, анализировать результаты имитационного моделирования, интерпретировать их, верифицировать построенные модели.

Для закрепления изученного материала даны вопросы по каждой теме дисциплины, на которые следует самостоятельно найти ответы.

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются практические занятия. Практические занятия проводятся главным образом по дисциплинам, требующим закрепления навыков решения задач, и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, приобрести умения исследовать системы с помощью методов имитационного моделирования, анализировать и интерпретировать полученные результаты.

При подготовке к практическим занятиям необходимо проанализировать конспект лекции, ознакомиться с рекомендованной литературой по соответствующей теме, осуществить подготовку по рекомендованным в рабочей программе вопросам для обсуждения темы, выполнить домашнее задание (при необходимости). По дисциплине все практические занятия проводятся в компьютерном классе.

Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Также следует использовать материалы презентаций к каждой лекции, которые размещены в СДО. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю (в том числе по электронной почте).

Планируя консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику. Кроме того, ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд методических материалов для быстрого повторения изученных вопросов, для мобилизации накопленных знаний.

Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.

После изучения базовых тем курса проводится текущий контроль знаний студентов в виде опроса или письменного тестирования, выполнения ПКЗ и ПИЗ. Типовые тесты и задания по темам дисциплины приведены в специальном разделе данной рабочей программы.

Подготовка к текущему и промежуточному контролю предполагает изучение представленных вопросов к экзамену, работу над тестами, представленными в данной рабочей программе, выполнение учебных задач имитационного моделирования и их отдельных этапов.

Работа в малых группах – это одна из самых популярных форм проведения занятий, так как она дает всем обучающимся (в том числе и стеснительным) возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия). Цель данной формы проведения занятий: продемонстрировать сходство или различия определенных явлений, выработать стратегию или разработать план, выяснить отношение различных групп участников к одному и тому же вопросу. В ходе этой работы дополнительно решаются следующие задачи: развитие навыков общения и взаимодействия в группе, формирование ценностно-ориентационного единства группы, поощрение к гибкой смене социальных ролей в зависимости от ситуации.

Группа студентов делится на несколько малых групп. Количество групп определяется числом творческих заданий, которые будут обсуждаться в процессе занятия. Малые группы формируются либо по желанию студентов, либо по родственной тематике для обсуждения. Каждая малая группа обсуждает творческое задание в течение отведенного времени. Основной этап – проведение обсуждения творческого задания. Заслушиваются суждения, предлагаемые каждой малой группой по творческому заданию. Преподаватель дает оценочное суждение и работе малых групп, по решению творческих заданий, и эффективности предложенных путей решения.

В качестве самостоятельной работы студентами выполняется работы по решению задач имитационного моделирования, а также выполнения ее отдельных этапов. Результаты решения задач размещаются в СДО.

## **8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет**

### **8.1. Основная литература**

1. Акопов, Андраник Сумбатович. Имитационное моделирование. - Москва:Юрайт, 2024. – 426 с. Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/imitacionnoe-modelirovanie-534885> (дата обращения: 27.10.2025).
2. Боев Василий Дмитриевич Имитационное моделирование систем. – М.: Юрайт, 2024. – 253 с. URL: <https://urait.ru/book/imitacionnoe-modelirovanie-sistem-539517> (дата обращения: 27.10.2025).
3. Булыгина, Ольга Валентиновна, Емельянов, Александр Анатольевич, Емельянова, Наталия Захаровна. Имитационное моделирование в экономике и управлении. - Москва:ИНФРА-М, 2021. – 592 с. Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1192240> (дата обращения: 27.10.2025). – Режим доступа: по подписке.
4. Девятков, Владимир Владимирович. Методология и технология имитационных исследований сложных систем. - Москва:Вузовский учебник [и др.], 2019. – 444 с. Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002019> (дата обращения: 27.10.2025). – Режим доступа: по подписке
5. Трегуб, Илона Владимировна, Горошников, Татьяна Аркадьевна. Имитационные модели принятия решений. - Москва:ИНФРА-М, 2020, 193 с Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1030572> (дата обращения: 25.10.2025). – Режим доступа: по подписке.

## **8.2. Дополнительная литература**

1. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World [Электронный ресурс] - СПб. : БХВ-Петербург, 2010, 368 с.
2. Емельянов А. А. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. пособие, рек. М-вом образования Рос. Федерации / А. А. Емельянов, Е. А. Власова, Р. В. Дума ; под ред. А. А. Емельянова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М: Финансы и статистика [и др.], 2009. - 416 с.
3. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. / Ю. Карпов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
4. Кельтон В. Д. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. / В. Д. Кельтон, А. М. Лоу. - СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004.
5. Колесов Ю. Б. Моделирование систем : практикум по компьютерному моделированию [Электронный ресурс] : [учеб. пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 220100 "Системный анализ и упр."] / Ю. Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков. - Электрон. дан.. - СПб. : БХВ-Петербург, 2007. - 338 с. Гриф УМО.
6. КудрявцевЕ. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования

- различных систем / Е. М. Кудрявцев. М.: ДМК Пресс, 2004.
7. Лычкина Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. пособие / Н. Е. Лычкина. - М. : ИНФРА-М, 2012. - 253 с.
  8. Наумов В.Н. Элементы имитационного моделирования: учебное пособие. – СПб.:СЗИУ, 2016.
  9. Павловский Ю. Н. Имитационное моделирование: учеб. пособие / Ю. Н. Павловский. - М.: Издательский центр «Академия», 2008.
  10. Рыжиков Ю. И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю. И. Рыжиков. – СПб.: Корона, 2004.
  11. Советов Б. Я. Моделирование систем : учебник для бакалавров, обучающихся по направлениям "Информатика и вычисл. техника" и "Информац. системы", рек. М-вом образования и науки Рос. Федерации / Б. Я. Советов С. А. Яковлев ; Санкт-Петербургский гос. электротехн. ун-т. - 7-е изд. - М. : Юрайт, 2013. - 343 с.
  12. Томашевский В. Н. Имитационное моделирование в среде GPSS / В. Н. Томашевский, Е. Г. Жданова. – М.: Бестселлер, 2003. - 416 с.

### **8.3. Нормативные правовые документы и иная правовая информация**

Не используются

### **8.4 Интернет-ресурсы**

Обучающимся обеспечен доступ к материалам курса в СДО Академии <http://lms.ranepa.ru>, а также через сайт научной библиотеки к следующим подписным электронным ресурсам:

#### ***Русскоязычные ресурсы***

- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Айбукс»
- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Юрайт»
- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «Лань»
- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «ZNANIUM.COM»
- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «BOOK.RU»
- Электронные учебники электронно-библиотечной системы (ЭБС) «IPR SMART»

### **9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

№ п/п	Наименование
-------	--------------

1.	Специализированные залы для проведения лекций, оснащенные персональным компьютером/ноутбуком и мультимедийным проектором
2.	Аудитории и компьютерные классы, оборудованные посадочными местами и персональными компьютерами с выходом в Интернет для проведения практических занятий
3.	«МТС Линк» — российская платформа для онлайн-коммуникаций и совместной работы команд ; «Яндекс Телемост» — сервис для видеоконференций от Яндекса; Я-мессенджер
4.	Технические средства обучения: персональные компьютеры; программные средства, обеспечивающие просмотр видеофайлов в форматах AVI, MPEG-4, DivX, RMVB, WMV; программы для работы с электронными таблицами для обработки, анализа и визуализации данных; соответствующие онлайн-инструменты для построения интеллект-карты и моделей в различных нотациях
5.	Научная библиотека (в т.ч. электронные информационные ресурсы научной библиотеки)
6.	СДО Академии <a href="https://lms.ranepa.ru/">https://lms.ranepa.ru/</a>
7.	R, Rstudio, Anaconda Navigator, VS code, JASP, jamovi, excel
8.	Системы имитационного моделирования AnyLogic, GPSS world, GPSS studio