



Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования
«ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»
(Финансовый университет)

Кафедра моделирования и системного анализа
Факультет информационных технологий и анализа больших данных

Документ подписан усиленной неквалифицированной электронной подписью.

Организация: «ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

Сертификат: HoVAy2GN9kVUKwfuLZsZCLXvrRE6sNN2

Утверждено: Проректор по учебной и методической работе, Е.А. Каменева

Дата: 01.11.2025 г.

С.Е. Щепетова , С.Г. Збрищак , А.И. Иванус
Имитационное моделирование системной динамики

Рабочая программа дисциплины

для студентов, обучающихся по направлению подготовки
02.03.01 - Математика и компьютерные науки,
Образовательная программа «Цифровая аналитика и математическая оценка рисков»

Рекомендовано

*Факультет информационных технологий и анализа больших данных
(протокол № 07 от 22.04.2026 г.)*

Одобрено

*Кафедра моделирования и системного анализа
(протокол № 9 от 13.04.2026 г.)*



Содержание

1. Наименование дисциплины	3
2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине	3
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы	
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся	4
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий	5
5.1. Содержание дисциплины	5
5.2. Учебно – тематический план	7
5.3. Содержание семинаров, практических занятий	8
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы	10
6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю	11
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	12
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	6
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	6
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	18
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)	19
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	19



1. Наименование дисциплины

Имитационное моделирование системной динамики

2. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции
ПКП-1	Способен применять математический аппарат при разработке вычислительных алгоритмов	1. Владеет математическим аппаратом, необходимым для разработки вычислительных алгоритмов.	Знать: виды имитационных моделей сложных систем, порядок их построения и специфику формализации, порядок проведения исследовательских экспериментов на модели. Уметь: представлять в формализованном виде состав и структуру моделируемых систем, алгоритмически и математически описать процессы их функционирования; разрабатывать адекватные математические имитационные модели и обосновывать используемые в них вычислительные алгоритмы.
		2. Разрабатывает вычислительные алгоритмы для решения прикладных задач.	Знать: основные математические методы и программные средства симуляции поведения сложных систем. Уметь: корректно применять математический аппарат для разработки вычислительных алгоритмов имитационных моделей при решении прикладных задач.
ПКП-4	Способен применять теоретико-вероятностные и статистические методы оценки рисков	1. Демонстрирует знания и способность к моделированию в области теории вероятностей и случайных процессов.	Знать: возможности использования теоретико-вероятностных и статистических методов в имитационном моделировании сложных систем. Уметь: исследовать рискованные ситуации на имитационных моделях и оценивать риски деятельности сложных систем в прикладных задачах.
		2. Грамотно выбирает методы математической и актуарной статистики для решения задач оценки рисков.	Знать: принципы и порядок организации экспериментов на имитационных моделях. Уметь: организовать симуляцию рискованных ситуаций в рамках решения прикладных задач, обеспечить наглядную визуализацию поведения системы, грамотно интерпретировать результаты исследовательского эксперимента, в т.ч. оценивать риски.
		3. Использует современные модели и средства визуализации результатов оценки рисков.	Знать: способы визуализации результатов моделирования для сравнения альтернативных вариантов конфигурации поведения сложных систем. Уметь: корректно организовать эксперименты для оценки рисков деятельности сложных систем и интерпретировать результаты симуляции.



3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Имитационное моделирование системной динамики» относится к «Профилю "Цифровая аналитика и математическая оценка рисков"».

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах и в академических часах с выделением объема аудиторной (лекции, семинары) и самостоятельной работы обучающихся

Очная форма обучения

Вид учебной работы по дисциплине	Всего (в з/е и часах)	Семестр 7 (в часах)
Общая трудоемкость дисциплины	3/108	108
Контактная работа – Аудиторные занятия	50	50
<i>Лекции</i>	<i>16</i>	<i>16</i>
<i>Семинары, практические занятия</i>	<i>34</i>	<i>34</i>
<i>Самостоятельная работа</i>	<i>58</i>	<i>58</i>
Вид текущего контроля	Контрольная работа	Контрольная работа
Вид промежуточной аттестации	Зачет	Зачет



5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) дисциплины с указанием их объемов (в академических часах) и видов учебных занятий

5.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Теоретико-методологические основы исследования сложных систем и имитационного моделирования

Сложные системы как предмет имитационного моделирования. Назначение и роль имитационного моделирования в исследовании сложных систем. Основные понятия и определения в имитационном моделировании поведения систем; взаимосвязь понятий. Этапы построения имитационных моделей. Способы получения исходной информации. Адекватность имитационной модели реальному объекту. Проверка адекватности. Верификация и валидация имитационных моделей. Калибровка параметров моделей. Планирование и проведение эксперимента с помощью имитационных моделей. Интерпретация результатов имитационного эксперимента.

Тема 2. Системные исследования на основе имитационного моделирования: проблемы формализации

Формализованное описание и анализ системных свойств экономических объектов. Проблемы формализации реальных ситуаций и имитационного моделирования динамики систем.

Подходы к имитационному моделированию как проекция системных концепций основоположников и современных исследователей (А.А. Богданова, Л. Берталанфи, Н.Н. Моисеева, Н.П. Бусленко, Дж. Форрестера, Д. Медоуза, Клейнера Г.Б., Дрогобыцкого И.Н., Ивануса А.И. и др.). Принципы: соответствия, достаточного основания, максимума энтропии, минимума энтропии, внутренней модели внешней среды, производства энтропии Циглера, симметрии, необходимого разнообразия Эшби, моноцентризма живых систем (принцип «желудка»). Законы: диалектики Гегеля, Гудхарта о качестве показателей, Е.А. Седова иерархических компенсаций. Методические основы моделирования: теорема Гёделя о неполноте, необходимость метасистемы, индуктивный, дедуктивный и абдуктивный методы мышления, метод наблюдателя.

Тема 3. Логико-структурное исследование динамики сложных систем

Нотации описания структуры и поведения сложных систем. Уровни абстракции. Переменные и параметры в модельном описании динамики систем. Прямые и обратные связи, положительные и отрицательные связи. Аддитивные и неаддитивные показатели, описывающие причинно-следственные связи и отношения. Гауссовы и негауссовы распределения измеряемых величин в экономике; факторы, влияющие на распределение. Концепция Н. Талеба о восьми типах распределения случайных величин в экономике. Классификация и виды методов имитационного моделирования (в т.ч. метод Монте-Карло; дискретно-событийное моделирование, агент-ориентированное моделирование; моделирование системной динамики). Выбор целей, критериев оценки и методов моделирования поведения систем. Типичные заблуждения и ошибки.

Тема 4. Математическое обеспечение имитационного моделирования поведения систем

Метод Монте-Карло. Методы численного интегрирования и дифференцирования. Погрешность вычислений. Моделирование задержек. Адаптивные методы для получения прогнозных значений. Планирование и проведение эксперимента.

Программные средства и языки программирования построения имитационных моделей.

Тема 5. Имитационное моделирование системной динамики

Назначение и области применения моделей системной динамики. Спецификация моделей системной динамики: графическое и математическое представление в виде дифференциальных или конечно-разностных уравнений. Диаграмма причинно-следственных (каузальных) связей; циклы и их характеристики. Применение табличных функций в моделях системной динамики. Планирование и проведение эксперимента. Проверка адекватности имитационных моделей. Интерпретация результатов имитационного эксперимента. Примеры моделей системной динамики (например, распространение эпидемий, «хищник-жертва»). Ограничения и недостатки имитационных моделей системной динамики.

Тема 6. Дискретно-событийное моделирование



Области применения дискретно-событийных моделей. Спецификация дискретно-событийных моделей. Планирование и проведение эксперимента. Проверка адекватности дискретно-событийных моделей. Интерпретация результатов имитационного эксперимента. Примеры дискретно-событийных моделей (например, управления запасами; цепочки распространения товара). Ограничения и недостатки дискретно-событийных моделей.

Тема 7. Агент-ориентированное моделирование

Области применения агент-ориентированного моделирования. Спецификация агент-ориентированных моделей. Планирование и проведение эксперимента. Проверка адекватности имитационных моделей. Интерпретация результатов имитационного эксперимента. Примеры агент-ориентированных моделей. Ограничения и недостатки агент-ориентированных моделей.

Тема 8. Системные исследования на основе комбинированных (многоподходных) имитационных моделей

Комбинирование различных методов моделирования при исследовании динамики сложных систем. Место когнитивных методов познания и системного видения экономических объектов в исследовании динамики сложных систем. Связь непрерывных показателей с дискретными событиями.

Этапы построения комбинированной имитационной модели. Планирование и проведение эксперимента. Проверка адекватности имитационных моделей. Верификация и валидация модели. Интерпретация результатов имитационного эксперимента.

Тема 9. Имитационное моделирование в исследованиях чувствительности, устойчивости, равновесия и управляемости сложных систем

Понятия «порядка» и «хаоса». Показатель энтропии в моделировании и оценке свойств экономических объектов. Имитационные модели порядка и хаоса.

Управляемость, чувствительность, устойчивость и неустойчивость, равновесие сложных систем: проблемы обеспечения. Глобальные и локальные экстремумы. Критерии выбора методов имитационного моделирования сложных систем.

Имитационное моделирование равновесных случайных процессов, равновесия, устойчивости и управляемости сложных систем. Обоснование альтернатив выбора, критериев и ограничений оптимального управления. Проблемы выбора оцениваемых показателей системы. Исследование взаимосвязи показателей базовых характеристик системы и влияния на них оптимальных решений.



5.2. Учебно – тематический план

Очная форма обучения

п/ п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Трудоемкость в часах				
		Всего	Контактная работа - Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Общая, в т.ч.:	Лекции	Семинары, практические занятия	
1	Теоретико-методологические основы исследования сложных систем и имитационного моделирования	6	2	1	1	4
2	Системные исследования на основе имитационного моделирования: проблемы формализации	12	2	1	1	10
3	Логико-структурное исследование динамики сложных систем	12	6	2	4	6
4	Математическое обеспечение имитационного моделирования поведения систем	12	6	2	4	6
5	Имитационное моделирование системной динамики	12	6	2	4	6
6	Дискретно-событийное моделирование	12	6	2	4	6
7	Агент-ориентированное моделирование	12	6	2	4	6
8	Системные исследования на основе комбинированных (многоподходных) имитационных моделей	16	8	2	6	8
9	Имитационное моделирование в исследованиях чувствительности, устойчивости, равновесия и управляемости сложных систем	14	8	2	6	6
В целом по дисциплине		108	50	16	34	58



5.3. Содержание семинаров, практических занятий

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях	Формы проведения занятий
Теоретико-методологические основы исследования сложных систем и имитационного моделирования	Кейс по имитационному моделированию для освоения основных понятий и этапности моделирования.	Обсуждение практических ситуаций (кейсов), работа за компьютером, дискуссия.
Системные исследования на основе имитационного моделирования: проблемы формализации	Самостоятельная работа студента с первоисточниками.	Семинарское занятие не предусмотрено.
Логико-структурное исследование динамики сложных систем	Формализация объекта моделирования. Планирование и проведение эксперимента. Анализ результатов эксперимента. Область применения имитационного моделирования.	Обсуждение практических ситуаций с элементами мастер-класса, работа за компьютером, дискуссия.
Математическое обеспечение имитационного моделирования поведения систем	Графическое и математическое отражение структуры имитационных моделей. Возможности программного обеспечения AnyLogic. Обсуждение докладов по математическому инструментарию имитационного моделирования. Определение погрешности и сравнение различных численных методов.	Обсуждение подготовленных при СРС вопросов и кратких сообщений по математическому инструментарию. Работа за компьютером. Обсуждение модельно-аналитических отчетов.
Имитационное моделирование системной динамики	На примере классических задач в среде Anylogic строятся модели системной динамики. Основные вопросы для освоения: 1. построение диаграмм накопителей и потоков для достижения показателем целевого значения и получения определенной формы динамики заданного показателя; 2. построение причинно-следственных циклических диаграмм и определение полярностей обратных связей; отражение в моделях задержек; 3. визуализация поведения моделируемой системы.	Работа за компьютером, обсуждение практических ситуаций и моделей, дискуссия.
Дискретно-событийное моделирование	На примере классических задач в среде Anylogic строятся модели дискретно-событийного моделирования. Основные вопросы для освоения: 1. описание процессов и событий;	Работа за компьютером, обсуждение практических ситуаций и моделей, дискуссия.



Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов для обсуждения на семинарах, практических занятиях	Формы проведения занятий
	2. формализация переходов системы из одного состояния в другое; 3. визуализация поведения моделируемой системы.	
Агент-ориентированное моделирование	На примере классических задач в среде Anylogic строятся модели агент-ориентированного моделирования. Основные вопросы для освоения: 1. выделение и описание агентов; 2. формализация поведения агентов; 3. симуляция системных эффектов группового поведения; 4. визуализация результатов моделирования.	Работа за компьютером, обсуждение практических ситуаций и моделей, дискуссия.
Системные исследования на основе комбинированных (многоподходных) имитационных моделей	С помощью элементов библиотеки Anylogic интегрируются изученные модели. Строятся графики полученных показателей. Используются динамические переменные, табличные функции, функции задержки. Используются размерности для указания массива элементов. Используются элементы управления «кнопка» и «переключатель» для управления значениями накопителей. Обеспечивается согласованность модельного описания системы в разных нотациях. Программируется визуализация симуляции.	Работа за компьютером, обсуждение практических ситуаций и моделей, дискуссия.
Имитационное моделирование в исследованиях чувствительности, устойчивости, равновесия и управляемости сложных систем	Рассматриваются задачи на исследование устойчивости, равновесия и управляемости. 1. Планирование и организация исследования сложной системы с использованием имитационного моделирования. 2. Выявление существенных признаков объекта моделирования. 3. Обоснование спецификации модели. 4. Построение модели в программной среде. 5. Проведение и анализ результатов компьютерных экспериментов на модели. 6. Аргументация выводов исследования динамики системы.	Работа за компьютером, обсуждение практических ситуаций и моделей, дискуссия.



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

6.1. Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы

Наименование тем (разделов) дисциплины	Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение	Формы внеаудиторной самостоятельной работы
Теоретико-методологические основы исследования сложных систем и имитационного моделирования	Системные основания и общие положения методологии моделирования. Востребованность имитационного моделирования. Примеры использования имитационного моделирования в практической деятельности.	Работа с учебной и научной литературой, повтор и углубленное изучение теоретического материала.
Системные исследования на основе имитационного моделирования: проблемы формализации	Основные идеи А.А. Богданова, Л. Берталанти, Н.Н. Моисеева, Н.П. Бусленко, Дж. Форрестера, Д. Медоуза и современных исследователей. Проекция этих идей на этапы имитационного моделирования.	Работа с учебной и научной литературой, упорядочение и согласование теоретического материала.
Логико-структурное исследование динамики сложных систем	Выявление схожих и отличительных черт известных подходов к построению имитационных моделей.	Систематизация теоретического и эмпирического материала.
Математическое обеспечение имитационного моделирования поведения систем	Повторение и закрепление материала: Метод Монте-Карло и примеры его применения. Методы численного интегрирования. Погрешность вычислений. Моделирование задержек.	Систематизация теоретического и эмпирического материала.
Имитационное моделирование системной динамики	Самостоятельное изучение и построение типовых моделей системной динамики в среде Anylogic.	Освоение теоретического материала и самостоятельное закрепление навыков моделирования в AnyLogic.
Дискретно-событийное моделирование	Самостоятельное изучение и построение типовых дискретно-событийных моделей в Anylogic.	Освоение теоретического материала и самостоятельное закрепление навыков моделирования в AnyLogic.
Агент-ориентированное моделирование	Самостоятельное изучение и построение типовых агент-ориентированных моделей в Anylogic.	Освоение теоретического материала и самостоятельное закрепление навыков моделирования в AnyLogic.
Системные исследования на основе комбинированных (многоподходных) имитационных моделей	Самостоятельное построение многоподходной имитационной модели для исследования социально-экономической системы.	Освоение теоретического материала и самостоятельное закрепление навыков моделирования в AnyLogic.
Имитационное моделирование в исследованиях чувствительности, устойчивости, равновесия и управляемости сложных систем	Работа с литературой, изучение примеров и документации по Anylogic.	Освоение теоретического материала и самостоятельное закрепление навыков моделирования в AnyLogic.



6.2. Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Моделирование и понятие сущности.
2. Наблюдатель и его влияние на процесс моделирования.
3. Типовые ошибки и заблуждения при построении и реализации моделей.
4. Отличительные черты имитационного моделирования.
5. Этапы построения имитационной модели.
6. Виды имитационных моделей и их сравнительное сопоставление.
7. Планирование и интерпретация результатов компьютерного эксперимента.
8. Спецификация моделей системной динамики.
9. Спецификация моделей дискретно-событийного моделирования.
10. Спецификация агент-ориентированных моделей.

Пример контрольной работы

Контрольная работа состоит в выполнении заданий по имитационному моделированию сложных систем. Контрольные задания определяются преподавателем. Рекомендуется включить в их состав задания, связанные моделированием распределений случайных величин, а также творческое задание, для выполнения которого студент самостоятельно выбирает объект моделирования и исследует его с помощью построенной имитационной модели, дает пояснения к этапам моделирования и полученным результатам. Тема контрольной работы выбирается обучающимися самостоятельно, но согласовывается с преподавателем.

Примерный перечень вопросов к контрольной работе

1. Как осуществляется переход от объекта моделирования к модели?
2. Как строится спецификация модели?
3. Как отразить в модели детерминированные и вероятностные аспекты динамики систем?
4. Как осуществляется проверка адекватности модели?
5. Какие существуют способы получения информации и ввода данных в модель?
6. Как спланировать эксперимент?
7. Как проводится анализ и интерпретация результатов моделирования?

Дополнительная информация



7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения в процессе освоения образовательной программы содержится в разделе 2. «Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы (перечень компетенций) с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине».

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки индикаторов достижения компетенций, умений и знаний

Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
ПКП-1. Способен применять математический аппарат при разработке вычислительных алгоритмов	1. Владеет математическим аппаратом, необходимым для разработки вычислительных алгоритмов.	Знать: виды имитационных моделей сложных систем, порядок их построения и специфику формализации, порядок проведения исследовательских экспериментов на модели. Уметь: представлять в формализованном виде состав и структуру моделируемых систем, алгоритмически и математически описать процессы их функционирования; разрабатывать адекватные математические имитационные модели и обосновывать используемые в них вычислительные алгоритмы.	На примере конкретного кейса: 1. Обоснуйте выбор метода имитации. 2. Аргументируйте результаты предмодельного анализа объекта моделирования. 3. Постройте и поясните имитационную модель. 4. Проведите компьютерный эксперимент. 5. Интерпретируйте результаты моделирования.
	2. Разрабатывает вычислительные алгоритмы для решения прикладных задач.	Знать: основные математические методы и программные средства симуляции поведения сложных систем. Уметь: корректно применять математический аппарат для разработки вычислительных алгоритмов имитационных	1 Аргументируйте математическую запись имитационной модели. 2. Раскройте этапность построения и реализации имитационной модели в выбранной среде моделирования. 3 Составьте вычислительный алгоритм имитационной модели и обоснуйте выбор численного метода.



Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		моделей при решении прикладных задач.	
ПКП-4. Способен применять теоретико-вероятностные и статистические методы оценки рисков	1. Демонстрирует знания и способность к моделированию в области теории вероятностей и случайных процессов.	Знать: возможности использования теоретико-вероятностных и статистических методов в имитационном моделировании сложных систем. Уметь: исследовать рискованные ситуации на имитационных моделях и оценивать риски деятельности сложных систем в прикладных задачах.	1. Опишите исследуемую рискованную ситуацию с системных позиций. 2. Формализуйте рискованную ситуацию и постройте имитационную модель для ее исследования. 3. Обоснуйте выбор математического аппарата для отражения существенных характеристик рискованной ситуации.
	2. Грамотно выбирает методы математической и актуарной статистики для решения задач оценки рисков.	Знать: принципы и порядок организации экспериментов на имитационных моделях. Уметь: организовать симуляцию рискованных ситуаций в рамках решения прикладных задач, обеспечить наглядную визуализацию поведения системы, грамотно интерпретировать результаты исследовательского эксперимента, в т.ч. оценивать риски.	1. Составьте план проведения компьютерного эксперимента для исследования рискованной ситуации 2. Опишите используемые способы визуализации хода компьютерного эксперимента. 3. Сравните альтернативные варианты конфигурации систем для защиты от рисков и нивелирования последствий рискованных ситуаций. 4. Интерпретируйте результаты компьютерного исследования рискованных ситуаций.
	3. Использует современные модели и средства визуализации результатов оценки рисков.	Знать: способы визуализации результатов моделирования для сравнения альтернативных вариантов конфигурации поведения сложных систем. Уметь: корректно организовать эксперименты для оценки рисков деятельности сложных	1. Визуализируйте и сравните альтернативные варианты конфигурации систем для защиты от рисков и нивелирования последствий рискованных ситуаций. 2. Интерпретируйте результаты компьютерного исследования рискованных ситуаций.



Наименование компетенции	Наименование индикаторов достижения компетенции	Результаты обучения (умения и знания), соотнесенные с индикаторами достижения компетенции	Типовые контрольные задания
		систем и интерпретировать результаты симуляции.	



Примеры практико-ориентированных заданий

СИСТЕМНАЯ ЭКСПЕРТИЗА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

«.....»

1. Название объекта

2. Основные характеристики объекта:

1) цель функционирования объекта:

2) известные или предполагаемые задачи, решаемые объектом:

2) известные или предполагаемые данные о структуре объекта:

3) известные или предполагаемые данные о процессах в объекте:

4) факторы неопределённости, воздействующие на объект:

3. Основные требования к модели объекта (вместо ТЗ):

1) цель создания модели:

2) задачи, решаемые на модели:

3) требования к оценкам характеристик, получаемых на модели:

Б. Основные сведения о модели объекта

1. Цель моделирования – получение на модели информации о объекте (какой?).

2. Используемое ПО

В. Системный анализ (исследование по частям) характеристик модели

1. Задачи, решаемые на основе модели.

2. Состав функциональных блоков модели. Отобразить структуру модели в виде функциональной блок-схемы.

3. Определение эндогенных, экзогенных переменных и параметров модели.

4. Является ли модель иерархической? (да, нет)

5. Наличие в модели обратных связей – положительных и отрицательных.

6. Описание внутренней модели внешнего мира (ВМВМ) (при условии, что она в модели имеется).

7. Определение соответствия модели закону необходимого разнообразия Эшби.

8. Предложения о вариантах возможного увеличения необходимого разнообразия.

9. Выбор параметров модели для нахождения оптимальных решений по критериям производительности, эффективности и условиям ресурсных ограничений.

10. Проведение анализа чувствительности выходной переменной методом «По очереди (ОАТ)».

11. Проведение анализа устойчивости динамики модели.

12. С целью оценки статистической устойчивости провести количественные расчеты на модели методом Монте-Карло в следующей последовательности:

1) определение множества случайных величин и их законов распределения;

2) генерация выбранных случайных величин в соответствии с этими законами;

3) проведение серии модельных экспериментов в необходимом количестве (каком?);

4) обработка данных, полученных в результате экспериментов, вычисление точечных оценок и доверительных интервалов;

5) оценка соответствия статистической устойчивости модели заданным требованиям на основе точечных оценок и доверительных интервалов;

6) возможные причины появления статистической неустойчивости:

13. Ограничения по ресурсам (финансовые, материальные, информационные и проч.), учитываемых в модели, и их размерность:.

Г. Системный синтез (исследование в целом) свойств модели. Выводы и рекомендации

1. Определение эмерджентных характеристик модели.



2. Соотношение цели моделируемого объекта и 1) производительности и/или 2) эффективности (что является причиной, а что следствием?)
3. Рассчитать количественную величину энтропии входных и выходной переменных модели:
 - 1) формула оценки энтропии:
 - 2) по формуле рассчитать энтропию:
 - для входных переменных (выделить их на блок-схеме) энтропия равна
 - для выходной переменной (показать на блок-схеме) энтропия равна
 - 3) на какую величину убывает (или не убывает) энтропия выходной переменной по сравнению с входными переменными?
 - 4) какому системному принципу это соответствует?
4. Выявление функций, которые модель не обеспечивает.
5. Указать управленческие решения, которые можно генерировать для оценки динамических характеристик модели.
6. Сопоставляя полученные результаты экспертизы с целями и задачами моделирования (пп. Б1 и В1), сделать вывод об их выполнении.
7. Заключение: на основании проведенной экспертизы имитационная модель «.....» удовлетворяет требованиям ТЗ (п. А3) и её можно рекомендовать для проведения аналогичных исследований реальных объектов в отраслях.

Примеры вопросов для подготовки к промежуточной аттестации

1. Моделирование и понятие сущности.
2. Наблюдатель и его влияние на процесс моделирования.
3. Типовые ошибки и заблуждения при построении и реализации моделей.
4. Отличительные черты имитационного моделирования.
5. Этапы построения имитационной модели.
6. Виды имитационных моделей и их сравнительное сопоставление.
7. Планирование и интерпретация результатов компьютерного эксперимента.
8. Спецификация моделей системной динамики.
9. Спецификация моделей дискретно-событийного моделирования.
10. Спецификация агент-ориентированных моделей.
11. Построение многоподходных моделей.
12. Метод Монте-Карло.
13. Дифференциальные уравнения в имитационном моделировании.
14. Конечно-разностные уравнения в имитационном моделировании.
15. Численные методы имитационного моделирования.
16. Проверка адекватности имитационной модели.
17. Обеспечение адекватности имитационной модели.
18. Использование имитационных моделей для исследования устойчивости сложных систем.
19. Использование имитационных моделей для исследования процессов управления сложными системами.
20. Использование имитационных моделей для исследования равновесия в сложных системах.
21. Прикладные сферы имитационного моделирования.



8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Кораблев, Ю.А. Имитационное моделирование : Учебник / Ю.А. Кораблев Электрон. дан. Москва : КноРус, 2026 145 с. Режим доступа: book.ru Internet access <https://book.ru/book/959673> ISBN 978-5-406-15420-5. [БИК ID: RU\bookru\bibl\959673]
2. Кораблев, Ю.А. Имитационное моделирование. Практикум : Учебное пособие / Ю.А. Кораблев Электрон. дан. Москва : КноРус, 2021 153 с. Режим доступа: book.ru Internet access <https://book.ru/book/936268> ISBN 978-5-406-02673-1. [БИК ID: RU\bookru\bibl\936268]

Дополнительная литература:

1. Иванус, А. И. Системные аспекты методов имитационного моделирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / Иванус А. И. Москва : Прометей, 2020 148 с. Книга из коллекции Прометей - Экономика и менеджмент <https://e.lanbook.com/book/165966> ISBN 978-5-907244-97-9. [БИК ID: RU-LAN-BOOK-165966]
2. Боев, Василий Дмитриевич Моделирование в среде AnyLogic : учебник для вузов / В. Д. Боев. Электрон. дан. Москва : Юрайт, 2026 298 с (Высшее образование) URL: <https://urait.ru/bcode/598701> (дата обращения: 27.02.2026). Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей <https://urait.ru/bcode/598701> ISBN 978-5-534-02560-6 : 1609.00. [БИК ID: RU2fURAIT2f598701]
3. Боев, Василий Дмитриевич Имитационное моделирование систем : учебник для вузов / В. Д. Боев. Электрон. дан. Москва : Юрайт, 2026 253 с (Высшее образование) URL: <https://urait.ru/bcode/598767> (дата обращения: 27.02.2026). Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей <https://urait.ru/bcode/598767> ISBN 978-5-534-04734-9 : 1409.00. [БИК ID: RU2fURAIT2f598767]

Нормативные правовые акты:

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотека Финансового университета (ЭБ) <http://elib.fa.ru/> (<http://library.fa.ru/files/elibfa.pdf>)
2. Электронно-библиотечная система BOOK.RU <http://www.book.ru>
3. Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://elibrary.ru>
4. Информационно-образовательный портал Финуниверситета: <https://org.fa.ru>
5. • Электронно-библиотечная система Znanium <http://www.znanium.ru/>
6. • Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф/>
7. <http://www.biblioclub.ru> - Университетская библиотека online
8. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Издательский Дом ИНФРА-М»
9. • Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
10. • Электронно-библиотечная система издательства Лань <https://e.lanbook.com/>
11. • Деловая онлайн-библиотека Alpina Digital <http://lib.alpinadigital.ru/>



10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студентам при подготовке следует использовать нормативные документы Финансового университета, Методические рекомендации по планированию и организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов по образовательным программам бакалавриата и магистратуры в Финансовом университете, утвержденные приказом Финуниверситета от 11.05.2021 г. № 1040 (см. сайт Финансового Университета: на главной странице раздел «Наш университет»; далее «Единая правовая база Финуниверситета»).

Изучение дисциплины «Имитационное моделирование системной динамики» предполагает серьезную самостоятельную работу студента, которая связана не только с освоением дополнительного материала и закрепления навыков применения методологии системного моделирования, но и с творческим применением положений и методов системной парадигмы для анализа и решения конкретной, актуальной социально-экономической проблемы. Для организации самостоятельной работы студенты опираются на учебно-тематический план изучения дисциплины, где указана тематика лекций, практических занятий, вопросы и задания для самостоятельного изучения. Домашние задания следует выполнять регулярно при подготовке к практическим занятиям. Контроль выполнения домашних заданий осуществляется в ходе практических занятий в процессе выборочного собеседования.

Контрольная работа студента должно включать:

- описание актуальности исследования выбранного объекта моделирования методами имитационного моделирования, цели и задач работы;
- систематизацию теоретических источников по исследуемой проблематике;
- описание имеющихся сведений об объекте моделирования и обоснование существенных признаков для отражения в модели;
- этапы построения и аргументированную спецификацию имитационной модели;
- порядок проведения компьютерного эксперимента и интерпретацию результатов симуляции;
- список источников.

При выполнении контрольной работы используются современные информационные и технологические средства поиска, обработки и анализа знаний, информации и данных. Текст контрольной работы должен быть максимально полным, но лаконичным.

Оценка контрольной работы осуществляется в процессе текущего контроля успеваемости студентов. Критерии бальной оценки текущего контроля успеваемости содержатся в соответствующих методических рекомендациях университета и кафедры.



11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем

Комплект лицензионного программного обеспечения:

1. Kaspersky
2. Microsoft Office (Windows)

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационно-правовая система «Гарант»
2. Информационно-правовая система «Консультант Плюс»
3. Система комплексного раскрытия информации «СКРИН» - <http://www.skrin.ru/>
4. Информационно-справочная система «СПАРК»

Сертифицированные программные и аппаратные средства защиты информации

1. не предусмотрены

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

1. **Компьютерный класс** для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, в том числе групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенный оборудованием и техническими средствами обучения: мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), персональные компьютеры, набор демонстрационного оборудования (проектор, экран)
2. **Учебная аудитория** для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, в том числе групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), набор демонстрационного оборудования (проектор, экран)