

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Математических методов исследования операций

Азарнова Т.В.

22.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.18 Имитационное моделирование**

- 1. Код и наименование направления подготовки / специальности:**
38.03.05 Бизнес-информатика
- 2. Профиль подготовки / специализация/магистерская программа:**
Бизнес-аналитика и системы автоматизации предприятий
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** математических методов исследования операций
- 6. Составители программы:** Бондаренко Ю.В., д. т. н., профессор кафедры ММИО
- 7. Рекомендована:** : научно-методическим советом факультета ПММ 22.03.2024, протокол №5
- 8. Учебный год:** 2026/2027 **Семестр(ы):** 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Цели изучения дисциплины:

- получение знаний о современных направлениях и технологиях имитационного моделирования сложных социально-экономических систем, бизнес-процессов, объектов и проектов.
- обучение инструментам и информационным технологиям разработки имитационной модели, проведения направленного вычислительного эксперимента, подготовки реальных данных и аналитической обработки результатов эксперимента;
- расширение знаний об экономико-математическом моделировании сложных объектов в условиях воздействия случайных и неопределенных факторов внешней среды.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение методологических основ и понятийного аппарата имитационного моделирования;
- получение знаний и практических навыков построения моделей и проведения вычислительного эксперимента по основным направлениям имитационного моделирования – статистического, дискретно-событийного, системной динамики и агентного;
- освоение программных продуктов имитационного моделирования.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и навыкам, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к вариативной части блока Б1 дисциплин учебного плана.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикаторы(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен использовать методы математического и статистического анализа, экономико-математические методы для решения задач в области бизнес-аналитики	ПК-1.2	Осуществляет экономико-математическое моделирование для целей бизнес-аналитики	Знает: - основные понятия и технологию имитационного моделирования; - современные направления имитационного моделирования (вероятностное, дискретно-событийное, системная динамика, агентное); - технологии построения экономико-математических моделей каждого направления имитационного моделирования; - технологию организации вычислительного эксперимента и обработки результатов; Умеет : - составлять комплекс логико-аналитических моделей сложных объектов и бизнес-процессов; - формировать имитационную модель;

				-разрабатывать сценарий направленного вычислительного эксперимента; - производить анализ и обработку результатов эксперимента, Владеет навыками работы в специализированном ПО.
--	--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом —2/72.

Форма промежуточной аттестации зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			№ сем. 6	№ сем.
Аудиторные занятия	32		32		
в том числе:					
лекции	16		16		
практические	-		-		
лабораторные	16		16		
Самостоятельная работа	40		40		
Форма промежуточной аттестации	Зачет		Зачет		
Итого:	72		72		

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Методологические основы имитационного моделирования	Понятие имитационного моделирования сложных систем. Основные направления имитационного моделирования (вероятностное моделирование, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование). Общие этапы имитационного моделирования. Программное обеспечение имитационного моделирования (обзор). Испытание и исследование свойств имитационной модели. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели.	Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)
1.2	Статистическое моделирование	Понятие статистического моделирования. Основные виды статистического моделирования. Этапы статистического моделирования. Законы распределения случайных величин. Метод Монте-Карло.	Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)

1.3	Дискретно-событийное моделирование	Основные понятия дискретно-событийного моделирования. Моделирование случайных процессов. Системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО. Основные характеристики СМО. Основные типы СМО и их характеристики (Одноканальная СМО с отказами и ожиданием, многоканальная СМО). Дискретно-событийное моделирование в Anylogic	
1.4	Модели системной динамики	Понятия системной динамики. Основные этапы разработки модели системной динамики. Статистические методы выявления причинно-следственных связей. Построение когнитивной карты. Построение модели системной динамики. Системное моделирование в Anylogic. Примеры моделей системной динамики.	Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)
1.5	Агентные модели	Основные понятия агентного моделирования. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов. Агентное моделирование в Anylogic	Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)
2. Практические занятия			
3. Лабораторные работы			
3.1	Статистическое моделирование	Лабораторная работа № 1. Имитационное моделирование анализа риска инвестиционных проектов	Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)
3.2	Дискретно-событийное моделирование	Лабораторная работа № 2 Оптимизация работы системы массового обслуживания (на примере торгового предприятия). Лабораторная работа № 3. Моделирование процесса функционирования оптового склада продукции.	Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)
3.3	Модели системной динамики	Лабораторная работа № 4. Моделирование сборочного цеха.	Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)
3.4.	Агентные модели	Лабораторная работа № 5. Моделирование работы отделения банка.	Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Методологические основы имитационного моделирования	4			10	14
2	Статистическое моделирование	1		4	5	10
3	Дискретно-событийное моделирование	4		6	10	20
4	Модели системной динамики	5		4	10	19
5	Агентные модели	2		2	5	9
	Итого:	16		16	40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Освоение дисциплины «Имитационное моделирование» включает лекционные занятия, лабораторные занятия и самостоятельную работу обучающихся.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов.

В рамках общего объема часов, отведенных для изучения дисциплины, предусматривается выполнение следующих видов самостоятельных работ студентов (СРС): изучение лекционного материала, выполнение практических заданий в форме лабораторных работ.

Методологические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента должна опираться на сформированные навыки и умения, приобретенные во время обучения в средней школе и ВУЗе. В ВУЗе студент должен повысить уровень самостоятельности. Составляющей компонентой его работы должно стать творчество. Работая с литературой по теме занятий, нужно делать выписки текста, содержащего характеристику или комментарии уже знакомого Вам источника. Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

Для повышения уровня освоения компетенций студентам предлагается прослушать подобранный преподавателям курс вебинаров ведущих специалистов в области имитационного моделирования (ссылки на вебинары представлены в курсе «Имитационное моделирование» на образовательной платформе ВГУ).

Методические рекомендации по подготовке к зачету

При подготовке к зачету следует в полной мере использовать лекционный материал и учебники, рекомендованного преподавателем.

Методические рекомендации при использовании дистанционных образовательных технологий

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-

платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Строгалева, В. П. Имитационное моделирование : учебное пособие / В. П. Строгалева, И. О. Толкачева. — 4-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 295 с. — ISBN 978-5-7038-4825-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106283
2	Решмин, Б. И. Имитационное моделирование и системы управления : учебное пособие / Б. И. Решмин. — 2-е изд., испр. и доп. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 74 с. — ISBN 978-5-9729-0120-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/108629
3	Палей, А. Г. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic : учебное пособие / А. Г. Палей, Г. А. Поллак. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-3844-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/122179
4	Снетков, Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов : учебное пособие / Н. Н. Снетков. — Москва : ЕАОИ, 2008. — 228 с. — ISBN 978-5-374-00079-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/126315

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Имитационное моделирование бизнес-процессов : учебно-методическое пособие / З. И. Баусова, Е. В. Жаркова, А. Л. Козлов, Ю. А. Коробасова. — Пенза : ПензГТУ, 2013. — 164 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/62734
6	Мичасова, О. В. Имитационное моделирование экономических систем: проектноориентированный подход : учебно-методическое пособие / О. В. Мичасова. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. — 186 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/153378

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	Университетская библиотека on-line Режим доступа: https://biblioclub.ru/
8	ЭБС Лань. Режим доступа: http://www.e.lanbook.com
9	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online (доступ осуществляется по адресу: https://biblioclub.ru/);
10	Электронная библиотека технического ВУЗа «Консультант студента» (доступ осуществляется по адресу: https://www.studmedlib.ru/);
11	Современные информационные технологии в бизнесе/ ВШЭ. – НПОО.- Режим доступа: https://openedu.ru/course/hse/ITBUSINESS/
12	Системная динамика устойчивого развития / УрФУ. – НПОО. – Режим доступа: https://openedu.ru/course/urfu/ECOS/
13	Имитационное моделирование / Ю.В. Бондаренко. – Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». – Режим доступа - Курс: Имитационное моделирование (vsu.ru) Курс: Имитационное моделирование Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (vsu.ru)

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

Для обеспечения самостоятельной работы студентов в электронном курсе дисциплины на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» сформирован учебно-методический комплекс, который включает в себя: программу курса, учебные пособия и справочные материалы, методические указания по выполнению проекта. Студенты получают доступ к данным материалам на первом занятии по дисциплине.

Указанные в учебно-методическом комплексе учебные пособия и справочные материалы, приведены в таблице ниже:

№ п/п	Источник
1	Пройдакова, Е. В. Исследование систем массового обслуживания методом имитационного моделирования : учебное пособие / Е. В. Пройдакова, М. А. Федоткин. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. — 21 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/153322
2	Лимановская, О. В. Имитационное моделирование в AnyLogic 7 : учебное пособие : в 2 частях / О. В. Лимановская. — Екатеринбург : УрФУ, 2017 — Часть 1 — 2017. — 152 с. — ISBN 978-5-7996-2029-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169989
3	Мицель, А. А. Сборник задач по имитационному моделированию экономических процессов : учебное пособие / А. А. Мицель. — Москва : ТУСУР, 2016. — 218 с. — ISBN 978-5-86889-358-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория должна быть оборудована: учебная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).

Лабораторные занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной учебной мебелью и персональными компьютерами с доступом в сеть Интернет (компьютерные классы, студии), мультимедийными средствами (мультимедийный проектор, экран, средства звуковоспроизведения), установленным ПО, Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере.

Для самостоятельной работы необходимы компьютерные классы, помещения, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет.

Информационные технологии для реализации учебной дисциплины:

- технологии синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателя посредством служб (сервисов) по пересылке и получению электронных сообщений, в том числе, по сети Интернет;
- сервис электронной почты для оперативной связи преподавателя и студентов.

Программное обеспечение: Windows 10 (лицензионное ПО); IntelliJ IDEA Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО); Paskal ABC NET (свободное и/или бесплатное ПО); Jet Brains PyCharm Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО); Anaconda (свободное и/или бесплатное ПО); LibreOffice (свободное и/или бесплатное ПО); Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО); 7-zip (свободное и/или бесплатное ПО); Matlab (лицензионное ПО); Anylogic (бесплатное).

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименования раздела дисциплины	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Методологические основы имитационного моделирования	ПК-1	ПК-1.2	Контрольная работа
2	Статистическое моделирование	ПК-1	ПК-1.2	Контрольная работа, лабораторная работа
3	Дискретно-событийное моделирование	ПК-1	ПК-1.2	Контрольная работа, лабораторная работа
4	Модели системной динамики	ПК-1	ПК-1.2	лабораторная работа
5	Агентные модели		ПК-1.2	лабораторная работа
Промежуточная аттестация форма контроля				Зачет, Перечень вопросов, КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- Лабораторные работы, контрольная работа.

Контрольная работа (типовой вариант)

1. Какие значения можно задавать с помощью случайных чисел в имитационных моделях?
2. В чем разница между непрерывными и дискретными распределениями?

3. Чему равна площадь под графиком функции плотности распределения?

4. Какие минимальные и максимальные значения принимает функция распределения (интегральная) $F(x)$?

5. Разработать простую имитационную модель равновесной рыночной цены на товар, основываясь на паутиной модели равенства спроса и предложения.

Критерии оценки контрольной работы

Для оценивания результатов работы используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся верно ответил на задания 1-4. При этом 5 задание может быть решено неверно из-за незначительной ошибки.	<i>Отлично</i>
Верно решено 4 задания.	<i>Хорошо</i>
Верно решено 3 задания.	<i>Удовлетворительно</i>
Верно решено менее 3 заданий	<i>Неудовлетворительно</i>

Технология проведения

Контрольная работа проводится письменно, в течение 2 академических часов.

Перечень примерных заданий на лабораторные работы

Лабораторная работа № 1. Имитационное моделирование анализа риска инвестиционных проектов

Постановка задачи. Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта «А». В процессе предварительного анализа экспертами были выявлены три ключевых параметра проекта и определены возможные границы их изменений (см. таблицу). Прочие параметры проекта считаются постоянными величинами.

Постройте имитационную модель расчета NPV. Считая, что все ключевые переменные имеют равномерный закон распределения, проведите вычислительный эксперимент. Сделайте выводы о целесообразности инвестиций.

Ключевые параметры проекта по производству продукта «А»

Сценарий	Показатели		
	Наихудший	Наилучший	Вероятный
Объем выпуска, Q	130	300	200
Цена за штуку, P	40	55	50
Переменные затраты, I	35	25	30

Неизменяемые параметры проекта по производству продукта «А»

Показатели	Наиболее вероятные значения
Постоянные затраты, F	500
Амортизация, A	100

Ставка процента по заемным средствам (налог на прибыль), T	60%
Норма дисконта, r	10%
Срок проекта, n	5

Лабораторная работа № 2 Оптимизация работы системы массового обслуживания (на примере торгового предприятия).

Постановка задачи 1: В маленький супермаркет с одной кассой приходят покупатели в среднем каждые 4 минуты. Каждый посетитель сперва в течение $5+1$ мин. ходит по супермаркету и выбирает товар, затем подходит к продавцу. Продавец обслуживает покупателей в среднем 2 минуты по нормальному закону распределения с $\sigma = 0,7$. Промоделируйте работу супермаркета за время прохождения 1000 покупателей.

Постановка задачи 2. В супермаркет с пятью кассами приходят покупатели в среднем каждые 20 секунд. Процесс поступления является пуассоновским. Каждый посетитель сперва в течение $3+1$ минут ходит по супермаркету и выбирает товар, затем подходит к кассам, к которым организована единая очередь. На каждой кассе покупатели обслуживаются в среднем по 1,5 минуты по нормальному закону распределения с разбросом 0,3. Промоделировать работу супермаркета за 24 часа и определить, сколько дополнительных касс стоит открыть, чтобы среднее время ожидания в очереди было не больше минуты.

Лабораторная работа № 3. Моделирование процесса функционирования оптового склада продукции.

Постановка задания. В отделе по работе с клиентами оптовой базы работают n сотрудников, занимающихся сбором документов и сертификатов качества к заявке клиента. В среднем за n часов отдел получает m заявок. На сбор документов по одной заявке один сотрудник затрачивает в среднем t минут. Если приходит заявка, а свободных сотрудников нет, то заявка переходит в другой отдел, что экономически не выгодно для работы отдела.

Рассмотри работу системы в двух режимах:

- 1) все сотрудники работают вместе как один, т.е. одну заявку обслуживают все сотрудники
 - 2) каждый сотрудник обслуживает одну заявку
- Сравните эффективности этих двух режимов работы системы.

Лабораторная работа № 4 Моделирование сборочного цеха предприятия.

Для получения навыков представления реального организационно-технического объекта в виде имитационной модели рассматривается сборочный цех. Параметры задаются преподавателем для каждого студента.

Цель работы: знакомство с методологией разработки имитационной модели для реального объекта в программе Anylogic.

Лабораторная работа № 5. Моделирование работы отделения банка.

Постановка задания: Создать модель простой системы обслуживания, а именно модель банковского отделения. В банковском отделении находятся банкомат и стойки банковских кассиров, что позволяет быстро и эффективно обслуживать посетителей

банка. Операции с наличностью клиенты банка производят с помощью банкомата, а более сложные операции, такие как оплата счетов – с помощью кассиров.

Критерии оценки лабораторной работы

Для оценивания результатов работы используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся верно построил модель, сформировал параметры, провел вычислительные эксперимент, осуществил обработку результатов и сделал правильные выводы.	<i>Отлично</i>
Построенная модель или выводы имеют незначительные неточности	<i>Хорошо</i>
Модель имеет незначительные неточности, имеются существенные ошибки в проведении вычислительного эксперимента, обработке результатов и выводах.	<i>Удовлетворительно</i>
Модель не построена или содержит существенные ошибки	<i>Неудовлетворительно</i>

Технология проведения

Лабораторные работы выполняются на лабораторных занятиях с использованием специального ПО (программы Anylogic). Задания выполняются с использованием ПО, указанного в п. 17 (или аналогов со схожей функциональностью). По каждой лабораторной работе студенты представляют краткий письменный отчет, содержащий краткое описание работы и выводы. При сдаче лабораторной работы студент должен ответить на вопросы преподавателя по лекционному материалу темы лабораторной.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к зачету.

Перечень вопросов к зачету

1. Понятие имитационного моделирования сложных систем.
2. Основные направления имитационного моделирования (вероятностное моделирование, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование).
3. Общие этапы имитационного моделирования. Инструментальные средства имитационного моделирования.
4. Испытание и исследование свойств имитационной модели.
5. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели.
6. Понятие статистического моделирования. Основные виды статистического моделирования.
7. Этапы статистического моделирования.
8. Законы распределения случайных величин.
9. Метод Монте-Карло.
10. Основные понятия дискретно-событийного моделирования.

11. Моделирование случайных процессов.
12. Системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО.
13. Основные характеристики СМО.
14. Основные типы СМО и их характеристики (Одноканальная СМО с отказами и ожиданием, многоканальная СМО).
15. Дискретно-событийное моделирование в Anylogic
16. Понятия системной динамики.
16. Основные этапы разработки модели системной динамики.
17. Статистические методы выявления причинно-следственных связей. Построение когнитивной карты.
18. Построение модели системной динамики.
19. Системное моделирование в Anylogic. Примеры моделей системной динамики.
20. Основные понятия агентного моделирования.
21. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов.
22. Агентное моделирование в Anylogic

Контрольно-измерительный материал (типовой вариант)

1. Статистические методы выявления причинно-следственных связей. Построение когнитивной карты
2. Основные направления имитационного моделирования (вероятностное моделирование, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование).
3. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов.

Критерии оценки ответов на контрольно-измерительный материал

Для оценивания результатов работы используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания	Шкала оценок
студент демонстрирует глубокое понимание темы, умеет распространять вытекающие из теории выводы для анализа экономической системы, верно отвечает на 3 вопроса..	<i>Отлично</i>
студент демонстрирует понимание теоретических положений темы и базовых понятий, но допускает неточности в ответах, отвечает на 2 вопроса .	<i>Хорошо</i>
студент отвечает на один вопрос.	<i>Удовлетворительно</i>
студент демонстрирует непонимание теоретических основ и базовых понятий курса.	<i>Неудовлетворительно</i>

Технология проведения

Зачетная работа проводится письменно, в течение 2 академических часов.

Оценка промежуточной аттестации формируется как интегральная оценка по следующей формуле:

$$Q_{тек} = 0,08(Q_{лаб1} + Q_{лаб2} + Q_{лаб3} + Q_{лаб4} + Q_{лаб5}) + 0,3Q_{контр} + 0,3Q_{зачет}$$

При округлении оценки используется правило правильного округления. При получении оценки не менее 3 баллов, выставляется «зачтено», менее 3 баллов - «не зачтено».

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

Вопросы с вариантами ответов (закрытые)

1. К какому классу моделей сложных экономических систем относятся имитационные модели? Выберите правильный ответ:

- а) идеальные
- б) материальные
- в) гибридные

Ответ: а)

2. Что из приведенного ниже **не** является направлением имитационного моделирования? Укажите правильный ответ.

- а) дискретно-событийное моделирование
- б) математический анализ
- в) агентное моделирование

Ответ: б)

3. В рамках какого направления имитационного моделирования изучаются системы массового обслуживания? Выберите правильный ответ.

- а) дискретно-событийное моделирование
- б) дифференциальные уравнения
- в) системная динамика

Ответ: а)

Вопросы с кратким текстовым ответом (открытые)

4. Под имитационным моделированием понимается разработка модели системы в виде программы для компьютера и проведение экспериментов с _____, вместо проведения экспериментов с реальной системой или объектом. *(Вставьте пропущенное слово)*

Ответ: программой,
Компьютером,
ЭВМ,
Компьютерной программой

5. Подход имитационного моделирования, в котором для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере, называется _____ динамикой. (Вставьте пропущенное слово)

Ответ: системной

6. Для того, чтобы результативно проводить имитационные эксперименты, необходимо составить _____ эксперимента. (Вставьте пропущенное слово)

Ответ: план,
алгоритм

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые с вариантами ответов, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые с кратким текстовым ответом, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).