

**Пермский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

**Программа учебной дисциплины
«Современные теории имитационного моделирования»**

Утверждена

Академическим советом основных образовательных программ по направлениям подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика, 09.03.04 Программная инженерия, 38.04.05 Бизнес-информатика

Протокол № от __ _____ 2019

Академический руководитель ОП

_____ Дерябин А.И

Подпись

ФИО

Разработчик	Замятина Елена Борисовна, к.ф.-м.н., доцент кафедры информационных технологий в бизнесе, e_zamyatina@mail.ru
Число кредитов	6
Контактная работа (час.)	66
Самостоятельная работа (час.)	162
Образовательная программа, курс	Информационная аналитика в управлении предприятием, направление подготовки 38.04.05 Бизнес-информатика, уровень магистратура, 1 курс
Формат изучения дисциплины	без использования онлайн курса

1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты

Целями освоения дисциплины «Современные теории и средства имитационного моделирования» являются:

В области обучения – получение высшего профессионально профилированного (на уровне бакалавра) образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности, обладать универсальными и предметно-специализированными компетенциями, способствующими его социальной мобильности и устойчивости на рынке труда, а именно: изучение теоретических основ и практического применения методов и инструментальных средств имитационного моделирования.

В области воспитания – развитие у студентов социально-личностных качеств: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, самостоятельности, гражданственности, эмоционального интеллекта, приверженности этическим ценностям, коммуникативности, толерантности, повышение их общей культуры и мышления.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Технологии анализа данных.
- Методы и инструменты разработки информационных систем.
- Семантические технологии.

Основные положения дисциплины используются при написании выпускных квалификационных работ бакалавра.

Настоящая дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части.

Формат изучения дисциплины: без использования онлайн курса.

В результате освоения дисциплины «Современные теории и средства имитационного моделирования» студенты формируют следующие компетенции:

Код	Формулировка компетенций
ОПК-4	Способен принимать обоснованные организационно-управленческие решения в профессиональной деятельности и нести за них ответственность
УК-3	Способен к самостоятельному освоению новых методов исследований, изменению научного и производственного профиля своей деятельности
ПК-11	Способен проводить аналитические и поисковые исследования в сфере экономики, управления и ИКТ для выявления продуктовых, технологических, организационных, маркетинговых инноваций.
ПК-12	Способен проводить научные исследования для выработки стратегических решений в области ИКТ

В результате освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями, умениями и навыками:

• Знать:

- основные принципы организации систем имитационного моделирования;
- основные принципы организации механизма продвижения времени в имитационных моделях;
- основные парадигмы имитационного моделирования: процессо-ориентированную, событийно-ориентированную, агентную, объектно-ориентированную;
- организацию подсистемы анализа имитационного моделирования;
- языки имитационного моделирования и их сравнительные характеристики;
- сравнительные характеристики широко распространенных систем имитационного моделирования.

- **Уметь:**
 - выполнять постановку задач, которые решаются методами имитационного моделирования;
 - работать с широко распространенными системами имитационного моделирования;
 - применять знания об организации систем моделирования для оценки новых программных средств имитационного моделирования;
 - самостоятельно разрабатывать системы имитационного моделирования.
- **Обладать навыками,** которые позволяют использовать знания, полученные в рамках курса, при создании специализированных программных систем имитационного моделирования.

2. Содержание учебной дисциплины

Темы, объем часов и планируемые результаты обучения представлены в таблице.

Разделы / темы дисциплины	Объем в часах				Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю	Формы контроля
	лк	см	сп	онл		
Раздел 1. Введение в имитационное моделирование	6	10	40	0	Осуществляет математическую постановку задачи имитационного моделирования	Домашнее задание
Раздел 2. Особенности организации систем имитационного моделирования	6	10	40	0	Использует дискретные и непрерывные системы имитационного моделирования при решении задач	Домашнее задание
Раздел 3. Системы имитации с различными парадигмами	6	10	40	0	Использует системы имитационного моделирования GPSS и AnyLogic	Домашнее задание
Раздел 4. Особенности применения систем имитации при решении задач в различных предметных областях	8	10	42	0	Решает задачи путем применения систем имитации	Домашнее задание
						Письменный экзамен
Часов по видам учебных занятий:	26	40	162	0		

Формы учебных занятий:

лк – лекции в аудитории;

см - семинары/ практические занятия/ лабораторные работы в аудитории;

онл – лекции или иные виды работы студента с помощью онлайн-курса;

сп – самостоятельная работа студента.

Содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. Введение в имитационное моделирование

Тема 1. Цели и задачи имитационного моделирования

Цели и задачи имитационного моделирования.

Понятие модели.

Этапы разработки модели.

Виды моделей.

Определение метода имитационного моделирования, его использование и особенности по отношению к другим методам математического моделирования

Тема 2. Особенности применения метода имитационного моделирования

Динамические и статические системы.

Фактор времени.

Стохастический характер законов моделируемой системы

Тема 3. Обзор программных средств имитационного моделирования

Популярные в настоящее время системы имитационного моделирования:

- GPSS;
- AnyLogic;
- Extend;
- Flexsim;
- WitNess;
- ARENA.

Сравнительные характеристики систем имитационного моделирования.

Распределенное имитационное моделирование.

Способы оценки имитационного программного обеспечения

Параметры программного обеспечения, необходимые для его оценки:

- Наличие входного языка моделирования.
- Графический интерфейс.
- Визуализация результатов моделирования.
- Средства управления экспериментом.
- Средства отладки имитационной модели и ее валидации на каждом из этапов моделирования.

Тема 4. Математическая постановка задачи и основные понятия имитационного моделирования

Процесс, активность, событие.

Методологические подходы к построению имитационных моделей.

Определение статического класса.

Статические системы. Динамические классы. Динамические системы: определение и свойства. Определение имитационной модели, свойства, классификация элементов (понятие активности, транзакта). Суперпозиция имитационных моделей.

Раздел 2. Особенности организации систем имитационного моделирования

Тема 5. Способы представления времени, деление систем имитационного моделирования на непрерывные и дискретные

Представление времени при имитационном моделировании. Непрерывное и дискретное имитационное моделирование.

Тема 6. Основные парадигмы имитационного моделирования, примеры систем имитационного моделирования

Процессо-ориентированные, событийно-ориентированные, объектно-ориентированные и агентные парадигмы имитационного моделирования.

Тема 7. Механизм продвижения времени и архитектура систем имитационного моделирования, поддерживающих различные парадигмы моделирования

Событийно-ориентированная парадигма моделирования, архитектура системы, механизм продвижения времени. Календарь событий.

Процессо-ориентированная парадигма моделирования, архитектура системы, механизм продвижения времени. Очередь процессов, ожидающих ресурсов.

Объектно-ориентированная парадигма моделирования, архитектура системы, механизм продвижения времени. Локальные календари событий.

Агентно-ориентированная парадигма моделирования, архитектура системы, механизм продвижения времени.

Тема 8. Способы организации календаря событий

Упорядочивание календаря событий. Разделение календаря событий на диапазоны. Организация поисков события с минимальным временем с начала и конца календаря событий. Оценка эффективности поиска.

Тема 9. Способы организации подсистемы анализа имитационного эксперимента

Основная статистика, собираемая в ходе имитационного прогона и способы ее получения. Методы сбора информации.

Тема 10. Организация имитационного эксперимента, стохастическое моделирование

Стратегии запуска. Организация точек отсечения. Снижение погрешности результатов моделирования.

Раздел 3. Системы имитации с различными парадигмами

Тема 11. Процессо-ориентированная система имитационного моделирования GPSS

Представление модели в GPSS.

Основные блоки.

Транзакты.

Логика работы интерпретатора (программы моделирования) GPSS (представление транзактов: пассивный и активный буфер; система планирования: условия продвижения транзактов и окончания моделирования, цепи текущих и будущих событий; цепи задержек и прерываний, цепи парности; фазы моделирования).

Оптимизация процесса моделирования в GPSS (использование цепей пользователя, флагов просмотра, индикаторов состояния).

Тема 12. Агентная система имитационного моделирования AnyLogic

Описание модели.

Понятие агента.

Использование языка UML для описания поведения агента

Раздел 4. Особенности применения систем имитации при решении задач в различных предметных областях

Тема 13. Решение задач автоматизированного проектирования вычислительных систем

Определение систем автоматизации проектирования. Уровни автоматизации проектирования. Современные тенденции развития САПР.

Структура процесса проектирования:

- Способы проектирования.
- Уровни проектирования.
- Процесс проектирования.
- Процедуры проектирования.

Математическое, программное, техническое, организационное, лингвистическое обеспечения САПР, их основные характеристики.

Аналитические модели: Системы массового обслуживания. Модели, описываемые процессами рождения и гибели. Цепи Маркова. Марковские модели оценки качества и оптимизации. Примеры. Использование теории графов для анализа ВС. Сети Петри. Разновидности сетей Петри (стохастические, цветные, ингибиторные и т.д.).

Тема 14. Решение задач по реинжинирингу бизнес-процессов

Особенности моделирования бизнес-процессов. Стандарты моделирования бизнес-процессов. Примеры моделирования и реинжиниринга бизнес-процессов.

3. Оценивание

Текущий контроль по дисциплине «Современные теории и средства имитационного моделирования» предусматривает выполнение домашнего задания по итогам изучения каждого раздела.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в письменном виде.

Блокирующие элементы отсутствуют.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Оценка по дисциплине ($O_{\text{дисциплине}}$) определяется, как взвешенная сумма оценок по всем видам контроля и рассчитывается по следующей формуле:

$$O_{\text{дисциплине}} = 0,1 * O_{\text{дом.зад. 1}} + 0,2 * O_{\text{дом.зад. 2}} + 0,2 * O_{\text{дом.зад. 3}} + 0,1 * O_{\text{дом.зад. 4}} + 0,4 * O_{\text{экзамен}}$$

где O_i – оценка за определенный элемент контроля.
Способ округления – арифметический.

Критерии оценивания

Оценки по всем формам контроля выставляются по 10-ти балльной шкале:

высшая оценка в 10 баллов проставляется при отличном выполнении заданий: полных (с детальными или многочисленными примерами и возможными обобщениями) ответах на вопросы и (или) правильном решении задачи и четком и исчерпывающем ее представлении;

отличная оценка в 9 баллов проставляется при отличном выполнении заданий, но недостаточно полных ответах на вопросы и (или) недостаточно исчерпывающем представлении решения задачи;

почти отличная оценка в 8 баллов проставляется при полностью правильных ответах и решении задач, но при отсутствии какого-либо из выше перечисленных отличительных признаков;

оценка в 7 баллов проставляется при правильных ответах на вопросы и правильном решении задачи, но при отсутствии пояснений, примеров, обобщений, без представления алгоритма или последовательности решения задач;

оценка в 6 баллов проставляется при наличии отдельных неточностей в ответах на вопросы (включая грамматические ошибки) или неточностях в решении задачи не принципиального характера (описки и случайные ошибки арифметического характера);

оценка в 5 баллов проставляется в случаях, когда в ответах и в решении задач имеются неточности и ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании вопросов и требующие дополнительного обращения к тематическим материалам;

оценка в 4 балла проставляется при наличии серьезных ошибок и пробелов в знании по контролируемой тематике;

оценка в 3 балла проставляется при наличии лишь отдельных положительных моментов в ответах на вопросы и в решении задач, говорящих о потенциальной возможности в последующем более успешно выполнить задания;

оценка в 2 балла проставляется при полном отсутствии положительных моментов в ответах на вопросы и решении задач;

оценка в 1 балл проставляется, если ответы и решения неверны, кроме того, сопровождаются какими-либо демонстративными проявлениями безграмотности или неэтичного отношения к изучаемой теме;

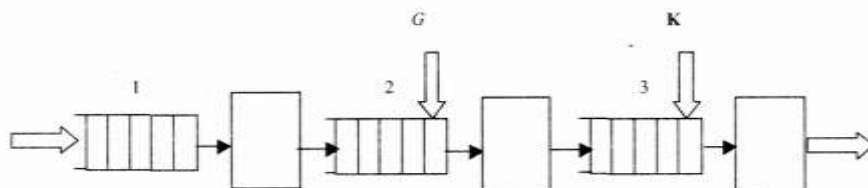
оценка в 1 балл проставляется, если работа не выполнена или обнаружен плагиат.

4. Примеры оценочных средств

Примеры домашних заданий:

Задание 1. Имеется некоторая конвейерная автоматизированная линия по выпуску баночек фруктового сока (рис.7.1). Пустые баночки для фруктового сока поступают в накопитель 1 автоматизированной линии каждые $A \pm B$ секунд. После этого в них автоматически заливается сок. Одновременно может заливаться лишь одна баночка, на что расходуется E секунд. Потом баночки поступают в накопитель 2 для выполнения операции закупоривания. Для этого расходуется C секунд времени на каждую баночку. Одновременно

менно может обрабатываться одна баночка. Потом они попадают в накопитель 3 для следующей операции. В конце конвейера баночки устанавливаются в ящики. Время установки одной баночки представляет собой равномерно распределенную случайную величину в интервале $D \pm E$ секунд. Одновременно может устанавливаться в ящик не больше двух баночек.



Начальные условия: в начале смены в накопителе 2 находится G баночек, а в накопителе 3 – K баночек.

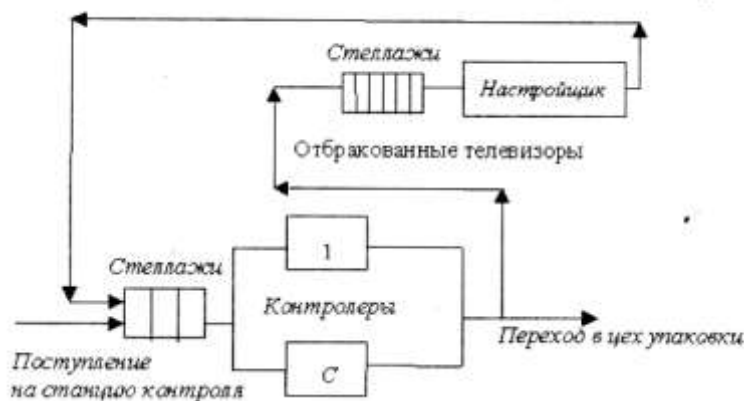
Определить, какие размеры должны иметь накопители с номерами, указанными в табл. 7.1 соответственно варианту. Промоделируйте работу линии на протяжении одной смены (N часов). В табл. указаны варианты и значения параметров.

Параметр	Вариант		
	1	2	3
$A \pm B$	$3,5 \pm 1,1$	$4,5 \pm 2,0$	$3,2 \pm 1,3$
F	1,5	1,2	2,3
C	1,6	1,3	2,4
$D \pm E$	$2,0 \pm 0,8$	$1,7 \pm 0,5$	$2,6 \pm 0,4$
G	20	26	35
K	36	36	30
N	8	6	7
Номера анализируемых накопителей	1,3	2,3	1,2

Задание 2. Моделирование контроля и настройки телевизоров

Собранные телевизоры проходят серию испытаний на станции технического контроля. Если оказывается, что функционирование телевизора ненормально, то отбракованный телевизор передают в цех наладки, где заменяют неисправные блоки. После наладки телевизор возвращают на станцию контроля и снова проверяют. Со станции технического контроля телевизоры после одной или нескольких проверок поступают в цех упаковки.

Настроенные телевизоры, возвращающиеся на контроль



Телевизоры попадают на станцию технического контроля каждые $A \pm B$ минут. На станции работают C контролеров одинаковой квалификации. Операция контроля одного телевизора состоит из двух проверок:

- 1) для первой проверки каждому контролеру необходимо $D \pm E$ минут;
- 2) для второй проверки на всех C контролеров имеется один тестовый прибор (продолжительность тестирования – F минут).

Приблизительно G процентов телевизоров успешно проходят проверку и попадают в цех упаковки, A другие K процентов – в цех наладки, в котором находится один рабочий – наладчик. Время наладки (замены) неисправных блоков распределено в соответствии с равномерным законом в интервале $N \pm M$ минут.

Написать на GPSS модель функционирования этого параграфа производственной линии. Время моделирования – 8 ч.

Определить, сколько мест на стеллажах необходимо предусмотреть на входе станции контроля и в цехе наладки. В табл. приведены варианты заданий и значения параметров.

<i>Параметр</i>	<i>Варианты</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
$A \pm B$	$5,5 \pm 2,0$	$7,0 \pm 1,5$	$6,5 \pm 2,0$
C	2	3	2
$D \pm E$	9 ± 3	6 ± 5	12 ± 3
F	1,2	1,5	1,0
G	85	95	85
K	15	5	15
$N \pm M$	30 ± 7	35 9	

Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:

1. Цели, задачи, особенности и области применения имитационного моделирования
2. Этапы имитационного моделирования
3. Основные понятия и определения имитационного моделирования: динамическая система, процессы, события, активности и т.д.
4. Представление времени в СИМ
5. Управление временем в процессо-ориентированных и событийно-ориентированных СИМ
6. Агентное моделирование. Особенности моделирования с помощью агентно-ориентированных СИМ (системы имитационного моделирования)
7. Основные виды СМО. Их краткая характеристика. Оценки одноканального и многоканального устройств.
8. Планирование вычислительного эксперимента
9. Основные характеристики языка GPSS
10. Язык GPSS. Пример моделирования одноканальной СМО. Пример моделирования многоканальной СМО.
11. Сети Петри: основные определения
12. Сети Петри: виды сетей Петри, их краткая характеристика
13. Свойства сетей Петри

5. Ресурсы

5.1. Рекомендуемая основная литература

№п/п	Наименование
1.	Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO : учеб. пособие / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов ; под общ. ред. В.В. Девяткова. — М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2018. — 283 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/914188
2.	Бизнес-аналитика средствами Excel: Учебное пособие / Гобарева Я.Л., Городецкая О.Ю., Золотарюк А.В., - 2-е изд., испр. и доп. - М.:Вуз.уч., НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 336 с.: - (Финансовый универ. при Правительстве РФ) - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/636239

5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

№п/п	Наименование
1.	Статистический анализ данных в MS Excel: Учебное пособие / Козлов А.Ю., Мхитарян В.С., Шишов В.Ф. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 320 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-004579-5 - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/558444
2.	Количественные методы в экономических исследованиях: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности экономики и управления / Под ред. Грачева М.В., - 2-е изд., перераб. и доп. - М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2015. - 687 с.: 60x90 1/16 ISBN 978-5-238-02331-1 - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/884326

5.3. Программное обеспечение

№п/п	Наименование	Условия доступа
1.	Microsoft Visual Studio 2010/2013	Свободное лицензионное соглашение
2	Microsoft Office	Свободное лицензионное соглашение
3	GPSS	Договор

5.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий используется компьютер с установленным программным обеспечением для демонстрации презентаций и проектор.

Практические занятия проводятся в компьютерных классах с установленным программным обеспечением, перечисленным выше.

6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

7. Дополнительные сведения

Особенности самостоятельной работы по курсу отражены в Приложении 1.