

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, ФИНАНСОВ И БИЗНЕСА

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол от «29» мая 2019 г. № 13  
Зав. кафедрой



Р.Х.Бахитова

Согласовано:  
Председатель УМК института



/Л.Р. Абзалилова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Агент-ориентированное моделирование

Вариативная часть, дисциплина по выбору

**Программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

38.03.05 Бизнес-информатика

Профиль «Аналитическая и инструментальная поддержка бизнеса»

Квалификация  
Бакалавр

**Разработчики (составители):**  
доцент, к.ф.-м.н.



Абзалилова Л.Р.

Для приема 2019 г.

Уфа 2019 г.

Составитель / составители: Абзалилова Л.Р.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры Математические методы в экономике протокол от «29» мая 2019 г. № 13.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры цифровой экономики и коммуникации протокол от «05» июня 2020 г. №7.

Заведующий кафедрой



/ Р.Х. Бахитова

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры цифровой экономики и коммуникации протокол от «22» июня 2021 г. №9.

Заведующий кафедрой



/ Р.Х. Бахитова

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся).....	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине.....	20
4.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания .....	20
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций .....	23
Рейтинг-план дисциплины.....	23
Рейтинг-план дисциплины.....	29
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	38
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	38
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины .....	38
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	41

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать: процессный, системно-динамический и агентный подходы в имитационном моделировании; методы организации вычислительного эксперимента на имитационной модели; основные области применения агент-ориентированного моделирования в менеджменте и экономике.	<b>ПК-18</b> способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования	
Умения	Уметь: применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем	<b>ПК-18</b> способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть: методами агент-ориентированного и их практической реализации; навыками разработки моделей, основанных на использовании методов агент-ориентированного моделирования	<b>ПК-18</b> способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования	

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

Дисциплина «Агент-ориентированное моделирование» относится к вариативной части, дисциплина по выбору.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 и 8 семестрах для очной формы обучения, на 4 и 5 курсах – для заочной формы обучения.

Целью изучения дисциплины «Агент-ориентированное моделирование» является ознакомление студентов с основными методами решения задач на основе имитационного моделирования, получение навыков создания моделей с помощью агентного подхода.

Для успешного освоения курса необходимы знания по теории вероятностей и математической статистике, экономико-математическому моделированию, математическому анализу, системному анализу, теории игр, теории полезности и принятия решений

Дисциплина «Агент-ориентированное моделирование» является необходимой для успешного прохождения преддипломной практики, подготовки и защиты выпускной квалификационной работы.

**3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, ФИНАНСОВ И БИЗНЕСА

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Агент-ориентированное моделирование»  
на 7 семестр  
очной формы обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	54,2
лекций	18
практических/ семинарских	36
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	89,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля:  
Зачет 7 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические / семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	4	5	6	7	8	9	10
<b>Модуль 1. Методология имитационного моделирования</b>								
1	Имитационные модели, процесс имитационного моделирования. Введение в имитационное моделирование. Имитационные модели, область применения и основные определения. Структура процесса имитационного моделирования.	2	4		18	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 1	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа
2	Математический аппарат имитационного моделирования. Применение теории вероятностей и математической статистики к имитационному моделированию. Виды вероятностных распределений, используемых в имитационном моделировании. Статистические проблемы имитационного моделирования. Системность имитационного моделирования. Условие системности имитационного моделирования. Модели общих систем. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем.	4	8		18	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 1	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа
3	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей. Имитационные модели систем. Дискретные Имитационные модели.	4	8		18	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 1	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа

	Непрерывные имитационные модели. Методологии имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей. Аналитический метод, метод статистического моделирования (Монте-Карло), комбинированный подход.							
	<b>Модуль 2.</b> Компьютерные среды имитационного моделирования							
6	Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования. Компьютерные среды моделирования. Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей. Возможности использования имитационных языков. Сведения о современных программных продуктах в этой области.	4	8		18	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 2	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа
7	Компьютерное имитационное моделирование различных систем. Моделирование прогнозирования объёма продаж. Алгоритм построения прогноза объёма реализации для продукции с сезонным характером продаж. Имитационные модели для построения системы согласованных тарифов и цен. Общее и особенное в методиках формирования тарифов и цен на услуги субъектов разных отраслей естественных монополий. Имитационные модели для построения системы согласованных	4	8		17,8	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 2	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа



	тарифов. Сведения о современных программных продуктах в этой области и обучение их применению.							
	<b>Всего часов:</b>	18	36		89,9			

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, ФИНАНСОВ И БИЗНЕСА

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Агент-ориентированное моделирование»  
на 8 семестр  
очной формы обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	45,2
лекций	22
практических/ семинарских	22
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	26,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	36

Форма(ы) контроля:  
Экзамен 8 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические / семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	4	5	6	7	8	9	10
<b>Модуль 3. Агент-ориентированные модели</b>								
1	Основы мультиагентной технологии. Моделирование экономических агентов с использованием технологий искусственного интеллекта	4	4		4	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
2	Новое средство получения знаний-агент-ориентированные модели. Технология программной реализации интеллектуальных многоагентных систем	2	4		4	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
3	Программное обеспечение для реализации агент-ориентированных моделей. Экономический агент микроуровня — совокупность искусственных обществ. Технология проведения вычислительных экспериментов. Недостатки используемых подходов и предлагаемые решения для разработки агент-ориентированных моделей	6	2		4	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест

<b>Модуль 4. Практическая реализация агент-ориентированных моделей</b>								
4	Проектирование агент-ориентированной модели с искусственными обществами, принимающими решения о поиске работы	4	4		5	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
5	Проектирование агент-ориентированной модели с искусственными обществами, принимающими решения о расходах	4	4		5	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
6	Математические модели бизнес-процессов и инфокоммуникационных компаниях	2	2		4,8	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
<b>Всего часов:</b>		<b>22</b>	<b>22</b>		<b>26,8</b>			

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, ФИНАНСОВ И БИЗНЕСА

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Агент-ориентированное моделирование»  
на 4 курс  
заочной формы обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	6
лекций	2
практических/ семинарских	4
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	138
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля:

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические / семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	4	5	6	7	8	9	10
<b>Модуль 1. Методология имитационного моделирования</b>								
1	Имитационные модели, процесс имитационного моделирования. Введение в имитационное моделирование. Имитационные модели, область применения и основные определения. Структура процесса имитационного моделирования.	1			34	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 1	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа
2	Математический аппарат имитационного моделирования. Применение теории вероятностей и математической статистики к имитационному моделированию. Виды вероятностных распределений, используемых в имитационном моделировании. Статистические проблемы имитационного моделирования. Системность имитационного моделирования. Условие системности имитационного моделирования. Модели общих систем. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем.		1		34	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 1	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа
3	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей. Имитационные модели систем. Дискретные Имитационные модели.		2			О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 1	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа

	Непрерывные имитационные модели. Методологии имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей. Аналитический метод, метод статистического моделирования (Монте-Карло), комбинированный подход.							
	<b>Модуль 2.</b> Компьютерные среды имитационного моделирования							
6	Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования. Компьютерные среды моделирования. Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей. Возможности использования имитационных языков. Сведения о современных программных продуктах в этой области.	1			36	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 2	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа
7	Компьютерное имитационное моделирование различных систем. Моделирование прогнозирования объёма продаж. Алгоритм построения прогноза объёма реализации для продукции с сезонным характером продаж. Имитационные модели для построения системы согласованных тарифов и цен. Общее и особенное в методиках формирования тарифов и цен на услуги субъектов разных отраслей естественных монополий. Имитационные модели для построения системы согласованных		1		34	О: 1, 2, 3, 4 Д: 5	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 2	Проверка ответов на вопросы и выполнения заданий, контрольная работа

	тарифов. Сведения о современных программных продуктах в этой области и обучение их применению.							
	<b>Всего часов:</b>	2	4		138			



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, ФИНАНСОВ И БИЗНЕСА

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Агент-ориентированное моделирование»  
на 5 курс  
заочной формы обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	25,4
лекций	6
практических/ семинарских	18
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,4
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	69,6
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	13

Форма(ы) контроля:

Зачет 9 семестр

Экзамен 10 семестр

Контрольная работа 10 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические / семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	4	5	6	7	8	9	10
<b>Модуль 3. Агент-ориентированные модели</b>								
1	Основы мультиагентной технологии. Моделирование экономических агентов с использованием технологий искусственного интеллекта	1	2		12	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
2	Новое средство получения знаний-агент-ориентированные модели. Технология программной реализации интеллектуальных многоагентных систем	1	2		12	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
3	Программное обеспечение для реализации агент-ориентированных моделей. Экономический агент микроуровня — совокупность искусственных обществ Технология проведения вычислительных экспериментов. Недостатки используемых подходов и предлагаемые решения для разработки агент-ориентированных моделей	1	2		12	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест

	<b>Модуль 4. Практическая реализация агент-ориентированных моделей</b>							
6	Проектирование агент-ориентированной модели с искусственными обществами, принимающими решения о поиске работы	1	4		12	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
	Проектирование агент-ориентированной модели с искусственными обществами, принимающими решения о расходах	1	4		12	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
7	Математические модели бизнес-процессов и инфокоммуникационных компаниях	1	4		9,6	О: 1, 2, 4 Д: 5, 6	Вопросы и задания для самостоятельной работы к модулю 3-4	Лабораторная работа, вопросы, тест
	<b>Всего часов:</b>	<b>6</b>	<b>18</b>		<b>69,6</b>			

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

**ПК-18** способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап (уровень)	Знать: процессный и системно-динамический подходы в имитационном моделировании;	Отсутствие знаний или фрагментарные представления о процессном и системно-динамическом подходе в имитационном моделировании	Сформированные систематические или содержащие отдельные пробелы представления о процессном и системно-динамическом подходе в имитационном моделировании
Второй этап (уровень)	Уметь: применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем	Отсутствие или фрагментарные умения применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем	Сформированное или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы, умение применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем
Третий этап (уровень)	Владеть: методами агент-ориентированного моделирования и их практической реализации;	Отсутствие или фрагментарное владение методами агент-ориентированного моделирования и их практической реализации	Успешное и систематическое или содержащее отдельные пробелы применение методов агент-ориентированного моделирования и их практической реализации

**ПК-18** способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования

Этап (уровень)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5

<b>освоения компетенции</b>					
Первый этап (уровень)	Знать: агентный подход в имитационном моделировании; методы организации вычислительного эксперимента на имитационной модели; основные области применения агент-ориентированного моделирования в менеджменте и экономике	Фрагментарные представления об агентном подходе в имитационном моделировании; методы организации вычислительного эксперимента на имитационной модели; основные области применения агент-ориентированного моделирования в менеджменте и экономике	Неполные представления об агентном подходе в имитационном моделировании; методы организации вычислительного эксперимента на имитационной модели; основные области применения агент-ориентированного моделирования в менеджменте и экономике	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об агентном подходе в имитационном моделировании; методы организации вычислительного эксперимента на имитационной модели; основные области применения агент-ориентированного моделирования в менеджменте и экономике	Сформированные систематические представления об агентном подходе в имитационном моделировании; методы организации вычислительного эксперимента на имитационной модели; основные области применения агент-ориентированного моделирования в менеджменте и экономике
Второй этап (уровень)	Уметь: применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем	Фрагментарные умения применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем	В целом успешное, но не систематическое умение применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем	Сформированное умение применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем

Третий этап (уровень)	Владеть методами агент-ориентированного и их практической реализации; навыками разработки моделей, основанных на использовании методов агент-ориентированного моделирования	Фрагментарное владение методами агент-ориентированного и их практической реализации; навыками разработки моделей, основанных на использовании методов агент-ориентированного моделирования	В целом успешное, но не систематическое применение методов агент-ориентированного и их практической реализации; навыками разработки моделей, основанных на использовании методов агент-ориентированного моделирования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов агент-ориентированного и их практической реализации; навыками разработки моделей, основанных на использовании методов агент-ориентированного моделирования	Успешное и систематическое применение методов агент-ориентированного и их практической реализации; навыками разработки моделей, основанных на использовании методов агент-ориентированного моделирования
--------------------------	---	--	---	---	--

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины).

Шкалы оценивания:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочное средство
Знания	Знать: процессный, системно-динамический и агентный подходы в имитационном моделировании; методы организации вычислительного эксперимента на имитационной модели; основные области применения агент-ориентированного моделирования в менеджменте и экономике парадигмах имитационного моделирования	<b>ПК-18</b>	практическое задание; вопросы; тест
Умения	Уметь: применять методы агент-ориентированного моделирования для разработки имитационных моделей экономических систем	<b>ПК-18</b>	практическое задание; тест контрольная работа
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть: методами агент-ориентированного и их практической реализации; навыками разработки моделей, основанных на использовании методов агент-ориентированного моделирования	<b>ПК-18</b>	практическое задание; лабораторная работа

**Рейтинг-план дисциплины**

Имитационное моделирование процессов и систем

направление Бизнес-информатика. Профиль «Аналитическая и инструментальная поддержка бизнеса»

курс 4, семестр 7

		Число заданий за семестр	Баллы
--	--	--------------------------	-------

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание		Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>25</b>
1. Аудиторная работа	5	5		25
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Письменная контрольная работа	25	1		<b>25</b>
<b>Модуль 2</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>25</b>
1. Аудиторная работа	5	5		25
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Письменная контрольная работа	25	1		<b>25</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Выступление на конференции с докладом	10	1		10
2. Участие в олимпиаде	10	1		10
<b>Посещаемость</b>				
Посещаемость лекций				-6
Посещаемость практических занятий				-10
<b>Итоговый контроль</b>				
<b>зачет</b>				<b>30</b>

Тематика контрольных работ:

1. Основные понятия теории моделирования систем.
2. Математический аппарат имитационного моделирования.

### Примерные задания для аудиторной работы модуль 1

**Задание 1** Цена на товар в магазине за сутки с вероятностью  $P_1 = 0,3$  может подняться, с вероятностью  $P_2 = 0,5$  остаться без изменения, и с вероятностью  $P_3 = 0,2$  упасть. В первом случае средняя величина спроса за день составит  $A_1 = 500$ , во втором -  $A_2 = 600$ , в третьем -  $A_3 = 400$ . Случайная величина спроса распределена равномерно на интервале, величина которого равна  $\Delta x = 50$ . Напишите алгоритм определения возможного значения случайной величины спроса. Определите это значение, если 1  $z = 0,5$ , 2  $z = 0,6$  ( $z$  - случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $(0,1)$ ), 1  $z$  используется при моделировании события поведения цены, а 2  $z$  - для моделирования величины спроса.

**Задание 2** В фирме работает  $N = 80$  торговых агентов. Каждый из них ежедневно встречает в среднем  $A = 50$  человек (среднее квадратическое отклонение этого количества  $\sigma = 5$ ). Вероятность покупки товара равна  $P = 0,3$ . Напишите алгоритм определения числа покупок за день, если количество человек, с которыми ежедневно общаются торговые агенты, является случайной величиной с нормальным законом распределения.

**Задание 3** На аукционе проводятся торги. Число участников  $N = 60$ . Цена, которую каждый из них может предложить – случайная величина, распределенная по нормальному закону со средним значением  $A = 200$  руб. и средним квадратическим отклонением  $\sigma = 5$  руб.



Выигрывает участник, предложивший наибольшую цену. Напишите алгоритм, имитирующий проведение торгов для нахождения цены продажи товара.

**Задание 4** Рассматривается процесс распространения эпидемии болезни. Число больных  $N = 100$ . Каждый из них общается за день с некоторым числом здоровых людей, которое является случайным с равномерным законом распределения (границы интервала равны:  $a = 5$ ,  $b = 50$ ). С вероятностью  $P = 0,6$  возможно заражение. Напишите алгоритм для определения количества заболевших людей за день.

**Задание 5** Среднее число покупателей магазина за день  $N = 150$ . Каждый из них с вероятностью  $P_1 = 0,3$  покупает товар  $A_1$ , с вероятностью  $P_2 = 0,4$  - товар  $A_2$  и с вероятностью  $P_3 = 0,3$  - товар  $A_3$ . Напишите алгоритм определения количества проданного товара каждого вида за месяц (считая, что в месяце 30 дней), если случайная величина числа покупателей за день распределена по нормальному закону со средним квадратическим отклонением  $\sigma = 10$ .

Критерии оценивания	Количество баллов
Студентом задание выполнено самостоятельно. При этом составлен правильный алгоритм выполнения задания, в логических рассуждениях и решении нет ошибок, получен верный ответ, задание выполнено рациональным способом.	5
Студентом задание выполнено с подсказкой преподавателя. При этом составлен правильный алгоритм выполнения задания, в логическом рассуждении и выполнении нет существенных ошибок; есть объяснение решения, допущено не более двух несущественных ошибок, получен верный ответ	4
Студентом задание выполнено с подсказками преподавателя. При этом задание понято правильно, в логическом рассуждении нет существенных ошибок, задание выполнено не полностью или в общем виде	3
Студентом задание не выполнено.	2

### Критерии оценивания для заочной формы обучения

Критерии оценивания	Оценка
Задание выполнено: цель выполнения задания успешно достигнута; основные понятия определены; работа выполнена в полном объеме.	зачтено
Задание не выполнено, цель выполнения задания не достигнута.	не зачтено

### Письменная контрольная работа №1

1. Какие существуют основные парадигмы (направления) имитационного моделирования, в чем их особенности (кратко)?
2. В чем суть системно-динамического моделирования? Перечислите основные архетипы системной динамики.
3. Расскажите о методе Монте-Карло. Как реализуется стохастический эксперимент в системах имитационного моделирования?

4. Опишите критерий Колмагорова-Смирнова? Чем он полезен в стохастических имитационных моделях.
5. Перечислите основные функции распределения случайных величин, используемые в стохастических экспериментах. Опишите процедуру подготовки данных для проведения стохастического эксперимента.
6. В чем суть агентного моделирования? Какое значение имеет карта состояний в агентном моделировании?

### Примерные задания для аудиторной работы модуль 2

**Задание 1.** Генерация псевдослучайных чисел: 1) равномерно распределенные случайные числа; 2) случайные числа, распределенные по закону Пуассона; 3) экспоненциально распределенные случайные числа.

1. Для своего индивидуального варианта необходимо сгенерировать 50 псевдослучайных чисел, распределенных равномерно на интервале  $[a, b]$ . Сравнить характеристики распределения (математическое ожидание и дисперсию), вычисленные по заданным формулам и по полученным данным. Найти абсолютную (ед.) и относительную (%) погрешность. Построить диаграмму, отображающую полученные псевдослучайные числа.

2. Для своего индивидуального варианта необходимо сгенерировать 50 псевдослучайных чисел, распределенных по закону Пуассона с параметром  $\lambda$ . Сравнить характеристики распределения (математическое ожидание и дисперсию), вычисленные по заданным формулам и по полученным данным. Найти абсолютную (ед.) и относительную (%) погрешность. Построить диаграмму, отображающую полученные псевдослучайные числа.

3. Для своего индивидуального варианта необходимо сгенерировать 50 псевдослучайных чисел, распределенных экспоненциально с параметром  $\lambda$ . Сравнить характеристики распределения (математическое ожидание и дисперсию), вычисленные по заданным формулам и по полученным данным. Построить диаграмму, отображающую полученные псевдослучайные числа.

**Задание 2.** В имитационном моделировании при недостатке данных часто невозможно определить вероятностное распределение, соответствующее моделируемым ситуациям. Во многих таких случаях может оказаться полезным описание распределения случайной переменной путем оценки ее наименьшего, наиболее вероятного и наибольшего значений. Этих трех величин достаточно для вычисления треугольного распределения, которое можно использовать в качестве «черновой» оценки истинного распределения.

а) Разработайте формулу для получения случайных значений, соответствующих треугольному распределению, параметрами которого являются константы  $a$ ,  $b$  и  $c$ ,  $a < b < c$ , и плотность вероятности которого задается формулой

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a) \cdot (c-a)}, & a \leq x \leq b \\ \frac{2(c-x)}{(c-b) \cdot (c-a)}, & b \leq x \leq c. \end{cases}$$

б) Получите три значения, соответствующие треугольному распределению с параметрами (1, 3, 7).

**Задание 3.** 12. Разработайте процедуру получения случайных значений, подчиняющихся распределению, плотность вероятности которого состоит из прямоугольника, граничащего слева и справа с двумя прямоугольными треугольниками (вертикальными катетами этих треугольников являются стороны прямоугольника). Соответствующие основания левого

треугольника, прямоугольника и треугольника справа равны  $[a, b]$ ,  $[b, c]$  и  $[c, d]$ ,  $a < b < c < d$ . Каждый треугольник имеет высоту, равную высоте прямоугольника.

Определите пять случайных значений, которые соответствуют описанному выше распределению с набором параметров  $(a, b, c, d) = (1, 2, 4, 6)$ .

**Задание 4.** Покажите, как можно получить случайное значение, подчиняющееся геометрическому распределению

$$f(x) = p(1-p)^x, x=0, 1, 2, \dots$$

где  $x$  - число неудач в схеме Бернулли до первого появления успеха,  $p$  - вероятность успеха,  $0 < p < 1$ . Сгенерируйте пять случайных значений при  $p = 0,6$ .

**Задание 5.** Профессор психологии Ятаха проводит обучающий эксперимент, в котором мыши приучаются находить путь внутри лабиринта. Основой лабиринта является квадрат. Мышь впускают в лабиринт через один из четырех его углов, и она должна найти путь через лабиринт таким образом, чтобы выйти из него через этот же угол. Конструкция лабиринта такова, что до своего выхода из лабиринта мышь должна пройти через оставшиеся три угла в точности по одному разу. Многовариантные пути в лабиринте соединяют четыре его вершины строго в направлении вращения часовой стрелки. Профессор считает, что время, которое мышь тратит для перехода от одной вершины лабиринта до другой, является случайной величиной, равномерно распределенной на интервале от 10 до 20 секунд. Опишите процедуру получения случайного значения для времени пребывания мыши в лабиринте.

### Письменная контрольная работа №2

1. Опишите принцип работы генетического алгоритма.
2. В чем назначение операторов кроссинговера и мутации в генетическом алгоритме? Что такое популяция в генетическом алгоритме?
3. Дайте определения особи, хромосомы и популяции для генетического алгоритма. Каковы критерии останова генетического алгоритма.
4. Как при мультиагентном моделировании реализуется взаимодействие агентов друг с другом и внешней средой?
5. Чем отличается непрерывное и дискретное моделирование систем? Чем отличается системно-динамическое моделирование от моделирования сложных динамических систем?
6. В чем суть дискретно-событийного моделирования? Опишите принципы проектирования моделей массового обслуживания.

### Критерии оценки (в баллах) для очной формы обучения

Критерии оценивания	Количество баллов
Методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены.	21-25
Методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены.	16-20
Методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены.	11-15

Методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены.	1-10
---	------

### Критерии оценивания для заочной формы обучения

Критерии оценивания	Оценка
Задание выполнено: цель выполнения задания успешно достигнута; основные понятия определены; работа выполнена в полном объёме.	зачтено
Задание не выполнено, цель выполнения задания не достигнута.	не зачтено

### Перечень вопросов для подготовки к зачету (для заочной формы обучения)

1. Этапы построения имитационных моделей.
2. Применение теории вероятностей и математической статистики к имитационному моделированию.
3. Статистические проблемы имитационного моделирования.
4. Сбор информации о системе, формулирование проблемы и определение целей исследования.
5. Структура представления данных в имитационных моделях.
6. Виды оценок и методы оценивания параметров имитационной модели.
7. Общие положения проверки гипотез о согласии.
8. Разработка концептуальной модели: логико-математическое описание моделируемой системы в соответствии с формулировкой проблемы.
9. Создание имитационной модели средствами системы моделирования.
10. Испытание и исследование имитационной модели с использованием исходных данных моделирования.
11. Проведение направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели.
12. Анализ и интерпретация результатов имитационного моделирования.
13. Аналитический метод имитационного моделирования.
14. Метод статистических испытаний.
15. Комбинированный метод построения имитационных моделей.
16. Параметры и переменные имитационной модели.
17. Классификация имитационных моделей в зависимости от типа модельного времени.
18. Принцип  $t$  в имитационном моделировании.
19. Принцип особых состояний.
20. Датчики случайных величин.
21. Метод середины квадрата.
22. Мультипликативный конгруэнтный метод.
23. Требования к базовым датчикам и их проверка
24. Имитация случайного события.
25. Имитация сложного события.
26. Имитация сложного события, состоящего из зависимых событий.
27. Имитация событий, составляющих полную группу.
28. Моделирование дискретных случайных величин
29. Моделирование непрерывных случайных величин
30. Метод обратной функции.
31. Метод Неймона (режекции).
32. Алгоритм получения значений нормально распределенной случайной величины.
33. Алгоритм получения случайной величины, распределенной по Пуассону.

34. Имитация нестационарных случайных процессов.
35. Имитация стационарных СП.
36. Статистические проблемы имитационного моделирования.
37. Условие системности имитационного моделирования.
38. Модели общих систем.
39. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем.
40. Дискретные имитационные системы.
41. Непрерывные имитационные системы.
42. Принципы и методы построения имитационных моделей.
43. Аналитический метод построения имитационной модели.

### Рейтинг-план дисциплины

Имитационное моделирование процессов и систем

направление Бизнес-информатика. Профиль «Аналитическая и инструментальная поддержка бизнеса»

курс 4, семестр 7

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 3</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>20</b>
1. Лабораторная работа	10	2		20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тест	15	1		<b>15</b>
<b>Модуль 4</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>20</b>
1. Лабораторная работа	10	2		20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тест	15	1		<b>15</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Выступление на конференции с докладом	10	1		10
2. Участие в олимпиаде	10	1		10
<b>Посещаемость</b>				
Посещаемость лекций				-6
Посещаемость практических занятий				-10
<b>Итоговый контроль</b>				
<b>Экзамен</b>				<b>30</b>

**Пример лабораторной работы**

## **Лабораторная работа № 1 Имитационная модель циклов роста и падений в экономике (кризисов)**

Цель работы: Используя метод имитационного моделирования, исследовать причинно-следственный механизм возникновения циклов и кризисов перепроизводства (на примере автомобильной промышленности).

1. Используя блок-схему модели, приведенную в лекции, построить имитационную модель кризисов, дополнив ее имитацией случайных факторов. Такими факторами могут быть:

растущий, но ежегодно колеблющийся спрос на продукцию;  
срок службы товара как случайная величина.

Вид закона распределения случайного фактора и его параметры задайте самостоятельно и поясните, почему вы приняли именно такой закон и параметры.

2. Задайте параметры блоков модели, придав параметрам конкретное физическое толкование. Добейтесь работоспособности модели путем подбора параметров и пробных прогонов модели.

3. Поясните в отчете назначение блоков модели и параметров блоков модели.

4. Исследуйте с помощью построенной модели зависимость устойчивости системы (производства авто) при различных лагах производства. Результаты с пояснениями приведите в отчетах.

5. Что происходит при увеличении задержки производства, т.е. отставания реакции производства на спрос, почему?

6. Исследуйте влияние параметра срока службы на показатели экономической системы (устойчивость, появление кризисов). Приведите результаты в отчетах, поясните их.

7. Основываясь на результатах моделирования, укажите, при каких параметрах модели система будет устойчива?

8. Учитывая, что под начальным дефицитом понимается разница между необходимым и реальным парком автомобилей на момент моделирования, измените величину начальных условий на интеграторе блока «Поступление» и исследуйте влияние дефицита на показатели экономической системы, т.е. устойчивость, возможность кризисов.

9. Что, на ваш взгляд, упрощенно моделируется в данной модели? Что надо изменить в модели, чтобы повысить адекватность моделирования?

10. Придайте случайным факторам конкретное экономическое или техническое толкование.

## **Лабораторная работа № 2 Построение имитационной модели для определения оптимальной ставки налогообложения прибыли предприятия**

Цель работы:

1. Построение модели. 2. Написание программы сценария проведения двухфакторного эксперимента. 3. Исследование зависимости поступлений в бюджет от величины налоговой ставки.

Порядок выполнения работы

1. Используя блок-схему, приведенную в лекции, построить имитационную модель для определения оптимальной ставки налогообложения прибыли предприятия.

2. Поясните в отчете назначение блоков модели и параметров блоков модели.

3. Провести однофакторный (не автоматизированный) эксперимент с построенной моделью. Исследовать зависимость налоговых поступлений за конкретный период времени от величины налоговой ставки на прибыль предприятия.

Запустив модель из меню Simulation, наблюдать в окнах Score изменения показателей предприятия и бюджета во времени: рост поступлений прибыли, отчислений по налогу в бюджет и капитализацию нераспределенной прибыли. Устанавливая различные ставки налога,

выполнить прогон модели. Провести анализ экспериментальных графиков накопления средств в бюджет за время моделирования и графиков изменения капитала. В отчете объяснить поведение поступления в бюджет при изменении ставки налогообложения.

4. Используя инструментарий Simulink, написать программу сценария для проведения двухфакторного эксперимента (m-файл по образцу, приведенному в лекции). Написанный сценарий привести в отчете. Пояснить команду plot.

5. Используя построенную имитационную модель, исследовать зависимость бюджетно-оптимальной ставки от эффективности работы фирмы. В качестве показателя эффективности выбрать рентабельность, т.е. отношение доналоговой прибыли к капиталу. Проведением эксперимента управлять командой Tools-Run из m-файла. Провести двухфакторный имитационный эксперимент в автоматизированном режиме. Добиться построения графиков зависимостей поступлений в бюджет от ставок налогов и рентабельности. Построенный график привести в отчете с пояснениями поведения полученных зависимостей, отвечая на вопросы: Что происходит с графиком зависимости поступлений в бюджет при изменении рентабельности предприятия? Почему? Используя результаты моделирования, сформулируйте, предприятия с какой рентабельностью следует облагать высокими налогами и почему?

**Критерии оценивания (в баллах) выполнения лабораторных работ для очной формы обучения:**

Критерии оценивания	Количество баллов
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания решены без ошибок с первого раза, правильно выбраны решения заданий; правильно выполнены расчёты, обучающийся понимает, что они значат; полно даны ответы на контрольные вопросы; отчёт оформлен аккуратно, сделаны выводы.	8-10
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания решены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, правильно выбраны методики решения заданий; расчёты выполнены с консультацией преподавателя; полно даны ответы на контрольные вопросы; отчёт оформлен аккуратно, сделаны выводы	6-7
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания выполнены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, правильно выбраны методики решения заданий; с ошибками выполнены расчёты, даже с консультацией преподавателя или обучающийся не может объяснить, как выполнялись расчеты; даны ответы на контрольные вопросы	4-5
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый не знает цель лабораторной работы; задачи решены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, неверно выбраны методы решения задач; не выполнены расчёты; не даны ответы на устные контрольные вопросы; отчёт оформлен небрежно, выводы не сделаны	менее 3

**Критерии оценивания (в баллах) выполнения лабораторных работ для заочной формы обучения:**

Критерии оценивания	Оценка
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания решены без ошибок с первого раза, правильно выбраны решения заданий; правильно выполнены расчёты, обучающийся понимает, что они значат; полно даны ответы на контрольные вопросы; отчёт оформлен аккуратно, сделаны выводы.	отлично
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания решены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, правильно выбраны методики решения заданий; расчёты выполнены с консультацией преподавателя; полно даны ответы на контрольные вопросы; отчёт оформлен аккуратно, сделаны выводы	хорошо
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания выполнены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, правильно выбраны методики решения заданий; с ошибками выполнены расчёты, даже с консультацией преподавателя или обучающийся не может объяснить, как выполнялись расчеты; даны ответы на контрольные вопросы	удовлетворительно
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый не знает цель лабораторной работы; задачи решены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, неверно выбраны методы решения задач; не выполнены расчёты; не даны ответы на устные контрольные вопросы; отчёт оформлен небрежно, выводы не сделаны	неудовлетворительно

**Пример тестового задания:**

1. Что понимается под технологией моделирования?
  - a. Строго определённая последовательность этапов исследования модели.
  - b. Расчёт значений параметров системы.
  - c. Взгляд разработчика на математическую модель.
  - d. Совокупность математических зависимостей.
2. Модель – это...
  - a. Структура системы
  - b. Объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.
  - c. Алгоритм функционирования
  - d. Описание объекта.
3. Что понимается под математической моделью?
  - a. Первый этап построения компьютерной модели.
  - b. Совокупность соотношений, определяющих характеристики системы.



- c. Совокупность объектов, выполняющих определённую задачу.  
d. Расчёт значений одного варианта выходных характеристик.
4. Система массового обслуживания – это:  
a. Совокупность технических и программных средств.  
b. Первый этап построения математической модели.  
c. Физическая модель системы.  
d. Совокупность обслуживающих приборов, входного и выходного потоков
5. Коэффициент парной корреляции позволяет установить  
a. Есть ли связь между случайными величинами и насколько сильная.  
b. Отсутствие связи между выборками.  
c. Вид функциональной зависимости между случайными величинами.  
d. Форму функциональной зависимости между случайными величинами.
6. Коэффициент парной корреляции изменяется в пределах  
a. От 0 до 1.  
b. От  $-\infty$  до  $\infty$ .  
c. От -1 до 1.  
d. От -10 до 10.
7. Коэффициент парной корреляции равен 0,25. Это означает, что  
a. Между случайными величинами связи нет.  
b. Есть очень сильная связь. С  
. Есть очень слабая связь.  
d. Есть умеренная связь.
8. При изучении взаимосвязи трех процессов получены следующие коэффициенты парной корреляции:  $r_{12} = 0,88$ ;  $r_{13} = -0,95$ ;  $r_{23} = 0,33$  Укажите наличие взаимосвязей исследуемых процессов  
a. У первого процесса – сильная прямая связь со вторым и сильная обратная с третьим процессом. У второго и третьего процессов сильная прямая связь.  
b. У первого процесса – сильная прямая связь со вторым и сильная обратная с третьим процессом. У второго и третьего процессов связи нет.  
c. У первого процесса – сильная обратная связь со вторым и сильная прямая с третьим процессом. У второго и третьего процессов сильная прямая связь.  
d. Связи между процессами нет.
9. Для исследуемого процесса вычислены коэффициенты линейной регрессии:  
 $a^* = 3,4$ ;  $b^* = 2,5$ . Напишите уравнение регрессии. a.  $Y = 2.5 + 3.4 * X$   
b.  $Y = -2.5 + 3.4 * X$   
c.  $Y = 3.4 + 2.5 * X$   
d.  $Y = 3.4 - 2.5 * X$
10. Для исследуемого процесса вычислены коэффициенты линейной регрессии:  $a^* = 3,4$ ;  $b^* = 2,5$ . Осуществите прогноз для  $X = 10$ .  
a. 28,4  
b. 36,5  
c. 5,9  
d. 15,9

### Критерии оценивания для очной формы обучения

Процент правильных ответов	Количество баллов
95 - 100 %	15
85 - 94 %	12-14
75 - 84%	9-11
65 - 74%	7-8

55 - 64%	5-6
45 – 54%	4
менее 45%	0

Процент правильных ответов	Количество баллов
80-100 %	отлично
60-79%	хорошо
50-59%	удовлетворительно
менее 50%	неудовлетворительно

## Вопросы и задания для самостоятельной работы

### Модуль 1-2.

1. Основные понятия имитационному моделированию. Как измеряется риск и по каким правилам выбирается один из двух альтернативных проектов?
2. Метод Монте-Карло.
3. Оценка погрешности метода Монте-Карло.
4. Разыгрывание дискретной случайной величины.
5. Разыгрывание непрерывной случайной величины.
6. Проверка статистических гипотез.
7. Использование законов распределения случайных величин при имитации экономических процессов.
8. Обобщенное распределение Эрланга.
9. Дискретный марковский процесс с дискретным временем.
10. Марковская однородная цепь.
11. Марковская неоднородная цепь.
12. Дискретный марковский процесс с непрерывным временем.
13. Пуассоновский стационарный (простейший) поток событий.
14. Пуассоновский нестационарный поток событий.
15. Компоненты и классификация моделей массового обслуживания.
16. Простейшая одноканальная модель с пуассоновским входным потоком с экспоненциальным распределением длительности обслуживания.
17. Одноканальная система массового обслуживания с ожиданием.
18. Многоканальная модель с пуассоновским входным потоком с экспоненциальным распределением длительности обслуживания.
19. Имитация основных процессов: генераторы, очереди узлы обслуживания, терминаторы.

### Модуль 3-4.

Имитационное моделирование бизнес-процессов.

- 1) Имитационное моделирование в геопространстве и визуализация пространства.
- 2) Проблемно-ориентированные имитационные модели.
- 3) Применение имитационных моделей при осуществлении сложных финансово-экономических расчетов.
- 4) Автоматизированное конструирование моделей бизнес процессов.
- 5) Стратегии управления ресурсами.
- 6) Динамические модели процессов на предприятии
- 7) Имитация процессов финансирования и денежных потоков.
- 8) Моделирование клиринговых процессов.

- 9) Построение модели фирмы с учетом ее взаимодействия: с рынком, с банками, с поставщиками, с бюджетом.
- 10) Стратегии управление ресурсами.
- 11) Равновесие на конкурентном рынке.
- 12) Имитационное моделирование определение оптимальной ставки налога.

**Критерии оценивания:**

Критерии оценивания	Оценка
Задание выполнено: цель выполнения задания успешно достигнута; основные понятия определены; работа выполнена в полном объеме.	зачтено
Задание не выполнено, цель выполнения задания не достигнута.	не зачтено

**Вопросы для экзамена:**

1. Методика формального представления объекта моделирования и принципы, на которых базируется теория моделирования.
2. Характеристика основных этапов технологии моделирования.
3. Методология разработки концептуальной модели.
4. Разработка математической модели и характеристика обобщённых формализованных схем.
5. Классификация математических моделей.
6. Структура модели СМО и классификация моделей СМО.
7. Потoki событий.
8. Методы построения генераторов случайных величин.
9. Проверка качества последовательностей случайных величин.
10. Моделирование случайных процессов (реализация события).
11. Моделирование случайных процессов (реализация группы событий).
12. Моделирование случайных процессов (реализация сложного события, состоящего из двух независимых событий).
13. Моделирование случайных процессов (реализация сложного события, состоящего из двух зависимых событий).
14. Моделирование случайных процессов (реализация однородной марковской цепи).
15. Моделирование случайных процессов с заданным законом распределения.
16. Необходимое число реализаций имитационного эксперимента для обеспечения точности статистических характеристик.
17. Принципы построения моделирующих алгоритмов (принцип «Дельта t », «Особых состояний», «Последовательной проводки заявок»).
18. Алгоритм имитации функционирования одноканальной СМО и анализ показателей её функционирования.
19. Алгоритм имитации функционирования многоканальной СМО и анализ показателей её функционирования.
20. Методика определения приоритетов обслуживания заявок.
21. Моделирование случайных величин

22. Модель многоканальной СМО
23. Модель многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди .
24. Модель СМО с приоритетами
25. Методика расчёта вероятностей состояний однородной марковской цепи.
26. Методика составления уравнений Колмогорова.
27. Предельные вероятности состояний.
28. Процесс «размножения и гибели».
29. Модель многоканальной СМО с отказами.
30. Модель одноканальной СМО с ограниченной очередью.
31. Модель одноканальной СМО с неограниченной очередью.
32. Модель многоканальной СМО с ограниченной очередью.
33. Модель многоканальной СМО с неограниченной очередью.
34. Модель СМО с ограниченным временем ожидания.

Образец экзаменационного билета:

Башкирский государственный университет	Направление подготовки 38.03.05 «Бизнес-информатика»
Институт экономики, финансов и бизнеса	Профиль «Аналитическая и инструментальная поддержка бизнеса»
Кафедра математических методов в экономике	Дисциплина «Агент-ориентированное моделирование»

Экзаменационный билет № 1

1. Что такое модель, моделирование, критерий, ограничение, адекватность модели?
2. Понятие агент-ориентированных моделей

Зав. кафедрой

Р.Х.Бахитова

- Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:
- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
  - хорошо – от 60 до 79 баллов;
  - удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
  - неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**Критерии оценки (в баллах) (для очной формы обучения):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретический вопрос, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретический вопрос студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил практические задания или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретический вопрос свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

#### **Критерии оценки (в баллах) (для заочной формы обучения):**

- **«отлично»** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **«хорошо»** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретический вопрос, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **«удовлетворительно»** баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретический вопрос студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил практические задания или при решении допущены грубые ошибки;

- **«неудовлетворительно»** баллов выставляется студенту, если ответ на теоретический вопрос свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

#### Основная литература:

1. Мешечкин, В.В. Имитационное моделирование : учебное пособие / В.В. Мешечкин, М.В. Косенкова. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - 116 с. - ISBN 978-5-8353-1299-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232371](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232371)
2. Емельянов, А. А. Имитационное моделирование экономических процессов : Учеб.пособие / А.А.Емельянов,Е.А.Власова,Р.В.Дума. — М. : Финансы и статистика, 2002. — 368с. — Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ; Библиогр.:с.358. — ISBN 5279025720 : 89.00.
3. Салмина, Н.Ю. Имитационное моделирование : учебное пособие / Н.Ю. Салмина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Эль Контент, 2012. - 90 с. : табл., схем. - ISBN 978-5-4332-0067-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208690>
4. Эльберг, М.С. Имитационное моделирование : учебное пособие / М.С. Эльберг, Н.С. Цыганков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : СФУ, 2017. - 128 с. : ил. - Библиогр.: с. 124 - 125 - ISBN 978-5-7638-3648-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497147>
5. Схиртладзе, А.Г. Проектирование единого информационного пространства виртуальных предприятий : учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Скворцов, Д.А. Чмырь. - Изд. 2-е, стер. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. - 617 с. : ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 606 - ISBN 978-5-4475-8634-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469047>

#### Дополнительная литература:

6. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. С. Акопов ; ГУ - Высшая школа экономики. — Москва : Юрайт, 2016. — 399 с. — (Бакалавр. Академический курс). — Библиогр.: с. 388. — ISBN 978-5-9916-5549-1
7. Информационные технологии : учебное пособие / З.П. Гаврилова, А.А. Золотарев, Е.Н. Остроух и др. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет». - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2011. - 90 с. : ил. - ISBN 978-5-9275-0893-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241042>

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

Пользователям библиотеки БашГУ предоставляется возможность использования следующих электронных информационных ресурсов:

№	Наименование Интернет-ресурса	Ссылка (URL) на Интернет ресурс
1.	Федеральная служба государственной статистики	<a href="http://www.gks.ru">www.gks.ru</a>
2.	Министерство финансов РФ	<a href="http://www.minfin.ru">www.minfin.ru</a>
3.	Международный валютный фонд	<a href="http://www.imf.org">www.imf.org</a>
4.	Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования	<a href="http://www.forecast.ru">www.forecast.ru</a>
5.	Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по РБ	<a href="http://www.bashstat.ru">www.bashstat.ru</a>
6.	Информационно-издательский центр «Статистика России»	<a href="http://www.infostat.ru">www.infostat.ru</a>
7.	Информационно-аналитический сайт в области информационных технологий	citforum.ru
8.	Издание о высоких технологиях	cnews.ru
9.	Библиотека Г. Верникова – все о менеджменте и ИТ - подборка аналитических материалов по вопросам экономики, менеджмента и информационных технологий.	vernikov.ru
10.	Официальный портал ИТ-директоров (Реестр ИТ-поставщиков)	globalcio.ru
11.	Журнал СЮ – руководитель информационной службы	cio-world.ru
12.	Электронно-библиотечная система	ZNANIUM.COM
13.	Единый архив экономических и социологических данных ВШЭ	<a href="http://sophist.hse.ru/">http://sophist.hse.ru/</a>

1. База данных периодических изданий на платформе EastView: «Вестники Московского университета», «Издания по общественным и гуманитарным наукам» - <https://dlib.eastview.com/>

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

3. Научная электронная библиотека eLibrary.ru - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

4. Справочно-правовая система Консультант Плюс - <http://www.consultant.ru/>

5. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» – <https://biblioclub.ru/>

6. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» – <https://elib.bashedu.ru/>

7. Электронная библиотечная система издательства «Лань» – <https://e.lanbook.com/>

8. Электронный каталог Библиотеки БашГУ – <http://www.bashlib.ru/catalogi>.

9. Архивы научных журналов на платформе НЭИКОН (Cambridge University Press, SAGE Publications, Oxford University Press) - <https://archive.neicon.ru/xmlui/>

10. Издательство «Annual Reviews» - <https://www.annualreviews.org/>

11. Издательство «Taylor&Francis» - <https://www.tandfonline.com/>
12. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.
13. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.
14. AnyLogic 8.x.x Software Licensing Agreement for Document number 20180614



**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
<p><b>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> №№ 107, 108, 110, 111, 114, 122, 204, 207, 208, 209, 210, 212, № 213, 218, 220, 221, 222, 301, 305, 307, 308, 309, 311а, 311в, 312 .</p>	<p>Лекции</p>	<p>Учебная мебель, доска, проекционный экран, проектор, персональные компьютеры.                      1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии – бессрочные.                      2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии – бессрочные.                      3. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle). GNU General Public License Version 3, 29 June 2007                      4. AnyLogic Software Licensing Agreement for 8.x.x Document number 20180614</p>
<p><b>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> №№ 107, 108, 110, 111, 114, 122, 204, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 218, 220, 221, 222, 301, 305, 307, 308, 309, 311а, 311в, 312 .</p>	<p>Практические/семинарские занятия</p>	<p>Учебная мебель, доска, проекционный экран, проектор, персональные компьютеры.                      1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии – бессрочные.                      2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии – бессрочные.                      3. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle). GNU General Public License Version 3, 29 June 2007                      4. AnyLogic Software Licensing Agreement for 8.x.x Document number 20180614</p>
<p><b>Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> №№ 107, 108, 110, 111, 114, , 122, 204, 207, 208, 209, 210, 212, № 213, 218, 220, 221, 222, 301, 305, 307, 308, 309, 311а, 311в, 312.</p>	<p>Групповые и индивидуальные консультации</p>	<p>Учебная мебель, доска, проекционный экран, проектор, персональные компьютеры.                      1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии – бессрочные.                      2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии – бессрочные.                      3. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle). GNU General Public License Version 3, 29 June 2007                      4. AnyLogic Software Licensing Agreement for 8.x.x Document number 20180614</p>
<p><b>Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> №№ 107, 108, 110, 111, 114, , 122, 204, 207, 208, 209, 210, 212, № 213,</p>	<p>Текущий контроль и промежуточная аттестация</p>	<p>Учебная мебель, доска, проекционный экран, проектор, персональные компьютеры.                      5. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии – бессрочные.</p>

218, 220, 221, 222, 301, 305, 307, 308, 309, 311а, 311в, 312.		6. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии – бессрочные. 7. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle). GNU General Public License Version 3, 29 June 2007 8. AnyLogic Software Licensing Agreement for 8.x.x Document number 20180614
<b>Помещения для самостоятельной работы:</b> 302 читальный зал (гуманитарный корпус).	Самостоятельная работа	Учебная мебель, персональные компьютеры в комплекте HP, моноблок, персональный компьютер в комплекте моноблок iRU.