

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Высшая школа управления и инноваций



**УТВЕРЖДАЮ**  
**и.о.декана**  
**В.В.Печковская /**  
**«12» февраля 2019 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**МАГИСТРАТУРА**

**27.04.05 "ИННОВАТИКА"**

Форма обучения:

**очная**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Советом факультета

(протокол № 2, 12 февраля 2019 г.)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 27.04.05 «Инноватика» (программа магистратуры) в редакции Решения ученого совета от 27.12.2018 г. (Протокол № 5).

Год (годы) приема на обучение: 2019, 2020.

## 1. Цель и задачи.

**Цель курса** – изучить технологии и успешные практики математического моделирования и создания систем поддержки принятия решений в различных секторах экономической и социальной сферы; раскрыть особенности реализации данного типа проектов, их внедрения и оценки их экономических эффектов; сформировать соответствующие этому профессиональному направлению умения и навыки.

**Задачи** дисциплины:

- Получить знание теоретических особенностей и концепций математического моделирования.
- Изучить методы математического моделирования, применяемых в решении задач в профессиональной области.
- Сформировать навыки и умения применения методов математического моделирования финансовой деятельности.
- Получить навыки и умения использования методов математического моделирования в логистике, управлении цепями поставок, составления расписаний, диспетчеризации и маршрутизации.
- Приобрести навыки и умения применения методов математического моделирования в области размещения и распределения ресурсов.

В результате изучения данного курса обучающиеся получают знания об основных концепциях, технологиях и методах математического моделирования, приобретут навыки и умения построения математических моделей и их анализа в различных сферах своей профессиональной деятельности.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:** относится к профессиональному блоку вариативной части ОПОП ВО (дисциплины по выбору студента), реализуется на 2 году обучения (2 курс, 3 семестр).

**3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля),** предварительные условия (если есть): освоение дисциплин бакалавриата, таких как «Математика», «Системный анализ и принятие решений», «Методы исследования в менеджменте», а так же дисциплин программы магистратуры: «Моделирование и количественные методы в бизнесе» и «Системный анализ и теория принятия решений» программы магистратуры.

Знания, навыки и умения, полученные при изучении дисциплины «Математическое моделирование интеллектуальных систем» обеспечивают успешное освоение таких дисциплин, как «Операционный менеджмент и управление цепями поставок», «Управление проектами», «Стратегический маркетинг» и необходимы для прохождения преддипломной практики, осуществления научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

**4. Результаты обучения по дисциплине (модулю),** соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины (модуля):

**УК-1.** Способность формулировать научно обоснованные гипотезы, создавать теоретические модели явлений и процессов, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности.

**УК-2.** Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.

**УК-3.** Готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения.

**ОПК-3.** Способностью решать профессиональные задачи на основе философии, математических методов и моделей для управления инновациями, компьютерных технологий в инновационной сфере.

**ОПК-4.** Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу.

**ПК-1.** Способностью разработать план и программу организации инновационной деятельности научно-производственного подразделения, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов и программ.

**ПК-3.** Способностью произвести оценку экономического потенциала инновации, затрат на инновационный проект и осуществление инновационной деятельности в организации.

**ПК-4.** Способностью найти (выбрать) оптимальные решения при создании новой наукоемкой продукции с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности и экологической безопасности.

**ПК-5.** Способностью выбрать технологию внедрения результатов научно-исследовательской деятельности и их коммерциализации.

**ПК-6.** Способностью применять теории и методы теоретической и прикладной инноватики, систем и стратегий управления, управления качеством инновационных проектов, выбирать соответствующие методы решения экспериментальных и теоретических задач.

**ПК-7.** Способностью ставить задачи научного эксперимента (исследования), выбрать (или разработать) технологию его осуществления, оценить затраты и организовать его проведение.

**ПК-10.** Способностью критически анализировать современные проблемы инноватики с учётом экономического, социального, экологического и технологического аспектов жизнедеятельности человека.

**Знать:**

- основные технологии и концепции математического моделирования интеллектуальных систем, методы их тестирования, анализа, верификации и модификации;
- основные методы оценки качества моделей;
- основные средства инструментальной поддержки процесса моделирования.

**Уметь:**

- формировать программу разработки и внедрения проектов данного типа;
- оценивать границы применимости математического моделирования;
- оценивать целесообразность проектов, основанных на математическом моделировании.

**Владеть:**

- навыками выбора адекватного математического и программного обеспечения для реализации проектов данного типа;
- методикой оценки экономической эффективности от разработки и внедрения систем поддержки принятия решений, основанных на математическом моделировании в различных задачах экономической и социальной сферы.

**Иметь опыт:**

- применения программного обеспечения и математических методов для решения профессиональных задач;
- построения математической модели инновационного проекта.

**5. Форма обучения:** очная (часть дисциплины реализуется с использованием электронного обучения)

**6. Объем дисциплины (модуля)** составляет 2 з.е., в том числе 24 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 48 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Изучается на 2 курсе (3 семестр), итоговая форма отчетности – зачет.

**7. Содержание дисциплины (модуля)**, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

Наименование и краткое содержание разделов и дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*	Всего	
<b>Введение</b> Особенности построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений, основанных на математических моделях. Основные типы математических моделей. Практика комбинированного моделирования.	<b>8</b>	2	-	<b>2</b>	6
<b>Тема 1. Математическое моделирование финансовой деятельности</b> Автоматизированные системы прогнозирования рыночных котировок ценных бумаг. Система оптимального профилирования и размещения банковской филиальной сети. Система оптимизации диверсификации активов.	<b>14</b>	4	2	<b>6</b>	8 Домашняя работа Реферат Опрос (собеседование) Контрольная работа

<p><b>Тема 2. Математическое моделирование в логистике и управлении цепями поставок</b>  Оптимизационные модели в задачах анализа и синтеза транспортных сетей. Классические транспортные задачи и задачи о перевозках и их модификации. Задачи о максимальном потоке и методы ее решения. Моделирование потоков с временными параметрами. Моделирование потоков с переменной пропускной способностью. Задачи анализа и оптимального синтеза транспортных коммуникаций в условиях неопределенности: неопределенные факторы, условия риска. Имитационные модели транспортных систем. Программные средства поддержки имитационного моделирования. Регрессионный анализ в сфере транспортных коммуникаций. Комбинированные транспортные модели.</p>	16	2	4	6	10 Домашняя работа Тест
<p><b>Тема 3. Математическое моделирование в задачах расписаний, диспетчеризации и маршрутизации</b>  Основные классы моделей транспортного типа и методы их взаимосведений. Детерминированные модели определения оптимального момента поставки в системах управления товарными запасами. Модели определения оптимального момента поставки в условиях риска и неопределенности. Модели принятия оптимальных решений выбора типов транспортных средств. Оптимизационные модели управления распределенными транспортными системами. Модели оптимального управления инфраструктурой</p>	16	2	4	6	10 Домашняя работа Опрос (коллоквиум или собеседование) Тест

аэропорта. Модели оптимальной маршрутизации транспортных средств. Примеры систем поддержки принятия решений в сфере управления транспортом.					
<b>Тема 4. Математическое моделирование в задачах размещения и распределения ресурсов</b> Оптимизационная модель размещения патрульных нарядов. Оптимизационная модель распределения ресурсов на сетевых графиках в детерминированных и недетерминированных случаях. Модель оптимального распределения топливных запасов. Математические модели оптимизации товарных запасов.	<b>14</b>	2	2	4	10 Домашняя работа Контрольная работа
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>					<b>4</b>
<b>Итого</b>	<b>72</b>		<b>24</b>		<b>48</b>

## 8. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

### 8.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

#### 8.1.1 Темы курсовых работ

Курсовая работа по дисциплине «Математическое моделирование интеллектуальных систем» не предусмотрена.

#### 8.1.2 Темы рефератов

1. Система автоматизированной поддержки принятия решений в сфере управления запасами.
2. Система оценки эффективности выбора партнеров в процессах управления запасами на основе методов количественного анализа.
3. Модели минимизации рисков в цепях поставок.
4. Система оптимизации реконфигурации (местоположение и сервисы) отделений банка.
5. Система формирования эффективных расписаний для круглосуточных служб.
6. Модели оптимизации центров дислокации служб быстрого реагирования.
7. Система управления контейнерным парком крупных транспортных компаний.
8. Система оптимизации цен на услуги в гостиничном бизнесе.
9. Система оптимизации генерации и сбыта на рынке энергоресурсов.
10. Система оптимизации управления транспортным парком грузоперевозчика.
11. Модель выбора потребительских свойств новых товаров и сервисов.
12. Модель оптимизации размещения сервисных центров телекоммуникационной компании.
13. Модель оптимизации диспетчеризации станков инструментального цеха.

14. Модель формирования авиакомпанией оптимальной системы авиарейсов.
15. Модели оптимального управления сепарабельными и реентерабельными ресурсами сложных многоэтапных проектов.
16. Модели оптимизации структуры курьерской службы для почты России.
17. Оптимизационные модели производственного планирования в условиях неопределенности спроса.

### 8.1.3 Вопросы для самостоятельной работы и контроля студентов

1. Цели и задачи моделирования. Понятие «модель». Натурные и абстрактные модели.
2. Моделирование в естественных и технических науках. Абстрактные модели и их классификация. Компьютерные модели.
3. Понятие «математическая модель». Различные подходы к классификации математических моделей.
4. Характеристики моделируемого явления. Уравнения математической модели.
5. Внешние и внутренние характеристики математической модели.
6. Замкнутые математические модели.
7. Математические модели в социологии. Простейшая демографическая модель.
8. Математические модели в экономике. Модель многоотраслевой экономики Леонтьева.
9. Математические модели в биологии и др. Модель конкуренции. Модель хищник-жертва. Простейшая модель боевого взаимодействия Ланчестера.
10. Составление модели. Проверка замкнутости модели.
11. Идентификация модели. Системы измерения и наблюдаемость модели относительно системы измерения.
12. Разработка процедуры вычисления внутренних характеристик модели. Численный эксперимент. Верификация и эксплуатация модели.
13. Имитационные модели и системы. Область и условия применения. Этапы построения имитационной модели.
14. Критерии оценки адекватности модели. Отличительные признаки методов математического и имитационного моделирования.
15. Имитационные эксперименты. Проблемы, связанные с практическим использованием имитационных моделей. Примеры имитационных моделей.
16. Моделирование случайных процессов. Стохастические методы в статистической физике. Понятие марковского процесса (марковская цепь). Броуновская динамика. Генераторы случайных чисел. Генерация случайных чисел с заданным законом распределения.
17. Метод статистических испытаний. Общий алгоритм моделирования дискретной случайной величины. Хаотическое движение динамических систем.
18. Особенности моделирования сложных организационно-технических систем.
19. Математические и гуманитарные методы прогноза, их взаимодействие.

### 8.1.4 Домашние задания

#### Задача 1.

Пусть есть некоторая компания, которая продает программное обеспечение для индивидуального пользования по ведению семейного бюджета, учета имущества и других общих задач. Компания провела экстенсивное исследование по своим издержкам и доходам и обнаружила, что новые клиенты менее выгодны, чем постоянные. Постоянные клиенты требуют меньше затрат (реклама по почте, консультации по телефону, скидки), они упорядочивают торговлю по годам и помогают компании заработать на привлечении новых клиентов. Компания оценивает (по истории поведения потребителей), что клиент, верный компании в течение  $n$  лет (тот, кто покупает продукты компании  $n$  последовательных лет) способствует нормализации распределения случайной величины прибыли в  $n$ -м году, что усредняет и стандартизирует отклонение. Например, клиент на первом году принес убыток в среднем в 40 долл., со стандартным отклонением



в 6 долл., а на пятом году клиент принес прибыль в 85 долл., со стандартным отклонением в 15 долл. Компания заинтересована в исследовании того, насколько ценен потребитель для компании (в смысле принесенного им дохода) по годам.

Это зависит от вероятности задержки. Пусть в модели задержки  $r(n)$  – будет вероятность, что клиент, который покупал продукт компании в течение  $n$  лет, не будет покупать в следующем году. Если это случится, мы предполагаем, что потребитель переключился на другую фирму и никогда не купит продукт компании снова. Консультант предложил компании, следующую модель задержки: допустить  $r(1) = 1-p$  (для  $p$  от 0 до 1), и далее использовать уравнение  $r(n) = q*r(n-1)$  для  $n > 2$ , где  $q$  положительная константа.

Как реализовать эту модель? Как имеющиеся данные могут быть использованы для моделирования NPV от дохода в 20 летнем периоде от типичного потребителя, который сделал первую покупку в этом году?

### Задача 2.

На рынке имеется два вида пастилы. Компания «Мир сладостей» собирается выйти на рынок с одним из двух новых брэндов. Каждый вид характеризуется тремя признаками: степенью сладости (изменяется от 0 до 10), пластичности (изменяется от 0 до 10) и ценой за коробку (Таблица 1). Модель представлена в файле ПРЕДПОЧТЕНИЯ.XLS.

Таблица 1

Характеристики товаров.

	Сладость	Пластичность	Цена (руб.)
Существующий брэнд 1	8	6	3,0
Существующий брэнд 2	10	7	3,8
Новый брэнд 1	8	6	2,0
Новый брэнд 2	10	9	4,5

Предполагается, что каждый покупатель выбирает конкретный вид пастилы, исходя из взвешенной комбинации данных трёх признаков. В частности, для каждого покупателя оценка брэнда рассчитывается следующим образом:

$$\text{Оценка} = w_{ст} (\text{Сладость}) + w_{пл} (\text{Пластичность}) + w_{ц} (\text{Цена}), \text{ где } w - \text{веса.}$$

В итоге покупатель приобретает пастилу с наибольшей оценкой.

Веса покупателей различаются в зависимости от того, какое значение покупатель придаёт сладости, пластичности и цене. Однако можно предположить, что эти веса коррелируют между собой. Например, между сладостью и пластичностью существует положительная корреляционная связь. Если покупатель придаёт много значения сладости, он придаёт большое значение и пластичности (положительная корреляционная связь между сладостью (или пластичностью) и ценой менее прозрачна). На самом деле, это связано с тем, что веса цены отрицательны; таким образом, положительная корреляционная связь между сладостью и ценой означает, что если покупателю важна высокая степень сладости, цена для него не играет большой роли. Будем предполагать (данные специальных выборочных исследований), что веса покупателей распределены нормально со стандартными отклонениями, представленными в Таблицах 2 и 3. Матрица парных корреляций весов представлена в Таблица 2.

Таблица 2

## Характеристики распределений весов покупателей

	Математическое ожидание	Стандартное отклонение
Сладость	5	1
Пластичность	4	0,6
Цена	-9	2

Таблица 3

## Матрица парных корреляций весов покупателей

	Сладость	Пластичность	Цена
Сладость	1,00	0,80	0,70
Пластичность	0,80	1,00	0,60
Цена	0,70	0,70	1,00

Цель компании – выбрать один из двух новых брэндов, который займёт большую долю рынка.

**Задача 3.**

Некоторая фирма ведет рекламную компанию. При этом ежемесячно фиксируются затраты, количество принятых звонков и заключенных договоров. Менеджеры компании в ходе общения с клиентами фиксируют также конкретные рекламные позиции, побудившие их сделать звонок или заключить договор (см. файл **ЗВОНКИ-ДОГОВОРА.XLS**). Рассматриваются данные за весь период рекламной компании по каждому конкретному объекту по каждой рекламной позиции:

- суммы затрат по месяцам;
- количества звонков по месяцам;
- количество договоров по месяцам.

Требуется провести анализ собранной количественной информации и оценить эффективность вложений в различные рекламные позиции.

**Задача 4.**

Компания продаёт кассовые аппараты. Она планирует напечатать каталог продукции и провести прямую кампанию рассылки материалов по почте. Составление каталога обойдётся в 20 000 долл. Его распечатывание для одного клиента обойдётся в 0,10 долл., а рассылка (включая иные связанные расходы) в 0,15 долл. Для возможности осуществления заказа клиентам высылаются по конверту, каждый из которых стоит фирме 0,20 долл. Средний размер заказа составляет 40 долл., причём 80% от каждого заказа уходит на возмещение переменных издержек (труд, материалы и др.). Компания планирует разослать 100 000 распечаток каталога. Перед ней стоит задача построения модели, которая поможет ответить на следующие вопросы (см. файл **РАССЫЛКА КАТАЛОГОВ.XLS**):

- 1) Как влияет процент совершающих заказ благодаря информации, полученной из высланной распечатки каталога, (назовём их отозвавшимися) на прибыль?
- 2) Какой процент отозвавшихся является безубыточным для компании?
- 3) Стоит ли осуществлять изготовление и рассылку каталогов при проценте отозвавшихся равным 3?
- 4) Как изменение средней цены заказа влияет на эффективность проведения рассылки каталогов?

### 8.1.5 Пример контрольной работы

#### Задание 1

Мы имеем данные о годовом доходе и размере портфеля ценных бумаг (в тыс. долл.) каждого из 84 человек. Так же указывается, подписывается или не подписывается каждый из этих людей на журнал «Эксперт» (см. файл **ПОРТРЕТ ПОТРЕБИТЕЛЯ(ДА).XLS**). Используя данные, определить классификационное правило, которое максимизирует число людей, верно распределенных по группам.

#### Задание 2

Агентству необходимо составить оптимальную рекламную кампанию на телевидении для своего клиента. Клиент своей рекламной кампанией хочет достичь трех целей (перечислены в порядке убывания важности):

*цель 1:* рекламу должны увидеть, по крайней мере, 65 млн. мужчин с высоким уровнем дохода (ВУМ);

*цель 2:* рекламу должны увидеть, по крайней мере, 72 млн. женщин с высоким уровнем дохода (ВУЖ);

*цель 3:* рекламу должны увидеть, по крайней мере, 70 млн. людей с низким уровнем дохода (НУЛ).

Агентство может купить время для показа рекламных роликов в нескольких типах телепрограмм: в спортивных шоу, в развлекательных шоу, в новостях, во время показа комедийных фильмов, драм и во время показа сериалов. На рекламную кампанию не может быть потрачено больше 700 000 руб. Стоимости размещения рекламных роликов и охват потенциальной аудитории (в млн. человек) за 1 минуту рекламного ролика в каждом типе телепрограмм представлены в Таблице 4.

Таблица 4

Стоимости и охваты аудиторий по типам программ

Тип телепрограммы	ВУМ	ВУЖ	НУЛ	Стоимость (руб.)
Спортивные шоу	7	4	8	120 000
Развлекательные шоу	3	5	6	40 000
Новости	6	5	3	50 000
Комедийные шоу	4	5	7	40 000
Драма	6	8	6	60 000
Сериалы	3	4	5	40 000

В рамках рекламной стратегии клиента требуется, чтобы, по крайней мере, два рекламных ролика были размещены в спортивных шоу, в новостях и показах драм. Также обязательным является условие, чтобы в каждом из типов телепрограмм было размещено не больше десяти рекламных роликов. Целью работы Агентства является нахождение плана рекламной кампании, который удовлетворял бы всем целям клиента и требовал бы минимальных затрат (см. файл **МЕДИА-ПЛАН.XLS**).

#### Задание 3

Компания «Энергосбыт» - производит электроэнергию. Спрос на электроэнергию зависит от цены и от периода времени. В обычный период суток, спрос определяется по формуле:  $D_p = 60 - 0,5P_p + 0,1P_o$ , а в час пик, формулой:  $D_o = 60 - 0,5P_o + 0,1P_p$ , где  $D_p$  и  $P_p$  - спрос и цена в час пик, а  $D_o$ ,  $P_o$  - спрос и предложение в обычный период.

Как видно из формул, спрос в час пик и обычный период зависят друг от друга и от цен. Если, например, увеличить цену в обычном периоде, то спрос в этот период уменьшится, а спрос в час пик увеличится.

Затраты зависят от пропускной способности сети. На каждый киловатт пропускной способности станция тратит 10000 руб. в день.

Компании необходимо установить цены в обычный период и в час пик, а также установить уровень пропускной способности сети, чтобы максимизировать ежедневную прибыль (см. файл **УПРАВЛЕНИЕ ЦЕНОЙ.XLS**).

#### **Задание 4**

Компания продаёт 1200 камер в течение года и спрос на продукцию на протяжении года стабильный. Магазин делает запас своих камер на региональном товарном складе и обычно требуется неделя, чтобы доставить камеры с места их хранения. Делается заказ брокеру, стоимость выполнения заказа 35 долл. Магазин платит 100 долл. за каждую камеру и продаёт затем за 130 долл. Нет реальных складских издержек, но расход магазина оценивается исходя из эффекта замораживания денежных средств в товаре. При этом годовая процентная ставка принимается равной 10%. Данный магазин хочет определить, как часто делать запас, когда его лучше всего делать и как много камер должно входить в каждый запас?

#### **8.1.6 Пример теста для контроля знаний обучающихся**

##### **1. Модель объекта это...**

- 1) Предмет похожий на объект моделирования.
- 2) Объект – заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели.
- 3) Копия объекта.
- 4) Шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта.

##### **2. Основная функция модели это:**

- 1) Получить информацию о моделируемом объекте.
- 2) Отобразить некоторые характеристические признаки объекта.
- 3) Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта.
- 4) Воспроизвести физическую форму объекта.

##### **3. Математические модели относятся к классу...**

- 1) Изобразительных моделей.
- 2) Прагматических моделей.
- 3) Познавательных моделей.
- 4) Символических моделей.

##### **4. Математической моделью объекта называют...**

- 1) Описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур.
- 2) Любую символическую модель, содержащую математические символы.
- 3) Представление свойств объекта только в числовом виде.
- 4) Любую формализованную модель.

##### **5. Методами математического моделирования являются ...**

- 1) Аналитический.
- 2) Числовой.
- 3) Аксиоматический и конструктивный.
- 4) Имитационный.

**6. Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:**

- 1) Аналитическая
- 2) Графическая
- 3) Цифровая
- 4) Алгоритмическая.

**7. Объект, состоящий из вершин и ребер, которые между собой находятся в некотором отношении, называют...**

- 1) Системой.
- 2) Чертежом.
- 3) Структурой объекта.
- 4) Графом.

**8. Эффективность математической модели определяется ...**

- 1) Оценкой точности модели.
- 2) Функцией эффективности модели.
- 3) Соотношением цены и качества.
- 4) Простотой модели.

**9. Адекватность математической модели и объекта это...**

- 1) Правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования.
- 2) Полнота отображения объекта моделирования.
- 3) Количество информации об объекте, получаемое в процессе моделирования.
- 4) Объективность результата моделирования.

**10. Состояние объекта определяется ...**

- 1) Количеством информации, полученной в фиксированный момент времени.
- 2) Множеством свойств, характеризующим объект в фиксированный момент времени относительно заданной цели.
- 3) Только физическими данными об объекте.
- 4) Параметрами окружающей среды.

**11. Изменение состояния объекта отображается в виде ...**

- 1) Статической модели.
- 2) Детерминированной модели.
- 3) Динамической модели.
- 4) Стохастической модели.

**12. Фазовое пространство определяется ...**

- 1) Множеством состояний объекта, в котором каждое состояние определяется точкой с координатами эквивалентными свойствам объекта в фиксированный момент времени.
- 2) Координатами свойств объекта в фиксированный момент времени.
- 3) Двумерным пространством с координатами  $x, y$ .
- 4) Линейным пространством.

**13. Фазовая траектория это ...**

- 1) Вектор в полярной системе координат.
- 2) След от перемещения фазовой точки в фазовом пространстве.
- 3) Монотонно убывающая функция.

4) Синусоидальная кривая с равными амплитудами и частотой.

**14. Точка бифуркации это...**

- 1) Точка фазовой траектории, характеризующая изменение состояния объекта.
- 2) Точка на траектории, характеризующая состояние покоя.
- 3) Точка фазовой траектории, предшествующая резкому изменению состояния объекта.
- 4) Точка равновесия.

**15. Декомпозиция это ...**

- 1) Процедура разложения целого на части с целью описания объекта.
- 2) Процедура объединения частей объекта в целое.
- 3) Процедура изменения структуры объекта.
- 4) Процедура сортировки частей объекта.

**16. Установление равновесия между простотой модели и качеством отображения объекта называется...**

- 1) Дискретизацией модели.
- 2) Алгоритмизацией модели.
- 3) Линеаризацией модели.
- 4) Идеализацией модели.

**17. Имитационное моделирование ...**

- 1) Воспроизводит функционирование объекта в пространстве и времени.
- 2) Моделирование, в котором реализуется модель, производящая процесс функционирования системы во времени, а также имитируются элементарные явления, составляющие процесс.
- 3) Моделирование, воспроизводящее только физические процессы.
- 4) Моделирование, в котором реальные свойства объекта заменены объектами – аналогами.

**18. Планирование эксперимента необходимо для...**

- 1) Точного предписания действий в процессе моделирования.
- 2) Выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.
- 3) Выполнения плана экспериментирования на модели.
- 4) Сокращения числа опытов.

**19. Модель детерминированная ...**

- 1) Матрица, детерминант которой равен единице.
- 2) Объективная закономерная взаимосвязь и причинная взаимообусловленность событий. В модели не допускаются случайные события.
- 3) Модель, в которой все события, в том числе, случайные ранжированы по значимости .
- 4) Система непредвиденных, случайных событий.

**20. Дискретизация модели это процедура...**

- 1) Отображения состояний объекта в заданные моменты времени.
- 2) Процедура, которая состоит в преобразовании непрерывной информации в дискретную.
- 3) Процедура разделения целого на части.
- 4) Приведения динамического процесса к множеству статических состояний объекта.

**21. Свойство, при котором модели могут быть полностью или частично использоваться при создании других моделей...**

- 1) Универсальностью.

- 2) Неопределенностью.
- 3) Неизвестностью.
- 4) Случайностью.

## 22. Непрерывно-детерминированные схемы моделирования определяют...

- 1) Математическое описание системы с помощью непрерывных функций с учётом случайных факторов.
- 2) Математическое описание системы с помощью непрерывных функций без учёта случайных факторов.
- 3) Математическое описание системы с помощью функций непрерывных во времени.
- 4) Математическое описание системы с помощью дискретно-непрерывных функций.

## 23. Погрешность математической модели связана с...

- 1) Несоответствием физической реальности, так как абсолютная истина недостижима!!
- 2) Неадекватностью модели
- 3) Неэкономичностью модели
- 4) Неэффективностью модели.

## 8.2 Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

### 8.2.1 Вопросы к зачету

1. Понятие модели. Свойства моделей.
2. Моделирование как метод познания.
3. Материальное и идеальное моделирование.
4. Целеполагание в моделировании.
5. Понятия математической модели и моделирования.
6. Классификация математических моделей по основанию в зависимости от: сложности объекта моделирования.
7. Примеры сложных и простых объектов моделирования.
8. Оператор модели. Классификация математических моделей по основанию в зависимости от оператора модели. Примеры.
9. Параметры модели. Классификация математических моделей по основанию в зависимости от параметров модели. Примеры.
10. Цели моделирования. Классификация математических моделей по основанию в зависимости от целей моделирования. Примеры.
11. Классификация математических моделей по основанию в зависимости от методов реализации модели. Примеры.
12. Исследование объекта моделирования.
13. Описательная (концептуальная) постановка задачи моделирования.
14. Математическое формулирование задачи моделирования. Примеры. Задача Коши.
15. Выбор метода решения математической задачи.
16. Реализация математической модели на ЭВМ.
17. Проверка построенной модели на соответствие исходным положениям и целям.
18. Использование построенной модели на практике.
19. Модель спроса и предложения.
20. Математические модели в экономике. Примеры (на выбор).
21. Моделирование в теории выбора и принятия решений. Примеры (на выбор).
22. Понятие структурной математической модели. Построение структурных моделей. Примеры структурных моделей.
23. Линейные модели. Примеры линейных моделей.
24. Понятие о нелинейных моделях. Примеры нелинейных моделей.

25. Особенности имитационных подходов в моделировании.

26. Этапы имитационного моделирования.

Зачёт проходит в форме контрольного задания, состоящего из 2 задач и/или вопросов.

### 8.2.2 Примерные задачи к зачету

#### Задание 1. Задача о размещении торговых представительств

Торговая компания реализует копирующую технику в некотором регионе. Реализация и техническая поддержка осуществляется через торговые представительства компании в городах региона. Возможно открытие представительства в любом из 6 городов региона. Годовые затраты на содержание представительства составляют 12 000 000 руб. Объем продаж в каждом городе зависит от удаленности ближайшего от него торгового представительства и оценивается экспертами по трем категориям: «высокий», «средний», «низкий». Предполагается, что удаленность не более 100 км влечет высокий уровень продаж, от 100 до 150 – средний уровень, более 150 – низкий. Предполагается также, что покупатели будут ориентироваться на ближайшее представительство. Эксперты оценили средний годовой объем прогнозируемых продаж в штуках для каждой категории (Таблица 5).

Таблица 5

Город	Низкий	Средний	Высокий
Город 1	500	600	700
Город 2	750	800	1000
Город 3	700	800	900
Город 4	450	650	800
Город 5	200	300	400
Город 6	300	350	450

Расстояния между городами в км приведены в Таблице 6.

Таблица 6

	Город1	Город2	Город3	Город4	Город5	Город6
Город1	0	222	310	441	47	350
Город2	222	0	89	241	186	123
Город3	310	89	0	146	255	82
Город4	441	241	146	0	376	178
Город5	47	186	255	376	0	306
Город6	350	123	82	178	306	0

В каких городах целесообразно размещать торговые представительства с целью максимизации среднеожидаемой годовой прибыли, если средняя прибыль от продажи одной единицы техники составляет 30 000 руб.?

#### Задание 2. Задача синтеза оптимальной системы маршрутов

В городе и окрестностях имеется 8 маршрутов, по которым предполагается движение автобусов. Компании присылают свои расценки на обслуживание различных маршрутов (данные приведены в табл.). Если в таблице прочерк, то это означает, что компания не берется за обслуживание данного маршрута. Городской муниципалитет должен принять решение о предоставлении компаниям права обслуживать данные маршруты при условии:

1) компании даются только те маршруты, на которые она заявлялась (указывала цену);



2) каждый маршрут должен обслуживаться какой-то компанией;

3) компания может обслуживать не более двух маршрутов.

Необходимо минимизировать общую сумму на обслуживание данных маршрутов (Таблица 7)

Таблица 7

Компания	М 1	М 2	М 3	М 4	М 5	М 6	М 7	М 8
1	-	8200	7800	5400	-	3900	-	-
2	7800	8200	-	6300	-	3300	4900	-
3	-	4800	-	-	-	4400	5600	3600
4	-	-	8000	5000	6800	-	6700	4200
5	7200	6400	-	3900	6400	2800	-	3000
6	7000	5800	7500	4500	5600	-	6000	4200

### Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка	2	3	4	5
РО и соответствующие виды оценочных средств				
<b>Знания</b> устные и письменные опросы, контрольные работы, тесты	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> отчет по НИР	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

## 9. Ресурсное обеспечение:

### 9.1. Перечень основной и дополнительной литературы:

#### а) Основная литература:

1. Алексеев, Г.В. Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация [Текст] / Г.В. Алексеев. – СПб.: Гиорд, 2014. – 272 с.
2. Бабешко, Л. О. Математическое моделирование финансовой деятельности: учебное пособие [Текст] / Л.О. Бабешко. – М.: КноРус, 2016. – 224 с.

3. Гусева, Е. Н. Экономико-математическое моделирование [Текст] / Е.Н. Гусева. – М.: Флинта, МПСИ, 2017. – 216 с.
4. Жирков, А.М. Математическое моделирование систем и процессов: Учебное пособие [Текст] / А.М. Жирков, Г.М. Подопригора, М.Р. Цуцунава. – СПб.: Лань КПТ, 2016. – 192 с.
5. Мазалов, В.В., Чиркова, Ю.В. Сетевые игры [Текст] / В.В. Мазалов, Ю.В. Чиркова. – М.: ЭБС Лань, – 2018. – 320 с.
6. Трегуб, И.В. Эконометрические исследования. Практические примеры [Текст] / И.В. Трегуб. – М.: ЭБС Лань, – 2018, – 164 с.

**б) Дополнительная литература:**

7. Горлач, Б.А., Шахов, В.Г. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация [Текст] / – М.: ЭБС Лань, – 2018, – 292 с.
8. Иванов, С.А. Моделирование процессов коммуникации в научном сообществе. Устойчивые статистические распределения в коммуникационных системах [Текст] / С.А. Иванов. – М.: Либроком, 2017. – 120 с.
9. Коробов, П. Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов / П.Н. Коробов. – М.: ДНК, 2015. – 376 с.
10. Кутафин, О.Е. Математическое моделирование производственного и финансового менеджмента [Текст] / О.Е. Кутафин. – М.: КноРус, 2013. – 192 с
11. Юдин, С.В. Математика и экономико-математические модели: учебник / С.В. Юдин. – М.: Инфра-М, РИОР, 2016. – 376 с.
12. Юмагулов, М.Г. Введение в теорию динамических систем: учебное пособие [Текст] / М.Г. Юмагулов. – М.: Лань, 2015. – 272 с.

**Периодические издания:**

1. INTERFASES A Journal of the Institute for Operations Research and the Management Sciences
2. BUSINESS Supply Chain Management
3. MANAGEMENT Journal of Supply Chain Management
4. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Decision Support Systems
5. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE European Journal of Operational Research
6. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Expert Systems with Applications
7. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE International Journal of Information Technology and Decision Making
8. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE International Journal of Production Economics
9. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Journal of Operations Management
10. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Management Science
11. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Mathematical Programming, Series B
12. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE OR Spektrum
13. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Omega
14. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Operations Research
15. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Production and Operations Management
16. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Technovation
17. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Transportation Research Part B: Methodological

## 18. OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review

### 9.2. Перечень лицензионного программного обеспечения (при необходимости):

MS Office

### 9.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. ЭБС издательства «Лань» [учебные, научные издания, первоисточники, художественные произведения различных издательств; журналы] : сайт. – URL: <http://e.lanbook.com>.
2. ЭБС «Юрайт» [раздел «ВАША ПОДПИСКА: учебники и учебные пособия издательства «Юрайт»]: сайт. – URL: <https://www.biblio-online.ru/catalog/>.
3. Научная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова: сайт. – URL: <http://nbmgu.ru>

### 9.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. <http://www.olap.ru> – информационный портал, посвященный технологиям интерактивной аналитической обработки
2. <https://proglib.io> – информационный портал «Библиотека программиста»

### 9.5. Описание материально-технического обеспечения:

Для проведения образовательного процесса требуется аудитория с трансформируемым пространством, оборудованная компьютером и проектором, необходимыми для демонстрации презентаций. Обязательное программное обеспечение – MS Office.

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе изучения курса обучающиеся обязаны соблюдать дисциплину, вовремя приходить на занятия, делать домашние задания, осуществлять подготовку к семинарам и контрольным работам, проявлять активность на занятиях.

При этом важное значение имеет самостоятельная работа, которая направлена на формирование у учащегося умений и навыков правильного оформления конспекта и работы с ним, работы с литературой и электронными источниками информации, её анализа, синтеза и обобщения. Для проведения самостоятельной работы обучающимся предоставляется список учебно-методической литературы.

## 11. Образовательные технологии

В процессе освоения дисциплины «Математическое моделирование интеллектуальных систем» используются следующие образовательные технологии:

### 1. Стандартные методы обучения:

- лекции;
- семинары;
- письменные или устные домашние задания;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов, в которую входит освоение теоретического материала, подготовка к семинарам, выполнение указанных выше письменных работ.

### 2. Методы обучения с применением интерактивных форм образовательных технологий:

- анализ деловых ситуаций на основе кейс-метода и имитационных моделей;
- круглые столы;
- обсуждение подготовленных студентами рефератов;
- групповые дискуссии и проекты;
- обсуждение результатов работы студенческих исследовательских групп.

**12. Язык преподавания.**

Русский.

**13. Автор (авторы) программы.**

Косоруков О.А., профессор, д.т.н.

**14. Преподаватель (преподаватели) программы.**

Косоруков О.А., профессор, д.т.н.