

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Кафедра автоматизации обработки информации (АОИ)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав кафедрой АОИ, профессор  
\_\_\_\_\_ Ю.П. Ехлаков

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению самостоятельной работы по дисциплине:

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
(Дисциплина вариативной части)**

Уровень основной образовательной программы: **магистратура**  
Направление подготовки магистра: **38.04.05 «Бизнес-информатика»**  
Магистерская программа: **Предпринимательство и организация  
бизнеса в сфере информационных технологий**  
Форма обучения: **очная**  
**Факультет систем управления (ФСУ)**  
**Кафедра автоматизации обработки информации (АОИ)**  
Курс 1 Семестр 1, 2

Проф.  
Замятин

Н.В.

2018

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине **«Математическое моделирование»** составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 38.04.05 - Бизнес-информатика (Предпринимательство и организация бизнеса в сфере информационных технологий) (уровень магистратуры), утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ 2018 г. № .

Составил Замятин Н.В.-Томск, ТУСУР, 2018 г.

Кафедра автоматизации обработки информации

## Содержание

1. Введение .....	4
2. Рекомендации по выполнению самостоятельной работы.....	5
3. Подготовка к лабораторным работам.....	10
4. Подготовка к практическим работам.....	13
5. Подготовка рефератов.....	17
6. Примерный вариант теоретических вопросов для самоподготовки.....	
7. Литература.....	19

## **Введение**

Дисциплина «**Математическое моделирование**» представляет систематическое изложение материала по методам моделирования систем и процессов, и дает базовые знания, необходимые специалисту по бизнес-информатике независимо от его специализации. Наряду с изучением методов математического моделирования, как единого целого рассматриваются основные понятия и наиболее важные характеристики программных компонентов, используемых для моделирования, вопросы нейросетевого, нечеткого и визуального моделирования.

Данное методическое пособие должно помочь студенту правильно выбрать тему, выделить проблемные места, сформулировать вопросы, по которым студент может оценить степень усвоения материала, а также указать необходимую литературу для самостоятельного изучения разделов данной дисциплины.

### **2. Рекомендации по выполнению самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов выражается в освоении необходимого объема учебной программы по дисциплине, выработке навыков профессиональной деятельности при изучении вынесенных на самостоятельную работу вопросов. Это выражается в подготовке к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, подготовке рефератов, выполнении соответствующих заданий в виде подготовки отчетов по практическим и лабораторным работам. В связи с большим объемом материала по методам математического моделирования, того минимального времени, отведенного для их изучения учебным планом, явно недостаточно. Поэтому студентам предлагается провести

самостоятельное углубленное изучение ряда тем, а результаты его выразить в письменных ответах на вопросы заданий в виде рефератов.

Прежде чем приступить к изложению ответов на вопросы задания, студент получает необходимые знания об основных понятиях, терминах, общих вопросах математического моделирования из лекций. Эти знания также можно получить в процессе самоподготовки по предлагаемым вопросам к теме по дисциплине.

Самостоятельная подготовка состоит в подборке и изучении предлагаемой настоящем указании учебно-методической литературы, а также использовании дополнительной литературы. В связи с быстрым развитием появлением новых методов математического моделирования, литература, которую делаются ссылки на момент изучения данной дисциплины может устареть.. Поэтому при выполнении работы целесообразно использовать Интернет.

Темы рефератов, тесты, письменные ответы на которые являются основой для оценки результатов самостоятельной работы, определяются текущей темой лекции и выполняемой лабораторной или практической работой. Приветствуется инициативное предложение варианта темы реферата студентом, в рамках перспективного развития программных средств объектов математического моделирования, например архитектуры предприятия.

Если реферат не зачтен, то с учетом замечаний преподавателя подлежит доработке и повторной сдаче. Студенты, не предоставившие письменной работы и не доработавшие ее после замечаний преподавателя, к экзамену или зачету по дисциплине не допускаются.

Письменная работа подписывается лицом ее выполнившим, с указанием фамилии, инициалов, даты и сдается для проверки и рецензирования преподавателю.

### **Проработка лекционного материала**

**Раздел 1.** Основные понятия математической модели (ММ). Синтез, анализ, оптимизация. Классификация видов моделирования. Основы детерминированного, стохастического, математического, статистического, динамического, дискретного, непрерывного и физического моделирования.

При изучении этой темы студенту необходимо вспомнить основные положения теории информации, понятий системы, данных и знаний, виды предприятий и их архитектурные особенности.

Студент должен понимать, как развивались методы моделирования с точки зрения диалектического материализма, почему возникла необходимость моделирования таких сложных систем как рынки и предприятия.

Особое внимание следует уделить классификации моделей и методов моделирования и их отличию от оригиналов. Также понять, в чем различие методов моделирования, так как на сегодняшний день эти понятия размыты. Уметь отличать методы моделирования друг от друга и уметь приводить примеры применения таких методов для моделирования предприятий.

Поскольку дисциплина называется “Математическое моделирование”, то также основное внимание нужно уделить рассмотрению необходимости применения математических методов для моделирования современных архитектур предприятий.

**Раздел 2. Сущность компьютерного моделирования сложной системы.** Основные требования, предъявляемые к модели: полнота, гибкость, точность. Основные этапы моделирования сложных систем: построение описательной модели системы и её формализация; Алгоритмизация модели и её компьютерная реализация; получение и интерпретация результатов моделирования.

При изучении этой темы студенту необходимо вспомнить основные процедуры алгоритмизации, формализации, коцептуализации при анализе сложных систем, дифференциальные уравнения и методы их решения.

Студент должен уяснить основные требования, которые предъявляются к моделям

Студент должен понимать основные математические схемы построения моделей.

Студент должен знать этапы моделирования и их последовательность при построения моделей.

Особое внимание следует уделить понятию сложная система и применение различных математических схем при моделировании таких сложных систем, как современное предприятие.

**Раздел 3. Имитационное моделирование.** Имитационная модель как источник ответа на вопрос: «что будет, если...». Типовые системы имитационного моделирования. Планирование компьютерного эксперимента: масштаб времени, датчики случайных величин, проверка гипотез о категориях типа: событие-явление-поведение: риски и прогнозы. Структурный анализ процессов на объектах. Функциональная модель и ее диаграммы. Уровни детализации функциональной модели фирмы. Процесс создания двух взаимосвязанных моделей: функциональной структурной и динамической имитационной.

При изучении этой темы студенту необходимо вспомнить, как формируются случайные числа, законы распределения, условные и безусловные вероятности.

Студент должен уяснить определения стейчарта, потоков, накопителей, диаграмм, интеллектуальных и реактивных агентов.

Студент должен понимать, как выполняется процедура имитационного моделирования, задаются масштабы времени, планируется компьютерный эксперимент.

Студент должен знать основные принципы имитационного моделирования, требования к имитационным моделям и применение имитационного моделирования сложных систем.

Особое внимание следует уделить понятию системная динамика, дискретно-событийные процессы, мультиагентные системы.

#### **Раздел 4. Моделирование в условиях неопределенности**

Информационно-аналитическая подготовка: постановки задачи, поиск, накопление и предварительная обработки информации для принятия решения, выявление и оценка текущей ситуации с учетом возникшей проблемы; выдвижение гипотез (вариантов, альтернатив, сценариев). Обзор математических теорий для формализации неопределенной информации в моделях: многозначная логика; теория вероятности; теория ошибок; теория средних интервалов; теория субъективных вероятностей; Сущность компьютерного моделирования сложной системы. Основные требования, предъявляемые к модели: полнота, гибкость, точность. Основные этапы моделирования сложных систем: построение описательной модели системы и её формализация; Алгоритмизация модели и её



компьютерная реализация; получение и интерпретация результатов моделирования.

При изучении этой темы студенту необходимо вспомнить основные понятия из теории вероятности и математической статистики, моделирования процессов, дискретной математики.

Студент должен уяснить такие определения как множества, нечеткие и лингвистические переменные, функции принадлежности, четкая и нечеткая импликация.

Студент должен понимать, как выполняется переход от четких значений к нечетким и наоборот, каким образом выполняется логический вывод, как формируются нечеткие модели в базы знаний.

Студент должен знать представления нечетких множеств, процедуры формирования функций принадлежности, формирование баз знаний и логический вывод.

Особое внимание следует уделить построения нечетких продукционных моделей в виде баз знаний для различных предметных областей.

**Раздел 5. Нейросетевое моделирование.** Нейронные сети. Парадигмы нейронных сетей. Нейросетевое моделирование различных предметных областей. Перцептрон. Активационные функции

При изучении этой темы студенту необходимо вспомнить основные понятия регрессионного анализа, методы формирования случайных чисел, дифференциальные уравнения, взятия производных, понятия экстремума.

Студент должен уяснить определения дендрита для входных переменных, аксона для выходных переменных, синаптических коэффициентов, активационной функции, методов обучения нейронных сетей.

Студент должен понимать, как выполняется обучение нейронной сети, как работает обученная нейронная сеть, как формируется нейросетевая модель.

Студент должен знать основные классификацию нейронных сетей, основные нейросетевые парадигмы, методы обучения нейронных сетей

Особое внимание следует уделить методу обучения обратное распространение ошибки, построение нейросетевых моделей различных предметных областей

## **2. Подготовка к лабораторным работам**

Для выполнения предлагаются следующие лабораторные работы:

Лабораторная работа 1. Модель дуополии на рынке интеллектуальных продуктов

Лабораторная работа 2. Модель распространения инноваций

Лабораторная работа 3. Моделирования рыночного равновесия на рынке

Лабораторная работа 4. Математическое моделирование вложения инвестиций

Лабораторная работа 5. Нечеткая аппроксимация модели

Лабораторная работа 6. Нейросетевая аппроксимация модели

Цели работ, краткие теоретические сведения, задания на выполнение лабораторной работа, содержание отчета и контрольные вопросы – все это изложено в методических указания к выполнению лабораторных работ.

**Лабораторная работа 1.** Модель дуополии на рынке интеллектуальных продуктов (материал 1 раздела лекций). Постановка задачи по взаимодействию на рынке ИКТ двух операционных систем, из которых

одна платная, другая бесплатная. Нужно определить затраты на использование той или иной операционной системы.

При подготовке к лабораторным занятиям нужно внимательно прочитать методические указания основной внимание обратить на плюсы и минусы использования операционных систем, какая операционная система имеет много приложений, но дороже; для каких операционных систем разработаны средства взлома, и какая пока недоступно для хакеров.

**Лабораторная работа 2.** Модель распространения инноваций. (материал 2 раздела лекций). В этой лабораторной работе необходимо внимательно прочитать о математических процедурах распространения инноваций в виде обыкновенных дифференциальных уравнений Коши, обязательно с учетом начальных условий.

Зная математическую базу, можно перейти к имитационному моделированию в программной среде AnyLogic. В методических указаниях работа с AnyLogic достаточно подробно описана. При возникновении вопросов целесообразно обратиться к сайту [anylogic.com](http://anylogic.com).

**Лабораторная работа 3.** Моделирования рыночного равновесия на рынке.(материал 3 раздела лекций). В этой лабораторной работе нужно вспомнить, что такое рыночное равновесие и внимательно прочитать об условиях на рынке с учетом случайных возмущений. Затем создав уравнения для спроса и предложения и приравняв их, чтобы найти точку равновесия, определить параметры равновесия. Пример программы в MatLab приведен в приложении.

**Лабораторная работа 4.** Математическое моделирование вложения инвестиций. (материал 4 раздела лекций). В этой лабораторной работе нужно вспомнить, что такое инвестиции и какие условия необходимо соблюдать при их вложении. Параметры вложения инвестиций приведены в задании близких к реальным ситуациям. Поскольку процедура вложения и получаемая прибыль образуют сложную систему с неопределенностями, то цель работы заключается в обучении студентов моделировать такие сложные системы посредством нечеткой логики.

**Лабораторная работа 5.** Нечеткая аппроксимация модели (материал 4 раздела лекций). Во многих задачах математического моделирования для неопределенных объектов используются реальные данные, которые нужно представить в форме удобной для построения модели. В этом случае эти данные необходимо аппроксимировать. Такая цель обучения студентов аппроксимации с помощью нечеткой логики представлена в этой лабораторной работе. Приведен пример, позволяющий, использующий пакет MatLab и приложение Fuzzy Logic Toolbox, аппроксимировать заданную функцию.

**Лабораторная работа 6.** Нейросетевая аппроксимация модели. (материал 5 раздела лекций). Также, как в предыдущей работе необходимо аппроксимировать реальные данные для определенной предметной области и сделать удобными для построения модели. В этом случае аппроксимация выполняется нейронной сетью, реализованной в пакете MatLab. Необходимо обратить внимание на выбор числа нейронов и активационной функции. Также нужно

добиться заданной точности обучения для чего построить график зависимости точности обучения от числа эпох.

**Подготовка к практическим работам.** Для выполнения предлагаются следующие темы практических работ.

1. Практическая работа 1. Исследование предметной области моделирования
2. Практическая работа 2. Пакет **SIMULINK** и визуальное моделирование
3. Практическая работа 3. Математические модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)
4. Практическая работа 4. Методология структурного синтеза моделей
5. Практическая работа 5. Пакет AnyLogic для моделирования сложных систем

**Практическая работа 1.** Исследование предметной области моделирования. Темой этого занятия является моделирование заданной предметной области. Нужно внимательно изучить заданный вариант и выделить в нем факты, признаки и правила перехода. Затем мысленно представить данную предметную область в динамике, чтобы не упустить какие-нибудь важные моменты. Посмотреть на примере как будет выглядеть подобная модель, и затем создать свой вариант модели. Процесс построения является итеративным. Поэтому нужно пройти по шагам модели и внести необходимые коррективы.

**Практическая работа 2.** Пакет **SIMULINK** и визуальное моделирование. На этом занятии нужно изучить возможности приложения **SIMULINK** к пакету MatLab и затем применить эти

знания при выполнении лабораторных работ во втором семестре. Этот пакет является мощным средством для аналитического и имитационного моделирования. Непосредственно в пакете имеются демонстрационные примеры, которые необходимо повторить, причем целесообразно составить визуальную модель, а затем это повторить через программирование в MatLab средствами его языка.

**Практическая работа 3.** Математические модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Это практическое занятие посвящено аналитическому моделированию на основе обыкновенных дифференциальных уравнений. Хотя такой подход и ограничен применением для моделей достаточно простых систем, но тем не менее широко используется для моделирования инноваций, учета влияния рекламы, размножения популяций. Изучение ОДУ нужно для того, чтобы понять, на каких математических основаниях выполняются моделирование в SIMULINK, AnyLogic и других пакетах.

**Практическая работа 4.** Методология структурного синтеза моделей. На этом занятии будет изучаться методология структурного синтеза моделей сложных систем. Задачи структурного синтеза относят к задачам проектирования, наиболее сложным с точки зрения возможностей формализации. Сложность формализованного синтеза структур заключается, прежде всего, в наличии большого числа факторов, влияющих на разновидности, свойства и параметры синтезируемых структур, а также в трудностях решения задач оптимизации большой размерности при высокой степени детализации описания. Для реализации знания на практическом занятии необходимо уяснить понятия методологии

синтеза моделей и предметную область. Ознакомится со стандартами концептуального моделирования IDEF0, затем понять предметную область и выделить основные этапы построения структурной модели. Необходимо обратить внимание, что сверху блока должны находиться управляющие воздействия, а снизу ресурсное обеспечение.

**Практическая работа 5.** Пакет AnyLogic для моделирования сложных систем. Основная цель практических занятий изучить возможности пакета AnyLogic и затем применить эти знания при выполнении лабораторных работ во втором семестре. Этот пакет является Российской разработкой и находится в свободном доступе для целей обучения. В методических указаниях достаточно подробно приведена информация о пакете и изложены основные параметры работы с пакетом. Необходимо изучить приведенный материал и выполнить примеры

### **Подготовка реферата**

Подготовка реферата необходима, чтобы закрепить свои знания при изучении тем, отведенных для самостоятельной работы. Письменная работа студента в виде реферата, являющаяся основой для оценки результатов его самостоятельной работы, состоит из ответа на заданную тему и решения теста. Она выполняется студентом самостоятельно по каждой теме, определенной рабочей программой, отдельно и лично им предоставляется преподавателю или на кафедру в указанный преподавателем срок, но не позднее 15 дней до экзамена.

Реферат должен включать следующие обязательные структурные части: титульный лист, содержание (оглавление), основная часть ответов по каждому вопросу, список использованной литературы, приложения.

Возможна краткая оценка современного состояния исследуемой проблемы (введение) по всем или в отдельности по каждому вопросу задания. Введение располагается после содержания.

При непосредственном написании рефератов недопустимо дословное копирование материала из Интернета, а также с использованием сканеров фрагментов текста из учебников, учебных пособий и брошюр, за исключением отдельных научных и практически положений. В этом случае необходимо сделать ссылку на первоисточник.

При подготовке реферата должны соблюдаться такие требования, как логическая последовательность изложения ответа по каждому вопросу, убедительность аргументации, если она присутствует, краткость, конкретность и точность формулировок, исключающих возможность неоднозначного толкования. Объем реферата 10-12 страниц 14 шрифтом.

При наличии затруднений в подборе учебной и нормативной литературы для выполнения задания, в изучении отдельных вопросов по дисциплине «Математическое моделирование» студенты могут получить необходимую консультацию на кафедре АОИ (кабинет 429) в специально определенные для этого дни.

В тексте необходимо применять научные и технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научной и технической литературе. Не допускается применение для одного и того же понятия без соответствующих пояснений, различных научных терминов, близких по смыслу (синонимов) и иностранных слов, сокращений слов, обозначений, кроме установленных правилами русской орфографии или соответствующими государственными стандартами.



Ответы на вопросы реферата по текущей теме должны быть даны в электронном и письменном виде. Электронный вариант высылается преподавателю по электронной почте в течении недели после получения текущей темы, письменный вариант приносится на лекцию или контрольную работу. Отсчет страниц (листов) начинается с титульного. Номера страниц (листов) проставляются с введения, в правом верхнем углу. Нумерация страниц (листов) текста работы и приложений должна быть сквозной.

**Примерный вариант теоретических вопросов для самоподготовки**

1. Понятия «модель», «моделирование». Разработка моделей систем на основе классического и системного подходов (сравнительный анализ).
2. Аналитический и имитационный метод моделирования процессов и систем (краткая характеристика).
3. Основные стадии разработки модели на базе системного подхода: макро- и микропроектирование.
4. Основные характеристики моделей.
5. Классификация видов моделирования по различным признакам.
6. Основные виды обеспечения компьютерного моделирования (краткая характеристика). Возможности компьютерного моделирования. Оценка эффективности компьютерного моделирования.
7. Формальная модель объекта. Закон функционирования системы, способы его задания. Алгоритм функционирования. Статические и динамические модели.
8. Непрерывно-детерминированные модели: краткая характеристика, примеры, возможные приложения.

9. Конечные автоматы: понятие, формальное определение, функционирование. Автоматы Мили и автоматы Мура. Возможные приложения.
10. Способы задания конечных автоматов. Примеры. Синхронные и асинхронные автоматы. Условие однозначности переходов.
11. Вероятностные автоматы: понятие, формальное определение. Р-автоматы Мили и Мура. Y- и Z-детерминированные Р-автоматы. Возможные приложения.
12. Системы массового обслуживания: основные понятия. Виды СМО. Потоки событий. Простейший поток событий, его характеристики.
13. Формализация Q-схемы: базовые предположения, сети массового обслуживания, параметры и алгоритмы функционирования Q-схемы. Формальное определение.
14. Агрегативный подход. Описание агрегата. Моделирование функционирования агрегата. Понятие об агрегативных системах.
15. Построение концептуальной модели системы и ее формализация: основное назначение этапа, основные подэтапы (краткая характеристика).
16. Принципы построения моделирующих алгоритмов. Формы представления моделирующих алгоритмов.
17. Получение и интерпретация результатов компьютерного моделирования системы: особенности, критерии оценки, краткая характеристика основных подэтапов.
18. Статистическое моделирование на ЭВМ: сущность, области применения, результаты. Примеры.

19. Квазиравномерное распределение: определение, числовые характеристики. Формирование случайной величины, квазиравномерно распределенной на  $(0, 1)$ .

20. Основные способы генерации квазиравномерно распределенных случайных чисел. Псевдослучайные числа, примеры алгоритмов их получения. Требования к генератору.

21. Моделирование испытаний (наступление случайного события с заданной вероятностью): процедура и ее обоснование. Обобщение на группу событий: процедура определения исхода испытания по жребию. Ошибка при реализации на ЭВМ.

22. Моделирование совместных испытаний (на примере двух случайных событий с заданными вероятностями): случай независимых и зависимых событий.

23. Формирование возможных значений случайной величины с заданным законом распределения: прямое преобразование (для непрерывных и дискретных случайных величин); использование предельных теорем теории вероятностей.

## **Литература**

### **1. Основная литература**

1. Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов. Учебное пособие. Изд-во Лань, 2013 г. 192 с. Электронный ресурс [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4862](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4862)

### **2. Дополнительная литература**

1. Большаков А.А., Вешнева И.В., Мельников Л.А., Перова Л.Г. Новые методы математического моделирования динамики и управления формированием компетенций в процессе обучения в вузе, 2014, 250с. Электронный ресурс: <https://www.twirpx.com/file/2339047>

### **3. Учебно-методические пособия и программное обеспечение**

1. Замятин Н.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Математическое моделирование».

- Томск : ТУСУР, 2018 - 100 с. Электронный ресурс:  
<https://edu.tusur.ru/publications/7267>.

2. 1. Замятин Н.В. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Математическое моделирование».

- Томск : ТУСУР, 2018 - 100 с. Электронный ресурс:  
<https://edu.tusur.ru/publications/7265>.