

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Математическое моделирование. Часть 2
<b>по направлению:</b>	Системный анализ и управление
<b>профиль подготовки:</b>	Системный анализ и управление в больших системах Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра логистических систем и технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: А.В. Булычев, канд. техн. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры логистических систем и технологий 04.06.2020

## Аннотация

Учебная дисциплина «Математическое моделирование. Часть 2.» посвящена изучению основных подходов к построению и анализу моделей. В рамках дисциплины формируются комплексные знания и рассматриваются базовые теоретико-практические представления о методах интеллектуального анализа данных (извлечения знаний).

Студент, изучающий дисциплину «Математическое моделирование. Часть 2.», должен овладеть современными методами большого количества данных (Big Data) и получить навыки решения практических задач путем использования байесовских методов для идентификации моделей.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- введение в современные методы системного анализа;
- приобретение навыков анализа применимости байесовского подхода (объединения априорной и наблюдаемой информации) и сравнение его эффективности со стандартными классическими процедурами выборочных исследований, математической формализации априорной и наблюдаемой информации.

#### Задачи дисциплины

- освоение студентами подходов, методов и моделей для анализа динамики процессов различной природы;
- приобретение практических навыков применения моделей и методов системного анализа и использования байесовского подхода.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-4 Способен применять методы математического, функционального и системного анализа для задач моделирования, анализа и синтеза автоматического управления техническими объектами	ОПК-4.1 Знает понятия, законы и теории математического, функционального и системного анализа
	ОПК-4.2 Проводит анализ и моделирование при помощи методов математического, функционального и системного анализа при решении прикладных и теоретических задач автоматического управления техническими объектами
ПК-2 Способен проводить моделирование системно-аналитических комплексов и их компонентов	ПК-2.1 Имеет глубокое знание и понимание дисциплин математического моделирования
	ПК-2.2 Владеет навыками работы с современными компьютерными пакетами программ для моделирования и расчётов
ПК-3 Способен к осуществлению теоретического и экспериментального исследования системно-аналитических комплексов и оценки построенных моделей	ПК-3.3 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений, процессов и систем, оценивать качество разработанной модели

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- современные проблемы математического моделирования;
- базовые подходы, методы и модели системного анализа, позволяющие проводить анализ динамики и эффективности функционирования макросистем;
- основные математические методы системного анализа;
- теоретические и практические аспекты подхода для анализа различных моделей и связанных с ними классов систем, идентификации параметров моделей (извлечения знаний), в частности с помощью методологии байесовского оценивания и системноинтегрального моделирования.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и моделирования широкого спектра макросистем;
- делать корректные выводы из сопоставления результатов теоретического и компьютерного моделирования (эксперимента);
- производить численные оценки целевых параметров и сценарных переменных;
- формализовывать процедуру целеполагания для решения конкретных задач;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать оптимальные значения измеряемых величин и оценивать степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов;
- строить современные прикладные алгоритмы для оценки эффективности сложных систем;
- применять дискретные и непрерывные методы и модели для анализа и решения актуальных практических задач, связанных с обработкой большого количества информации, строить и проводить идентификацию стохастических моделей, адекватных конкретной задаче.

владеть:

- прикладным аппаратом системного анализа в области построения композиционных моделей макросистем, идентификации параметров моделей (извлечения знаний) и интегральных характеристик систем с целью структурно-функционального анализа, проектирования и построения сценариев динамики макросистем;
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- методами оценки и идентификации параметров широкого спектра современных экономических моделей; техникой дифференциального и интегрального исчисления применительно к стохастическим (случайным) процессам и прикладными методами теории вероятностей.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа

1	Предмодельный анализ: концепция анализа большой совокупности моделей (метамоделирование) Models Mining	3	1		6
2	Задача выбора параметров при моделировании	3	1		6
3	Прототипирование, макетирование, пилотные проекты в инжиниринге	3	1		8
4	Построение и анализ моделей	4	2		8
5	Вычислительный эксперимент и имитационное моделирование	3	2		6
6	Модели сложных систем. Моделирование цикличности	3	2		6
7	Модели сложных систем. Анализ среды функционирования (АСФ)	3	2		6
8	Модели сложных систем. Матричные динамические модели	3	2		6
9	Модели сложных систем. Использование байесовских методов для идентификации моделей. Модели финансовых процессов	5	2		8
Итого часов		30	15		60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 2 (Весенний)

#### 1. Предмодельный анализ: концепция анализа большой совокупности моделей (метамоделирование) Models Mining

Анализ совокупности моделей. Идентификация параметров моделей. Кластеризация моделей. Композиции моделей.

#### 2. Задача выбора параметров при моделировании

Идентификация параметров в моделях. Зависимость результата моделирования от выбора параметров. Горизонт планирования.

#### 3. Прототипирование, макетирование, пилотные проекты в инжиниринге

Проектирование пилотной модели, сбор информации (библиографии, качественная и количественная информация), отбор и фильтрация данных. Альтернативные модели (по альтернативным гипотезам, альтернативным данным). Входящие, выходящие и управляющие переменные.

#### 4. Построение и анализ моделей

Формализация моделей (подмоделей): временные ряды, список индикаторов и характеристик, фреймы, онтологии, графы.

Однородные и неоднородные статические и динамические модели. Модели с постоянной и переменной структурой. Входная информация, обработка первичной информации.

Формы моделирования: синтез, сборка, настройка модели, идентификация параметров.

Контринтуитивность и асимптотическое поведение. Зависимость адекватности модели от точности в исходных данных.

Адекватность (минимальное расхождение в определенной метрике).

Чувствительность результатов моделирования: а) к гипотезам и моделям, б) к начальным данным, в) к параметрам, г) к изменению условий (транспортные задачи), д) к управляющим переменным, е) к критериям оптимизации.

Трубки траекторий. Сценарные исследования. Оптимизация, уменьшение размерности. Интерпретация и представление результатов.

Данные – факты (фактографические БД).

Информация (метаданные, данные о данных, описания данных).

Связка «Данные – информация – знания» в контексте построения и анализа моделей.

Композиции моделей. Алгебраические композиции моделей построения сценариев динамики макросистем. Базовые алгоритмы и решающие правила. Оценка точности (ошибки обобщения).

Научное направление анализа данных «Data Science». Данные как модель. Методология интеллектуального анализа данных (извлечения знаний) Data Mining и поиска закономерностей в базах данных (Knowledge Discovery in Databases – KDD). Облачные вычисления. Технология формализации знаний IBM pure systems.

Анализ большого количества данных (Big Data). Модели ассоциативно-причинных связей в данных. Топология ассоциативных правил. Задачи и методы агрегирования атрибутов в данных. Экспертные методы. Сингулярное разложение матриц (псевдообратная матрица, переопределенные системы, метод главных компонент, метод робастного оценивания линейно зависимых столбцов). Задача снижения (редукции) размерностей (задача агрегирования атрибутов) с помощью сингулярного разложения.

## 5. Вычислительный эксперимент и имитационное моделирование

Принципы и методология имитационного моделирования. Инструментарий в имитационном моделировании. Параллельные процессы (concurrent), распределенные вычисления и ГРИД – технологии.

## 6. Модели сложных систем. Моделирование цикличности

Моделирование цикличности сложных процессов с помощью системы дифференциальных уравнений исходя из концепции взаимодействия тренда и циклов. Цикличность некоторого класса сложных систем; макроэкономическая динамика ВВП исходя из обобщённого уравнения Солоу, учитывающего институциональные факторы (в т.ч. человеческий капитал), циклы Кондратьева, Жюгляра.

## 7. Модели сложных систем. Анализ среды функционирования (АСФ)

Технология многомерной оценки эффективности сложных систем - анализ среды функционирования. Построение границы множества производственных возможностей (эмпирической производственной функции).

## 8. Модели сложных систем. Матричные динамические модели

Матричные динамические модели при анализе сложных систем, в частности моделировании межотраслевого баланса.

## 9. Модели сложных систем. Использование байесовских методов для идентификации моделей. Модели финансовых процессов

Основы байесовского дискретного и непрерывного оценивания. Метод максимального правдоподобия. Теорема Байеса. Априорные и апостериорные распределения параметров: непрерывный и дискретный случаи. Апостериорные точечные и интервальные оценки. Байесовская проверка гипотез. Пример анализа семантических конструкций. Функция потерь. Критерий применимости М.Н.К. Бутстрэп выборка. Вклад наблюдаемых значений переменных в апостериорную вероятность. Задача классификации распределений.

Байесовские линейные регрессионные модели. Одномерный и многомерный случаи.

Численные методы на основе теоремы Байеса. Алгоритмы апостериорного моделирования методом Монте-Карло с помощью цепей Маркова (MCMC, Markov Chain Monte Carlo methods). Алгоритмы Метрополиса – Хастинга (The Metropolis-Hastings (M-H) algorithm). Методы аппроксимации. Логистическая регрессия.

Применение байесовских методов при формировании инвестиционного портфеля. Схождение оценок (Shrinkage estimators).

Априорная информация в модели оценки стоимости финансовых активов (CAPM, Capital Asset Pricing Model).

Модель формирования портфеля Блека – Литтермана (Black-Litterman Portfolio Selection model). Комбинирование рыночного равновесия (объективной информации) и предпочтений инвестора (субъективной информации). Выбор параметров и оптимальное распределение средств внутри портфеля. Активное управление портфелем. Ковариационная матрица.

Эффективность рынка и предсказуемость доходности. Сочетание рыночного равновесия и точки зрения инвестора. Неэффективность рынка в модели CAPM. Проверка теории арбитражного ценообразования. Предсказуемость доходности и горизонт прогноза.

Модели волатильности. GARCH модели стохастической волатильности, прогнозирование стоимости под рисками (VAR, ValueAtRisk), ARCH модели стохастической волатильности.

Байесовские оценки моделей стохастической волатильности. Оценка простейшей модели GARCH (1,1). Марковская GARCH модель с переключением режимов (Markov Regime – Switching GARCH model).

Оптимизированные техники формирования портфеля. Распределения доходностей, отличающиеся от нормального, формирование портфеля на основе этих распределений. Максимизация полезности с использованием высших моментов. Расширение подхода Блека – Литтермана. Копулы.

Многомерная модель фондового риска. Генерирование сценариев доходности. Байесовские методы в многофакторных моделях.

Модель Блэка – Марковица распределения активов (разложение по базисным векторам и критерию минимизации дисперсии) и метод использования базиса в случае плохообусловленных матриц ковариации. Рассматриваются базисы  $\{e, m\}$ ,  $\{C e, m\}$ ,  $\{C e, e, m\}$ , где  $e$  – вектор столбец из единиц,  $m$  – вектор математических ожиданий активов,  $C$  – матрица ковариации и произвольный ряд инвестиционных активов с плохо обусловленной матрицей ковариации.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

1. Математическое моделирование [Текст], Проблемы и результаты/редкол.: И. М. Макаров (председатель) [и др.] , -М., Наука, 2003

1. Анфилов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении. М.: Финансы и статистика, 2006.- 386 с.
2. Афанасьев М.Ю. Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения / М.Ю. Афанасьев, Б.П. Суворов. – М.: Инфра-М, 2003.
3. Бром А.Е. Динамическая модель потоковых процессов промышленного предприятия // Экономика и управление в машиностроении. – 2009, №1. С 3-11.
4. Буравлев А.И., Горчица Г.И., Саламатов В.Ю., Степановская И.А. Стратегическое управление промышленными предприятиями и корпорациями: методология и инструментальные средства. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2008. – 176 с.
5. Геловани В.А., Бритков В.Б., Дубовский С.В. СССР и Россия в глобальной системе: «1985-2030» (Результаты глобального моделирования). Москва, Книжный дом «Либроком», 2012. - 320 с. (Будущая Россия).
6. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М.: Айрис пресс, 2002. – 576 с.
7. Косоруков О.А. Исследование операций / О.А. Косоруков, А.В. Мищенко. – М.: ЭКЗАМЕН, 2003.
8. Майер-Шенбергер В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим / Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукер; пер. с англ. Инны Гайдюк. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 240 с.
9. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятий. М.: Прогресс. – 1971.- 340 с.
10. Чеботарев В.Г., Громов А.И. Эволюция подходов к управлению бизнес-процессами // Бизнес-информатика. – 2010, № 1. – С. 14-21.
11. Ширяев В.И., Ширяев Е.В. Управление бизнес-процессами. М.: Финансы и статистика, ИНФРА-М, 2009.- 464 с.
12. Солодовников А.С., Бабайцев В.А., Браилов А.В., Шандра И.Г. Ма-тематика в экономике. Учебник в 3 ч. Ч.3. Теория вероятностей и ма-тематическая статистика. М.: Финансы и статистика, 2008.
13. Джон К. Халл. Опционы, фьючерсы и другие производные финансо-вые инструменты. 8 издание М.: Вильямс, 2013, 1072 стр.
14. И. Гилбоа. Вероятность и неопределенность в экономическом моде-лировании / Гилбоа И., Постлуэйт Э., Шмайдлер Д. // Вопросы эконо-мики .— 2009 .— № 10.-С.46-61.
15. М.Н. Козин. Интегральная модель выбора поставщика государ-ственного оборонного заказа с учетом фактора риска // Финансы и кредит. — 2006 .— № 29 .— С.75-81.

Дополнительная литература

1. Арутюнов А. В., Магарил-Ильяев Г. Г., Тихомиров В. М. Принцип максимума Понтрягина. Доказательство и приложения. – М.: Факториал Пресс. 2006.
2. Гаврилова Т.А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник. — СПб.: Питер, 2000.
3. Геловани В.А., Бритков В.Б, Дубовский С.В. Россия в мировой системе (1990-2022). Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики/ отв. ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий.-М.:Издательство ЛКИ, 2010.- с. 172-188.
4. Грабауров В. А. “Информационные технологии для менеджеров: Учебник”. М.: Изд-во «Финансы и статистика», 2001.
5. Печерский С.Л., Беляева А.А. Теория игр для экономистов. Вводный курс. Учебное пособие. – СПб.: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2001. – 344 с.
6. Понтрягин Л.С. Принцип максимума в оптимальном управлении. – М.: Едиториал УРСС. 2004.
7. Distributed Computing and Its Applications. // monograph / S.V. Emelyanov, A.P. Afanasiev, Y.R. Grinberg, V.E. Krivtsov, B.V. Peltzverger, O.V. Sukhoroslov, R.G. Taylor, V.V. Voloshinov - Felicity Press, Bristol, USA, 2005. – 298 p.
8. S.T. Rachev, J.S.J. Hsu, B.S. Bagasheva, F.J. Fabozzi. Bayesian Methods in Finance. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008, 352c.
9. A. Gelman, J.B. Carlin, H.S. Stern, D.B. Rubin. Bayesian data analyses. Washington: Chapman & Hall/CRC, 2004, 695c.
10. J.M. Bernardo, A.F.M. Smith. Bayesian theory. Chichester, England: John Wiley & Sons, 2000,
11. L.D. Broemeling. Bayesian Methods for Measures of Agreement. Taylor & Francis Group, LLC, 2009, 335c.
12. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. —М.: ЮНИТИ, 2003, 2004, 2007.
13. Браилов А.В. Лекции по математической статистике. — М.: Финан-совая академия, 2007.
14. Ивченко Г.И. Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику: Учебник. «Экономика». — М.: Издательство ЛКИ, 2010.
15. А.Н. Буренин. Рынок ценных бумаг и производных финансовых инструментов. М.: НТО им. академика С.И. Вавилова, 2-е изд., 2002.
16. А.Н. Буренин. Задачи с решениями по рынку ценных бумаг. срочному рынку и риск - менеджменту. М.: НТО им. академика С.И. Вавилова, 2-е изд., 2008.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
2. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
3. Альперович М. Технологии хранения и обработки корпоративных данных (Data Warehousing, OLAP, Data Mining). - <http://www.sft.ru/reviews/DevCon97/DC2/DC2T12.htm>.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office; Word, Excel, PowerPoint, Windows Media Player, Mathcad,

В образовательном процессе могут использоваться при необходимости дистанционные занятия и вебинары с использованием коммуникационного программного обеспечения Zoom, сервиса видеотелефонной связи Google Meet, веб-сервиса Google Класс.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса «Математическое моделирование» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.



Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение ставить и решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Системный анализ и управление
<b>профиль подготовки:</b>	Системный анализ и управление в больших системах Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра логистических систем и технологий
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** А.В. Булычев, канд. техн. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-4 Способен применять методы математического, функционального и системного анализа для задач моделирования, анализа и синтеза автоматического управления техническими объектами	ОПК-4.1 Знает понятия, законы и теории математического, функционального и системного анализа
	ОПК-4.2 Проводит анализ и моделирование при помощи методов математического, функционального и системного анализа при решении прикладных и теоретических задач автоматического управления техническими объектами
ПК-2 Способен проводить моделирование системно-аналитических комплексов и их компонентов	ПК-2.1 Имеет глубокое знание и понимание дисциплин математического моделирования
	ПК-2.2 Владеет навыками работы с современными компьютерными пакетами программ для моделирования и расчётов
ПК-3 Способен к осуществлению теоретического и экспериментального исследования системно-аналитических комплексов и оценки построенных моделей	ПК-3.3 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений, процессов и систем, оценивать качество разработанной модели

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование. Часть 2» обучающийся должен:

### знать:

- современные проблемы математического моделирования;
- базовые подходы, методы и модели системного анализа, позволяющие проводить анализ динамики и эффективности функционирования макросистем;
- основные математические методы системного анализа;
- теоретические и практические аспекты подхода для анализа различных моделей и связанных с ними классов систем, идентификации параметров моделей (извлечения знаний), в частности с помощью методологии байесовского оценивания и системноинтегрального моделирования.

### уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и моделирования широкого спектра макросистем;
- делать корректные выводы из сопоставления результатов теоретического и компьютерного моделирования (эксперимента);
- производить численные оценки целевых параметров и сценарных переменных;
- формализовывать процедуру целеполагания для решения конкретных задач;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать оптимальные значения измеряемых величин и оценивать степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов;
- строить современные прикладные алгоритмы для оценки эффективности сложных систем;
- применять дискретные и непрерывные методы и модели для анализа и решения актуальных практических задач, связанных с обработкой большого количества информации, строить и проводить идентификацию стохастических моделей, адекватных конкретной задаче.

**владеть:**

- прикладным аппаратом системного анализа в области построения композиционных моделей макросистем, идентификации параметров моделей (извлечения знаний) и интегральных характеристик систем с целью структурно-функционального анализа, проектирования и построения сценариев динамики макросистем;
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- методами оценки и идентификации параметров широкого спектра современных экономических моделей; техникой дифференциального и интегрального исчисления применительно к стохастическим (случайным) процессам и прикладными методами теории вероятностей.

**3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Текущий контроль проводится в период аудиторной и самостоятельной работы студентов в установленные сроки по расписанию.

- оценка ответов на вопросы в процессе краткого (до 5 мин) выборочного устного опроса перед началом каждого практического занятия по материалам предыдущего занятия;
- оценка умения решать типовые примеры и/или задачи, рассматриваемые на практических занятиях;
- оценка активности и ответов на вопросы в соответствии с программой практических занятий;
- подготовка реферата и защита по предложенным преподавателем темам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

#### ***Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы и подготовки к текущему контролю:***

1. Анализ совокупности моделей.
2. Идентификация параметров моделей
3. Зависимость результата моделирования от выбора параметров.
4. Горизонт планирования
5. Входящие, выходящие и управляющие переменные
6. Модели с постоянной и переменной структурой.
7. Входная информация, обработка первичной информации.
8. Сценарные исследования.
9. Оптимизация, уменьшение размерности.
10. Интерпретация и представление результатов.
11. Сингулярное разложение матриц.
12. Псевдообратная матрица.
13. Переопределенные системы.
14. Метод главных компонент.
15. Метод робастного оценивания линейно зависимых столбцов.

#### ***Примерные темы рефератов:***

1. Характерные особенности сложных систем.
2. Байесовский метод.
3. Апостериорная оценка вероятностей: непрерывный и дискретный случаи.
4. Идентификация параметров (коэффициентов) на примере модели.
5. Алгоритмы интеллектуального анализа данных (извлечения знаний) Data Mining.
6. Концепция анализа большой совокупности моделей (Models Mining, метамоделирование).
7. Моделирование макроэкономической динамики с помощью системы обыкновенных дифференциальных уравнений исходя из концепции взаимодействия тренда и циклов.
8. Оценка совокупной эффективности экономики исходя из концепции взаимодействия тренда и циклов.

Обучающийся должен проявить всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоить основную литературу и быть знакомым с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоить взаимосвязь основных понятий

дисциплины, решать предложенные преподавателем задачи.

**Критерии оценивания по устному опросу**

Оценка	Критерии оценки
9-10 баллов	Выставляется, если обучающийся раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой, изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно используя терминологию данного предмета как учебной дисциплины; отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя; успешно ответил на тестовые задания, правильно и обоснованно решил ситуационные задачи, продемонстрировал умение заполнять медицинскую документацию (отчетные и учётные формы). Возможны одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов или в выкладках, которые обучающийся легко исправил по замечанию преподавателя.
7-8 баллов	Выставляется, если ответ обучающегося удовлетворяет в основном требованиям на отметку «отлично», но при этом имеет место один из недостатков: допущены одна - две неточности при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя; допущены ошибка или более двух неточностей при освещении второстепенных вопросов или в выкладках, легко исправленные по замечанию преподавателя.
4-6 баллов	Выставляется в следующих случаях: неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, имеются ошибки при ответах на тесты, неточности в решении ситуационных задач, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала, определенного учебной программой дисциплины.
1-3 балла	Выставляется в случаях, если не раскрыто основное содержание учебного материала; обнаружено незнание или неполное понимание обучающимся большей или наиболее важной части учебного материала; допущены грубые ошибки при ответах на вопросы собеседования, неправильно решены ситуационные задачи, допущены ошибки в ответах на тесты, не продемонстрировано умение заполнения медицинской документации; допущены ошибки в определении понятий при использовании специальной терминологии в рисунках, схемах, выкладках, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя.

Реферат – форма изложения и интерпретации идей, содержащихся в нескольких источниках (рекомендуется использовать не менее 10), которая требует умения сопоставлять и анализировать различные точки зрения. Реферат, в отличие от конспекта, является новым, авторским текстом, что подразумевает новое изложение, систематизацию материала, особую авторскую позицию при сопоставлении различных точек зрения. Реферирование предполагает изложение какого-либо вопроса на основе классификации, обобщения, анализа и синтеза информации, полученной из нескольких литературных или интернет источников.

Минимальный объем реферата 15 страниц, обязательно наличие заключения и выводов.

**Реферат оценивается по следующим критериям:**

Критерии	Показатели
Авторская позиция	<ul style="list-style-type: none"> <li>- актуальность проблемы и темы;</li> <li>- новизна и самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы;</li> <li>- наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.</li> </ul>
Степень раскрытия сущности проблемы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие плана теме реферата;</li> <li>- соответствие содержания теме и плану реферата;</li> <li>- полнота и глубина раскрытия основных понятий проблемы;</li> <li>- обоснованность способов и методов работы с материалом;</li> <li>- умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал;</li> <li>- наличие заключения и выводов;</li> <li>- умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы.</li> </ul>
Обоснованность выбора источников	<ul style="list-style-type: none"> <li>- круг, полнота использования литературных источников по проблеме;</li> <li>- привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).</li> </ul>
Соблюдение требований к оформлению	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильное оформление ссылок на используемую литературу;</li> <li>- грамотность и культура изложения;</li> <li>- владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы;</li> <li>- соблюдение требований к объему реферата;</li> <li>- культура оформления: выделение абзацев.</li> </ul>
Грамотность	<ul style="list-style-type: none"> <li>- отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей;</li> <li>- отсутствие опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых;</li> <li>- литературный стиль.</li> </ul>

**Критерии оценивания рефератов**

Оценка	Критерии оценки
9-10 баллов	выставляется, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.
7-8 баллов	выставляется, если основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты; в частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.
4-6 баллов	выставляется, если имеются существенные отступления от требований к реферированию; в частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата

	или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.
1-3 балла	выставляется, если тема реферата не раскрыта, выявлено существенное непонимание проблемы или же реферат не представлен вовсе.

**Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся по итогам обучения**

Итоговая аттестация по дисциплине «Математическое моделирование. Часть 2.» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме.

Примерный перечень вопросов и тем к экзамену:

1. Вычислительный эксперимент и имитационное моделирование
2. Принципы и методология имитационного моделирования.
3. Инструментарий в имитационном моделировании.
4. Параллельные процессы (concurrent), распределенные вычисления и ГРИД – технологии.
5. Моделирование цикличности сложных процессов с помощью системы дифференциальных уравнений исходя из концепции взаимодействия тренда и циклов.
6. Цикличность некоторого класса сложных систем;
7. макроэкономическая динамика ВВП исходя из обобщённого уравнения Солоу, учитывающего институциональные факторы (в т.ч. человеческий капитал),
8. циклы Кондратьева, Жюгляра.
9. Технология многомерной оценки эффективности сложных систем - анализ среды функционирования.
10. Построение границы множества производственных возможностей (эмпирической производственной функции).
11. Матричные динамические модели при анализе сложных систем, в частности моделировании межотраслевого баланса.
12. Основы байесовского дискретного и непрерывного оценивания.
13. Метод максимального правдоподобия.
14. Теорема Байеса. Априорные и апостериорные распределения параметров: непрерывный и дискретный случаи. Апостериорные точечные и интервальные оценки. Байесовская проверка гипотез.
15. Байесовские линейные регрессионные модели. Одномерный и многомерный случаи.
16. Численные методы на основе теоремы Байеса.
17. Алгоритмы апостериорного моделирования методом Монте-Карло с помощью цепей Маркова (MCMC, Markov Chain Monte Carlo methods).
18. Алгоритмы Метрополиса – Хастинга (The Metropolis-Hastings (M-H) algorithm). Методы аппроксимации.
19. Логистическая регрессия.
20. Применение байесовских методов при формировании инвестиционного портфеля. Сжатие оценок (Shrinkage estimators).
21. Априорная информация в модели оценки стоимости финансовых активов (CAPM, Capital Asset Pricing Model).
22. Анализ большого количества данных (Big Data).
23. Модели ассоциативно-причинных связей в данных.
24. Топология ассоциативных правил.
25. Задачи и методы агрегирования атрибутов в данных.



Пример экзаменационных билетов:

**Экзаменационный билет № 1**

1. Этапы моделирования.
2. Топология ассоциативных правил.

**Экзаменационный билет № 2**

1. Логистическая регрессия.
2. Экспертные методы.

**Критерии оценивания**

Оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

Оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

Оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений;

Оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений,**

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не превышает 20 минут.

При подготовке к опросу по билету обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, а также справочной литературой, вычислительной техникой и другими источниками информации.

Во время проведения опроса по билету обучающиеся могут пользоваться только подготовленными материалами.

Текущий контроль осуществляется в виде проведения устного опроса.

**Итоговый контроль проводится в форме экзамена** – ответы на вопросы по билетам на темы дисциплины.