

**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 1
<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: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

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

Программа обсуждена на заседании кафедры логистических систем и технологий 04.06.2020

## Аннотация

Настоящая учебная дисциплина является дисциплиной в учебной программе подготовки магистратуры направления «Системный анализ и управление». Курс является общетехническим и основой для рассмотрения вопросов построения и обеспечения функционирования систем поддержки принятия решений в технических, экономических и социальных системах. Дисциплина относится к вариативной части образовательной программы.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- введение в методологию системного анализа;
- освоение современных подходов и методов для анализа эффективности макросистем;
- освоение механизмов целеполагания, выбора данных и построения алгоритмов извлечения знаний из данных, описывающих системы различной природы (производственно-экономические, демографические, природно-экологические, информационные и др.);
- освоение методов порождения гипотез о моделях динамики макросистем;
- формирование комплексных знаний и развитие базовых теоретико-практических представлений о методах идентификации параметров процессов и моделей, в т.ч. описывающих управление и динамику структур систем;
- 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;
- формирование практических навыков применения изученных методов и схем рассуждений при принятии решений множественного выбора.

#### Задачи дисциплины

- освоение студентами подходов, методов и моделей для анализа динамики процессов различной природы;
- приобретение практических навыков применения моделей и методов системного анализа в условиях многомерности данных для идентификации параметров непрерывных и дискретных моделей и извлечения знаний;
- приобретение умения интерпретировать полученные результаты для построения сценариев, прогнозов, принятия решений с целью оптимизации деятельности и объяснения природы возникающих в макросистемах эффектов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-5 Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач автоматического управления сложными управляемыми объектами	ОПК-5.1 Анализирует и определяет оптимальные методы для решения задач автоматического управления
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	Методология системного анализа	4	4		2
2	Концепция состояний сложных систем	3	3		2
3	Собственные методы системного анализа и математические методы, используемые в системном анализе	4	4		3
4	Системное моделирование	1	1		4
5	Предмодельный анализ: целеполагание	3	3		4

Итого часов	15	15		15
Подготовка к экзамену	0 час.			
Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Методология системного анализа

Историческая справка, посвященная становлению научной дисциплины – системный анализ. Основные понятия системного анализа. Характерные особенности сложных систем: уникальность, слабая структурированность теоретических и фактических знаний о системе, составной характер (многоагентность), разнородность подсистем и элементов, случайность и неопределенность факторов, действующих в системе, многокритериальность оценок процессов (игры с непротивоположными интересами), большая размерность, контринтуитивность и немонотонность в динамике, субъективность в описании сложных систем. Границы принципа редукционизма.

##### 2. Концепция состояний сложных систем

Интегральные характеристики. Квазипостоянство интегральных характеристик. Анализ времени смены состояний как момент времени изменения интегральных характеристик систем. Системы с различными параметрами и представлениями. Системы, структуры которых на определенном промежутке времени не претерпевает кардинальных (хаотических) изменений (рынок акций в период плавного развития) с представлением ее отдельными составляющими (подсистемами, связями). Онтология в описании структуры и функций системы, сценарии ее динамики на основе набора моделей (в качестве переменных выбираются инвестиции, численность населения и т.д.).

##### 3. Собственные методы системного анализа и математические методы, используемые в системном анализе

Традиционные методы системного анализа сложных систем: матричные, системнодинамические, диффузные, стохастические модели.

Максимизация, экстремальные задачи, многоэкстремальные задачи. Методы поиска локальных и глобальных экстремумов функций.

Линейное программирование - постановка задачи. Алгоритм симплекс-метода. Концепция метода эллипсоидов. Алгоритм внутренней точки. Линеаризация задач математического программирования.

Другие методы системного анализа:

- 1) математическое и нелинейное программирование;
- 2) стохастическое программирование;
- 3) метод операторных уравнений для моделирования стохастических процессов на примере уравнений математической физики;
- 4) целочисленное программирование;
- 5) градиентные методы, овраги, методы ньютона;
- 6) штрафные функции, случайный поиск;
- 7) оптимизация, оптимальное управление;
- 8) статические и динамические задачи оптимизации;
- 9) постановки задач оптимального управления. критерии оптимальности;
- 10) принцип максимума понтрягина;
- 11) динамическое программирование;
- 12) кластерный анализ;
- 13) минимум, многокритериальная оптимизация;

- 14) исследование операций;
- 15) принятие решений и процессы принятия решений, системы поддержки принятия решений (dss), сравнение и выбор критериев. сравнение альтернатив;
- 16) математическая теория планирования эксперимента;
- 17) задача сетевого планирования и анализа графоаналитических конструкций.

#### 4. Системное моделирование

Основные задачи, методы. Компоненты системного моделирования: математическое моделирование, компьютерное моделирование, информационное моделирование, моделирование процесса принятия решений, имитационное моделирование, оптимизационные модели, вероятностное (стохастическое) моделирование. Системноинтегральное моделирование. Принципы. Класс моделей. Процесс идентификации в системноинтегральном моделировании.

#### 5. Предмодельный анализ: целеполагание

Этапы моделирования: постановка целей, построение информационной структурно-функциональной среды, построение логической среды СУБД, верификация.

Цели и задачи в зависимости от целевого назначения модели: универсальная модель, проблемно-ориентированная модель, глобальная и локальная модель. Точность, временной горизонт, объекты, функциональные связи, вид описания (дифференциальные уравнения, конечно-разностные уравнения).

### 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. Методы оптимизации [Текст]. Ч. 2 : Численные алгоритмы : учеб. пособие для вузов / Жадан, В. Г. ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2015 .— 320 с.
2. Исследование операций [Текст] / А. А. Васин, П. С. Краснощеков, В. В. Морозов - М.Академия,2008

1. Р. Б. Шаймарданов. Моделирование и автоматизация проектирования структур баз данных / Под ред. К.А. Пупкова. – М.: Радио и связь, 1984. – 120 с., ил.
2. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении. М.: Финансы и статистика, 2006.- 386 с.
3. Аоки М. Введение в методы оптимизации. Основы и приложения нелинейного программирования, М.: Наука, 1977. - 344 с.
4. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. М.: Высшая школа, 1998. – 574 с.
5. Афанасьев М.Ю. Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения / М.Ю. Афанасьев, Б.П. Суворов. – М.: Инфра-М, 2003.
6. Бром А.Е. Динамическая модель потоковых процессов промышленного предприятия // Экономика и управление в машиностроении. – 2009, №1. С 3-11.
7. 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.
8. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1988. - 552 с.
9. 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).
10. Зайченко Ю.П. Исследование операций. К.: Выща школа. 1988. - 552 с.
11. Зельнер А. Байесовские методы в эконометрии / Пер. с англ. Г. Г. Пирогова и Ю. П. Федоровского; С предисл. Переводчиков. – М.: Статистика», 1980. – 438 с., ил.
12. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М.: Айрис пресс, 2002. – 576 с.
13. Карманов В.Г. Моделирование в исследовании операций / В.Г.Карманов, В.В.Федоров. – М. : Твема, 1996.
14. Косоруков О.А. Исследование операций / О.А. Косоруков, А.В. Мищенко. – М.: ЭКЗАМЕН, 2003.
15. Кротов В.Ф. и др. Основы теории оптимального управления. М.: Высшая школа, 1990. – 430 с.
16. Кротов В.Ф., Гурман В.И. Методы и задачи оптимального управления. М.: Наука, 1973.-448 с.
17. Лагоша Б.А. Оптимальное управление в экономике. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 192 с.
18. 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.
19. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981, 487 с.
20. Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту. - М.: КРАСАНД, 2009. - 272 с.
21. Охорзин В.А. Оптимизация экономических систем. - М.: Финансы и статистика, 2005. – 143 с.
22. Пантелеев А.В., Бортакровский А.С., Летова Т.А.Оптимальное управление в примерах и задачах. М.:Изд-во МАИ, 1996. – 212 с.
23. Понтрягин Л.С. и др. Математическая теория оптимальных процессов. 1969. 384 с.
24. Попков Ю.С. Математическая демоэкономика: Макросистемный подход. - М.:ЛЕНАНД, 2013. – 560 с.
25. Системный анализ и принятие решений. М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.
26. Токарев В.В. Методы оптимальных решений. В 2 т. Т.2 – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.- 420 с.
27. Трояновский В.М. Математическое моделирование в менеджменте. – М.: Изд. РДЛ, 2000.
28. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятий. М.: Прогресс. – 1971.- 340 с.
29. Чеботарев В.Г., Громов А.И. Эволюция подходов к управлению бизнес-процессами // Бизнес-информатика. – 2010, № 1. – С. 14-21.
30. Ширяев В.И., Баев И.А., Ширяев Е.В. Экономико-математическое моделирование управление фирмой. М.: КомКнига, 2007. – 224 с.
31. Ширяев В.И., Ширяев Е.В. Управление бизнес-процессами. М.: Финансы и статистика, ИНФРА-М, 2009.- 464 с.
32. Шорилов А.Ф., Виноградова Е.Ю. Динамическая оптимизация комплексного управления технологическими процессами на предприятии // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2007, № 18. – С.254-266
33. 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.
34. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М.: 1988. – 448 с.

## Дополнительная литература

1. Аверьянов А.Н. «Системное познание мира» – М.: Политиздат, 1985.
2. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. - М.: Наука. 1979.
3. Альперович М. Технологии хранения и обработки корпоративных данных (Data Warehousing, OLAP, Data Mining). - <http://www.sft.ru/reviews/DevCon97/DC2/DC2T12.htm>.
4. Арутюнов А. В., Магарил-Ильяев Г. Г., Тихомиров В. М. Принцип максимума Понтрягина. Доказательство и приложения. – М.: Факториал Пресс. 2006.
5. Васильев Ф.П. Лекции по методам решения экстремальных задач. Москва: Изд-во Московского университета, 1974. -374 с.
6. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. – М.: Советское радио, 1964.
7. Винер Н. «Кибернетика» – М: Наука, 1983
8. Гаврилова Т.А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник. — СПб.: Питер, 2000.
9. 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.
10. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. 1971. 384 с.
11. Грабауров В. А. “Информационные технологии для менеджеров: Учебник”. М.: Изд-во «Финансы и статистика», 2001.
12. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Введение в минимакс. 1972. 386 с.
13. Денисов А.А., Колесников Д.М. «Теория больших систем управления» – Л: Энергоиздат, 1982.
14. Евтушенко Ю.Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. 1982. 432 с.
15. Емельянов С.В., Ларичев О.И. “Многокритериальные методы принятия решений”.- М.: Знание, 1985
16. Емельянов С.В., Напельбаум Э.Л. «Системы, целенаправленность, рефлексия» – М: Наука, Ежегодник. Системные исследования. 1981, С 7-38.
17. Ермаков С.М., Федоров В.В. и др. Математическая теория планирования эксперимента. Справочная математическая библиотека. М.: Наука.1983, 392 с.
18. Канторович В.Л. Математические методы организации и планирования производства.- Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1939.
19. Канторович Л.В., Плиско В.Е. «Системный подход в методологии математики» – М: Ежегодник. Системные исследования, 1983, С 27-41.
20. Карманов В.Г. Математическое программирование.-Москва: Изд-во "Наука", 1975. -272 с.
21. Киселев М., Соломатин Е. Средства добычи знаний в бизнесе и финансах // Открытые системы. - 1997. - № 4. - С. 41-44.
22. Клир Дж. «Наука о системах: новое измерение науки» – М: Наука. Ежегодник. Системные исследования, 1983, С 61-85.
23. Кречетов Н., Иванов П. Продукты для интеллектуального анализа данных // ComputerWeek-Москва. - 1997. - № 14-15. - С. 32-39.
24. Ларичев О.И. “Наука и искусство принятия решений”. – М.: Наука, 1979.
25. Моисеев Н.Н. Люди и кибернетика. Молодая гвардия. 1984. 224 с.
26. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент. Наука. 1979. 224 с.
27. Моисеев Н.Н. Численные методы в теории оптимальных систем. 1971. 424 с.
28. Моисеев Н.Н., Иванилов Ю.Н., Столярова Е.М. Методы оптимизации. 1978. 352 с.
29. Мороз А.И. «Курс теории систем» – М: ВШ, 1987.
30. Новик И.Б. «Нильс Бор и вопросы системного мышления» – М: Ежегодник. Системные исследования, 1991, С 91-108.
31. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.Л. «Введение в системный анализ» – М:ВШ, 1989.
32. Печерский С.Л., Беляева А.А. Теория игр для экономистов. Вводный курс. Учебное пособие. – СПб.: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2001. – 344 с.
33. Поваров Г.Н. «Введение к книге Н.Винера “Кибернетика”» - М: Наука, 1989.
34. Поваров Г.Н. «Введение к книге Холла “Опыт методологии для системотехники”» - М: Советское радио, 1975.
35. Понтрягин Л.С. Принцип максимума в оптимальном управлении. – М.: Едиториал УРСС. 2004.
36. Рапорт А. «Различные подходы к построению общей теории систем: элементаристский и организмический» – М: Ежегодник. Системные исследования, 1983, С 42-60.
37. Решение проблемы комплексного оперативного анализа информации хранилищ данных / Коровкин С. Д., Левенец И. А., Ратманова И. Д., Старых В. А., Щавелев Л. В. // СУБД. - 1997. - № 5-6. - С. 47-51.
38. Садовский В.Н. «Проблемы философского обоснования системных исследований» – М: Наука, Ежегодник. Системные исследования, 1984, С 32-51.

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

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

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

В процессе практических занятий используются системы компьютерной алгебры и программные пакеты Matlab.

Примеры расчетов типовых задач также приводятся в среде Matlab.

## **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>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

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

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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-5 Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач автоматического управления сложными управляемыми объектами	ОПК-5.1 Анализирует и определяет оптимальные методы для решения задач автоматического управления
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 1» 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 контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Текущий контроль осуществляется в виде выполнения контрольных работ по отдельным разделам и написания реферата. Для прохождения контроля студент должен, как минимум, продемонстрировать знания основных определений, теорем и алгоритмов; умение решать стандартные задачи, разобранные на семинарских занятиях.

Текущий контроль включает 1 письменную контрольную работу, состоящую из нескольких вопросов и задач по пройденному материалу, а также домашнее задание на применение представления полученных знаний.

Итоговая аттестация по дисциплине «Математическое моделирование. Часть 1» осуществляется в форме дифференцированного зачёта в устной форме.

#### Примеры заданий в контрольной работе:

##### Задача №1

$N$  точек бросаются произвольным образом в круг (равномерное распределение). Нарисовать топологию вероятностного пространства и найти вероятность того, что все точки окажутся в одном полукруге (полукруг не фиксирован).

##### Задача №2

Найти  $\sum_{k=0}^n (-1)^k C_n^k C_{3n-k-1}^{2n}$ .

##### Задача №3

В модели линейной регрессии  $y_i = \alpha x_i + \beta + u_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  найти  $p(y_{n+1}^2 | \bar{y})$ .

##### Задача №4

В модели линейной регрессии  $y_i = \alpha x_i + \beta + u_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  в предположении неизвестности дисперсии и математического ожидания ( $\sigma^2$  и  $\mu$ ) остатков  $u_i$  найти апостериорное распределение  $\mu$  по результатам наблюдений  $\bar{y} = (y_1, \dots, y_n)$  (вектор независимых наблюдений  $\bar{x} = (x_1, \dots, x_n)$  фиксирован).

##### Задача №5

Описать этапы моделирования макросистем.

##### Задача №6

Сформулируйте концепцию прототипирования (пилотных проектов).

##### Задача №7

Какими с вашей точки зрения методами осуществляется целеполагание.

#### Примеры тем рефератов:

- обзор методов системного анализа;
- исследование эффективности функционирования банковского сектора России с помощью технологии «Анализ среды функционирования» (АСФ);
- анализ сценариев макроэкономической динамики с помощью байесовской идентификации параметров моделей.
- и др.

#### Вопросы для оценки качества освоения дисциплины:

1. Основные понятия системного анализа. Характерные особенности сложных систем. Прогнозирование времени смены состояний у сложных систем как момент времени изменения интегральных характеристик. Границы принципа редукционизма.
2. Основные задачи, методы системного моделирования. Компоненты системного моделирования.

3. Системноинтегральное моделирование. Принципы. Класс моделей. Процесс идентификации в системноинтегральном моделировании.
4. Предмодельный анализ.
5. Этапы моделирования.
6. Проектирование модели.
7. Входящие, выходящие и управляющие переменные, задачи и методы агрегирования и дезагрегирования.
8. Параллельные процессы (concurrent), распределенные вычисления и ГРИД – технологии
9. Формы моделирования: синтез, сборка, настройка модели, идентификация параметров.
10. Макетирование (прототипирование, пилотные проекты).
11. Выбор параметров при моделировании динамики сложных систем. Идентификация параметров в моделях. Зависимость результата моделирования от выбора параметров.
12. Данные как модель. Методология Data Mining в рамках концепции Big Data и облачных вычислений (в частности IBM pure systems).
13. Адекватность (минимальное расхождение в определенной метрике).
14. Чувствительность: а) к гипотезам, б) к начальным данным, в) к параметрам, г) к изменению условий (транспортные задачи), д) к управляющим переменным, е) к критериям оптимизации.
15. Трубки траекторий. Сценарные исследования. Оптимизация, уменьшение размерности. Интерпретация и представление результатов.
16. Моделирование цикличности сложных процессов с помощью системы дифференциальных уравнений исходя из концепции взаимодействия тренда и циклов.
17. Технология многомерной оценки эффективности сложных систем - АСФ (анализ среды функционирования).
18. Матричные модели при анализе сложных систем. Матричные динамические модели при моделировании межотраслевого баланса (математический анализ, линейная алгебра и аналитическая геометрия).
19. Собственные методы системного анализа и математические методы, используемые в системном анализе.
20. Традиционные методы системного анализа сложных систем. Матричные, системнодинамические, диффузные, стохастические модели.
21. Технологии интеллектуального анализа данных: Извлечение данных (DATA MINING), поиск закономерностей в базах данных (Knowledge Discovery in Databases – KDD).
22. Линейное программирование - постановка задачи. Алгоритм симплекс-метода. Концепция метода эллипсоидов. Алгоритм внутренней точки. Линеаризация задач математического программирования.
23. Байесовский метод. Апостериорная оценка вероятностей: непрерывный и дискретный случаи. Пример анализа семантических конструкций.

#### **4. Критерии оценивания**

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и

ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал экзаменационного билета, 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 по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение 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 «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета, он показал что 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.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При выполнении контрольных работ разрешается использовать различные источники информации (конспекты, учебные пособия, информационные носители информации (в том числе Интернета)).

Время на выполнение контрольных работ определяется исходя из стандартной продолжительности 2 академических часа.

Дифференцированный зачет проводится по итогам текущей успеваемости: по результатам контрольных, самостоятельных работ/тестов по каждой теме.

Дифференцированный зачет по дисциплине проводится путем организации специального опроса в устной форме по вопросам.

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном зачете не должен превышать одного астрономического часа.

Во время проведения дифференцированного зачета при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и любой другой литературой.

Во время проведения дифференцированного зачета при ответе обучающегося на вопросы по билету он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.