

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра математики и физики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И.Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТАХ

Б1.В.ДВ.11.02

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

01.03.02 Прикладная математика и информатика

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Инженерия программного обеспечения

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения	4
3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	5
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	6
4.3. Лабораторные работы	6
4.4. Практические занятия	7
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат	7
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	8
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	9
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	9
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	10
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ	10
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ..	40
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ..	40
Приложение 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	41
Приложение 2 Аннотация рабочей программы дисциплины.....	46
Приложение 3 Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе.....	47
Приложение 4 Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине	48

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины является: ознакомление обучающихся с принципами построения математических моделей различных систем, математическими основами анализа моделей, привить практические навыки использования программного обеспечения для разработки и использования различных математических моделей.

Задачи дисциплины

- получение знаний в области технологий современного компьютерного моделирования;
- обучение приемам и методам построения математических моделей;
- знакомство с классическими моделями и алгоритмами, используемыми при компьютерном моделировании различных видов процессов.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	знать: – основные понятия прикладной математики и информатики, законы естественных наук, применяемые при моделировании, способы построения математических моделей; уметь: – формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей; владеть: – навыками применения аппарата математики и информатики для решения прикладных задач.
ОПК-2	Способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	знать: современные источники информации, технологии, применяемые в образовании уметь: приобретать новые научные и профессиональные знания; владеть: методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации

ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – понимать и применять математический аппарат для построения и анализа моделей реальных объектов, ситуаций и систем; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами и приемами описания реальных объектов и ситуаций на языке математики.
------	---	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.11.02 Моделирование в математических пакетах относится к вариативной части.

Дисциплина Моделирование в математических пакетах базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: Алгебра и геометрия, Теория вероятностей и математическая статистика, Математический анализ.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Моделирование в математических пакетах представляет основу для изучения дисциплин Теория игр и исследование операций, Искусственный интеллект.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	5	144	51	17	17	17	57	-	Экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудо- емкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, иннова- ционной формах, (час.)	Распреде- лие по семестрам, час
			5
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	51	20	51
Лекции (Лк)	17	3	17
Лабораторные работы(ЛР)	17	-	17
Практические занятия (ПЗ)	17	17	17
Групповые (индивидуальные) консультации*	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	57	-	57
Подготовка к лабораторным работам	20	-	20
Подготовка к практическим занятиям	20	-	20
Подготовка к экзамену в течение семестра	17	-	17
III. Промежуточная аттестация экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	144	-	144
	4,0	-	4,0

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо- е- м- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоя- тельная работа обучаю- щихся*
			лекции	лабора- торные работы	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Компьютерное моделирование как метод научного познания	108	17	17	17	57
1.1.	Обзор макетов математического моделирования	19	2	2	-	15
1.2.	Линейные и нелинейные модели	31	5	5	7	14
1.3.	Пакеты структурного моделирования		5	5	5	15
1.4	Моделирование систем со случайными параметрами	28	5	5	5	13
	ИТОГО	108	17	17	17	57

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

<i>№ раздела и темы</i>	<i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
1.	Компьютерное моделирование как метод научного познания		
1.1.	Обзор макетов математического моделирования	Этапы компьютерного моделирования. Требования к компьютерным моделям. Виды компьютерных моделей, их классификация. Области применения компьютерных моделей.	Лекция-беседа (1 час)
1.2.	Линейные и нелинейные модели	Использование графической среды имитационного моделирования Simulink в компьютерном моделировании. Моделирование нелинейных волновых явлений. Распространение колебаний в цепочке связанных осцилляторов с нелинейной силой	Лекция-беседа (2 часа)
1.3.	Пакеты структурного моделирования	Алгоритмы численного интегрирования уравнений движения. Моделирование процессов теплопроводности методами молекулярной динамики. Моделирование статистических систем.	-
1.4	Моделирование систем со случайными параметрами	Получение показательно- и нормально-распределенных последовательностей. Масштабирование случайных величин. Определение метода Монте-Карло. Схема метода. Применение метода Монте-Карло для вычисления определенного интеграла. Система массового обслуживания с отказами. Формулы Эрланга. Параметры эффективности.	-

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Принципы моделирования механических систем	8	-
2		Построение имитационных моделей	9	-
ИТОГО			17	-

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем семинаров практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Принципы проектирования компьютерной модели	9	Тренинг в малой группе (9 час)
2		Структурное и имитационное моделирование	8	Тренинг в малой группе (8 час)
ИТОГО			17	17

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Компетенции</i> <i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>			<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср} час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>		<i>ПК</i>				
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>2</i>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Компьютерное моделирование как метод научного познания	108	+	+	+	3	36	Лк, ЛР, ПЗ	Экзамен
<i>всего часов</i>	108	36	36	36	3	36		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Ларионов А.С. Дифференциальные уравнения: учебное пособие /А.С. Ларионов. – Братск : Изд-во БрГУ, 2016. – 145 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Барботько, А. И. Основы теории математического моделирования : учеб. пособие для вузов / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин . - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2015. - 212 с.	ПЗ, СР, ЛР	13 включая аналоги	0,9
2	Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 7-е изд. - Москва : Юрайт, 2013. - 343 с.	Лк, ПЗ,СР	15	1,0
Дополнительная литература				
3.	Введение в математическое моделирование , : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.] ; ред. П. В. Трусев. - Москва : Университетская книга; Логос, 2007. – 440; [Электронный ресурс] http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf	Лк, ПЗ, СР, ЛР	ЭР	1,0

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» , НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- 1.Электронный каталог библиотеки БрГУ http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Обучающийся должен разработать собственный режим равномерного освоения дисциплины. Подготовка студента к предстоящей лекции включает в себя ряд важных познавательных-практических этапов:

- чтение записей, сделанных в процессе слушания и конспектирования предыдущей лекции, вынесение на поля всего, что требуется при дальнейшей работе с конспектом и учебником;
- техническое оформление записей (подчеркивание, выделение главного, выводов, доказательств);
- выполнение практических заданий преподавателя;
- знакомство с материалом предстоящей лекции по учебнику и дополнительной литературе.

Наиболее продуктивной является самостоятельная работа. Она складывается из чтения учебников и методических пособий, решения задач, выполнения контрольных заданий. Студент должен помнить, что только при систематической и упорной самостоятельной работе можно качественно освоить учебный материал.

Завершающим этапом изучения данной дисциплины в соответствии с учебным планом является сдача экзамена. На экзамене обучающийся должен: проявить умение применять теоретические сведения к решению задач на построение математических моделей; знание теоретических основ курса на уровне определений, теорем, формул; умение выбирать методы анализа ситуаций и оценки выбранных решений.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ

Практическое занятие №1

Принципы проектирования компьютерной модели

Цель работы:

Научиться классифицировать, анализировать математические модели и строить на их основе компьютерные модели.

Теоретические сведения

Изучение компьютерного математического моделирования открывает широкие возможности для осознания связи информатики с математикой и другими науками - естественными и социальными. Компьютерное математическое моделирование в разных своих проявлениях использует практически весь аппарат современной математики.

Математическое моделирование не всегда требует компьютерной поддержки. Каждый специалист, профессионально занимающийся математическим моделированием, делает все возможное для аналитического исследования модели. Аналитические решения (представленные формулами, выражающими результаты исследования через исходные данные) обычно удобнее и информативнее численных. Возможности аналитических методов решения сложных математических задач, однако, очень ограничены и, как правило, эти методы гораздо сложнее численных. В компьютерном моделировании доминируют численные методы, реализуемые на

компьютерах. При этом понятия "аналитическое решение" и "компьютерное решение" отнюдь не противостоят друг другу, так как:

а) все чаще компьютеры при математическом моделировании используются не только для численных расчетов, но и для аналитических преобразований:

б) результат аналитического исследования математической модели часто выражен столь сложной формулой, что при взгляде на нее не складывается восприятия описываемого ей процесса. Эту формулу нужно представить графически, проиллюстрировать в динамике, иногда даже озвучить, проделать то, что принято называть "визуализацией абстракций". При этом компьютер - незаменимое техническое средство.

К классификации математических моделей можно подходить по-разному, положив в основу классификации различные принципы.

1) Классификация моделей по отраслям наук (математические модели в физике, биологии, социологии и т.д.);

2) Классификация моделей по применяемому математическому аппарату (модели, основанные на применении обыкновенных дифференциальных уравнений, дифференциальных уравнений в частных производных, стохастических методов, дискретных алгебраических преобразований и т.д.);

3) Классификация моделей с точки зрения целей моделирования.

§ дескриптивные (описательные) модели;

§ оптимизационные модели;

§ многокритериальные модели;

§ игровые модели;

§ имитационные модели.

Пример.

1) Моделируя движение кометы, вторгшейся в Солнечную систему, мы описываем (предсказываем) траекторию ее полета, расстояние, на котором она пройдет от Земли и т.д., ставим чисто описательные цели. У нас нет никаких возможностей повлиять на движение кометы, что-то изменить.

2) Меняя тепловой режим в зернохранилище, мы можем стремиться подобрать такой, чтобы достичь максимальной сохранности зерна, оптимизируем процесс.

Часто приходится оптимизировать процесс по нескольким параметрам сразу, причем цели бывают весьма противоречивыми. К примеру, зная цены на продукты и потребность человека в пище, организовать питание больших групп людей (в армии, летнем лагере и др.) как можно полезнее и как можно дешевле.

3) Игровые модели могут иметь отношение не только к детским играм (в том числе и компьютерным), но и к вещам весьма серьезным.

4) Бывает, что модель в большой мере подражает реальному процессу, имитирует его.

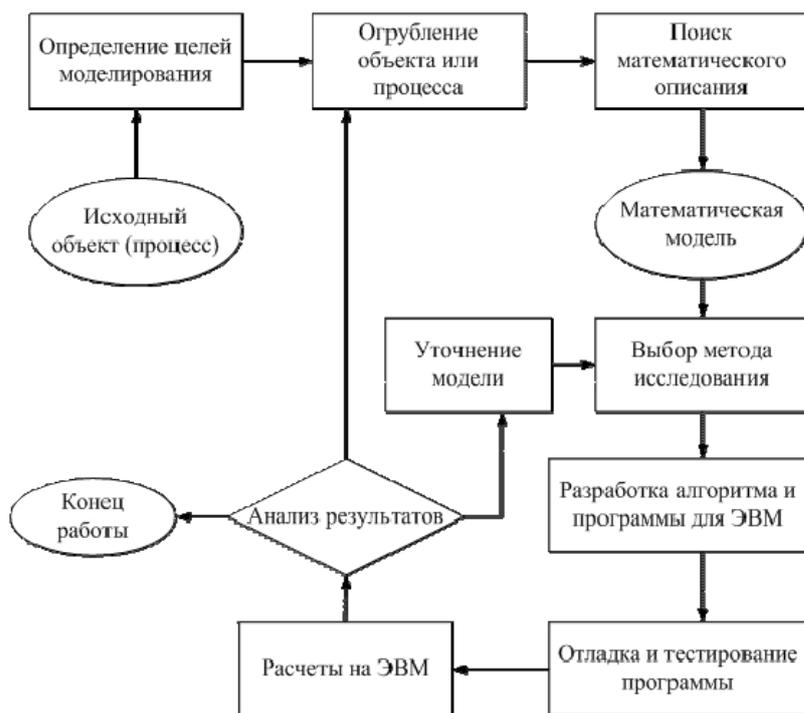
Имитационная модель - описание системы и ее поведения, которое должна быть реализовано и исследовано в ходе операций на компьютере.

Имитационное моделирование - исследование поведения сложной системы на ее модели.

Можно сказать, что чаще всего имитационное моделирование применяется для того, чтобы описать свойства большой системы при условии, что поведение составляющих ее объектов очень просто и четко сформулировано. Математическое описание тогда сводится к уровню статистической обработки результатов моделирования при нахождении макроскопических характеристик системы. Такой компьютерный эксперимент фактически претендует на воспроизведение натурального эксперимента.

Имитационное моделирование позволяет осуществить проверку гипотез, исследовать влияние различных факторов и параметров.

Здесь мы рассмотрим процесс компьютерного математического моделирования, включающий численный эксперимент с моделью



Функциональные модели

Суть функционального подхода заключается в абстрагировании от внутренней организации устройства и рассмотрении только его логики функционирования. Как правило, под ЦУ подразумеваются устройства, перерабатывающие двоичную информацию.

Модели комбинационных схем. В качестве функциональной модели комбинационных устройств, чаще всего, используют систему булевых функций:

$$z_1 = f_1(x_1, \dots, x_n)$$

...

$$z_m = f_m(x_1, \dots, x_n),$$

где $X = (x_1, \dots, x_n)$ – входные, $Z = (z_1, \dots, z_m)$ – выходные переменные, принимающие двоичные значения $B_2 = \{0,1\}$. Данная система булевых функций описывает комбинационное ЦУ, которое имеет n входов, m выходов и представлено на рис. 1.1.

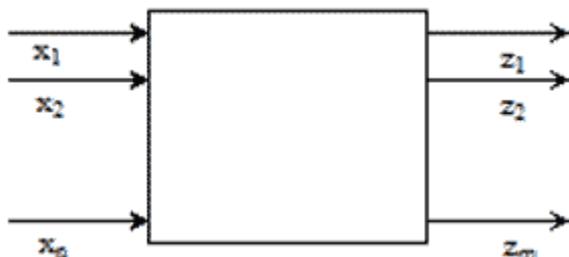


Рисунок 1 – Комбинационное ЦУ

Здесь каждая булева функция $f_i(x_1, \dots, x_n)$ – это отображение $B_2^n \rightarrow B_2$. Простейшим способом представления булевой функции является таблица истинности.

Структурные модели

Информация о логике функционирования ЦУ, которую дают описанные выше функциональные модели, является недостаточной для решения проблем построения тестов и моделирования. При разработке алгоритмов построения тестов и моделирования чаще используется структурная модель цифрового устройства,

отражающая, кроме логики функционирования ЦУ, связи между его компонентами и внешней средой. В качестве структурной модели ЦУ, как правило, используется правильная логическая сеть или логическая схема. Логическая сеть или схема – это ориентированный граф, вершинами которого являются логические элементы, входы, выходы и узлы разветвления. Направленные дуги графа отображают соединения сети. Правильная логическая сеть – это сеть, у которой выходы никаких двух элементов не соединены вместе и каждая из функций, реализуемых на выходах ЦУ, может быть представлена как булева функция выхода комбинационного устройства или конечного автомата в случае ЦУ с памятью. Основу сети составляют логические элементы двух типов:

- элементы, функционирование которых описывается булевыми функциями;
- элементы памяти, функционирование которых описывается моделью конечного автомата.

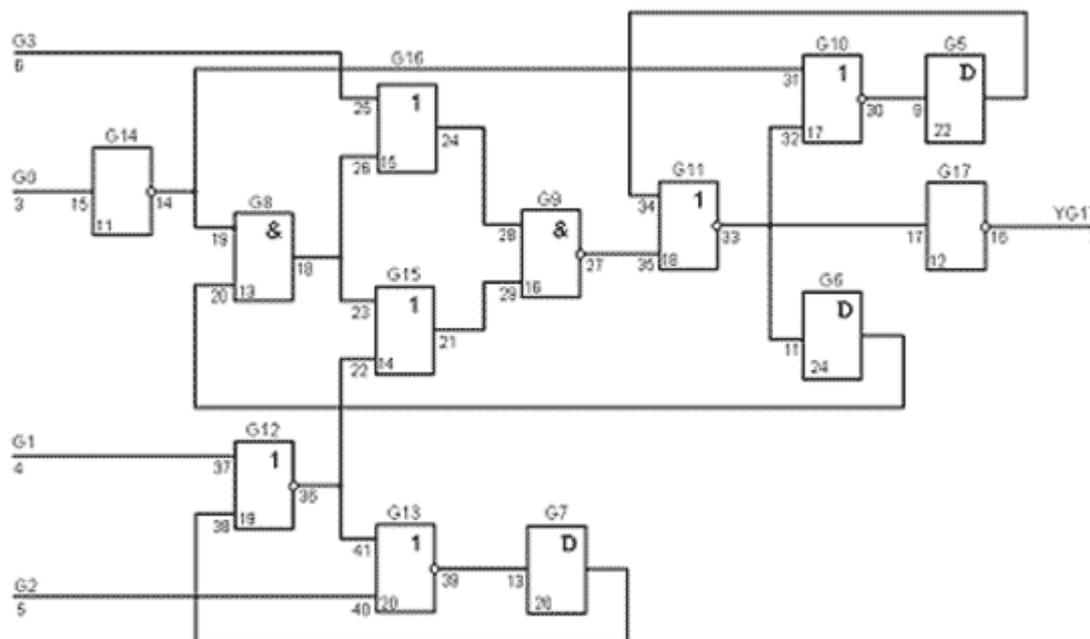


Рисунок 2 – Графическое описание схемы S27

На рис. 2 представлена комбинационная логическая схема s27 из каталога ISCAS-89. На рис. 7 представлена последовательная схема, заданная конечным автоматом Мили, представленным в таблице 3.

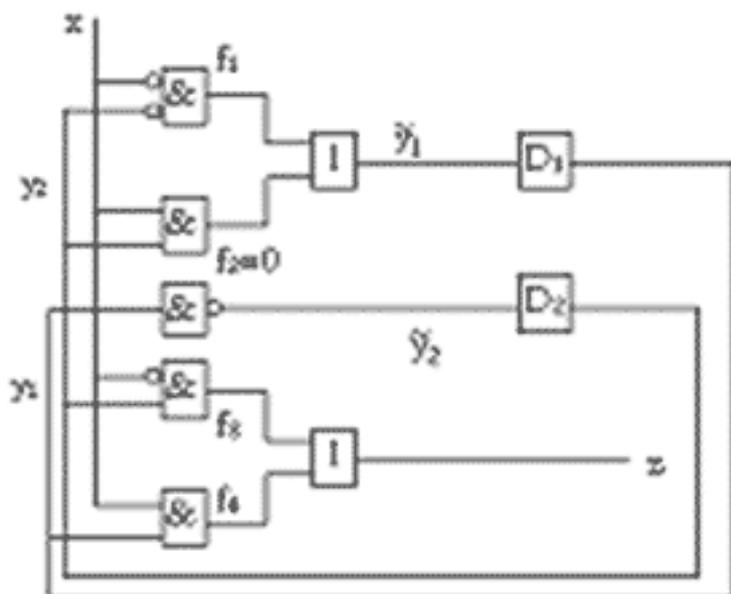


Рисунок 3 – Пример последовательной схемы

Таблица 1. Конечный автомат, задающий ЦУ с памятью

S(y1y2)	S _{сн, z}	
	x=0	x=1
A(00)	D,0	B,0
B(01)	B,1	D,0
C(10)	C,0	A,1
D(11)	A,1	C,1

Логическое моделирование неисправных цифровых устройств

Моделирование ЦУ с неисправностями является одним из важнейших разделов логического моделирования и используется в системах автоматизированного проектирования (САПР) и диагностики компьютерных систем при решении следующих задач [2]:

- определение эффективности тестовой последовательности – её полноты и диагностических свойств;
- построение диагностических словарей для поиска неисправностей в логических схемах;
- генерация проверяющих тестов (в качестве инструмента определения эффективности генерируемых наборов);
- анализ поведения схемы и ее свойств с неисправностью.

Для решения этих задач программам моделирования неисправных схем требуется следующая информация:

- описание логической схемы;
- описание тестовой входной последовательности;
- модели и список обрабатываемых неисправностей.

Функциональная структура системы моделирования неисправных цифровых схем представлен на рис.1.4.



Рисунок 4 – Моделирование неисправностей

Кроме этих таблиц часто используются также *табличные модели* в виде так называемых "примитивных" (простых) кубов. Эти кубы в сжатом виде фактически представляют ту же самую информацию. Один "примитивный" куб объединяет несколько "соседних" строк таблицы истинности, на которых булева функция принимает одно и то же значение. Под "соседними" здесь понимаются строки, отличающиеся значением одного (или более) бита. В отличие от таблиц истинности такие кубы используют не *двоичный алфавит* , а *троичный алфавит* , где символ представляет неопределенное значение (или) переменной. В табл.2.2 представлена табличная модель в виде "примитивных" кубов той же булевой функции (таблица 2.1).

В табл. 2.2 первая строка ("примитивный" куб –) объединяет третью () и седьмую () строки исходной таблицы истинности. Отметим, что третья строка (куб) объединяет четыре строки таблицы истинности, имеющих всевозможные значения переменных и и одно и тоже значение булевой функции . Фактически, "примитивный" куб соответствует простой импликанте [9].

Таблица 1.

X1	X2	X3	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

Таблица 2.

X1	X2	X3	F
X	1	0	0
1	1	X	0
X	0	X	1
0	X	1	1

Модели последовательностных схем

В качестве функциональной модели последовательностных устройств используется абстрактный конечный автомат, являющийся совокупностью пяти объектов $A=(Y,X,Z,\delta,\lambda)$, где Y, X, Z – конечные множества состояний, входных и выходных сигналов соответственно;

$\delta: Y \times X \rightarrow Y$ - функция переходов, определяющая следующее состояние автомата;

$\lambda: Y \times X \rightarrow Z$ - функция выхода, определяющая выходной сигнал.

Различают два типа автомата:

автомат Мили $Y(t+1) = \delta(Y(t), X(t))$

$Z(t+1) = \lambda(Y(t), X(t))$;

и автомат Мура $Y(t+1) = \delta(Y(t), X(t))$

Рис. 2.2. Граф переходов – выходов автомата табл.2.3

Таблица .

S	X	Y	Z
0	1		
1	2,1	3,0	
2	2,1	4,0	
3	1,0	4,0	
4	3,1	2,0	

Следует отметить, что в этой форме представления неявно предполагается, что функционирование автомата рассматривается в дискретном времени, принимающем целые неотрицательные значения . Такие автоматы называются синхронными.

Синхронное последовательностное ДУ имеет каноническую форму представления, приведенную на рис.2.3 . Эта автоматная модель позволяет представить

последовательностное устройство в виде комбинационного блока и блока памяти, которые соединены линиями обратной связи .
Здесь каждое состояние в таблице автомата соответствует комбинации *переменных состояния* - . Синхронизация неявно реализуется в виде дополнительного входа – . Таким образом события (изменение состояния и выходного сигнала) инициируются импульсами на входе *синхронизации*. *Состояние* схемы запоминается в синхронизируемых триггерах (*flip-flop* - FF) и изменяется при поступлении импульсов на соответствующий вход. На рис.2.4 представлены три используемые на практике типа синхронизируемых триггеров: *JK-триггер*, Т-триггер и D-триггер (задержка). В общем случае синхронные ДУ могут иметь несколько входов синхронизации.
Следует отметить, что далеко не все состояния схемы являются стабильными. Например, таблица представляет асинхронный автомат, в котором стабильные состояния здесь выделены жирным шрифтом.

x1x2				
00	01	11	10	
1 1,0	5,1	2,0	1,0	
2 1,0	2,0	2,0	5,1	
3 3,1	2,0	4,0	3,0	
4 3,1	5,1	4,0	4,0	
5 3,1	5,1	4,0	5,1	

Альтернативные графы (бинарные диаграммы решений)

Бинарные диаграммы решений являются *ациклическими* ориентированными графами, представляющими булевы функции. Этот тип модели был предложен в [10] и в настоящее время широко используется при моделировании и генерации тестов ЦУ. Множество его вершин можно разбить на три подмножества: внутренние узлы (*степень входа* равна , *степень исхода* равна), листья (*степень входа* равна , *степень исхода* равна) и корень (*степень входа* равна , *степень исхода* равна). Логические значения или , принимаемые булевой функцией, соответствуют листьям диаграммы. *Внутренние вершины* соответствуют переменным булевой функции. Путь на графе из корневой вершины до одного листа, в зависимости от значений переменных булевой функции, определяет ее значение. Например, на рис.2.6 представлена *бинарная диаграмма* решений для булевой функции

Для определения значения булевой функции начинаем двигаться из корневой вершины вниз к листьям дерева. При прохождении каждой внутренней вершины, необходимо решить – по какой ветви (левой или правой), в зависимости от значения переменной, соответствующей текущей вершине, мы должны идти дальше. Значение булевой функции () определяется последней вершиной такого пути - *висячей вершиной* (листом дерева). Допустим, что нам необходимо вычислить значение данной булевой функции с помощью *бинарной диаграммы* (рис. 2.6) при следующих значениях переменных: . Начиная с корневой вершины, при прохождении вершины выбираем левую ветвь (так как), далее в вершине также выбираем левую ветвь и попадаем в *лист дерева*, соответствующий (в данном случае функция не зависит от значения переменной). Следует отметить, что иногда листья дерева могут соответствовать не только константам , но и переменным. Так для нашего примера листом является вершина , поскольку при значении функции определяется этой переменной (). Точка соответствует инверсии конечного результата. Например, при для нашего примера получаем . Если при прохождении по графу встречается несколько инверсий (точек), то конечный результат инвертируется в случае их нечетного числа.

Рассмотрим построение *бинарной диаграммы* из таблицы истинности на примере булевой функции, заданной табл.2.5 [10]. Сначала строится *полное двоичное дерево*,

представленное на рис. 2.7 а), где каждый путь от корня до листа соответствует одной строке таблицы истинности. Далее эта диаграмма упрощается следующим образом. Так как обе ветви из левого узла с помечены , то этот узел можно удалить и заменить его листом, помеченным . Дальнейший анализ показывает, что остальные узлы имеют ветви, помеченные или (или), и их также можно также удалить и заменить на листья, помеченные или .

Таблица 2.5.

a	b	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Структурные модели

Информация о логике функционирования ДУ, которую дают описанные выше *функциональные модели*, является недостаточной для решения проблем генерации тестов и моделирования. При разработке алгоритмов генерации тестов и моделирования чаще используется *структурная модель* цифрового устройства, отражающая, кроме логики функционирования ДУ, связи между его компонентами и внешней средой. В качестве *структурной модели* ДУ, как правило, используется правильная *логическая сеть*. *Логическая сеть* или *схема* - это ориентированный граф, вершинами которого являются логические элементы, входы, выходы и узлы разветвления. Направленные дуги графа отображают соединения сети. Правильная *логическая сеть* - это сеть, у которой выходы никаких двух элементов не соединены вместе и каждая из функций, реализуемых на выходах ДУ, может быть представлена как *функция выхода* конечного автомата. Основу сети составляют логические элементы двух типов:

1. элементы, функционирование которых описывается булевыми функциями;
2. элементы памяти, функционирование которых описывается моделью конечного автомата.
- 3.

Внешнее описание схемы

Структурная модель ДУ может быть представлена, например, с помощью простого специализированного языка описания схемы международного каталога ISCAS-89 [6], который позволяет описывать ее входы и выходы, компоненты и связи между ними.

На рис.2.8 представлена логическая схем s27 из каталога ISCAS-89 , описание которой на этом языке приведено на рис.2.9 (сравнив эти рисунки легко освоить данный язык для текстового ввода). И), содержащих сведения о схеме: число внешних входов, число внешних выходов и D-триггеров, число вентилях по типам. Далее следуют строки описания для каждого элемента схемы, включая внешние входы и выходы. Каждая строка описания содержит:

1. имя элемента (для внешних входов , а для внешних выходов);
2. знак равенства для *логических вентилях*;
3. тип вентиля для *логических вентилях*;
4. перечисленные в скобках имена вентилях-предшественников данного элемента, которые позволяют сразу определить количество входов данного вентиля.

Допускаются следующие типы вентилях:

1. – D-триггер, описание триггеров должно идти непосредственно за описанием внешних входов и выходов схемы;
2. - вентиль И;
3. - вентиль НЕ-И;
4. - вентиль ИЛИ;
5. - вентиль НЕ-ИЛИ;
6. - вентиль сумма по mod2;
7. - вентиль равнозначность;
8. - буфер (повторитель).

Часто в *структурных моделях* применяются макроэлементы. При этом элемент описывается в теле макроса, которое используется далее на более высоком уровне. Как правило, допускается несколько уровней вложения, что позволяет использовать иерархический подход к описанию схем.

Кроме связей элементов, в некоторых языках описания может быть представлена информация о временных задержках элементов. Например, это может быть сделано следующим образом:

Это утверждение показывает величину задержки распространения сигнала от входов к выходу данного *логического вентиля* в некоторых единицах. Текстовое описание схемы S27

# 4 inputs	G6 = DFF(G11)
# 1 outputs	G7 = DFF(G13)
# 3 D-type flipflops	G14 = NOT(G0)
# 2 inverters	G17 = NOT(G11)
# 8 gates (1 ANDs + 1 NANDs + 2 ORs + 4 NORs)	G8 = AND(G14, G6)
	G15 = OR(G12, G8)
INPUT(G0)	G16 = OR(G3, G8)
INPUT(G1)	G9 = NAND(G16, G15)
INPUT(G2)	G10 = NOR(G14, G11)
INPUT(G3)	G11 = NOR(G5, G9)
OUTPUT(G17)	G12 = NOR(G1, G7)
G5 = DFF(G10)	G13 = NOR(G2, G12)

Для описания функционирования ДУ обычно используются следующие группы операторов ЯРП.

1. Логические операторы:
Эти операторы обычно выполняются над регистрами или некоторыми их разрядами.
2. Операторы сравнения: больше (>), меньше (<), больше или равно (>=), меньше или равно (<=), равно (=), не равно (≠). Эти операторы выполняются над векторами или скалярными переменными. Результатом является логическое значение или .
3. Арифметические операторы: сложение (+), вычитание (-), умножение (*), деление (/), инкремент, декремент (используются, в основном, для моделирования функционирования счетчиков).
4. *Битовые операции*: правый сдвиг (RSH), левый сдвиг (LSH), циклический правый сдвиг (RSHC), циклический левый сдвиг (LSHC) и конкатенация (сцепление). Эти операторы выполняются над векторными переменными.
5. Операция пересылки содержимого регистра в регистр . Эта операция может быть унарной (выполняется над одним операндом, например,), или бинарной (выполняется над двумя операндами,

например, τ). Единичная задержка неявно ассоциируется с операцией пересылки. Произвольная задержка должна быть указана явно (например, τ).

6. Условные операторы:

- бинарный: τ ;

где τ является условием, а τ_1 и τ_2 – блоки, состоящие из операторов.

- оператор ветвления типа τ :

τ_1 и τ_2 являются выражениями и τ – блоки. Таким образом, может быть описан, например, дешифратор.

Конечные автоматы могут быть описаны двумя способами. При первом (функциональном) подходе языковыми средствами с помощью условных операторов описывается непосредственно таблица переходов и выходов автомата [10]. При втором (структурном) подходе фактически автомат представляется и описывается *структурной моделью* рис. 2.5.

В соответствии с трактовкой понятия времени ЯРП можно разделить на две категории: процедурные и непроцедурные языки. Процедурные ЯРП похожи на обычные языки программирования (такие как Паскаль, С и т.п.), где операторы и утверждения языка выполняются последовательно таким образом, что результат выполненного оператора становится доступным для следующих операторов. Например, при выполнении операторов τ_1 содержимое переменной (регистра) станет равным содержимому переменной τ_2 . Поэтому некоторые процедурные ЯРП являются расширением обычных языков программирования (например, С, HDL). С другой стороны операторы и утверждения непроцедурных языков выполняются параллельно. В непроцедурных языках выполнение операторов τ_1 соответствует обмену содержимым регистров τ_2 и τ_3 . Современные языки описания аппаратуры часто являются смешанными, то есть имеют как процедурные так и не процедурные средства описания и интерпретации.

Задания для самостоятельного решения

1. Могут ли приведенные ниже кубы быть примитивными кубами функции $f(x_1, x_2, x_3)$?
 $0 \ x \ 1 \ x \ 0$
 $x \ 1 \ 0 \ 1 \ 0$
 $1 \ x \ 1 \ 1 \ 0$
 $0 \ 1 \ 0 \ x \ 1$
 $x \ 0 \ 1 \ 0 \ 1$
2. Рассмотрите булеву функцию, определенную примитивными кубами:
3. $f(x_1, x_2, x_3) = x_1 x_2 + x_1 x_3 + x_2 x_3$. Найдите значение этой функции на следующих входных наборах:
 $(0, 0, 0)$, $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, $(0, 1, 1)$, $(1, 0, 0)$, $(1, 0, 1)$, $(1, 1, 0)$, $(1, 1, 1)$.
4. Приведите *функциональные модели* для схем с памятью.
5. Что такое автомат Мили и как его можно описать?
6. Приведите каноническую модель схемы с памятью.
7. Постройте альтернативный граф булевой функции из упражнения 5.
8. Постройте альтернативный граф для функций:
 $f_1(x_1, x_2) = x_1 x_2 + x_1 \bar{x}_2$
 $f_2(x_1, x_2) = x_1 x_2 + \bar{x}_1 \bar{x}_2$
9. Постройте таблицу переходов-выходов синхронного автомата с одним входом и одним выходом, который распознает последовательность 010101 .
10. Постройте таблицу переходов-выходов синхронного автомата с одним входом и одним выходом, который распознает последовательность 010101 .
11. Постройте граф переходов-выходов этого автомата

12. Постройте также схему для распознавания таких перекрывающихся последовательностей и дает на входную последовательность выходную последовательность .
13. Напишите ЯРП модели для D-триггера с передним фронтом переключения.

Форма отчетности: Выполнить задание в тетради и использовать его при подготовке к зачету и контрольной работы

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;
2. Изучить теоретические сведения, полученные на лекции;
3. Ознакомиться с примерами решения подобных задач в учебной литературе;
4. Выполнить задание в тетради.

Основная литература

1. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 7-е изд. - Москва : Юрайт, 2013. - 343 с.
2. Барботько, А. И. Основы теории математического моделирования : учеб. пособие для вузов / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин . - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2015(и предыдущие издания). - 212 с. .

Дополнительная литература

1. Введение в Моделирование в математических пакетах [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.] ; ред. П. В. Трусков. - Москва : Университетская книга; Логос, 2007. (и предыдущие издания) – 440; То же [Электронный ресурс].

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем отличаются комбинационные устройства от последовательностных?
2. Чем отличаются *функциональные модели* от *структурных* ?
3. Приведите *функциональные модели* для *комбинационных схем* .
4. Чем отличаются таблицы истинности от примитивных кубов?
5. Чем отличается асинхронный автомат от синхронного?
6. Что такое *альтернативные графы (бинарные диаграммы)* ?

Практическое занятие № 2

Структурное и имитационное моделирование

Цель работы: Изучить математические модели с неопределенными параметрами

Теоретические сведения

Система – упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, обладающее целостностью, структурой и организацией.

Уже это краткое определение показывает, что понятие системы предполагает такие понятия, как ***элемент*** и ***структура***.

Элемент – неразложимый далее (в данной системе, при данном способе рассмотрения) компонент (единица анализа) сложных предметов, явлений, процессов.

В настоящее время в науке под элементами понимают любые объекты, связанные с другими объектами в сложный комплекс. Иначе говоря, понятие "элемент" берется как относительное.

В настоящее время нет единства в определении понятия "система". В первых определениях в той или иной форме говорилось о том, что система - это элементы и связи (отношения) между ними. Например, основоположник теории систем Людвиг фон Бергаланфи определял систему как комплекс взаимодействующих элементов или как совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой. А. Холл определяет систему как множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками. Ведутся дискуссии, какой термин - "отношение" или "связь" - лучше употреблять.

Позднее в определениях системы появляется понятие цели. Так, в "Философском словаре" система определяется как "совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях между собой определенным образом и образующих некоторое целостное единство".

В последнее время в определении понятия системы наряду с элементами, связями и их свойствами и целями начинают включать наблюдателя, хотя впервые на необходимость учета взаимодействия между исследователем и изучаемой системой указал один из основоположников кибернетики У. Р. Эшби.

М. Месарович и Я. Такахага в книге "Общая теория систем" считают, что система - "формальная взаимосвязь между наблюдаемыми признаками и свойствами".

Таким образом, в зависимости от количества учитываемых факторов и степени абстрактности определение понятия "система" можно представить в следующей **символьной форме**. Каждое определение обозначим буквой D (от лат. definitions) и порядковым номером, совпадающим с количеством учитываемых в определении факторов.

D1. Система есть нечто целое:

$$S=A(1,0).$$

Это определение выражает факт существования и целостность. Двоичное суждение $A(1,0)$ отображает наличие или отсутствие этих качеств.

D2. Система есть организованное множество (Темников Ф. Е.):

$$S=(орг, M),$$

где орг - оператор организации; M - множество.

D3. Система есть множество вещей, свойств и отношений (Уемов А. И.):

$$S=\{m\},\{n\},\{r\},$$

где т - вещи, n - свойства, r - отношения.

D4. Система есть множество элементов, образующих структуру и обеспечивающих определенное поведение в условиях окружающей среды:

$$S=(e, ST, BE, E),$$

где e - элементы, ST - структура, BE - поведение, E - среда.

D5. Система есть множество входов, множество выходов, множество состояний, характеризуемых оператором переходов и оператором выходов:

$$S=(X, Y, Z, H, G),$$

где X - входы, Y - выходы, Z - состояния, H - оператор переходов, G - оператор выходов. Это определение учитывает все основные компоненты, рассматриваемые в автоматике.

D6. Это шестичленное определение, как и последующие, трудно сформулировать в словах. Оно соответствует уровню биосистем и учитывает генетическое (родовое) начало GN, условия существования KD, обменные явления MB, развитие EV, функционирование FC и репродукцию (воспроизведения) RP:

$$S=(GN, KD, MB, EV, FC, RP).$$

D7. Это определение оперирует понятиями модели F, связи SC, пересчета R, самообучения FL, самоорганизации FQ, проводимости связей CO и возбуждения моделей JN:

$S=(F, SC, R, FL, FO, CO, JN).$

Данное определение удобно при нейрокибернетических исследованиях.

D8. Если определение D5 дополнить фактором времени и функциональными связями, то получим определение системы, которым обычно оперируют в теории автоматического управления:

$S=(T, X, Y, Z, W, V, h, j),$

где T - время, X - входы, Y - выходы, Z - состояния, W - класс операторов на выходе, V - значения операторов на выходе, h - функциональная связь в уравнении $y(t_2)=h(x(t_1), z(t_1), t_2)$, j - функциональная связь в уравнении $z(t_2)=j(x(t_1), z(t_1), t_2)$.

D9. Для организационных систем удобно в определении системы учитывать следующее:

$S=(PL, RO, RJ, EX, PR, DT, SV, RD, EF),$

где PL - цели и планы, RO - внешние ресурсы, RJ - внутренние ресурсы, EX - исполнители, PR - процесс, DT - помехи, SV - контроль, RD - управление, EF - эффект.

Последовательность определений можно продолжить до D_n ($n=9, 10, 11, \dots$), в котором учитывалось бы такое количество элементов, связей и действий в реальной системе, которое необходимо для решаемой задачи, для достижения поставленной цели. В качестве "рабочего" определения понятия системы в литературе по теории систем часто рассматривается следующее: система - множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.

Под системой понимается объект, свойства которого не сводятся без остатка к свойствам составляющих его дискретных элементов (неаддитивность свойств). Интегративное свойство системы обеспечивает ее целостность, качественно новое образование по сравнению с составляющими ее частями.

Любой элемент системы можно рассматривать как самостоятельную систему (математическую модель, описывающую какой-либо функциональный блок, или аспект изучаемой проблемы), как правило более низкого порядка. Каждый элемент системы описывается своей функцией. Под функцией понимается присущее живой и косной материи вещественно-энергетические и информационные отношения между входными и выходными процессами. Если такой элемент обладает внутренней структурой, то его называют подсистемой, такое описание может быть использовано при реализации методов анализа и синтеза систем. Это нашло отражение в одном из принципов системного анализа - законе системности, говорящим о том что любой элемент может быть либо подсистемой в некоторой системе, либо подсистемой среди множества объектов аналогичной категории. Элемент всегда является частью системы и вне ее не представляет смысла.

Итак, модель — закономерность, преобразующая входные значения в выходные: $Y = M(X)$. Под этим можно понимать таблицу, график, выражение из формул, закон (уравнение) и т. д. Это вопрос способа записи закономерности. В нашем курсе и далее в курсе «Модели и методы искусственного интеллекта» мы подробно покажем, как переходить от одного типа записи к другому. Под Y в системотехнике понимают некоторый интересующий исследователя или владельца системы показатель. Каждая система существует или создается, чтобы реализовать определенную цель. Нет систем без целей. Вот цель-то и является выходным, последним параметром в цепи преобразований от входа к выходу, который может нас интересовать, так как ради него, собственно, и прделываются все преобразования. Те переменные, которые как-то не связаны по цепям с выходным показателем, не относятся к рассматриваемой системе и должны быть отброшены.

Представим нашу систему как граф. Это возможно, так как система есть элементы и связи между ними, что соответствует вершинам и дугам графа. Дальнейшее изложение материала будем вести на примере графа, изображенного на рис. 1

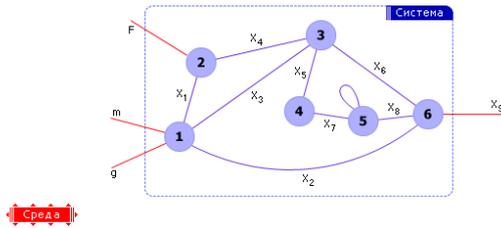


Рис. 1. Представление системы в виде графа

Элементы системы описываются законами, то есть уравнениями (переменные, операции между ними и знаки уравнивания) или системами уравнений в общем случае, что соответствует вершинам графа. Если уравнений в вершине несколько, то эту вершину всегда, при желании, снова можно будет разбить на подграф, где каждой вершине уже будет соответствовать только одно уравнение. Связи графа указывают на связи элементов системы между собой, то есть связь соответствует общей для двух вершин переменной. Итак, каждая вершина ассоциируется с формулой (например, присвоением выражения или уравнением), связывающим переменную вершины с остальными переменными, доступными ей по ее связям.

Если граф достаточно подробный, таков, что каждой вершине соответствует только одно уравнение, то можно ассоциировать вершины с переменными. Одна вершина — одна переменная. Обратите внимание: часть связей находится внутри графа — это внутренние связи системы. Часть связей графа связывает переменные системы X с внешними переменными, которые не являются частью системы, а являются частью среды. Эти связи пересекают границы графа, границы системы.

Итак, граф задает своей структурой модель системы, которая выражена как система взаимосвязанных уравнений (см. рис. 2).

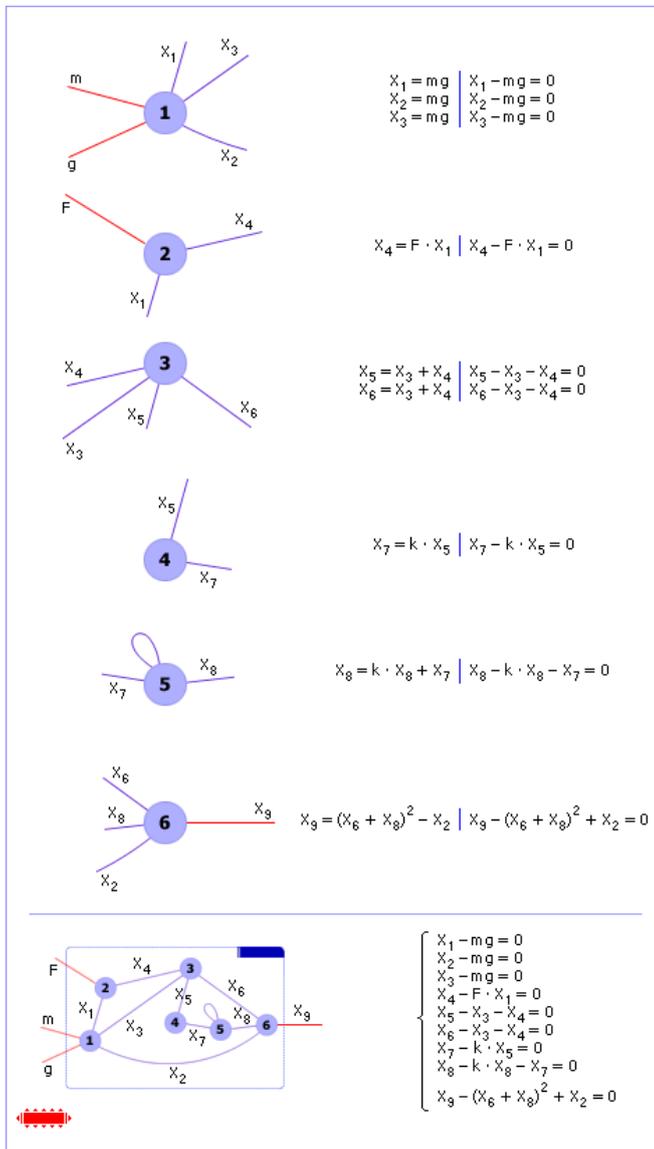


Рис. 2 Иллюстрация соответствия вершин графа описанию подсистем большой системы

В этом виде граф соответствует задаче, решаемой на графе. Задача упорядочивает порядок вычислений.

Если теперь применить последовательно уравнения системы от назначенного пользователем входа к выходу, то с математической точки зрения образуется цепочка выражений (см. рис. 3). Искомые переменные будут выражены в итоге по цепочке через входные переменные. Система уравнений подстановкой свертывается в формулу.

$$x_9 = M_6(M_5(M_4(M_3(M_2(M_1(m, g)), F))))$$

$$\begin{aligned}
 x_9 & \stackrel{6}{=} (x_6 + x_8)^2 - x_2 \stackrel{5}{=} (x_6 + \frac{1}{1-k} \cdot x_7)^2 - x_2 \stackrel{4}{=} (x_6 + \frac{1}{1-k} \cdot k \cdot x_5)^2 - x_2 \stackrel{3}{=} ((x_3 + x_4) \cdot (1 + \frac{k}{1-k}))^2 - x_2 \stackrel{2}{=} \\
 & \stackrel{2}{=} ((x_3 + F \cdot x_1) \cdot \frac{1}{1-k})^2 - x_2 \stackrel{1}{=} ((mg + F \cdot mg) \cdot \frac{1}{1-k})^2 - mg
 \end{aligned}$$

Рис. 3 Явное решение задачи «Управление выходом X9 системы через вход (m, g, F)» путем подстановки

В общем виде это выглядит так: $Y = M(M \dots (M(X)) \dots)$. Такая математическая структура называется композицией и задает цепочку (последовательность) вычислений, а значит алгоритм вычисления ответа задачи, что в свою очередь определяет решение

системы. Решение может быть как численным, так и аналитическим. Если задача будет другой, то модель всей системы развернется в другую цепочку, от других входных переменных к другому выходу. Композиция, соответствующая задаче, изменится, но модель всей системы останется неизменной.

Теперь настало время уточнить понятие входных переменных, поскольку их много и список их весьма неоднороден. Надо иметь в виду, что входные переменные, которые ранее мы обозначали как X , могут быть обозначены в целях детализации как X_i , U_i , P_i , Q_i .

Во-первых, X может быть не одной переменной, а целым вектором переменных $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, так как сложные системы, которые мы моделируем, обычно связаны со средой множеством факторов $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Их значения обычно мало интересны или недоступны напрямую для изменения владельцем системы, но они существуют. Иногда это часть внутренних переменных системы, переменные состояния, фазовые переменные, память системы и так далее.

Вовторых, логически удобно разделить вектор X на входные переменные (собственно X) и переменные управления U . Тогда под X обычно понимают не зависящие от воли владельца системы факторы, а под U — факторы, которыми владелец системы может непосредственно распоряжаться по собственной воле. Такие факторы принято называть управляемыми переменными или просто управлением. Заметим, что обычно значения переменных U чем-то ограничены. В самом деле, нельзя ведь открыть водопроводный кран больше чем на 1 (кран открыт полностью) или меньше чем на 0 (кран полностью закрыт). Поэтому если понимать под U степень открытия крана, то $0 \leq U \leq 1$. В других случаях пишут более общий вариант $U_{\min} \leq U \leq U_{\max}$. В этом смысле здесь и далее мы будем считать, что управление, поскольку оно ограничено, это некоторый ресурс.

В-третьих, P — мало меняющиеся переменные, которые в этом случае называют параметрами системы; по своей сути, конечно, они мало отличаются от X . В прикладных задачах их часто выносят отдельно, так как динамически они (на отрезке времени рассмотрения или существования задачи) не меняются и не меняют свойств системы.

В-четвертых, помехи Q . Это переменные, которые действуют на систему помимо воли ее владельца и ухудшают значение желаемого показателя Y . Помехи всегда действуют во вред владельцу системы, занижая желаемые показатели системы. Управление U — фактор, который призван компенсировать негативное действие помех Q на выходной показатель цели Y . То есть при одном и том же значении U , при действии помех, в отличие от случая их отсутствия, показатель Y будет ниже. Ликвидировать вообще все действующие на объект помехи часто не удается по трем перечисленным ниже причинам.

Помеха действует опережающе, быстрее, чем мы ее можем компенсировать, так как предугадать помехи и подвести под это заранее соответствующее управление сложно (хотя иногда это сделать можно специальными методами предсказания и опережения).

Помеха обычно действует редко, но в большом количестве (большой амплитуды), и ресурса управления для ее компенсации сразу обычно не хватает. Кстати, держать большой запас управления под возможные большие помехи везде, где они могут возникнуть, накладно, поскольку такой ресурс является омертвленным капиталом (затратами, не приносящими прибыль). Именно поэтому в больших системах возникают «black-out», каскадные сбои и отключения, катастрофы. Управляющий ресурс обычно хранят в одном месте и стараются доставить его как можно скорее к месту помехи или местам, где уже успели сформироваться отклонения, вызванные ими. К тому же эффекту приводят редкие совпадения нескольких помех, которые сами по себе в отдельности некатастрофичны.

Итак, посредством управления U удается часто снизить негативное действие

помех на целевой показатель Y . Действие управления на помеху есть, но оно неявное, точнее сказать и помеха Q , и управление U действуют на показатель Y , при этом управление выбирается таким, чтобы свести на нет негативное действие помех на Y .

И, конечно, следует помнить, что усилия по компенсации помех всегда чего-то стоят владельцу системы, так как используют тот самый ресурс, который мы обозначили ранее как U_{max} . Итак, заметьте: с управлением всегда связано понятие ресурса. Управление черпает свои силы в ресурсе. Если ресурс мал, то управление связано и не может справиться с сильной помехой.

Если ресурс мгновенно возобновляем, то $U_{min} \leq U \leq U_{max}$. Если ресурс обладает свойством аддитивности, накапливается и тратится, не может мгновенно возобновиться, то

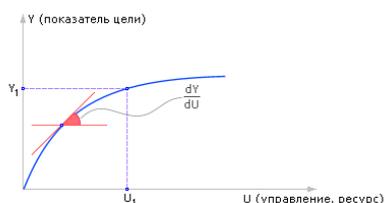
где $U_{ip}(t)$ — темп использования ресурса, $U_{pr}(t)$ — темп поставки ресурса.

Как известно из математики и было уже рассмотрено в лекции 01, с выражением $Y = M(X)$ можно решить три вида задач, которые приведены в табл. 20.1. Таблица 20.1.

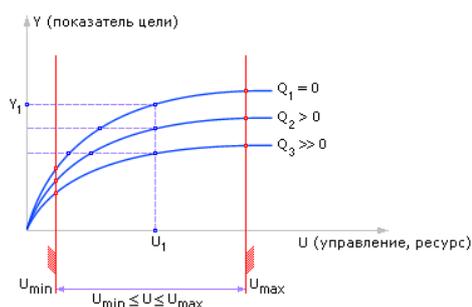
Формы записи модели и типы решаемых задач

	Известно	Неизвестно	Решение
Прямая задача	X, M	Y	$Y = M(X)$
Обратная задача	Y, M	X	$X = M^{-1}(Y)$
Задача настройки модели	X, Y	M	$M = f(X, Y)$
Задача анализа (прямая задача)			

Изучается влияние некоторого входного параметра U на конечный результат или показатель Y . 1, 2, ..., N — эксперименты, проводимые с моделью. Если подавать неоднократно различные значения U на модель M (алгоритм показан на рис. 20.10), то, измеряя Y , в результате моделирования на выходе модели можно построить зависимость $Y = M(U)$, см. рис. 20.8. Обычно реально ограничиваются некоторым набором входных воздействий $U_{min} \leq U \leq U_{max}$, проходя значения U точку за точкой с определенным шагом ΔU . При этом, во время такого эксперимента часть входных параметров X замораживают, оставляя их значения неизменными. При необходимости можно повторить эксперимент по перебору U из интервала $U_{min} \leq U \leq U_{max}$ при другом значении X . В этом случае получается семейство кривых $Y = M(U, X)$, см. рис. 20.9.



Примерный вид зависимости цели Y от управления U , полученный экспериментально на модели системы



. Примерный вид зависимости цели Y от управления U
при различных значениях действующих помех Q
Задача синтеза (обратная задача)

Цель задачи синтеза — нахождение экстремума функции результата. Когда анализ закончен и построены функции, графики, таблицы, когда объект (его свойства и поведение) исследован во всех вариантах возможных входных воздействий, имеет смысл найти среди всего этого многообразия откликов наилучший. Обычно выход — цель функционирования системы, и логично принять, что цель должна принимать лучшие из всех возможных значений, потому имеет смысл найти такие значения входных параметров U , при которых выходной показатель Y примет свое наилучшее значение (экстремум). При этом под экстремумом может подразумеваться как минимум, так и максимум зависимости $Y(U)$. Чтобы найти экстремум, модель включают в контур некоторым алгоритмом A , осуществляющим автоматическое управление входом U и построенным так, что в результате его работы производится поиск такого входного воздействия U на модель M , при котором она выдает наилучший выходной результат.

Существуют различные алгоритмы поиска оптимума функции $Y = M(U)$. Упомянем три из них (подробно эти и другие методы вы будете изучать в дисциплине «Системный анализ и исследование операций»).

Метод перебора. Алгоритм метода перебора представлен на рис. 20.12. Этот метод обеспечивает поиск глобального экстремума, но расточителен к вычислительным ресурсам, так как просматривает все возможные входные значения U с определенным шагом H и выбирает наилучший среди всех выходных результатов Y (см. рис. 20.13). Наилучшее из встреченных Y сохраняется и уточняется в ячейке R , значение U при этом значении Y сохраняется по ходу алгоритма в ячейке Z . Кроме этого имеется риск пропустить нужную точку, «перешагнув» через нее из-за слишком большого размера шага H .

Задание:

1. Сгенерируйте случайное трехразрядное число, распределенное по равномерному закону в интервале от 0 до 1, с помощью монеты. Точность — три знака после запятой.

Первый способ решения задачи

Подбросьте монету 9 раз, и если монета упала решкой, то запишите «0», если орлом, то «1». Итак, допустим, что в результате эксперимента получили случайную последовательность 100110100.

Начертите интервал от 0 до 1. Считывая числа в последовательности слева направо, разбивайте интервал пополам и выбирайте каждый раз одну из частей очередного интервала (если выпал 0, то левую, если выпала 1, то правую). Таким образом, можно добраться до любой точки интервала, сколь угодно точно.

Итак, 1: интервал $[0; 1]$ делится пополам — $[0; 0.5]$ и $[0.5; 1]$, — выбирается правая половина, интервал сужается: $[0.5; 1]$. Следующее число, 0: интервал $[0.5; 1]$ делится пополам — $[0.5; 0.75]$ и $[0.75; 1]$, — выбирается левая половина $[0.5; 0.75]$, интервал сужается: $[0.5; 0.75]$. Следующее число, 0: интервал $[0.5; 0.75]$ делится пополам — $[0.5; 0.625]$ и $[0.625; 0.75]$, — выбирается левая половина $[0.5; 0.625]$, интервал сужается: $[0.5; 0.625]$. Следующее число, 1: интервал $[0.5; 0.625]$ делится пополам — $[0.5; 0.5625]$ и $[0.5625; 0.625]$, — выбирается правая половина $[0.5625; 0.625]$, интервал сужается: $[0.5625; 0.625]$.

По условию точности задачи решение найдено: им является любое число из интервала $[0.5625; 0.625]$, например, 0.625.

В принципе, если подходить строго, то деление интервалов нужно продолжить до тех пор, пока левая и правая границы найденного интервала не СОВПАДУТ между собой с точностью до третьего знака после запятой. То есть с позиций точности

сгенерированное число уже не будет отличаться от любого числа из интервала, в котором оно находится.

Второй способ решения задачи

Разобьем полученную двоичную последовательность 100110100 на триады: 100, 110, 100. После перевода этих двоичных чисел в десятичные получаем: 4, 6, 4. Подставив спереди «0.», получим: 0.464. Таким методом могут получаться только числа от 0.000 до 0.777 (так как максимум, что можно «выжать» из трех двоичных разрядов — это $111_2 = 7_8$) — то есть, по сути, эти числа представлены в восьмеричной системе счисления. Для перевода *восьмеричного* числа в *десятичное* представление выполним: $0.464_8 = 4 \cdot 8^{-1} + 6 \cdot 8^{-2} + 4 \cdot 8^{-3} = 0.6015625_{10} = 0.602_{10}$.

Итак, искомое число равно: 0.602.

2. Найти значение интеграла:

$$y = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$$

На рис. 1 представлен график функции $f(x)$. Вычислить значение интеграла этой функции — значит, найти площадь под этим графиком.

Решение.

Ограничиваем кривую сверху, справа и слева. Случайным образом распределяем точки в прямоугольнике поиска. Обозначим через N_1 количество точек, принятых для испытаний, и через N_2 — количество точек под кривой, то есть попавших в закрашенную площадь под . Тогда естественно предположить, что количество точек, попавших под кривую по отношению к общему числу точек пропорционально площади под кривой (величине интеграла) по отношению к площади испытываемого прямоугольника. Математически это можно выразить так:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{y}{(x_2 - x_1)(c_2 - c_1)}$$

Рассуждения эти, конечно, статистические и тем более верны, чем большее число испытываемых точек мы возьмем.

Фрагмент алгоритма метода Монте-Карло в виде блок-схемы выглядит так, как показано на рис. 1.

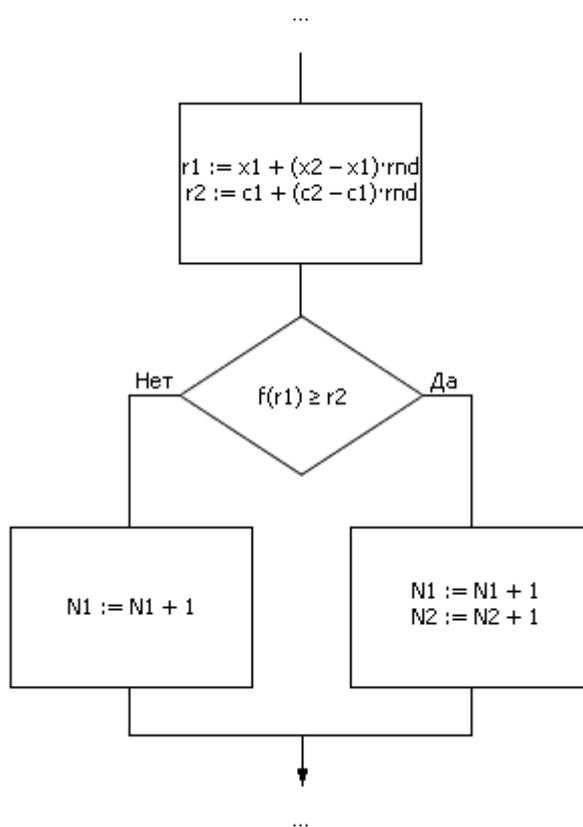


Рис.2

Значения r_1 и r_2 являются равномерно распределенными случайными числами из интервалов $(x_1; x_2)$ и $(c_1; c_2)$ соответственно.

Метод Монте-Карло чрезвычайно эффективен, прост, но необходим «хороший» генератор случайных чисел. Вторая проблема применения метода заключается в определении объема выборки, то есть количества точек, необходимых для обеспечения решения с заданной точностью. Эксперименты показывают: чтобы увеличить точность в 10 раз, объем выборки нужно увеличить в 100 раз; то есть точность примерно пропорциональна корню квадратному из объема выборки:

$$\text{точность} \cong \sqrt{\text{объем выборки}}$$

Форма отчетности: Выполнить задание в тетради и использовать его при подготовке к зачету и контрольной работы

Задания для самостоятельной работы:

1. Определите методом Монте-Карло площадь пятиугольника с координатами углов $(0, 0)$, $(0, 10)$, $(5, 20)$, $(10, 10)$, $(7, 0)$.

2. Вычислить вероятность того, что событие, имеющее вероятность $p = 0.5$, в $n = 10$ испытаниях произойдет $m = 1$ раз. Имеем: $C_{10}^1 = 10$, и далее: $P_1 = 10 \cdot 0.5^1 \cdot (1 - 0.5)^{10-1} = 10 \cdot 0.5^{10} = 0.0098$. Как видим, вероятность наступления этого события достаточно мала. Объясняется это, во-первых, тем, что абсолютно не ясно, произойдет ли событие или нет, поскольку вероятность равна 0.5 и шансы здесь «50 на 50»; а во-вторых, требуется исчислить то, что событие произойдет именно один раз (не больше и не меньше) из десяти

3. Построить разностную схему и разностные уравнения. Написать алгоритм решения дифференциальных уравнений (6.14) Составить программу согласно алгоритму. Выходные данные представить в графической форме. Рекомендуется использовать графический пакет ORIGIN. Провести вычислительные эксперименты разделения изотопов при следующих параметрах: масса изотопов лежат в пределах $m = (20-24)$ а. е. м. Вдоль оси Z приложено магнитное поле $B = 10^{-2}$ Тл. Заряд изотопов равна $q = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Скорость вылета частиц из точки O с $m / 1000 = v$ Построить траектории движения частиц в координатах X и Y.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;
2. Изучить теоретические сведения, полученные на лекции;
3. Ознакомиться с примерами решения подобных задач в учебной литературе;
4. Выполнить задание в тетради.

Основная литература

1. Советов, Б. Я. Моделирование систем: учебник для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 7-е изд. - Москва: Юрайт, 2013. - 343 с.
2. Барботько, А. И. Основы теории математического моделирования: учеб. пособие для вузов / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол: ТНТ, 2015(и предыдущие издания). - 212 с.

Дополнительная литература

1. Введение в Моделирование в математических пакетах [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]; ред. П. В. Трусков. - Москва: Университетская книга; Логос, 2007. (и предыдущие издания) – 440; То же [Электронный ресурс].

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие виды математических моделей Вы знаете?
2. Дайте определение целевой функции.
3. Что такое платежная матрица?

Лабораторная работа №1

Принципы моделирования механических систем

Цель работы: Изучить построение алгоритмических моделей. Научиться программно реализовывать алгоритмы решения некоторых задач моделирования.

Теоретические сведения

Если объект характеризуется некоторым параметром, различным по своему значению в разных точках объекта, то можно сказать, что значения такого параметра распределены (по объекту). Если таких параметров несколько, то объект рассматривается как система с распределенными параметрами. Для осуществления расчетов систему в таком случае удобно разбить на элементарные объемы (слои). Покажем это на примере.

Допустим, что материал представляет собой кучу сырья, над которой установлен нагреватель. В процессе сушки тепло неравномерно проникает в глубину кучи, и в различных слоях материал имеет различную температуру. То есть в данном примере можно сказать, что параметр температуры распределен по объекту «куча»..

. Особенностью алгоритма является то, что он содержит в дополнение к циклу по времени (см. алгоритм на рис. 10.5) вложенный цикл по номеру слоя. Действительно, на каждом такте необходимо отдельно просчитать изменения в каждом из слоев «кучи». Распределенность объекта (введение дополнительной координаты) имитируется дополнительным циклическим блоком.

Опять следует обратить внимание на то, что цикл расчета производных и цикл расчета нового состояния системы отделены друг от друга во избежание появления «эффекта гонок».

Итак, инструментом моделирования распределенных систем являются вложенные циклы, по крайней мере, двойные — внутри цикла «по времени» содержится цикл «по пространству».

Модель может выглядеть по-разному — в зависимости от платформы, на которой она реализуется. Выше был разобран пример, показывающий алгоритмический способ описания расчета поведения распределенной системы, использующий язык и архитектуру фон неймановской машины

Представьте, что мы используем для моделирования структуру не фон неймановской машины (см. лекцию 02 ИИ), которая состоит из МНОЖЕСТВА элементарных одинаковых вычислительных элементов, соединенных между собой в сеть. При такой архитектуре элементы существуют одновременно, то есть параллельно синхронно во времени и в конце каждого такта обмениваются выходными (входными) сигналами между собой, соседями по сети. Такая парадигма вычислительной платформы имитирует более адекватно окружающий нас мир.

Используя машину фон Неймана, архитектуру с общей шиной (звезду), мы тем самым организуем процесс вычислений алгоритмически, представляя его как последовательность шагов. Сам алгоритм выполняется на одном и том же ресурсе — единственном процессоре, который через шину (центральный узел звезды) запрашивает шаг за шагом память по поводу состояния каждого из рассчитываемых им элементов. Центральный узел (шина), таким образом, является узким местом. Процессор обрабатывает такт за тактом каждый элемент имитируемой системы, ко

В окружающем нас мире, который мы пытаемся имитировать, в действительности сущности автономны, живут как бы сами по себе параллельно во времени, проявляя свои свойства посредством взаимодействия с соседями по пространству.

Поставим во взаимно однозначное соответствие элементарные сущности имитируемого сложного объекта из реального мира элементарным вычислителям — каждый вычислительный элемент будет имитировать одну определенную сущность (см. рис. 17.5, а). Для этого в вычислительном элементе запишем закон функционирования именно той сущности, которую он будет имитировать

Для нашей задачи расчета теплопроводности запись закона изменения температуры для элементарного объема будет иметь следующий вид:

$$s := s + (a_l \cdot (s_l - s) + a_r \cdot (s_r - s) + a_u \cdot (s_u - s) + a_b \cdot (s_n - s)) \cdot dt.$$

Каждый элемент вычислительной сети производит одну и ту же, причем, единственную, операцию, реализует одну и ту же модель, причем, элементарную. Это особенность параллельных структур.

Далее свяжем вычислительные элементы связями так же, как контактируют между собой элементы реального мира.

Тогда элемент будет передавать сведения о своей температуре s левому элементу в его переменную sl , правому элементу — в его переменную sl , верхнему элементу — в его переменную sb , нижнему от него элементу — в его переменную st (см. рис. 17.5, б). at , ar , al , ab — коэффициенты теплопроводности в соответствующих направлениях. Переменная s изменяется на величину подходящих с этих направлений тепловых потоков за такт времени dt : $s := s + (...) \cdot dt$. Установив, таким образом, связи всех элементов, мы получим подобие вычислительной сети реальному распределенному объекту.

Обратите внимание, алгоритм, показанный нами на рис. 17.2, исчезает, уступая место модели. В записи модели ничто не напоминает нам о специфике среды реализации. Здесь нет алгоритмических структур, соответственно и нет необходимости в посторонних по отношению к имитируемому объекту конструкциях (`if`, `while` и т.п.). Это происходит за счет того, что мы используем более полное подобие имитируемой системы платформе, на которой производится ее моделирование. При использовании фон неймановской структуры мы вынуждены осуществлять особый дополнительный перевод с языка объекта на язык машины (процедура алгоритмизации), не имеющий отношения к реальному объекту, но имеющий отношение к среде реализации. Поэтому надо стараться уделять внимание АДЕКВАТНОСТИ платформы (архитектуры, языка описания), на которой производится моделирование, реальному устройству окружающего нас мира. Стараться установить наибольшее ПОДОБИЕ между ними еще на стадии разработки.

Итак, есть две принципиально разные вычислительные архитектуры — фон неймановская и не фон неймановская (обе предложены фон Нейманом):

фон неймановская — последовательная машина, удобная для описания процессов, последовательностей, развертывающихся во времени, и использующая нотацию алгоритмов, задач. Это централизованная система, реализующаяся по схеме «звезда»;

не фон неймановская — параллельная машина, удобная для описания сущностей, использующая нотацию объектов, моделей. Это децентрализованная архитектура, реализующая схему «сеть».

Пример. Промоделируем теплопроводность дома из двух комнат, соединенных между собой дверями. В системе учтем возможность сообщения комнат с окружающей средой через окна и входную дверь.

Обратите внимание, в первом случае мы рассматриваем комнату как одно целое. Дом представляет собой сосредоточенную систему из двух элементов, на которые действует окружающая среда и дополнительные (внешние) источники нагрева (батареи). В данном случае разработчик проекта предполагает температуру в разных местах одной комнаты единой.

В модели 2 проектировщик усложнил проект, установив в него дополнительные компоненты интерфейса для удобства использования. Мы видим процесс формализации в развитии. На модель накладывается интерфейс, важным здесь является то, что он в данной нотации отделен от модели. Мы можем легко заменять отдельные элементы интерфейса независимо друг от друга.

Если мы хотим уточнить модель, считая, что температуры в разных углах комнаты могут быть разными, что в действительности именно так, то нам придется разбить комнаты на более мелкие элементы, организовать их описание и установить между ними связи. Имитация станет более точной, поэтому в модели 3 вы можете уже исследовать более тонкие эффекты — попробуйте открывать и закрывать окна и двери, менять температуры отопительных приборов и окружающей среды и посмотрите на результат

при различных условиях и внешних воздействиях

Примечание. Справедливости ради, следует отметить, что, несмотря на то, что вы видите элементы вычислительной сети, имитируете вы в конечном итоге на последовательной машине (машине процессов, алгоритмической машине) за неимением в настоящий момент у вас не фон неймановской машины. Компенсирует (маскирует) сложности алгоритмического способа мышления среда моделирования Stratum-2000, которая имитирует работу параллельной объектно-ориентированной машины на фон неймановской структуре. Но при наличии у вас не фон неймановской машины вы бы без каких-либо изменений перенесли бы в автоматическом режиме проект на сеть вычислителей. Такой перенос принято называть отражением объекта в имитационную среду.

Задание:

В бак наливаются две разные жидкости. Имеется отверстие для слива в нижней части бака и отверстие для аварийного слива сбоку. Цель имитации — анализ поведения системы. Для этого обсудим уравнения, моделирующие динамику поведения системы

Обозначим: P — расход жидкости [л/час], C — концентрация [кг/м³], S — площадь [м²], V — объем жидкости [м³]. Обозначим концентрации входных потоков как C_1 и C_2 . Оба потока смешиваются в баке, в результате чего образуется жидкость с некоторой средней концентрацией C . Естественно, через выходные отверстия будет сливаться жидкость именно с концентрацией C . Тогда: $dC/dt = (P_1 \cdot C_1 + P_2 \cdot C_2 - P_3 \cdot C - P_4 \cdot C)/V$.

Изменение концентрации зависит от соотношения расхода жидкости (поступающей и удаляемой из бака) и концентрации соответствующих потоков: $dV/dt = P_1 + P_2 - P_3 - P_4$.

Изменение объема жидкости в баке зависит от соотношения расхода жидкости (поступающей и удаляемой из бака) соответствующих потоков: $H = V/S$.

Высота жидкости в баке зависит от объема и площади бака: $P_3 = a \cdot H$.

Расход жидкости через сливное отверстие в дне бака зависит от столба жидкости — чем больше столб жидкости, тем сильнее он давит на нижние ее слои и тем быстрее жидкость выливается из бака (здесь a — коэффициент пропорциональности).

Чтобы учесть влияние на работу системы аварийного клапана, заметим, что если высота H жидкости в баке превысит уровень H_1 , то жидкость начнет переливаться через отверстие аварийного слива сбоку, иначе расхода жидкости через данное отверстие нет. Математически этот факт можно выразить следующей системой:

. Обратите внимание: по сравнению с прежними реализациями появился блок условия IF — с помощью него подключается один или другой вариант записи уравнения. Изменение структуры имитируется условным блоком.

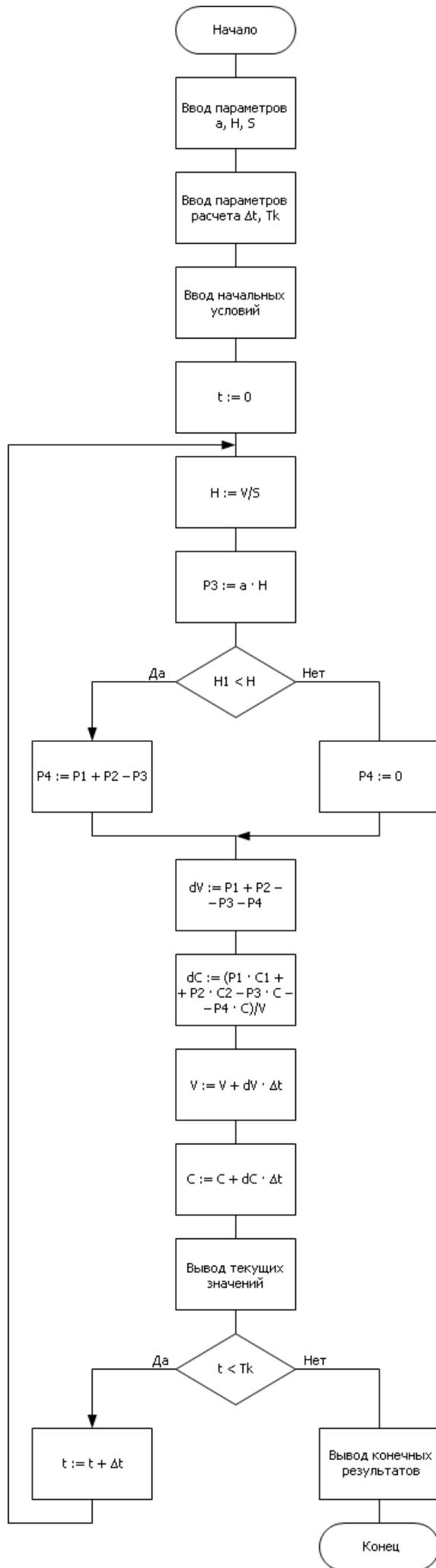


Рис. 1. Блок-схема алгоритмической реализации структурно-перестраиваемой модели

$$dC/dt = (P1 \cdot C1 + P2 \cdot C2 - a \cdot H \cdot C - C \cdot (P1 + P2 - a \cdot H) \cdot ed(H - H1))/V$$

$$dV/dt = P1 + P2 - a \cdot H - (P1 + P2 - a \cdot H) \cdot ed(H - H1)$$

$$H = V/S$$

$$dt/dt = 1$$

stop($\sim t \geq Tk$)

требуется решить уравнение $y' = f(x, y, t)$. Идея уточненного метода Эйлера состоит в том, что производную вычисляют не в i -ой точке, а между двумя соседними точками: i и $i + 1$. Данная процедура состоит из следующих шагов:

в точке i вычисляют значение производной:

$$f(x_i, y_i, t);$$

делают пол-шага и вычисляют значение функции на середине отрезка:

$$y_i + 1/2 = y_i + f(x_i, y_i, t) \cdot \Delta t/2;$$

в точке $i + 1/2$ вычисляют производную:

$$f(x_i + 1/2, y_i + 1/2, t + \Delta t/2);$$

делается полный шаг из точки i в точку $i + 1$ по значению уточненной производной:

$$y_i + 1 = y_i + f(x_i + 1/2, y_i + 1/2, t + \Delta t/2) \cdot \Delta t;$$

значение t увеличивается: $t := t + \Delta t$. Вся процедура повторяется сначала.

Данный метод обладает точностью $O_2(h)$, то есть на порядок выше, чем метод Эйлера, при увеличении числа вычислений всего в 2 раза.

Форма отчетности:

В печатном виде.

Задания для самостоятельной работы:

Разработать программу, решающую следующую задачу.

- 1. Самолет находится на высоте 5000 метров. Обнаружилась неисправность работы двигателя. Самолет начал падать. Бортовой компьютер производит диагностику неисправности и сообщает пилоту о необходимых действиях. Для решения этой задачи ему нужно выполнить 10^8 вычислительных операций. Быстродействие компьютера — 1 млн оп/сек. Успеет ли летчик спасти самолет, если минимальная высота, на которой самолет можно вывести из пике, — 2000 метров?

2. Исследовать временные характеристики системы автоматического управления с помощью визуального моделирования : а) собрать схему снять переходную характеристику ; б) отыскать параметры схемы , обеспечивающие показатели ПХ : $.2.0\%, 20 \text{ } \dot{n}t \delta \leq \sigma$ 2 Исследовать частотные характеристики системы автоматического управления с помощью функции tf : а) снять амплитудно - фазовую и частотные характеристики . Построить дискретную математическую модель (ММ) динамической системы , описываемой передаточной функцией в разомкнутом состоянии $1()()() (1 1 pTr K p ru pW + == \epsilon$, где $.5.0; 1 2 1 1 cT c K ==$ а) выполнить структурную идентификацию ; б) выполнить параметрическую идентификацию ; в) исследовать временные свойства модели в зависимости от периода дискретизации .

3. Осуществить алгоритмизацию математической модели системы : а) алгоритмизация математического описания (преобразование дискретной передаточной функции в рекуррентное соотношение); б) составление программы численного расчета переходного процесса .

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

1. Ознакомиться с заданием;

2. Изучить теоретические сведения, полученные на лекции;
3. Ознакомиться с примерами решения подобных задач в учебной литературе;
4. Выполнить задание в тетради.

Основная литература

1. Барботько, А. И. Основы теории математического моделирования : учеб. пособие для вузов / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин . - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2015. - 212 с

Дополнительная литература

1. Введение в Моделирование в математических пакетах [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.] ; ред. П. В. Трусков. - Москва : Университетская книга; Логос, 2007. (и предыдущие издания) – 440; То же [Электронный ресурс].

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дайте определение биматричной игры.
2. В чем, на Ваш взгляд, состоит основная сложность биматричной игры?
3. Какая теорема отвечает на вопрос о существовании равновесной ситуации в биматричной игре? Приведите ее формулировку.
4. Каким соотношением определяется ситуация равновесия в биматричной игре?
5. Могут ли функции выигрышей игроков достигать максимума одновременно?

Лабораторная работа №2

Построение имитационных моделей

Цель работы: Изучить алгоритмы генерации случайных чисел.

Научиться применять методы Монте-Карло для моделирования различных процессов.

Изучить модели систем массового обслуживания.

Теоретические сведения

Большой класс систем, которые сложно изучить аналитическими способами, но которые хорошо изучаются методами статистического моделирования, сводится к системам массового обслуживания (СМО).

В СМО подразумевается, что есть типовые пути (каналы обслуживания), через которые в процессе обработки проходят заявки. Принято говорить, что заявки обслуживаются каналами. Каналы могут быть разными по назначению, характеристикам, они могут сочетаться в разных комбинациях; заявки могут находиться в очередях и ожидать обслуживания. Часть заявок может быть обслужена каналами, а части могут отказать в этом. Важно, что заявки, с точки зрения системы, абстрактны: это то, что желает обслужиться, то есть пройти определенный путь в системе. Каналы являются также абстракцией: это то, что обслуживает заявки.

Заявки могут приходить неравномерно, каналы могут обслуживать разные заявки за разное время и так далее, количество заявок всегда весьма велико. Все это делает такие системы сложными для изучения и управления, и проследить все причинно-следственные связи в них не представляется возможным. Поэтому принято представление о том, что обслуживание в сложных системах носит случайный характер.

Примерами СМО (см. табл. 30.1) могут служить: автобусный маршрут и перевозка пассажиров; производственный конвейер по обработке деталей; влетающая на чужую территорию эскадрилья самолетов, которая «обслуживается» зенитками ПВО; ствол и рожок автомата, которые «обслуживают» патроны; электрические заряды, перемещающиеся в некотором устройстве и т. д. Таблица 30.1.

Примеры систем массового обслуживания

СМО Заявки Каналы

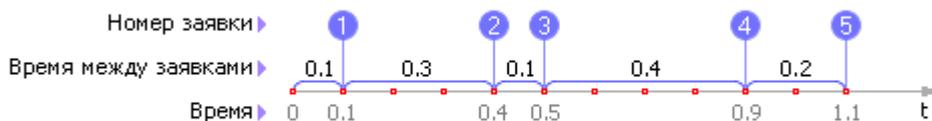
Автобусный маршрут и перевозка пассажиров Пассажиры Автобусы

Производственный конвейер по обработке деталей Детали, узлы Станки, склады

Влетающая на чужую территорию эскадрилья самолетов,
 которая «обслуживается» зенитками ПВО Самолеты Зенитные орудия, радары,
 стрелки, снаряды
 Ствол и рожок автомата, которые «обслуживают» патроны Патроны
 Ствол, рожок
 Электрические заряды, перемещающиеся в некотором устройстве Заряды
 Каскады технического
 устройства

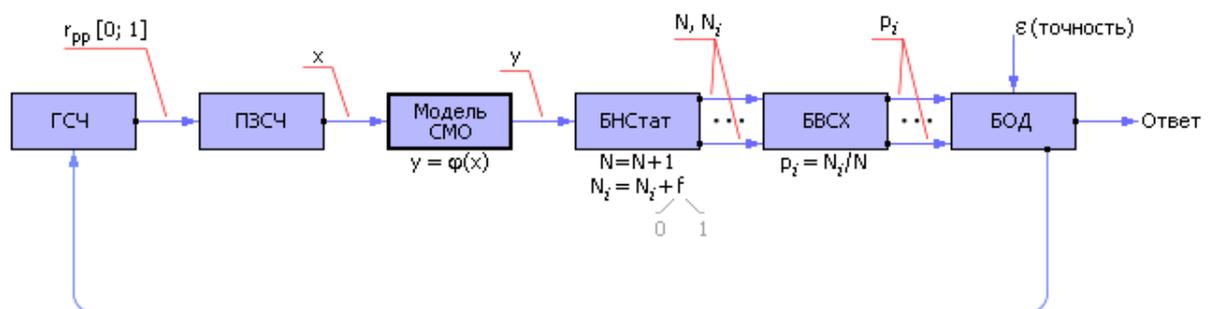
Но все эти системы объединены в один класс СМО, поскольку подход к их изучению един. Он состоит в том, что, во-первых, с помощью генератора случайных чисел разыгрываются случайные числа, которые имитируют СЛУЧАЙНЫЕ моменты появления заявок и время их обслуживания в каналах. Но в совокупности эти случайные числа, конечно, подчинены статистическим закономерностям.

К примеру, пусть сказано: «заявки в среднем приходят в количестве 5 штук в час». Это означает, что времена между приходом двух соседних заявок случайны, например: 0.1; 0.3; 0.1; 0.4; 0.2, как это показано на рис. 30.1, но в сумме они дают в среднем 1 (обратите внимание, что в примере это не точно 1, а 1.1 — но зато в другой час эта сумма, например, может быть равной 0.9); и только за достаточно большое время среднее этих чисел станет близким к одному часу.



Результат (например, пропускная способность системы), конечно, тоже будет случайной величиной на отдельных промежутках времени. Но измеренная на большом промежутке времени, эта величина будет уже, в среднем, соответствовать точному решению. То есть для характеристики СМО интересуются ответами в статистическом смысле.

Итак, систему испытывают случайными входными сигналами, подчиненными заданному статистическому закону, а в качестве результата принимают статистические показатели, усредненные по времени рассмотрения или по количеству опытов.



ГСЧ — генератор случайных чисел.
 ПЗСЧ — преобразователь закона случайных чисел.
 БНСтат — блок накопления статистики.
 БВСХ — блок вычисления статистических характеристик.
 БОД — блок оценки достоверности.

Задание :

Пусть имеется два магазина. В магазине № 1 обслуживание осуществляется в порядке очереди, то есть здесь реализована дисциплина обслуживания FIFO

Время обслуживания тобслуж. показывает, сколько времени продавец затратит на обслуживание одного покупателя. Понятно, что при покупке штучного товара продавец затратит меньше времени на обслуживание, чем при покупке, скажем, сыпучих продуктов, требующих дополнительных манипуляций (набрать, взвесить, высчитать цену и т. п). Время ожидания тожид. показывает, через какое время очередной покупатель будет обслужен продавцом.

В магазине № 2 реализована дисциплина SF (, означающая, что штучный товар можно купить вне очереди, так как время обслуживания тобслуж. такой покупки невелико

удить о результатах работы СМО можно по показателям. Наиболее популярные из них:

вероятность обслуживания клиента системой;

пропускная способность системы;

вероятность отказа клиенту в обслуживании;

вероятность занятости каждого из канала и всех вместе;

среднее время занятости каждого канала;

вероятность занятости всех каналов;

среднее количество занятых каналов;

вероятность простоя каждого канала;

вероятность простоя всей системы;

среднее количество заявок, стоящих в очереди;

среднее время ожидания заявки в очереди;

среднее время обслуживания заявки;

среднее время нахождения заявки в системе.

Судить о качестве полученной системы нужно по совокупности значений показателей. При анализе результатов моделирования (показателей) важно также обращать внимание на интересы клиента и интересы владельца системы, то есть минимизировать или максимизировать надо тот или иной показатель, а также на степень их выполнения.

Заметим, что чаще всего интересы клиента и владельца между собой не совпадают или совпадают не всегда. Показатели будем обозначать далее $H = \{h_1, h_2, \dots\}$.

Параметрами СМО могут быть: интенсивность потока заявок, интенсивность потока обслуживания, среднее время, в течение которого заявка готова ожидать обслуживания в очереди, количество каналов обслуживания, дисциплина обслуживания и так далее.

Параметры — это то, что влияет на показатели системы. Параметры будем обозначать далее как $R = \{r_1, r_2, \dots\}$.

Пример. Автозаправочная станция (АЗС).

1. Постановка задачи. На рис. 30.5 приведен план АЗС. Рассмотрим метод моделирования СМО на ее примере и план ее исследования. Водители, проезжая по дороге мимо АЗС по дороге, могут захотеть заправить свой автомобиль. Хотя обслуживаться (заправить машину бензином) не все автомобилисты подряд; допустим, что из всего потока машин на заправку в среднем заезжает 5 машин в час.

Рис. 30.5. План моделируемой АЗС

На АЗС две одинаковые колонки, статистическая производительность каждой из

которых известна. Первая колонка в среднем обслуживает 1 машину в час, вторая в среднем — 3 машины в час. Владелец АЗС заасфальтировал для машин место, где они могут ожидать обслуживания. Если колонки заняты, то на этом месте могут ожидать обслуживания другие машины, но не более двух одновременно. Очередь будем считать общей. Как только одна из колонок освободится, то первая машина из очереди может занять ее место на колонке (при этом вторая машина продвигается на первое место в очереди). Если появляется третья машина, а все места (их два) в очереди заняты, то ей отказывают в обслуживании, так как стоять на дороге запрещено (см. дорожные знаки около АЗС). Такая машина уезжает прочь из системы навсегда и как потенциальный клиент является потерянной для владельца АЗС. Можно усложнить задачу, рассмотрев кассу (еще один канал обслуживания, куда надо попасть после обслуживания в одной из колонок) и очередь к ней и так далее. Но в простейшем варианте очевидно, что пути движения потоков заявок по СМО можно изобразить в виде эквивалентной схемы, а добавив значения и обозначения характеристик каждого элемента СМО, получаем окончательно схему, изображенную на рис. 30.6.

Рис. 30.6. Эквивалентная схема объекта моделирования

2. Метод исследования СМО. Применим в нашем примере принцип последовательной проводки заявок (подробно о принципах моделирования см. лекцию 32). Его идея заключается в том, что заявку проводят через всю систему от входа до выхода, и только после этого берутся за моделирование следующей заявки.

Для наглядности построим временную диаграмму работы СМО, отражая на каждой линейке (ось времени t) состояние отдельного элемента системы. Временных линеек проводится столько, сколько имеется различных мест в СМО, потоков. В нашем примере их 7 (поток заявок, поток ожидания на первом месте в очереди, поток ожидания на втором месте в очереди, поток обслуживания в канале 1, поток обслуживания в канале 2, поток обслуженных системой заявок, поток отказанных заявок).

Для генерации времени прихода заявок используем формулу вычисления интервала между моментами прихода двух случайных событий (см. лекцию 28):

В этой формуле величина потока λ должна быть задана (до этого она должна быть определена экспериментально на объекте как статистическое среднее), r — случайное равномерно распределенное число от 0 до 1 из ГСЧ или таблицы, в которой случайные числа нужно брать подряд (не выбирая специально).

Задача. Сгенерируйте поток из 10 случайных событий с интенсивностью появления событий 5 шт/час.

Решение задачи. Возьмем случайные числа, равномерно распределенные в интервале от 0 до 1 (см. таблицу), и вычислим их натуральные логарифмы (см. табл. 30.2). Таблица 30.2.

Фрагмент таблицы случайных

чисел и их логарифмов

$rpp[0; 1]$ $\ln(rpp[0; 1])$

0.0333 -3.4022

0.3557 -1.0337

0.2172 -1.5269

0.5370 -0.6218

Формула пуассоновского потока определяет расстояние между двумя случайными событиями следующим образом: $t = -\ln(rpp)/\lambda$. Тогда, учитывая, что $\lambda = 5$, имеем расстояния между двумя случайными соседними событиями: 0.68, 0.21, 0.31, 0.12 часа. То есть события наступают: первое — в момент времени $t = 0$, второе — в момент времени $t = 0.68$, третье — в момент времени $t = 0.89$, четвертое — в момент времени $t = 1.20$, пятое — в момент времени $t = 1.32$ и так далее. События — приход заявок отразим на первой линейке

Форма отчетности

В электронном виде.

Задания для самостоятельной работы:

- 1 Установить методом имитационного моделирования выходные параметры источника заявок (обслуживаний), интервал τ между которыми распределен по экспоненциальному закону $f(\tau) = \lambda e^{-\lambda \tau}$ ($N_{0 \text{ var } 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11 \ \lambda \text{ мин } / 1 \ 0,2 \ 0,4 \ 0,5 \ 0,8 \ 1,5 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 10 \ 20$ Выявить зависимости $\{ \}$), (пор вых $UfTn = \lambda$, при $const = \lambda$; $\{ \}$), ($\lambda \lambda fTn \text{ вых} =$, при \cdot). Смоделировать поток из 100 заявок и более. $const U \text{ пор} =$
 - 2 Определить методом ИМ основные параметры одноканальной СМО с потерями: $обс$ и $потобс$ $KPP \ \tau \ \lambda \ ; ; ; ;$, если в нее поступают простейшие потоки: заявок с интенсивностью λ и обслуживаний с интенсивностью μ , причем $\mu \lambda =$. Выявить вид зависимости ($\mu f = K u$, при $const = \lambda$).
 - 3 Составить моделирующий алгоритм и программу, имитирующую одноканальную СМО с потерями.
2. Установить методом имитационного моделирования основные характеристики ($об \ t$, $об \ n$, $оч \ n$, k , $об \ p$) трехканальной СМО, если в нее поступает случайный поток заявок с интервалом τ между ними распределенным по закону $f(\tau) = 0,8e^{-0,8\tau}$, время обслуживания заявок каналом также случайное и распределено по закону $f(t) = 0,4e^{-0,4t}$.
3. Определить методом ИМ основные характеристики ($об \ n$, $отк \ n$, $отк \ p$, $зк \ N$) двухфазной СМО при условии что в нее поступает пуассоновский поток заявок. Время между заявками τ распределено по показательному закону $f(t) = 4e^{-4t}$. Длительность обслуживания каждой заявки – 1 мин. Провести 6 прогонов модели. Модельное время выбрать исходя из обслуживания 100 заявок.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

1. Ознакомиться с заданием;
2. Изучить теоретические сведения, полученные на лекции;
3. Ознакомиться с примерами решения подобных задач в учебной литературе;
4. Выполнить задание в тетради.

Основная литература

1. Советов, Б. Я. Моделирование систем: учебник для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 7-е изд. - Москва: Юрайт, 2013..

Дополнительная литература

1. Введение в Моделирование в математических пакетах [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]; ред. П. В. Трусов. - Москва: Университетская книга; Логос, 2007. (и предыдущие издания) – 440; То же [Электронный ресурс].

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие Вам известны алгоритмы генерации случайных чисел?
2. Напишите формулу перехода от равномерного распределения к показательному.
3. По каким критериям производится проверка качества сгенерированной равномерной последовательности?
4. Что такое математическое ожидание?
5. Что такое дисперсия?

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7;
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security
4. FreeMat
5. Maxima

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Лекционная аудитория	-	-
ЛР	Лаборатория технических средств защиты информации	Персональные компьютеры i5-2500/H67/4Gb/500Gb (монитор TFT19 Samsung E1920NR); интерактивная доска Smart Board X885ix со встроенным проектором UX60	№ 1-2
ПЗ	Лаборатория технических средств защиты информации	Персональные компьютеры i5-2500/H67/4Gb/500Gb (монитор TFT19 Samsung E1920NR); интерактивная доска Smart Board X885ix со встроенным проектором UX60	№ 1-2
СР	ЧЗ1	Оборудование 10 ПК i5-2500/H67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания	1.1. Обзор макетов математического моделирования	Индивидуальное задание, экзаменационный вопрос
ОПК-2	Способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии		1.2. Линейные и нелинейные модели	Индивидуальное задание, экзаменационный вопрос
ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат		1.3. Пакеты структурного моделирования	Индивидуальное задание, экзаменационный вопрос
			1.4. Моделирование систем со случайными параметрами	Индивидуальное задание, экзаменационный вопрос

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	1.1. 1.Сущность компьютерного моделирования, его цели и задачи.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.2. Этапы компьютерного моделирования.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.3. Требования к компьютерным моделям.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.4. Виды компьютерных моделей, их классификация. Области применения компьютерных моделей.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
2.	ОПК-2	Способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	1.5. Моделирование нелинейных волновых явлений.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.6. Распространение колебаний в цепочке связанных осцилляторов с нелинейной силой	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.7. Моделирование распространения электромагнитных волн в различных средах.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
3.	ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	1.8. Моделирование систем, состоящих из большого числа частиц.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.9. Алгоритмы численного интегрирования уравнений движения	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.10. Моделирование процессов теплопроводности методами молекулярной динамики.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.11. Моделирование статистических систем.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания
			1.12. Виды неопределенностей. Законы	1. Компьютерное моделирование как

			распределения случайных чисел. Датчики случайных чисел.	метод научного познания
			1.13. Определение метода Монте-Карло. Схема метода. Применение метода Монте-Карло для вычисления определенного интеграла.	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-1): -основные понятия прикладной математики и информатики, законы естественных наук, применяемые при моделировании, способы построения математических моделей;</p> <p>(ОПК-2): -современные источники информации, технологии, применяемые в образовании;</p> <p>(ПК-2): - основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки.</p> <p>Уметь (ОПК-1): - формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей;</p> <p>(ОПК-2): - приобретать новые научные и профессиональные знания;</p> <p>(ПК-2):</p>	<p>отлично</p>	<p>Демонстрирует все показатели компетенций на высоком уровне, а именно:</p> <p>-знает основные понятия прикладной математики и информатики, законы естественных наук, применяемые при моделировании, способы построения математических моделей;</p> <p>-знает современные источники информации, технологии, применяемые в образовании;</p> <p>-знает основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки;</p> <p>-умеет формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей;</p> <p>-умеет приобретать новые научные и профессиональные знания;</p> <p>-умеет понимать и применять математический аппарат для построения и анализа моделей реальных объектов, ситуаций и систем;</p> <p>-владеет методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации;</p> <p>-владеет навыками применения аппарата математики и информатики для решения прикладных задач;</p> <p>-владеет методами и приемами описания реальных объектов и ситуаций на языке математики</p>
	<p>хорошо</p>	<p>Демонстрирует освоенность не менее 7 показателей компетенций:</p> <p>-знает основные понятия прикладной математики и информатики, законы естественных наук, применяемые при моделировании, способы построения</p>

<p>- понимать и применять математический аппарат для построения и анализа моделей реальных объектов, ситуаций и систем.</p> <p>Владеть (ОПК-1):</p> <p>- навыками применения аппарата математики и информатики для решения прикладных задач;</p> <p>(ОПК-2):</p> <p>- методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации;</p> <p>(ПК-2):</p> <p>- методами и приемами описания реальных объектов и ситуаций на языке математики.</p>		<p>математических моделей;</p> <p>-знает современные источники информации, технологии, применяемые в образовании;</p> <p>-знает основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки;</p> <p>-умеет формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей;</p> <p>-умеет приобретать новые научные и профессиональные знания;</p> <p>-умеет понимать и применять математический аппарат для построения и анализа моделей реальных объектов, ситуаций и систем;</p> <p>-владеет методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации;.</p>
	<p>удовлетворительно</p>	<p>Демонстрирует освоение не менее 5 параметров компетенций на достаточном уровне:</p> <p>-знает основные понятия прикладной математики и информатики, законы естественных наук, применяемые при моделировании, способы построения математических моделей;</p> <p>-знает современные источники информации, технологии, применяемые в образовании;</p> <p>-знает основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки;</p> <p>-умеет формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей;</p> <p>-умеет приобретать новые научные и профессиональные знания.</p>
	<p>неудовлетворительно</p>	<p>Освоение менее, чем 5 параметров компетенций.</p>

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Моделирование в математических пакетах направлена на ознакомление обучающихся с основными понятиями и классами задач из области принятия решений, методами принятия решений в условиях полной информации, методами решения задач в условиях риска, методы решения задач принятия решений в условиях неопределенности и конфликта, ориентированна на получение теоретических знаний и практических навыков

решения проблем из различных областей знания, а также осуществления поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и представления ее в соответствующем виде и для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины Моделирование в математических пакетах предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- самостоятельную работу

Для фиксации успешности обучения предусматривается экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Компьютерное моделирование как метод научного познания» обучающиеся должны изучить принципы использования математических пакетов моделирования для моделирования различных явлений и систем, способы обращения к компонентам системы, научиться получать информацию о процессах в системе.

Обучающимся необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для разработки и реализации профессионально ориентированных проектов в последующей учебной деятельности.

Овладение ключевыми понятиями является основой усвоения учебного материала по дисциплине.

При подготовке к экзамену особое внимание необходимо уделить рекомендациям и замечаниям преподавателей, ведущих аудиторные занятия по дисциплине

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков применения различных методов решения стандартных математических ситуаций.

Самостоятельную работу необходимо начинать с чтения лекций и учебников.

В процессе консультации с преподавателем обучающийся выясняет наличие пробелов в знаниях и способах решения разных ситуаций.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в виде разнообразных тренингов и ситуаций общения в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Моделирование в математических пакетах

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: ознакомление обучающихся с принципами построения математических моделей различных систем, математическими основами анализа моделей, привить практические навыки использования программного обеспечения для разработки и использования различных математических моделей.

Задачами дисциплины являются

- о получение знаний в области технологий современного компьютерного моделирования;
- обучение приемам и методам построения математических моделей;
- знакомство с классическими моделями и алгоритмами, используемыми при компьютерном моделировании различных видов процессов.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк.- 17 час., ЛР- 17 час., ПЗ-17 час., СР - 57 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, 4 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1 – Компьютерное моделирование как метод научного познания.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.

ОПК-2 Способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

ПК-2 Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

**Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год**

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20 ____ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	1. Компьютерное моделирование как метод научного познания	1.1. Обзор макетов математического моделирования	ЛР 1
ОПК-2	Способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии		1.2. Линейные и нелинейные модели	ЛР 1
ПК-2	Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат		1.3. Пакеты структурного моделирования	ЛР 2
			1.4. Моделирование систем со случайными параметрами	ЛР 2

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
Знать <i>(ОПК-1):</i> -основные понятия прикладной математики и информатики, законы естественных наук, применяемые при моделировании, способы построения математических моделей; <i>(ОПК-2):</i> -современные источники информации, технологии, применяемые в образовании;	отлично	-знает основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки; -знает основные понятия прикладной математики и информатики, законы естественных наук, применяемые при моделировании, способы построения математических моделей; применяемые в образовании; -умеет формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей; -умеет приобретать новые научные и профессиональные знания; -умеет понимать и применять математический аппарат для построения и анализа моделей реальных объектов, ситуаций и

<p>(ПК-2): - основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки.</p> <p>Уметь (ОПК-1): - формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей;</p> <p>(ОПК-2): - приобретать новые научные и профессиональные знания;</p> <p>(ПК-2): - понимать и применять математический аппарат для построения и анализа моделей реальных объектов, ситуаций и систем.</p> <p>Владеть (ОПК-1): - навыками применения аппарата математики и информатики для решения прикладных задач;</p> <p>(ОПК-2): - методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации;</p> <p>(ПК-2): - методами и приемами описания реальных объектов и ситуаций на языке математики.</p>		<p>систем;</p> <p>-владеет методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации;</p> <p>-владеет навыками применения аппарата математики и информатики для решения прикладных задач;</p> <p>-владеет методами и приемами описания реальных объектов и ситуаций на языке математики</p>
	хорошо	<p>-знает современные источники информации, технологии, применяемые в образовании;</p> <p>-знает основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки;</p> <p>-умеет формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей;</p> <p>-умеет приобретать новые научные и профессиональные знания;</p> <p>-умеет понимать и применять математический аппарат для построения и анализа моделей реальных объектов, ситуаций и систем;</p> <p>-владеет методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации;.</p>
	удовлетворительно	<p>Демонстрирует освоение не менее 5 параметров компетенций на достаточном уровне:</p> <p>-знает основные понятия прикладной математики и информатики, законы естественных наук, применяемые при моделировании, способы построения математических моделей;</p> <p>-знает основные разделы математики, методы решения прикладных задач, основные тенденции развития математики как науки;</p> <p>-умеет формализовать задачу и описать ее с помощью известных математических моделей;</p> <p>-владеет методами и приемами описания реальных объектов и ситуаций на языке математики.</p>
	неудовлетворительно	Освоение менее, чем 5 параметров компетенций.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика от «12» марта 2015 г. № 228

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015 г. № 475

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016г. № 429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «6» марта 2017г. № 125

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. №130

Программу составили:

Багинов А.В. , к.т.н, доцент каф. МиФ _____

Ратинская Е.В., ст. препод. каф. МиФ _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиФ

от «21» ноября 2018 г., протокол № 3

И.о. зав.выпускающей кафедрой _____ О.И.Медведева

СОГЛАСОВАНО:

И.о. зав.выпускающей кафедрой _____ О.И. Медведева.

Директор библиотеки _____ Т.Ф.Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ЕН факультета

от «20» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета _____ М.А. Варданян

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____