

План УМД на 2012/2013 уч.г.

Рабочая программа,
контрольное задание и методические указания
по его выполнению

по дисциплине

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Составитель О.И.Шелухин, доктор техн.наук, профессор

Издание стереотипное. Утверждено на заседании кафедры.

Рецензент А.Н.Руднев, канд.техн.наук, доцент

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1. Основные принципы моделирования систем

Общие понятия модели и моделирования. Классификация моделей. Структура моделей. Методологические основы формализации функционирования сложной системы. Моделирование компонентов системы. Этапы формирования математической модели. Имитационное моделирование. Концепция моделирования систем и сетей связи. Многоуровневые модели сети. Трехуровневая модель. Эталонная модель OSI.

2. Моделирование случайных чисел

Программное генерирование равномерно распределенных случайных чисел. Методы формирования случайных величин с заданным законом распределения. Алгоритмы моделирования часто употребляемых случайных величин. Алгоритмы моделирования коррелированных случайных величин. Формирование реализаций случайных векторов и функций. Распределение Бернулли. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Моделирование испытаний в схеме случайных событий. Потoki событий. Обработка результатов моделирования. Точность и число реализаций. Анализ и интерпретация результатов моделирования.

3. Статистическое моделирование сигналов и помех в информационных системах

Алгоритмы моделирования нестационарных случайных процессов. Алгоритмы моделирования стационарных случайных процессов. Методы моделирования сигналов и помех в виде стохастических дифференциальных уравнений. Примеры моделей случайных процессов в системах связи.

Модели информационных процессов. Модели помех. Основные виды помех и их характеристики.

4. Марковские случайные процессы и их моделирование

Определение марковского процесса. Процесс с дискретными составляющими. Марковская цепь. Вероятности состояний. Переходные вероятности. Случайные процессы с дискретным и непрерывным временем. Процесс «гибели и размножения». Циклический процесс.

Моделирование марковских случайных процессов. Моделирование дискретных процессов. Моделирование гауссовского процесса с дробно-рациональной спектральной плотностью. Моделирование марковских процессов с помощью формирующих фильтров. Алгоритм статистического моделирования марковских цепей. Марковские модели оценки QoS мультимедийных сервисов реального времени в Интернете.

5. Моделирование систем массового обслуживания

Задачи теории массового обслуживания. Основные понятия и определения. Предмет теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания (СМО). Характеристики эффективности обслуживания.

Статистическое моделирование систем массового обслуживания. Блочный принцип построения сложных систем. Основные, базовые модели СМО и алгоритмы их численной реализации на ЭВМ: однофазных, одноканальных СМО без приоритетов; однофазных, одноканальных СМО с приоритетами; однофазных, многоканальных СМО с приоритетами.

Математическая обработка результатов статистического имитационного моделирования СМО. Оценка эффективности обслуживания заявок и эффективности работы каналов. Оптимизация СМО.

6. Имитационное моделирование систем и сетей связи

Основные положения протокола Frame Relay. Проектирование узла сети Frame Relay. Результаты имитационного моделирования маршрутизатора Frame Relay с цифровыми кодеками на входе. Моделирование систем передачи информации. Алгоритмы формирования помех и дискретных сигналов. Структура имитационного комплекса и его подпрограмм.

7. Имитационное моделирование информационных систем с использованием типовых технических средств

Моделирование систем и языки программирования. Основные сведения о языке GPSS. Динамические объекты GPSS. Транзактно-ориентированные блоки (операторы). Аппаратно-ориентированные блоки. Многоканальное обслуживание. Статистические блоки GPSS. Операционные блоки GPSS. Имитационное моделирование сети Ethernet в среде GPSS.

Специализированные системы имитационного моделирования вычислительных сетей. Общая характеристика специализированных пакетов прикладных программ сетевого моделирования OPNET.

Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы
1	1, 2	Язык GPSS и принципы моделирования
2	3, 4	Моделирование случайных величин с различными законами распределения
3	5,6,7	Имитационное моделирование одноканальных СМО
4	5,6,7	Имитационное моделирование многоканальных СМО
5	5,6,7	Имитационное моделирование сетей в среде OPNET
6	5,6,7	Имитационное моделирование компьютерных сетей в среде OPNET

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается процесс моделирования ?
2. Приведите классификацию математических моделей в зависимости от характера отображаемых свойств объекта.
3. В чем разница между алгоритмическими и аналитическими моделями ?
4. Каковы основные компоненты динамических моделей ?
5. В чем разница между экзогенными и эндогенными переменными ?
6. Каковы особенности моделирования отдельных компонентов (элементов, подсистем) сложных систем ?
7. Перечислите основные этапы формирования математической модели.

8. Перечислите и охарактеризуйте основные способы использования математических моделей.
9. Каковы отличительные особенности имитационного моделирования ?
10. При выполнении каких условий целесообразно применять имитационное моделирование ?
11. В чем заключаются сложности имитационного моделирования ?
12. Перечислите основные этапы имитационного моделирования при исследовании реальных систем.
13. Охарактеризуйте программные способы генерирования равномерно распределенных случайных чисел.
14. Дайте сравнительный анализ основных методов формирования последовательности случайных величин с произвольным законом распределения из последовательности равномерно распределенных случайных чисел на интервале $[0; 1)$.
15. В чем заключается формирование случайных чисел методом обратных функций ?
16. В чем заключается формирование случайных чисел методом генерации Неймана ?
17. В чем заключаются методы формирования случайных чисел, основанные на центральной предельной теореме ?
18. Приведите примеры алгоритмов моделирования часто употребляемых случайных величин.
19. Приведите примеры алгоритмов моделирования коррелированных случайных величин.
20. Охарактеризуйте методы формирования реализаций случайных векторов и функций.
21. Охарактеризуйте методы формирования случайного вектора в рамках корреляционной теории.
22. Охарактеризуйте метод формирования реализаций случайных функций.

23. Дайте определение распределения Бернулли и опишите способ моделирования случайной величины $B_{a,b;p}$.
24. Дайте определение биномиального распределения и опишите алгоритм моделирования случайной величины B_n .
25. Дайте определение распределения Пуассона и опишите способ моделирования значений пуассоновской случайной величины с параметром a .
26. Опишите моделирование случайных событий.
27. В чем состоит процесс моделирования противоположных случайных событий?
28. Опишите моделирование дискретной случайной величины.
29. Опишите моделирование полной группы событий.
30. Дайте определение и приведите основные статистические характеристики потока событий.
31. Как оценить точность и количество реализаций при моделировании?
32. В чем заключается первичная статистическая обработка данных?
33. В чем заключается критерий χ^2 Пирсона?
34. В чем заключается критерий согласия Колмогорова – Смирнова?
35. Опишите алгоритм статистического моделирования марковской цепи с двумя состояниями.
36. Опишите модель Гильберта для мультимедийных сервисов.
37. Опишите расширенную модель Гильберта для мультимедийных сервисов.
38. В чем заключаются особенности моделей потоков мультимедийного трафика?
39. Опишите модель Гильберта для мультимедийных сервисов.
40. Опишите расширенную модель Гильберта для мультимедийных сервисов.
41. В чем заключаются особенности моделей потоков мультимедийного трафика?

42. Опишите алгоритмы формирования дискретных сигналов и аддитивных помех с заданным законом распределения.
43. Опишите алгоритм демодуляции дискретных сигналов в гауссовских помехах.
44. Чем отличаются друг от друга структурные схемы имитационного моделирования демодуляторов с КИМ₂-АМ, КИМ₂-ЧМ и КИМ₂-ФМ.
45. Какие языки программирования чаще всего употребляются для имитационного моделирования?
46. Каковы основные отличительные свойства языков имитационного моделирования?
47. Дайте общее описание языка GPSS и его объектов.
48. Дайте характеристику динамическим объектам GPSS и приведите основные операторы, используемые для их обработки.
49. Напишите участок кода программы на языке GPSS, описывающий прохождение транзактов через обслуживающее устройство (интервалы времени между поступлениями транзактов распределены равномерно с математическим ожиданием M , границы распределения находятся на расстоянии B ; длительность обслуживания также задается равномерным распределением с математическим ожиданием M_1 , границы распределения находятся на расстоянии B).
50. Какие операторы языка GPSS используются для организации многоканального обслуживания? Нарисуйте пример Q-схемы многоканального обслуживания.
51. Какая область применения в языке GPSS операторов PREEMPT и RETURN? Приведите участок кода на языке GPSS с использованием этих операторов.
52. Для чего в GPSS используются статистические блоки? Перечислите операторы, применяемые для описания этих блоков.

53. Определите назначение операционных блоков в языке GPSS. Перечислите и дайте краткое описание операторов, используемых для описания операционных блоков.
54. Опишите алгоритм обработки коллизий в Ethernet.

Примерный перечень тем рефератов

1. Классификация видов моделирования систем.
2. Возможности и эффективность моделирования систем на вычислительных машинах.
3. Основные подходы к построению математических моделей систем. Типовые математические схемы.
4. Методика разработки и машинной реализации моделей систем.
5. Построение потенциальных моделей систем и их формализация.
6. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация.
7. Получение и интерпретация результатов моделирования систем.
8. Стохастические модели. Построение нелинейного уравнения регрессии с использованием метода выравнивания.
9. Марковский случайный процесс с дискретным состоянием.
10. Случайные процессы с дискретным и непрерывным временем. Марковская цепь.
11. Марковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем.
12. Поток событий. Простейший поток и его свойства.
13. Марковский процесс «гибели и размножения».
14. Циклический марковский процесс.
15. Метод статистических испытаний как основной метод моделирования при отсутствии аналитической модели.
16. Общая постановка задачи теории массового обслуживания.
17. Классификация и описание систем массового обслуживания.

18. Алгоритм имитационной модели одноканальной, однофазной системы массового обслуживания без приоритетов.
19. Алгоритм имитационной модели однофазной, одноканальной системы массового обслуживания с приоритетами.
20. Алгоритм имитационной модели однофазной, многоканальной системы массового обслуживания без приоритетов.
21. Статистическая обработка результатов имитационного моделирования.
22. Алгоритм и общие принципы проверки статистических гипотез.
23. Методика и алгоритм проведения корреляционного анализа результатов имитационного моделирования.
24. Методика и алгоритм проведения регрессионного анализа результатов имитационного моделирования.
25. Методика и алгоритм проведения дисперсионного анализа результатов имитационного моделирования.
26. Оценка адекватности модели сложной системы.
27. Оценка эффективности функционирования сложной системы по результатам имитационного моделирования.
28. Сравнительный анализ языков моделирования.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Список литературы

1. Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. Моделирование информационных систем / Под ред. Шелухина О.И.- М.Сайнс-Пресс, 2005. – 285 с.
2. Жданова Е., Томашевский В. Имитационное моделирование в среде GPSS. Бестселлер, 2004, 23 с.
3. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. СПб.: Питер, 2004г.

4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем.– М.: Высшая школа, 1985.

5. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум. – М.: Высшая школа, 1999.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Общие указания по выполнению и оформлению контрольной работы

Контрольное задание состоит из трех задач. Оно составлено по 100-вариантной системе. Вариант задания определяется двумя последними цифрами студенческого билета: m – предпоследняя, n – последняя.

Контрольная работа должна быть выполнена в отдельной тетради. Страницы контрольной работы должны быть пронумерованы, и на каждой странице должны быть оставлены поля для замечаний рецензента.

Текст каждой задачи должен быть аккуратно переписан в тетрадь со всеми исходными данными, соответствующими своему варианту, взятыми из таблиц заданий.

При выполнении контрольного задания студенту рекомендуется придерживаться следующего порядка.

1. Перед решением задачи необходимо внимательно проработать по учебнику тот раздел дисциплины, по материалу которого построена данная задача.
2. При оформлении решения до записи математических действий нужно коротко указать цель расчета и привести расчетное выражение в буквенном виде, пояснив входящие в него обозначения. При этом необходимо указать источники, откуда взято данное выражение.
3. При расчете в общее выражение подставляются числовые значения, приводятся результаты промежуточных вычислений и конечный результат. В промежуточных вычислениях размерности не указываются,

а в конечном результате обязательно должна быть размерность расчетной величины.

4. Для однотипных расчетов промежуточные и окончательные результаты необходимо сводить в таблицы.
5. Все расчеты должны выполняться с соблюдением правил округления.
6. Графический материал задания должен быть аккуратно оформлен. Желательно с использованием графических программ ЭВМ.
7. В конце контрольной работы необходимо привести список используемой литературы и поставить подпись.
8. Необходимо указывать номер студенческого билета и номер варианта.

ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Задача 1

Воспользовавшись алгоритмом смешанного генератора (6), сформировать последовательность 50 чисел, имеющих равномерное распределение на интервале $(0,1)$, и проверить основные статистические характеристики полученных последовательностей

Таблица 1.1

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_0	430	570	1200	1300	1400	1600	1800	2300	3300	4000
μ	14500	14800	14900	15000	14000	17400	196400	156400	146400	123400

Таблица 1.2

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	500	600	700	800	900	1000	2000	3000	150	400

Получение псевдослучайных чисел

Методические указания

Большинство алгоритмов для получения псевдослучайных чисел имеют вид $x_{i+1} = F(x_i)$, где F – совокупность операций, которые надо проделать над числом x_i , чтобы получить x_{i+1} .

Так, широко известные способы имитации равномерно распределенных случайных чисел основаны на реализации рекуррентного соотношения

$$x_{i+1} = \varphi(x_i, \dots, x_{i-r}) \pmod{m} \quad (1)$$

и определяют x_{i+1} как наименьший неотрицательный вычет $\varphi(x_i, \dots, x_{i-r})$ по модулю m (т.е. остаток от деления на m).

В зависимости от того, является ли функция φ линейной или нет, различают *линейные* и *нелинейные методы*.

Метод мультипликативного сравнения или метод вычетов. При данном методе задаются двумя определенным образом подобранными целыми числами: множителем a и модулем m . Последовательность случайных чисел вычисляется по следующему алгоритму:

Шаг 1. Число x_i известно с предыдущего шага. Вычисляется произведение ax_i .

Шаг 2. Число ax_i делится на m . Получается целое число q и целочисленный остаток x_{i+1} , что можно представить в виде

$$ax_i = qm + x_{i+1}, \quad 0 \leq x_{i+1} \leq m-1.$$

Шаг 3. Так как x_{i+1} – число между 0 и m , то нужно его еще разделить на m , чтобы получить число между 0 и 1: $y_{i+1} = x_{i+1}/m$.

Таким образом, соотношение (3.1) записывается в виде

$$x_{i+1} = ax_i \pmod{m}. \quad (2)$$

При этом говорят, что числа ax_i и x_{i+1} сравнимы по модулю m , т.е. они являются равноостаточными при делении на m . Формулу (2) называют сравнением по

модулю, а остаток x_{i+1} – *наименьшим положительным вычетом по модулю m* . Этим объясняются оба названия алгоритма – метод мультипликативного сравнения или метод вычетов.

Алгоритмы наиболее часто применяемых в настоящее время генераторов равномерно распределенных случайных величин в общем виде можно описать следующим образом:

$$x_{i+1} = \left(\sum_{j=0}^r a_j x_{i-j} + \mu \right) \pmod{m}, \quad (3)$$

где коэффициенты $a_0, a_1, \dots, a_r, \mu$ и m , а также получаемые числа x_1, x_2, \dots – целые числа.

Линейные (конгруэнтные) генераторы образования равномерно распределенных чисел на интервале $[0; 1)$ можно представить так:

$$y_{i+1} = x_{i+1} m^{-1}. \quad (4)$$

Мультипликативный генератор. Рассмотренный выше пример получения случайных последовательностей методом мультипликативного сравнения является частным случаем линейного генератора. Подставляя в (3) $\mu = a_1 = \dots = a_r = 0$ и положив, что $a_0 > 0$, получим:

$$x_{i+1} = a_0 x_i \pmod{m}. \quad (5)$$

На практике генератор вида (5) обладает достаточно хорошими статистическими характеристиками.

Смешанный генератор получится, если в (3) положить $a_0 > 0, \mu > 0$, а $a_1 = a_2 = \dots = a_r = 0$:

$$x_{i+1} = (a_0 x_i + \mu) \pmod{m}. \quad (6)$$

Аддитивный или генератор Фибоначчи. Если в (3) задать $\mu = a_2 = \dots = a_r = 0$ и $a_0 = a_1 = 1$, то генератор такого вида описывается выражением:

$$x_{i+1} = (x_i + x_{i-1}) \pmod{m}. \quad (7)$$

Обобщенным аддитивным генератором или обобщенным генератором Фибоначчи называется генератор вида (3), где все $a_i = 1$.

Пример. Рассмотрим смешанный генератор:

$$(1255 \cdot 135 + 10555) \pmod{1000} = 179980 \pmod{1000} = 980$$

$$(1255 \cdot 980 + 10555) \pmod{1000} = 1240455 \pmod{1000} = 455$$

Таким образом, по целым числам последовательности $\{x_i\}$ можно построить последовательность $\{x_i/m\}$ рациональных чисел из единичного интервала. Например, 0,98; 0,455 и т.д.

Задача 2

Воспользовавшись таблицей равномерно распределенных чисел, приведенных в Приложении, сформировать последовательность 50 чисел $B_{a;b;p}$, имеющих распределение Бернулли, и проверить основные статистические характеристики полученных последовательностей

Таблица 2.1

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	0	1	2	3	0	1	2	3	0,5	1,5
b	1	2	3	5	6	5	4	5	2	4

Таблица 2.2

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6

Методические указания

Случайная величина X имеет распределение Бернулли с параметрами a, b, p , где $a < b$ и $0 < p < 1$, если она принимает только значения a и b , причем $P(X = a) = 1 - p$, $P(X = b) = p$.

Обозначим такую случайную величину $B_{a;b;p}$. Стандартную величину Бернулли с параметрами $a = 0, b = 1$ будем обозначать B_p .

В качестве примера на рис. 1 приведены графики плотности распределения вероятностей $w(x)$ и функции распределения $F(x)$ для $B_{0;2;0,7}$.

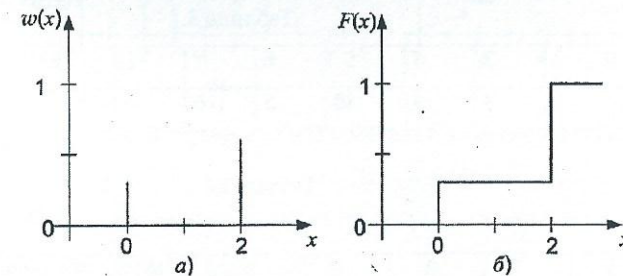


Рис. 1. Графики ПРВ и ФР для распределения Бернулли: а – ПРВ; б – ФР

Ниже приведены формулы для вычисления статистических характеристик распределения Бернулли $B_{a;b;p}$:

плотность распределения вероятностей –
$$w(x) = \begin{cases} 1-p, & x=a, \\ p, & x=b, \\ 0, & x \neq a, x \neq b, \end{cases}$$

функция распределения –
$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ 1-p, & a \leq x < b, \\ 1, & b \leq x, \end{cases}$$

математическое ожидание –
$$a(1-p) + bp,$$

дисперсия –
$$p(1-p)(b-a)^2.$$

Для моделирования случайной величины $B_{a;b;p}$ нужно:

- 1) получить значение случайной величины U с равномерным распределением на отрезке $[0, 1)$;

2) если $U < p$, то положить $B_{a;b;p} = b$, в противном случае положить $B_{a;b;p} = a$.

Задача 3: Воспользовавшись таблицей равномерно распределенных чисел, приведенных в Приложении, сформировать последовательность 50 чисел $B_{a;b;p}$, имеющих биномиальное распределение, и проверить основные статистические характеристики полученных последовательностей

Таблица 3.1

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8

Таблица 3.2

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6

Методические указания

Случайная величина X имеет биномиальное распределение с параметрами n , p , где $n = 1, 2, \dots$ и $0 < p < 1$, если она имеет вид

$$B_{n;p} = \sum_{i=1}^n B_p^{(i)}, \quad (1)$$

где $B_p^{(i)}$ ($i=1, 2, \dots, n$) – независимые стандартные бернуллиевские величины с одним и тем же параметром p .

В качестве примера на рис. 2 приведены графики ПРВ и ФР для распределения $B_{10;0,3}$.

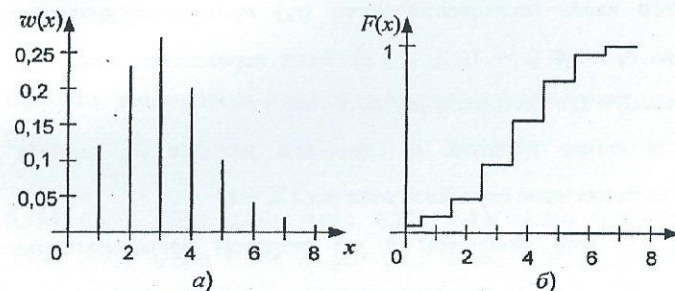


Рис. 2. Графики ПРВ и ФР для биномиального распределения:

a – ПРВ; b – ФР

Ниже приведены статистические характеристики биномиального распределения $B_{n;p}$:

плотность распределения вероятностей –

$$w(x) = C_n^x p^x (1-p)^{n-x}, \quad x=0, 1, \dots, n,$$

функция распределения –

$$F(x) = \sum_{k=0}^x w(k), \quad x=0, 1, \dots, n,$$

математическое ожидание –

$$np,$$

дисперсия –

$$np(1-p).$$

Моделирование значений случайной величины $B_{n;p}$ производится с использованием определения (1), в котором стандартные бернуллиевские величины формируются аналогично способу, изложенному выше.

Получение значений случайной величины X с биномиальным распределением вероятностей заключается в следующем:

- 1) реализуется случайная величина R , равномерно распределенная на интервале $[0; 1)$;

2) для каждого члена последовательности $\{r_n\}$ проверяется выполнение неравенства $r_i < p$ ($i = 1, 2, \dots, n$). Если неравенство выполняется, принимается $X_i = 1$, в противном случае $X_i = 0$;

3) вычисляется сумма значений n случайных величин X_i , которая и принимается за значение случайной величины $X = s$.

При повторении этой процедуры k раз получаем последовательность значений s_1, s_2, \dots, s_k , которые являются реализацией биномиально распределенной случайной величины X .

Пример. Получить случайные числа, отвечающие биномиальному распределению с параметрами $n = 10, p = 0,35$. Для этой цели воспользуемся таблицей равномерно распределенных случайных чисел. Пусть $\{r_n\}$: 0,367; 0,417; 0,967; 0,895; 0,214; 0,882; 0,266; 0,234; 0,191; 0,795.

Четыре из этих чисел не превосходят $p = 0,35$. Следовательно, случайная величина приняла значение $X = s = 4$.

При проверке соответствия выработанной последовательности чисел биномиальному распределению используют выражение начальных моментов 1-го и 2-го порядков. Если для заданных n и p в последовательности, полученной в результате моделирования, содержится M чисел s_i , то должны приблизительно выполняться равенства

$$\frac{1}{M} \sum_1^M s_i \approx np, \quad \frac{1}{M} \sum_1^M s_i^2 \approx np(np + q). \quad (2)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ

Выборка независимых одинаково распределенных чисел с распределением $R(0,1)$.

0.795	0.235	0.203	0.891	0.641	0.741	0.492	0.266	0.203	0.011
0.394	0.751	0.530	0.574	0.200	0.527	0.604	0.370	0.565	0.636
0.396	0.747	0.698	0.433	0.618	0.688	0.150	0.352	0.304	0.956
0.009	0.408	0.642	0.868	0.601	0.266	0.514	0.164	0.349	0.543
0.347	0.125	0.101	0.086	0.381	0.853	0.149	0.478	0.863	0.646
0.009	0.174	0.267	0.046	0.870	0.831	0.262	0.981	0.492	0.430
0.432	0.772	0.847	0.736	0.735	0.908	0.297	0.483	0.047	0.905
0.537	0.259	0.387	0.744	0.761	0.329	0.447	0.165	0.566	0.752
0.737	0.549	0.057	0.797	0.865	0.508	0.246	0.925	0.889	0.631
0.923	0.886	0.779	0.941	0.054	0.631	0.404	0.017	0.784	0.442
0.015	0.010	0.733	0.031	0.461	0.059	0.345	0.211	0.917	0.325
0.109	0.035	0.377	0.996	0.431	0.877	0.331	0.254	0.003	0.455
0.204	0.720	0.454	0.391	0.257	0.990	0.528	0.984	0.899	0.540
0.291	0.547	0.475	0.122	0.165	0.445	0.736	0.048	0.292	0.790
0.981	0.743	0.257	0.149	0.580	0.313	0.317	0.123	0.641	0.281
0.694	0.299	0.729	0.845	0.672	0.841	0.891	0.489	0.610	0.826
0.560	0.612	0.514	0.808	0.218	0.868	0.714	0.504	0.470	0.201
0.226	0.627	0.393	0.533	0.594	0.611	0.338	0.165	0.643	0.572
0.225	0.458	0.254	0.861	0.013	0.837	0.071	0.292	0.162	0.266
0.126	0.435	0.482	0.877	0.336	0.289	0.143	0.914	0.811	0.179
0.120	0.690	0.514	0.445	0.466	0.130	0.359	0.628	0.293	0.900
0.800	0.592	0.625	0.081	0.887	0.681	0.420	0.039	0.164	0.301
0.662	0.193	0.174	0.227	0.404	0.939	0.932	0.111	0.159	0.634

0.268 0.860 0.789 0.029 0.537 0.191 0.242 0.118 0.062 0.657
0.004 0.933 0.196 0.053 0.392 0.045 0.732 0.718 0.512 0.137
0.652 0.313 0.436 0.291 0.232 0.144 0.431 0.192 0.669 0.722
0.457 0.441 0.996 0.626 0.498 0.969 0.145 0.972 0.600 0.233
0.596 0.292 0.676 0.912 0.705 0.986 0.635 0.117 0.477 0.728
0.050 0.668 0.975 0.268 0.645 0.732 0.880 0.709 0.146 0.094
0.095 0.905 0.512 0.009 0.457 0.804 0.916 0.494 0.093 0.396
0.426 0.807 0.229 0.096 0.715 0.998 0.110 0.200 0.193 0.491
0.464 0.056 0.887 0.064 0.315 0.442 0.453 0.285 0.524 0.973
0.497 0.785 0.611 0.773 0.357 0.501 0.323 0.862 0.187 0.654
0.988 0.682 0.443 0.322 0.332 0.327 0.892 0.587 0.487 0.559
0.020 0.958 0.309 0.290 0.349 0.440 0.316 0.271 0.309 0.423
0.225 0.954 0.356 0.916 0.697 0.216 0.311 0.336 0.260 0.958
0.544 0.905 0.515 0.377 0.102 0.687 0.828 0.934 0.454 0.139
0.657 0.256 0.797 0.183 0.283 0.714 0.685 0.698 0.367 0.138
0.500 0.938 0.594 0.255 0.793 0.929 0.401 0.732 0.975 0.977
0.867 0.775 0.420 0.320 0.208 0.529 0.692 0.133 0.293 0.559
0.739 0.077 0.347 0.094 0.044 0.259 0.760 0.579 0.236 0.255
0.316 0.312 0.039 0.774 0.619 0.557 0.245 0.500 0.239 0.875
0.231 0.592 0.016 0.580 0.170 0.657 0.788 0.349 0.508 0.039
0.128 0.539 0.562 0.607 0.303 0.377 0.563 0.149 0.215 0.276
0.093 0.761 0.479 0.390 0.779 0.747 0.117 0.404 0.348 0.093
0.189 0.528 0.802 0.668 0.510 0.166 0.517 0.736 0.162 0.825
0.405 0.936 0.840 0.176 0.380 0.621 0.014 0.568 0.886 0.142
0.673 0.442 0.439 0.377 0.910 0.750 0.303 0.825 0.282 0.031
0.384 0.408 0.693 0.906 0.860 0.120 0.425 0.015 0.934 0.061
0.256 0.999 0.523 0.950 0.035 0.917 0.297 0.628 0.154 0.081
0.935 0.225 0.093 0.856 0.932 0.056 0.407 0.101 0.027 0.848
0.410 0.198 0.553 0.658 0.936 0.726 0.694 0.734 0.770 0.028

0.987 0.201 0.014 0.246 0.282 0.637 0.422 0.727 0.338 0.097
0.136 0.041 0.809 0.262 0.979 0.817 0.324 0.429 0.228 0.757
0.931 0.531 0.624 0.973 0.981 0.289 0.563 0.864 0.596 0.173
0.827 0.522 0.164 0.513 0.736 0.269 0.665 0.424 0.815 0.436
0.002 0.453 0.396 0.525 0.997 0.714 0.942 0.486 0.114 0.750
0.820 0.090 0.445 0.016 0.426 0.777 0.160 0.538 0.239 0.977
0.420 0.973 0.531 0.334 0.873 0.759 0.569 0.829 0.381 0.060
0.403 0.674 0.328 0.188 0.998 0.213 0.441 0.189 0.970 0.550
0.896 0.951 0.926 0.971 0.392 0.764 0.419 0.341 0.333 0.152
0.818 0.774 0.749 0.541 0.922 0.444 0.721 0.045 0.295 0.291
0.534 0.549 0.927 0.380 0.381 0.584 0.581 0.674 0.194 0.450
0.598 0.834 0.461 0.478 0.752 0.709 0.045 0.387 0.757 0.195
0.835 0.115 0.614 0.296 0.557 0.991 0.865 0.076 0.684 0.710
0.267 0.802 0.676 0.387 0.783 0.568 0.873 0.603 0.969 0.698
0.320 0.131 0.296 0.855 0.522 0.289 0.412 0.837 0.794 0.924
0.248 0.732 0.924 0.646 0.961 0.467 0.994 0.756 0.326 0.041
0.658 0.606 0.471 0.837 0.924 0.051 0.639 0.116 0.606 0.996
0.451 0.961 0.887 0.463 0.084 0.377 0.160 0.131 0.594 0.775
0.754 0.735 0.080 0.868 0.778 0.304 0.380 0.162 0.599 0.141
0.377 0.503 0.463 0.822 0.188 0.203 0.674 0.889 0.373 0.149
0.858 0.025 0.333 0.918 0.074 0.104 0.081 0.303 0.207 0.984
0.620 0.718 0.882 0.883 0.436 0.381 0.050 0.333 0.410 0.691
0.643 0.604 0.464 0.934 0.113 0.231 0.886 0.762 0.160 0.848
0.134 0.928 0.105 0.191 0.833 0.352 0.518 0.863 0.511 0.784
0.033 0.065 0.381 0.194 0.859 0.473 0.433 0.573 0.931 0.486
0.053 0.589 0.677 0.029 0.864 0.331 0.719 0.670 0.774 0.706
0.624 0.025 0.174 0.688 0.637 0.333 0.461 0.934 0.243 0.592
0.700 0.107 0.039 0.658 0.679 0.783 0.209 0.317 0.565 0.162
0.919 0.308 0.775 0.277 0.092 0.343 0.952 0.105 0.862 0.038

0.525	0.560	0.313	0.113	0.678	0.631	0.220	0.420	0.916	0.557
0.173	0.400	0.352	0.085	0.991	0.726	0.781	0.953	0.734	0.821
0.323	0.004	0.049	0.853	0.229	0.505	0.006	0.453	0.207	0.362
0.494	0.746	0.552	0.902	0.310	0.788	0.549	0.651	0.818	0.040
0.360	0.722	0.175	0.165	0.721	0.115	0.301	0.298	0.247	0.671
0.521	0.821	0.407	0.479	0.105	0.411	0.919	0.250	0.653	0.312
0.489	0.898	0.041	0.889	0.010	0.365	0.983	0.766	0.177	0.060
0.485	0.186	0.251	0.263	0.572	0.465	0.994	0.672	0.580	0.916
0.827	0.511	0.942	0.470	0.790	0.660	0.242	0.508	0.424	0.200
0.995	0.573	0.205	0.759	0.299	0.903	0.240	0.466	0.430	0.915
0.223	0.862	0.753	0.747	0.231	0.343	0.966	0.478	0.351	0.538
0.082	0.081	0.730	0.104	0.927	0.350	0.098	0.760	0.814	0.736
0.898	0.718	0.277	0.491	0.140	0.850	0.982	0.182	0.601	0.948
0.135	0.255	0.451	0.031	0.243	0.463	0.856	0.181	0.521	0.807
0.908	0.298	0.262	0.357	0.189	0.133	0.411	0.917	0.785	0.236
0.542	0.644	0.958	0.324	0.582	0.189	0.737	0.324	0.728	0.355
0.640	0.435	0.318	0.676	0.006	0.232	0.052	0.692	0.251	0.773
0.963	0.376	0.604	0.950	0.941	0.269	0.064	0.614	0.893	0.498
0.132	0.686	0.620	0.847	0.407	0.874	0.999	0.944	0.157	0.026

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего профессионального образования
Московский технический университет связи и информатики
Кафедра защиты информации и техники почтовой связи

Рабочая программа,
контрольное задание и методические указания
по его выполнению

по дисциплине

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

для студентов-заочников

4 курса (специальность 220301)

5 курса (специальность 220201)

6 курса (специальность 230201)

Подписано в печать 28.12.2011г. Формат 60x90 1/16.

Объём 1,5 усл.п.л. Тираж 55 экз. Заказ 1.

ООО «ТиРу». Москва, Приютский пер., д. 3.

Москва 2012