

**ББК 65.290-2я 73
К 94**

Рецензенты: Блюмин С.Л., д-р физ.-мат. наук, проф. (ЛГТУ)
Кафедра автоматизированных и вычислительных систем
Воронежского государственного технического университета

А.И. Кустов

Кустов А.И. Имитационное моделирование в экономике: учебное пособие/ А.И. Кустов – Воронеж: Научная книга, 2007. – 224с., библиогр. 35 назв.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ

Учебное пособие

Имитационное моделирование - один из разделов моделирования поведения систем, а особенно сложных, когда невозможно составить единую аналитическую целевую функцию всей системы или математические уравнения настолько сложны, что не могут быть решены аналитически. Поведение системы в этом случае определяется на основе многократного проведения компьютерного эксперимента, без построения аналитической модели.

В пособии рассмотрены основные подходы имитационного моделирования, а так же информационные среды позволяющие реализовать процесс имитации. Подробно описана среда GPSS World в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» и специальности «Прикладная информатика (в экономике)».

Воронеж 2007

© Кустов А.И., 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	8
Основные понятия.....	8
Метод Монте-Карло.....	33
Глава 2. Основные типы элементарных блоков в имитационных моделях	34
Пороговый блок (блок диспетчер) Р	37
Логический блок Л	37
Интегрирующий блок И	38
Функциональный блок Ф	38
Преобразователь случайных функций С	38
Генератор случайных функций Г	39
Переключатель связей ПС	39
Система массового обслуживания СМО	40
Блок с обратной связью ОС	40
Генератор единого времени Т	40
Блок определения приоритетности БОП.....	40
ГЛАВА 3. СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS	44
3.1. Объекты.....	44
Блоки и транзакты.	44
Объекты типа «ресурсы».....	46
Переменные.....	47
Функции.	47
Ячейки и матрицы сохраняемых величин.	47
Очереди.....	47
Таблицы.....	48
3.2. ЧАСЫ модельного времени	48
Особенности ЧАСОВ GPSS:.....	49
3.3. Типы операторов	49

Общие сведения о формате операторов GPSS.....	49
Номер строки.	50
Метка (имя блока).....	50
Операция.	50
Операнды.....	50
Комментарии.....	51
3.4. Внесение транзактов в модель. Блок GENERATE	51
3.5. Удаление транзактов из модели. Блок TERMINATE.....	53
Управление продолжительностью процесса моделирования.	54
3.6. Элементы, отображающие одноканальные обслуживающие устройства.....	55
3.7. Реализация задержки во времени. Блок ADVANCE	57
3.8. Сбор статистики об ожидании. Блоки QUEUE, DEPART.....	59
3.9. Переход транзакта в блок, отличный от последующего. Блок TRANSFER	63
Статистический режим.	63
Режим BOTH.....	64
3.10. Моделирование многоканальных устройств	65
Блоки ENTER (ВОЙТИ) и LEAVE (ВЫЙТИ).....	66
Определение емкости МКУ.....	68
3.11. Примеры построения GPSS-моделей	69
3.12. Переменные.....	78
Арифметические переменные.	79
Булевы переменные.	82
3.13. Определение функции в GPSS	84
Особенности оператора описания координат функции:.....	86
Особенности вычисления дискретных и непрерывных функций GPSS	88
Моделирование неравномерных случайных величин.	
Использование функций в блоках GENERATE и ADVANCE....	90

Непрерывные случайные переменные, рассматриваемые как дискретные.....	92
Функции распределения случайных величин.....	93
Моделирование пуассоновского потока.....	93
Моделирование гипер- и гипозкспоненциального распределений.....	95
Моделирование эрланговского потока.....	98
Моделирование нормального закона распределения.....	99
Моделирование других законов распределения.....	100
Моделирование вероятностных функций распределения в GPSS World.....	101
Логарифмически нормальное распределение.....	102
Распределение Вейбулла.....	105
3.14. Стандартные числовые атрибуты, параметры транзактов.	
Блоки ASSIGN, MARK, LOOP	108
Стандартные числовые атрибуты.....	109
Параметры транзактов.....	112
Изменение значений параметров.....	113
Блок ASSIGP (НАЗНАЧИТЬ).....	113
Отметка времени.....	114
Транзитное время. Блок MARK (ОТМЕТИТЬ).....	115
Организация циклов. Блок LOOP (ЦИКЛ).....	116
Примеры фрагментов GPSS-моделей с использованием СЧА и параметров транзактов.....	117
3.15. Изменение приоритета транзактов. Блок PRIORITY	121
3.16. Организация обслуживания с прерыванием. Блоки PREEMPT и RETURN	122
3.17. Сохраняемые величины	129
Оператор INITIAL (ИНИЦИАЛИЗИРОВАТЬ).....	130
Блок SAVEVALUE (СОХРАНИТЬ ВЕЛИЧИНУ).....	131
Оператор описания матрицы MATRIX.....	132
3.18. Проверка числовых выражений. Блок TEST.....	133
3.19. Определение и использование таблиц	135
Оператор TABLE (ТАБЛИЦА).....	135
Блок TABULATE (ТАБУЛИРОВАТЬ).....	136

3.20. Косвенная адресация.....	139
3.21. Обработка транзактов, принадлежащих одному семейству..	144
3.22. Управление процессом моделирования в системе GPSS	150
3.23. Списки пользователей.....	154
Блок LINK (ВНЕСТИ В СПИСОК).....	154
Стандартные числовые атрибуты, связанные с блоком LINK:	155
Блок UNLINK (ВЫВЕСТИ ИЗ СПИСКА).....	155
3.24. Блоки управления потоками транзактов LOGIC, GATE LR, GATE LS и GATE.....	164
Логические ключи (блок LOGIC).....	164
Блоки GATE LR и GATE LS.....	165
Блок GATE.....	167
Режимы условного и безусловного входов в блок GATE.....	169
3.25. Организация вывода временных рядов из GPSS-модели.....	170
3.26. Краткая характеристика языка PLUS.....	171
Факторы.....	172
Операторы.....	173
3.27. Команды GPSS World	177
Операторы описания данных и команды управления:	177
Команда START.....	177
Оператор INITIAL.....	178
Команда RESET.....	179
Команда CLEAR.....	180
Команда RMULT.....	181
Оператор EQU.....	182
Команда EXIT (ВЫХОД).....	185
Диалоговые команды GPSS World.....	186
Уравнения высокого порядка.....	193
Команда REPORT.....	197
Команда SHOW.....	198
Команда STEP.....	198
Команда STOP.....	200
3.28. Диалоговые возможности GPSS World.....	200

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	202
4.1. Имитационные проекты	202
Реферат.	202
Постановка задачи.	203
Анализ возможных методов решения поставленной задачи.	203
Разработка концептуальной модели.	204
Выбор программных средств моделирования.	204
Разработка структурной схемы имитационной модели и описания ее функционирования.	204
Оценка адекватности модели.	205
Организация экспериментов с моделью.	205
Анализ и оценка результатов.	206
Поиск наилучших решений.	206
Выводы и рекомендации по использованию модели.	206
Перечень ссылок.	206
Приложения.	207
4.2. Организация экспериментов	207
4.3. Проблемы организации имитационных экспериментов	208
4.4. Оценка точности результатов моделирования	209
4.5. Факторный план	215
4.6. Дисперсионный анализ ANOVA в планировании экспериментов	218
4.7. Библиотечная процедура ANOVA	219
4.8. Технология проведение дисперсионного анализа в системе GPSS World	224
4.9. Особенности планирования экспериментов	230
4.10. Нахождение экстремальных значений на поверхности отклика	231
4.11. Организация экспериментов в GPSS World	234
Отсеивающий эксперимент в GPSS World.	234