

**ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКА GPSS World ПРИ ЧТЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ
«ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»****Г. М. Антонова (Москва)**

Макроязык для моделирования дискретных систем GPSS с его разновидностями GPSS V, GPSS Fortran, GPSS World является стойким долгожителем среди языков, предназначенных для имитационного моделирования сложных систем. Это связано, по-видимому, не только с разнообразной и тщательно подготовленной документацией, но и с внутренней структурой языка, его возможностями при описании алгоритмов функционирования сложных систем, наличием средств моделирования случайных величин, средствами формирования отчёта, включающего разнообразную статистику моделирования и т.п. Макроязык всегда оценивался по достоинствам и широко применялся в учебном процессе различных вузов [1–4]. Доклад посвящен результатам многолетней практики курсового проектирования в дисциплинах учебного плана, связанных с имитационным моделированием производственных и экономических систем. Эволюция этих дисциплин продолжалась несколько десятилетий. Название отражало реалии текущего времени. Оно изменялось в разные годы от «Моделирование систем», «Компьютерное моделирование систем» с акцентом на общих понятиях кибернетики до конкретного названия «Имитационное моделирование экономических процессов», в котором предполагается изучение технологий специального применения универсального метода кибернетики. Цель доклада состоит в том, чтобы продемонстрировать особенности выполнения курсовых проектов и предложить новые направления использования возможностей языка с учётом настоящей ситуации бурного развития структурного, визуального и т. п. моделирования.

В задании обычно предлагается промоделировать процесс функционирования устройства, включающего несколько составных частей, или процедуры обслуживания разного характера. Это может быть, например, техническая система, выполняющая несколько этапов обработки изделий и, соответственно, включающая несколько средств для реализации обработки, производственный участок из нескольких станков, транспортёра и печи, испытательного стенда и т. п. Процедура обслуживания может быть связана с работой торгового отдела из нескольких продавцов, с решением задач в одно- или многопроцессорной вычислительной системе и т. д. Указывается время работы или количество обрабатываемых изделий, решаемых задач и т. п. Необходимые интенсивности поступления, обслуживания указываются среди числовых характеристик. По результатам моделирования требуется подготовить отчёт в стандартной для макроязыка GPSS форме и завершить работу анализом полученных результатов и рекомендациями по совершенствованию исследованной системы.

Первая особенность такого задания состоит в том, что явно показан математический аппарат, необходимый для изучения реального объекта, – теория массового обслуживания. Добросовестный студент мгновенно находит конспекты, учебники и во всеоружии приступает к моделированию.

Основные трудности при этом связаны с изучением основных операторов языка, построением структуры системы, анализом средних времен обслуживания, длин очередей и т. п.

Примеры заданий

В качестве примеров можно привести несколько вариантов заданий. Например, задание по моделированию работы парикмахерской, которое полностью соответствует типичному примеру из теории массового обслуживания.

Вариант 1. Поток клиентов парикмахерской имеет нормальный закон распределения со следующими параметрами: математическое ожидание $m = 15$ и среднее квадратическое отклонение $\sigma = 3$. Одновременно работают 7 парикмахеров разной квалификации. Вероятности обращения к парикмахерам равны соответственно: 0,2; 0,1; 0,15; 0,19; 0,17; 0,15; 0,04. Время обслуживания имеет экспоненциальный закон с параметрами, равными следующим величинам соответственно: $\mu_1 = 0,11$; $\mu_2 = 0,18$; $\mu_3 = 0,2$; $\mu_4 = 0,16$; $\mu_5 = 0,12$; $\mu_6 = 0,17$; $\mu_7 = 0,41$. Промоделировать обслуживание 100 клиентов, собрать статистику.

Ещё один вариант задания для моделирования двухпроцессорной ЭВМ содержит некоторые термины из области вычислительной техники, но также полностью соответствует типичной задаче из теории массового обслуживания.

Вариант 2. Промоделировать решение задач в двухпроцессорной ЭВМ с общей памятью, разделенной на 10 блоков. Каждой задаче отводится при её решении один блок. Интервалы времени между поступлениями задач распределены по нормальному закону с параметрами: $m = 10$, $\sigma = 2$. Время обработки порции информации подчинено экспоненциальному закону с интенсивностью $\mu_1 = 0,14$ в первом процессоре и интенсивностью $\mu_2 = 0,37$ во втором процессоре. Между обработкой с вероятностью, равной 0,39, возможно обращение к устройству вывода графической информации, состоящему из 7 принтеров. Запросы на вывод равновероятны. Интервалы времени между запросами распределены по экспоненциальному закону с интенсивностью $\mu_3 = 0,12$.

Для третьего варианта задания приведены на рис. 1 (текст программы) и на рис. 2 (статистика моделирования в среде GPSS-World).

Вариант 3. Промоделировать передачу 100 сообщений в трёхканальной системе передачи данных (СПД). Сообщения генерируются в соответствии с равномерным законом распределения, задающим параметры транзакта GENERATE A = 5, B = 2. Канал для передачи сообщений выбирается по мере освобождения. Отказы в канале распределены по экспоненциальному закону с интенсивностью $\mu = 0,05$.

```
; GPSS World Sample File - SAMPLE3.GPS
*****
*
*           Computer Sistem Simulation
*
*****
Xpdis  FUNCTION  RN200,C24
0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915/.7,1.2/.75,1.38
.8,1.6/.84,1.83/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2
.97,3.5/.98,3.9/.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7/.9998,8

      GENERATE  5,2
CAN   TRANSFER BOTH,CAN1,CAN2
CAN1  SEIZE    CANAL1
      ADVANCE  5, FN$Xpdis
      RELEASE  CANAL1
      TRANSFER ,CAN3
CAN2  SEIZE    CANAL2
      ADVANCE  5, FN$Xpdis
      RELEASE  CANAL2
      TRANSFER ,CAN3
CAN3  SEIZE    CANAL3
      ADVANCE  5, FN$Xpdis
```

```

RELEASE      CANAL3
TRANSFER    , CAN
TERMINATE    1

```

Рис. 1. Текст программы моделирования

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 3

Saturday, September 01, 2007 12:26:05

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	621.707	15	3	0

NAME	VALUE
CAN	2.000
CAN1	3.000
CAN2	7.000
CAN3	11.000
CANAL1	10001.000
CANAL2	10002.000
CANAL3	10003.000
XPDIS	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	124		0	0
CAN	2	TRANSFER	124		1	0
CAN1	3	SEIZE	118		0	0
	4	ADVANCE	118		1	0
	5	RELEASE	117		0	0
	6	TRANSFER	117		10	0
CAN2	7	SEIZE	112		0	0
	8	ADVANCE	112		1	0
	9	RELEASE	111		0	0
	10	TRANSFER	111		10	0
CAN3	11	SEIZE	101		1	0
	12	ADVANCE	100		0	0
	13	RELEASE	100		0	0
	14	TRANSFER	100		0	0
	15	TERMINATE	100		0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
CANAL1	118	0.899	4.739	1	123	0	0	1	0
CANAL2	112	0.964	5.350	1	112	0	0	1	10
CANAL3	101	0.744	4.581	1	101	0	0	0	10

CEC XN	PRI	M1	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
101	0	511.396	101	11	12		

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
123	0	623.084	123	4	5		
112	0	624.702	112	8	9		
125	0	625.469	125	0	1		

Рис. 2. Статистика моделирования трёхканальной СПД

Приведённый пример имеет все характерные черты выбранного типа задания, сравнительно легко выполняется и позволяет продемонстрировать знания как в области макроязыка моделирования, так и в области теории массового обслуживания.

Некоторая абстрактность макроязыков в современных условиях, для которых характерно прагматическое отношение к сумме получаемых знаний и открытое нежелание тонуть в глубинах познания, приводит к скептическому отношению к тем задачам, которые напрямую не связаны с проблемами, возникающими в реальной практике. Однако в действительности практические задачи после добросовестного анализа сводятся именно к таким компактным и прозрачным постановкам. Для преодоления этого конфликта существуют разные пути. Один из них состоит в некотором расширении задания и объединении разных видов моделирования. Этот путь позволяет соединить отлаженные методики с современной терминологией и показать ценность аппарата, проверенного десятилетиями.

Новые возможности

Удачным дополнением к моделированию с применением макроязыков представляется предварительное функциональное моделирование на основе популярных стандартов IDEF (Integration Definition for Function Modeling) и DFD (Data Flow Diagram) [5] с использованием по мере возможности пакета программ BPWin [5–7].

Такое сочетание позволяет расширить содержание задания, не увеличивая в значительной мере его сложность, но наглядно демонстрируя при этом необходимость и полезность применения макроязыка моделирования для решения поставленной задачи. Примером может служить задание по моделированию работы парикмахерской с целью увеличения прибыли.

Вариант 4. Для повышения доходности парикмахерской, в которой работает 3 кресла, владелец выполнил хронометраж работы за одну смену, т. е. за 8 ч работы. Получена следующая статистика, включающая моменты времени появления клиентов и интервалы занятости парикмахеров.

Поток клиентов: 10, 12, 15, 26, 44, 52, 60, 66, 68, 69, 71, 80, 101, 123, 189, 267, 300, 307, 331, 340, 354, 368, 379, 385, 391, 399, 403, 410, 423, 437, 442, 456, 461, 477.

Парикмахер 1: 10–25, 26–41, 60–68, 68–78, 78–88, 88–98, 123–133, 300–310, 340–350, 354–364, 379–389, 399–409, 410–420, 437–447, 477–487.

Парикмахер 2: 12–22, 44–54, 66–81, 81–96, 189–199, 307–322, 368–383, 385–400, 403–418, 442–457, 461–476.

Парикмахер 3: 15–45, 52–82, 101–131, 267–297, 331–361, 391–421, 423–453, 456–480.

Путём моделирования подобрать минимально необходимое количество парикмахеров.

Выводы

Приведённый пример расширения заданий, предлагаемых для выполнения при изучении макроязыка моделирования GPSS World, позволяет увеличить объём знаний, получаемых студентами, т. е. повысить качество получаемого образования. При этом трудоёмкость задания не увеличивается, поскольку студенты уже владеют приёмами обработки массивов статистических данных. Увеличивается и становится прочнее связь с реальной практикой и проблемами, возникающими в трудовой деятельности, поскольку добавляется требование в незнакомой ситуации реальной трудовой деятельности увидеть известную и знакомую теоретическую схему и применить её для решения поставленной задачи.

Литература

1. **Советов Б. Я., Яковлев С. А.** Моделирование систем (учебник). М.: Высшая школа, 2005.
2. **Советов Б. Я., Яковлев С. А.** Моделирование систем. Практикум (учебное пособие) М.: Высшая школа, 2005.
3. **Голованов О. В., Смирнов С. Г., Смирнов В. Н.** Моделирование сложных дискретных систем на ЭВМ третьего поколения. М.: Энергия, 1978.
4. **Антонова Г. М., Черненький А. А.** Алгоритмы и пакеты прикладных программ в АСУ. Методическое пособие по курсам ФПК ИТР «Исследование операций», «Построение и анализ вычислительных алгоритмов». М.: МАИ, 1988.
5. **Черемных С. В., Семенов И. О., Ручкин В. С.** Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум.-М.: Финансы и статистика, 2006.
6. BPWin Methods Guide.- Logic Works Inc., 1997.
7. **Маклаков С. В.** Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Modeler (BPWin 4.1). М.: Финансы и статистика, 2006.