

А.В. Заяц (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **В.Н. Леванцов**, ст. преподаватель

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

В разных областях техники, в организации производства, в социальной сфере и в военном деле постоянно возникает необходимость решения вероятностных задач, связанных с работой систем массового обслуживания разного вида требований. Следует подчеркнуть, что задачи указанного типа приходится решать не только при проектировании вновь создаваемых систем и сетей обслуживания, но и в процессе эксплуатации имеющихся: при увеличении нагрузки, выходе из строя, модернизации техники и т. п.

Сложность возникающих задач не позволяет получить исчерпывающие решения на базе аналитических методов даже при численной реализации последних. В таких ситуациях приходится прибегать к имитационному моделированию. При имитационном моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы во времени и пространстве. Результаты каждого шага моделирования могут интерпретироваться как состояние системы в определенный момент времени, а метод может быть определен как наблюдение во времени за характеристиками динамической модели системы. Это роднит имитационное моделирование с физическим экспериментом.

Имитационная модель может быть построена и реализована на алгоритмических языках высокого уровня и специальных языках моделирования. Применение универсальных языков программирования при реализации имитационных моделей позволяет исследователю достигнуть гибкости при разработке, отладке и испытании модели. Однако специализированные языки моделирования, ориентированные на определённую предметную область, являются языками более высокого уровня, поэтому дают возможность с меньшими затратами создавать программы моделей для исследования сложных систем. Специализированные языки моделирования делят на три группы, соответствующие видам имитации: для непрерывных, дискретных и комбинированных процессов.

Для моделирования дискретных систем широкое распространение получил пакет моделирования дискретных систем (ПМДС) GPSS World (General Purpose Simulation System – общецелевая система моделирования), разработанный компанией Minuteman (США).

GPSS World имеет стандартный оконный интерфейс и средства для реализации всех этапов имитационного моделирования на языке GPSS:

- 1) текстовый редактор и встроенные шаблоны для ввода блоков модели;
- 2) интерпретирующий алгоритм для синхронизации работы различных компонентов модели и управления таймером модельного времени;
- 3) средства автоматического сбора статистических данных;
- 4) средства отладки модели и контроля динамики процесса имитации;
- 5) средства визуализации процесса моделирования и представления результатов в виде таблиц и графиков.

На рисунках 1, 2 представлены пример модели и отчет, полученный по итогам одного прогона в GPSS World имитационной модели по обслуживанию клиентов в банке в так называемой «быстрой очереди».

```

Mean FUNCTION RN1,D5 ;функ-я опред.сред.времени обслуживания
.1,450/.29,750/.61,1000/.85,1500/1,3000
Kassy STORAGE 8 ;8 касс обслуживания
* Первый сегмент - клиенты
GENERATE (Exponential(1,0,180)) ;приход клиентов
ASSIGN 1, (Exponential(1,0,FN$Mean)) ;параметр 1=время обслуживания
QUEUE One ;регистрация в единой очереди
ENTER Kassy ;занятие кассира
DEPART One ;выход из очереди
ADVANCE P1 ;задержка на время из параметра 1
LEAVE Kassy ;освобождение кассира
TERMINATE ;уход из банка
* Второй сегмент - таймер
GENERATE 180000 ;Таймер приходит через 5 часов
TERMINATE 1 ;Прекращение моделирования

```

Рисунок 1 – Модель обслуживания в «быстрой очереди» в банке

GPSS World Simulation Report - model bank.1.1
 Tuesday, March 10, 2015 13:56:31

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	180000.000	10	0	1

NAME	VALUE
KASSY	10001.000
MEAN	10000.000
ONE	10002.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	981	0	0
	2	ASSIGN	981	0	0
	3	QUEUE	981	11	0
	4	ENTER	970	0	0
	5	DEPART	970	0	0
	6	ADVANCE	970	8	0
	7	LEAVE	962	0	0
	8	TERMINATE	962	0	0
	9	GENERATE	1	0	0
	10	TERMINATE	1	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
ONE	33	11	981	330	4.100	752.358	1133.738 0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
KASSY	8	0	0	8	970	1	7.298 0.912	0	11

Рисунок 2 – Отчет по итогам моделирования

В моделях, написанных на языке GPSS, можно учесть большое количество факторов и отказаться от многих ограничений и допущений. Язык PLUS, встроенный в GPSS World, включает в себя не только набор стандартных процедур (например, процедуры-функции формирования случайных чисел с экспоненциальным или нормальным распределением), но и позволяет определять процедуры пользователя.

Особый класс процедур пользователя называется *Экспериментом* (EXPERIMENT). *Эксперимент* позволяет записать на языке PLUS программу управления прогонами и обработки результатов экспериментов. Программа *Эксперимента* может быть составлена как непосредственно программистом, так и автоматически – с помощью диалога через меню Edit/Insert Experiment. В GPSS можно автоматически сгенерировать программы экспериментов двух типов: *скрининг-эксперимент* связан с определением наиболее значимых факторов, влияющих на состояние системы, и *оптимизационный эксперимент*, который позволяет определить наилучшие значения влияющих факторов. Результаты эксперимента представляются в виде таблицы. Наблюдаемые значения критерия Фишера (F for only main Effects) рассчитываются только для главных факторов (не рассчитываются для взаимодействий). Их сравнивают с критическим значением (Critical value of F). Если наблюдаемое значение больше критического, то признается, что фактор оказывает влияние на результат.

Часто при моделировании недостаточно значений, выводимых в стандартном отчете. Необходимо фиксировать большие объемы информации. Для этого есть две возможности:

- 1 выводить результаты моделирования в файл, а затем обрабатывать их с помощью других программ (например, с помощью Excel);
- 2 записывать результаты в матрицу сохраняемых величин, а затем обрабатывать эту матрицу с помощью процедуры ANOVA.

Процедура ANOVA предназначена для анализа результатов экспериментов. Она позволяет провести факторный анализ (причем можно использовать до 6 факторов и до 3 степеней взаимодействий между) и позволяет оценить степень значимости каждого фактора или взаимодействия. Кроме того, процедура ANOVA позволяет для каждого уровня фактора определить среднее значение по всем репликам и 95 % доверительный интервал.

Написанные с помощью языка GPSS модели получаются более адекватными исследуемой системе, чем аналитические.