

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ GPSS-МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРЕПРОЦЕССОРНОЙ ОБРАБОТКИ

Л.А. Воробейчиков, Г.К. Сосновиков (Москва)

При имитационном моделировании различных систем инфокоммуникации и вычислительных систем результатом формализации моделируемых объектов являются, как правило, те или иные сети массового обслуживания (СМО) [5;9]. Часто узлы таких сетей однородны, то есть представляющие их системы массового обслуживания (СМО) относятся к одной и той же классификационной категории по характеру образования очереди, а также по ограничениям и дисциплине очереди для СМО с ожиданием [9]. При этом размер сети (количество узлов), параметры СМО в узлах и вероятности переходов заявок между узлами являются обычно варьируемыми исходными данными имитационного эксперимента.

В случае моделирования однородных СМО больших размеров на GPSS [6–8] оказывается неизбежным использование косвенной адресации [5;6], позволяющей моделировать процесс функционирования всех узлов сети, независимо от их количества, одним общим сегментом модели. При этом возникает необходимость “настройки” такой модели на конкретные исходные данные перед очередным ее прогоном.

Рассмотрим возникающие здесь проблемы на простейшем примере замкнутой СМО с неограниченным ожиданием в узлах (одноканальных и многоканальных СМО), время обслуживания заявок в которых имеет экспоненциальное распределение.

На рис. 1 приведена GPSS-модель этой сети [5] при следующих исходных данных:

- количество узлов – 3;
- количество заявок в сети – 10;
- число каналов в СМО узлов – 1, 2 и 2, соответственно;
- среднее время обслуживания заявок в узлах задано функцией TSERV;
- вероятности переходов заявок заданы функциями NODEi, где i – номер узла.

Исследуемыми характеристиками модели являются:

- коэффициенты использования СМО в узлах сети;
- средние длины очередей и средние значения времени ожидания в этих очередях.

STOR1	EQU	1		
STOR2	EQU	2		
STOR3	EQU	3	*	
NODE1	EQU	1	*	Продолжение текста модели
NODE2	EQU	2	*	
NODE3	EQU	3		GENERATE , , , 10
STOR1	STORAGE	1		ASSIGN NODE, 1
STOR2	STORAGE	2	ENT1	QUEUE P\$NODE
STOR3	STORAGE	2		ENTER P\$NODE
NODE1	FUNCTION	RN1, D2		DEPART P\$NODE
		0.4, 2/1, 3		ADVANCE (Exponential(1, 0, FN\$TSERV))
NODE2	FUNCTION	RN1, D1		LEAVE P\$NODE
		1, 1		ASSIGN NODE, FN*NODE
NODE3	FUNCTION	RN1, D1		TRANSFER , ENT1
		1, 1		GENERATE 1000000
TSERV	FUNCTION	P\$NODE, L3		TERMINATE 1
		1, 500/2, 1000/3, 1500		START 1

Рис. 1. GPSS-модель замкнутой сети массового обслуживания

Сегмент настройки модели на исходные данные очередного прогона составляют операторы EQU, устанавливающие необходимую для косвенной адресации нумерацию узлов

сети и многоканальных устройств (памятей), операторы STORAGE, определяющие емкости многоканальных устройств, и операторы определения функций FUNCTION, задающих вероятности переходов заявок в узлах и средние значения времени обслуживания в них. При изменении количества узлов сети необходимо изменять количество этих операторов, а при изменении емкостей многоканальных устройств и вероятностей переходов – операнды операторов STORAGE, FUNCTION и таблицы с координатами точек функций.

Таким образом, проведение имитационных экспериментов с сетевыми GPSS-моделями требует постоянного редактирования их текста. Это неудобно и чревато ошибками даже в том случае, когда разработчик модели и экспериментатор объединены в одном лице, и принципиально невозможно в случае, когда модель должна передаваться для исследований специалистам предметной области, не владеющим языком GPSS.

Задача создания независимых имитационных приложений, основанных на GPSS-моделях и ориентированных на специалистов той или иной предметной области, в настоящее время решена в рамках мощного интерактивного инструмента автоматизации моделирования на GPSS – среды моделирования GPSS STUDIO [4]. Приложения, созданные в среде GPSS STUDIO, дают пользователю-исследователю возможность взаимодействия с GPSS-моделью через формы ввода исходных данных, планирования и проведения имитационных экспериментов, а также вывода и анализа результатов моделирования. Однако в настоящее время среда GPSS STUDIO не поддерживает GPSS-модели с косвенной адресацией. Более того, в рамках концепций связывания объектов форм с объектами модели и идентификации имен исходных данных и показателей модели, реализованных в GPSS STUDIO, создание приложений на основе сетевых GPSS-моделей с косвенной адресацией, по мнению авторов, в принципе не реализуемо. Требуется создание программной надстройки, генерирующей текст GPSS-модели в соответствии с заданными исходными данными и передающей сгенерированную модель среде GPSS для выполнения прогона.

Такой инструмент – препроцессор – был в свое время разработан с участием авторов для использовавшейся в те годы системы моделирования GPSS/PC [1,2,7] и был применен при разработке ряда имитационных моделей, в том числе, комплекса моделей локальных вычислительных сетей [3]. Во всех случаях эксперименты с моделями проводились без участия разработчиков исключительно силами заказчиков – специалистов соответствующих предметных областей.

Функционал программы-препроцессора выходит далеко за рамки традиционных препроцессоров, входящих в состав различных систем программирования. По сути дела программа является транслятором интерпретирующего типа, преобразующим модель на входном языке препроцессора в GPSS-модель, и построенным на базе следующих основных концепций:

- входными данными препроцессора служит файл с текстом модели на языке препроцессора. Язык располагает различными средствами ввода исходных данных для последующей настройки модели;
- в результате обработки препроцессором входного файла создается файл с текстом модели на языке GPSS, при этом сгенерированная модель настроена на введенные исходные данные;
- файл с GPSS-моделью передается в среду GPSS для выполнения прогона. Результаты прогона (исследуемые характеристики модели) сохраняются в соответствующем файле средствами языка и среды GPSS;
- результаты прогона считываются препроцессором из файла и визуализируются. Возможна статистическая обработка файла с результатами средствами среды GPSS.

Входной язык препроцессора представляет собой совокупность операторов препроцессора и операторов языка GPSS. Операторы препроцессора идентифицируются символом #. Операторы GPSS непосредственно транслируются в выходной файл с текстом GPSS-модели. Однако в них реализована операция подстановки препроцессорных данных, идентифицируемая символом &.

Операторы препроцессора реализуют следующие основные функции:

- объявление препроцессорных переменных и массивов (одномерных и двумерных), в которых хранятся исходные данные и исследуемые характеристики модели. Предусмотрены арифметические данные целого и вещественного типа, а также строковые данные;
- ввод исходных данных с клавиатуры или из текстового файла с сохранением в препроцессорных переменных и массивах;
- присваивание препроцессорным переменным и элементам массивов вычисленных значений выражений с выполнением необходимых преобразований типов данных;
- организация в программе на входном языке разветвлений, регулярных и итеративных циклов с опциями досрочного выхода из цикла и перехода к следующей итерации;
- обработка и диагностика ошибок в программе на входном языке и вводимых исходных данных;
- запуск среды GPSS с передачей в нее текста сгенерированной GPSS-модели;
- чтение файла с результатами моделирования и их визуализация.

На рис. 2 приведен пример текста модели на входном языке препроцессора, из которого при соответствующих исходных данных будет сгенерирована GPSS-модель СеМО (рис. 1). Пример ограничивается вводом исходных данных и настройкой модели. Исходные данные вводятся с клавиатуры.

Из приведенного примера видно, что программирование модели на языке препроцессора вполне доступно пользователю – разработчику модели, владеющему любым универсальным языком программирования.

В настоящее время авторами ведется работа по реконструированию препроцессора в среде Visual C++ для работы со средой моделирования GPSS World [8] с учетом новых ее возможностей и отличий от GPSS/PC. Препроцессор будет реализован в виде независимого приложения (исполняемого файла), которое может вызываться из любой программной среды. В частности, для конкретной модели или набора моделей могут быть разработаны соответствующие формы ввода исходных данных и вывода результатов моделирования, взаимодействующие с моделью на уровне препроцессорных данных.

Однако наиболее перспективным способом использования препроцессора является, конечно, его интегрирование в среду GPSS STUDIO. На наш взгляд это еще более расширило бы круг потенциальных пользователей среды и сферу ее применения.

```

#def NODES int,CUST int,I int,J int
#input 'Количество узлов сети',NODES
#input 'Количество заявок в сети',CUST
#def SNODE(NODES) int,TSERV(NODES) int
#print 'Емкости MKV в узлах сети'
#for I=1 to NODES
  #print 'Узел',I
  #input SNODE(I)
#next I
#print 'Среднее время обслуживания в узлах'
#for I=1 to NODES
  #print 'Узел',I
  #input TSERV(I)
#next I
#def PROB(NODES,NODES) real
#print 'Вероятности переходов заявок'
#for I=1 to NODES
  #print 'Из узла',I
  #for J=1 to NODES
    #print 'В узел',J
    #input PROB(I,J)
  #next J
#next I
#def TMOD int
#input 'Длительность прогона',TMOD
#for I=1 to NODES
  STOR&I EQU &I
  STOR&I STORAGE &SNODE(I)
  NODE&I EQU &I
#next I
TSERV FUNCTION P$NODE,L&NODES
#for I=1 to NNODES
&I,&TSERV(I)
#next I

(продолжение текста модели)
#def POINT(NODES) int, K int, SUM real
#for I=1 to NODES
  #let K=0
  #for J=1 to NODES
    #if PROB(I,J)>0
      #let K=K+1
    #endif
  #next J
  #let POINT(I)=K
#next I
#for I=1 to NODES
  NODE&I FUNCTION RN1,D&POINT(I)
  #let SUM=0
  #for J=1 to NODES
    #if PROB(I,J)>0
      #let SUM=SUM+PROB(I,J)
    #endif
  &SUM,&J
  #next J
#next I
GENERATE ,,,&CUST
ASSIGN NODE,1
ENT1 QUEUE P$NODE
ENTER P$NODE
DEPART P$NODE
ADVANCE (Exponential(1,0, FN$TSERV))
LEAVE P$NODE
ASSIGN NODE, FN*NODE
TRANSFER ,ENT1
GENERATE &TMOD
TERMINATE 1
START 1

#run

```

Рис. 2. Модель замкнутой сети массового обслуживания на языке препроцессора

Выводы

1. При имитационном моделировании в среде GPSS сложных систем, формализуемых в виде однородных сетей массового обслуживания, возникает проблема постоянного редактирования текста модели в соответствии с изменением исследуемых параметров сети. Это делает практически невозможным использование модели для проведения экспериментов с ней специалистами соответствующей предметной области, не владеющими языком GPSS.

2. Среда моделирования GPSS STUDIO, позволяющая создавать независимые приложения, основанные на GPSS-моделях и ориентированные на специалистов той или иной предметной области, не поддерживает сетевые GPSS-модели с косвенной адресацией объектов в узлах сети.

3. Предлагаемый способ решения проблемы, основанный на использовании препроцессорной обработки текста модели на разработанном входном языке, определяет практическую значимость работы.

4. Программа-препроцессор реализуется в виде независимого приложения, которое может быть встроено в любые программные среды, организующие интерфейс с исследуемой моделью. Наиболее перспективным представляется интегрирование препроцессора в среду моделирования GPSS STUDIO.

Литература

1. **Воробейчиков Л.А., Лившиц В.М., Шакин В.Н.** Препроцессор для системы моделирования GPSS/PC. В кн.: Шестнадцатая Всесоюзная школа-семинар по вычислительным сетям. Тезисы докладов. Часть III – Москва-Винница, 1991.
2. **Воробейчиков Л.А., Лившиц В.М., Эйдельман В.Л.** Интегрированная система моделирования на базе GPSS/PC. В кн.: Тезисы докладов XVII Международной школы-семинара по вычислительным сетям, Москва – Алма-Ата, 1992, ч. 2.
3. **Воробейчиков Л.А., Красновид Н.И., Сосновиков Г.К.** Комплекс имитационных моделей ЛВС с различными методами доступа к среде передачи. В кн.: Тезисы докладов XVII Международной школы-семинара по вычислительным сетям, Москва – Алма-Ата, 1992, ч. 2.
4. **Девятков В.В., Девятков Т.В., Федотов М.В.** Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO: Учеб. пособие, Под ред. д-ра экон. наук В.В. Девяткова. М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. 233 с.
5. **Сосновиков Г.К.** Компьютерное моделирование. Практикум по работе в среде GPSS World / Г.К. Сосновиков, Л.А. Воробейчиков. М.: Форум, 2015. 108 с.
6. **Шрайбер Т.Дж.** Моделирование на GPSS/Т.Дж. Шрайбер. М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
7. GPSS/PC general purpose simulation. Reference Manual. – Minuteman software. P.O. Box 171. Stow, Massachusetts 01775, 1986.
8. **Кокс С.** Руководство пользователя по GPSS World [Текст] / Пер. с англ. К.В.Кудашова, В.В. Девяткова; под общ. ред. В.В. Девяткова. Казань: Мастер Лайн, 2002. 384 с.
9. **Тихоненко О.М.** Модели массового обслуживания в информационных системах: Учебное пособие для студ. вузов. Минск: Технопринт, 2003. 327 с.