



**Начало контроля гармонизации.** В начале реализации мест можно разрешить бронирование с нарушением заданных ограничений, так как со временем картина неизбежно изменится. Для задержки контроля гармонизации вводится параметр *момент гармонизации*. Если после выполнения бронирования максимальная участковая загрузка не превосходит значения этого параметра, то указанный контроль не производится.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При комплексном подходе к автоматизации продажи перевозок эффект от автоматизации становится ощутимым как в финансовом, так и в социальном отношении.

В свою очередь, комплексный подход необходим, и его могут себе позволить, прежде всего, крупные участники перевозочного процесса, например, такие как ГУП “Мострансавто” Московской области. В состав этого предприятия входят Центральный автовокзал Москвы со своими филиалами, а также крупнейшие автовокзалы Московской области. Именно для автоматизации таких крупных транспортных предприятий и разрабатываются современные информационные системы рассмотренного типа.

☎ (495) 725-09-01

E-mail: levin@tais.ru

vlovsky@tais.ru



УДК 519.872.8:519.876.5:681.5.015

## ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКА SIMSCRIPT ДЛЯ ОПИСАНИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

А. В. Колотников, З. П. Мясоедова

*Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва*

Рассмотрены возможности языка моделирования Simscript, описаны средства разработки и подходы к анализу систем массового обслуживания. Дан пример модели.

#### ВВЕДЕНИЕ

Цель данной статьи — дать краткий обзор лучших существующих на данный момент средств имитационного моделирования — языка Simscript. Модель на языке Simscript позволяет просто и понятно описать проектируемую или работающую систему, а также исследовать ее с помощью современных инструментальных средств. Язык может использоваться при проведении предпроектных исследований на начальных стадиях разработки крупных проектов. Типичные области применения языка Simscript — телекоммуникации, управление, транспорт, планирование производства и многие другие области, связанные с системами массового обслуживания.

#### 1. ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Для построения модели системы массового обслуживания можно применить два подхода: математический и имитационный.

Первый из них предполагает возможность описания исследуемой системы системой уравнений, решая которую, можно получить необходимые характеристики системы. Довольно часто при описании сложных систем массового обслуживания данный подход приводит к сложным системам уравнений или вообще бывает трудно применим. В таких случаях построение имитационной модели бывает более оправдано.

Имитационный подход характеризуется описанием модели с помощью средств моделирования. В отличие от прямого эксперимента на реальной системе, имитация гораздо проще, дешевле и быстрее по времени, поэтому имитационные модели давно получили широкое распространение. К таким средствам моделирования относятся языки программирования GPSS, SLAM, Simscript и многие др.

Исторически наибольшее распространение, особенно в нашей стране, получил язык GPSS. Он достаточно удобен для описания систем массового обслуживания и не требует больших вычислительных ресурсов. По времени выхода языки GPSS и Simscript почти ровесники: GPSS — 1961 г., Simscript — 1962 г. На них за более чем

40 лет создано множество имитационных моделей во многих областях деятельности, и эти языки доказали жизнеспособность подхода, но целью данной статьи является не их сравнение, а обзор возможностей языка Simscript, широко используемого за рубежом и практически неизвестного в России.

## 2. СРЕДСТВА ЯЗЫКА SIMSCRIPT ДЛЯ ОПИСАНИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Каждый имитационный язык предлагает средства для описания и моделирования системы массового обслуживания. Язык Simscript, являясь проблемно ориентированным, сохранил гибкость и легкость понимания исходного текста на уровне языка программирования высокого уровня. На рис. 1 приведен пример программы "Hello world" на языке Simscript.

```
main
print 1 line thus
Hello World!
end ' main
```

Рис. 1. Пример программы "Hello world"

Как видно из примера, модули Simscript — это текстовые описания с синтаксисом, близким к английскому языку, что позволяет легко понимать написанные программы (получать самодокументирующиеся программы).

Вообще, обобщенная Simscript-программа состоит из главного модуля (main), преамбулы (preamble), набора процедурных модулей, описания графического интерфейса (graphics.sg2) и параметров модели.

В преамбуле описываются структуры данных модели. Моделируемые объекты описываются при помощи набора entities и attributes. Например, так может быть описан набор "работы/задачи/время выполнения задачи" (рис. 2).

```
temporary entities
every Task has a Tk.duration,
    and belongs to a Task.list
define Tk.duration as a double variable
every Job has an Jb.arrival.time,
    owns a Task.list,
    and belongs to a Job.queue
the system owns the Job.queue
```

Рис. 2. Пример описания структуры данных

Из текста этого примера понятно, что каждая работа содержит задачи и каждая задача имеет время выполнения.

Также в преамбуле описываются процессы события и статистические параметры. Например, так могут быть описаны процессы генерации потоков автомобилей и переключения светофора (рис. 3).

```
PROCESSES INCLUDE
CAR1.GENERATOR, CAR1,
CAR2.GENERATOR, CAR2
AND SIGNAL.SWITCH
```

Рис. 3. Пример описания процессов событий

В отличие от GPSS, язык Simscript предназначен для дискретного и комбинированного дискретно-непрерывного моделирования. Дискретное моделирование служит для описания события (приход танкера на рейд, прием заказа и пр.), а непрерывное — для описания процесса (течение воды, остывание металла)

Для описания дискретной модели есть следующие средства: процессы, события и ресурсы.

Любые события и процессы происходят во времени. Время в Simscript модельное, т. е. оно не связано с реальным временем, а изменяется в соответствии с состоянием модели. Если нет событий (не объявлены) или нет активных процессов в течение какого-то промежутка модельного времени, то Simscript просто сдвигает время до ближайшей активации процесса или события. Для реализации этого подхода язык содержит диспетчер переключения контекста процедуры.

На рис. 4 приведен пример процедуры Initialize с предложением "ACTIVATE AN SIGNAL.SWITCH NOW", которое означает, что произойдет вызов процедуры SIGNAL.SWITCH и модельное время будет "NOW", т. е. текущее время модели.

### ROUTINE INITIALIZE

```
CREATE EVERY GREEN(2)
LET U.GREEN(1) = 1
LET U.GREEN(2) = 1
ACTIVATE AN SIGNAL.SWITCH NOW
ACTIVATE AN CAR1.GENERATOR NOW
ACTIVATE AN CAR2.GENERATOR NOW
END 'INITIALIZE
```

Рис. 4. Пример процедуры Initialize

В этой процедуре активируется несколько процессов. Например, так может выглядеть процесс переключения светофора (рис. 5):

```
PROCESS SIGNAL.SWITCH

WHILE TIME.V < SIM.LENGTH
DO
'' red light for line 1
REQUEST 1 GREEN(1) with priority 1
'' line 2 is green for SWITCH.INTERVAL2
WORK SWITCH.INTERVAL2 .MINUTES
'' red light for line 2
REQUEST 1 GREEN(2) with priority 1
'' green light for line 1
RELINQUISH 1 GREEN(1)
'' line 1 is green for SWITCH.INTERVAL1
WORK SWITCH.INTERVAL1 .MINUTES
'' green light for line 2
RELINQUISH 1 GREEN(2)
LOOP
END
```

Рис. 5. Описание процесса переключения светофора

Если в какой-то момент происходит активация двух событий одновременно, то они обслуживаются в соответствии с приоритетами или в порядке поступления в очередь (если приоритеты одинаковы).

Для активации моделирования служит предложение "START SIMULATION". Это предложение запускает



процесс моделирования, т. е. переключение процессов, событий и отсчета времени. Активировать модель можно несколько раз, если, например, нужно посмотреть ситуацию в разных условиях и выбрать лучшее.

Как упоминалось выше, в Simscript есть средства для описания непрерывных процессов, которые характеризуются набором дифференциальных уравнений. Например, процесс остывания может быть описан так:  $dT/dt = k(T_A - T)$ .

В Simscript описание этого процесса будет таким:  
 define T, TA as continuous real variables

И тогда процесс остывания “работает” так:  
 work continuously evaluating 'HEATUP' testing 'FINISH'

### 3. ПЛАТФОРМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ РАЗРАБОТКИ В SIMSCRIPT

Несмотря на приличный возраст продукта, на текущий момент язык Simscript имеет все необходимые современные средства разработки:

SimStuido (Simulation Studio) — это набор компонентов для разработки моделей:

- SimScript-компилятор и исполняемые библиотеки;
- интегрированная среда разработки (IDE);
- примеры и документация.

Существует несколько платформ для SimStudio: x86 Win32, x86 Linux, SunOS. Такую легкую переносимость языка обеспечивает его структура. Требовательные к скорости исполнения модули (компилятор и часть моделирования) написаны на Simscript или C. Графическая часть реализована на языке Java, что обеспечивает легкую переносимость пакета.

Интегрированная среда разработки представляет собой обычный набор программиста: компилятор, отладчик, средства ведения проекта (IDE) и редактирования программы и ресурсов.

Также после инсталляции пакета пользователю предоставляется документация по языку и средствам разработки, набор примеров. Это облегчает начало работы и проектирование собственных моделей.

### 4. ПРИМЕР ОПИСАНИЯ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (МОРСКОГО ПОРТА)

Порт — это типичная система массового обслуживания. Есть приборы с пропускной способностью, и есть потоки событий для обслуживания (приборы — причал и буксиры, события — приход танкера). Моделируются следующие объекты: причал, буксиры, танкеры, погода.

Пример текста для генерации входящих событий (прихода танкеров) приведен на рис. 6.

```
PROCESS ARRIVAL.GENERATOR
WHILE TIME.V < SIM.LENGTH
DO
    WAIT UNIFORM.F(MIN.INTERARRIVAL.TIME,
                  MAX.INTERARRIVAL.TIME,1)
    .HOURS
    ACTIVATE A TANKER NOW
LOOP
END
```

Рис. 6. Описание генерации прихода танкеров

Видно, что приход танкеров равномерно распределен от MIN.INTERARRIVAL.TIME до MAX.INTERARRIVAL.TIME.

Затем активируется логика работы танкера. Это отдельный процесс, который выполняет следующие шаги.

- Ставит танкер на рейд и запрашивает управление причалом о швартовке:

```
REQUEST 1 BERTH(1)
FILE THIS TANKER IN
    THE HARBOR.QUEUE
ACTIVATE A HARBOR.MASTER GIVING
    "ARRIVE AT HARBOR" NOW
```

- Запрашивает буксир для швартовки и швартуется:

```
REQUEST 1 BERTH(1)
FILE THIS TANKER IN
    THE HARBOR.QUEUE
ACTIVATE A HARBOR.MASTER GIVING
    "ARRIVE AT HARBOR" NOW
```

- Затем разгрузка и отход от причала:

```
ADD 1 TO NUM.LOADING.BERTHS
WORK LOADING.TIME .HOURS
SUBTRACT 1 FROM NUM.LOADING.BERTHS
FILE THIS TANKER IN
    THE DEBERTHING.QUEUE
ACTIVATE A HARBOR.MASTER GIVING
    "DEPART THE BERTHS" NOW
SUSPEND
```

```
REQUEST 1 TUG(1)
RELINQUISH 1 BERTH(1)
WORK TOW.TIME .HOURS
RELINQUISH 1 TUG(1)
ACTIVATE A HARBOR.MASTER GIVING
    "TUG AT HARBOR" NOW
LET TIME.IN.PORT(TYPE) =
    TIME.V - TIME.OF.ARRIVAL
```

Есть еще процесс управления портом (HARBOR.MASTER), который управляет движением судов (буксиров и танкеров). Фактически это машина с четырьмя состояниями: приход танкера на рейд, швартовка танкера к причалу, буксир возле причала, буксир на рейде.

Например, пришел танкер на рейд, и управление портом переходит в состояние “ARRIVE AT HARBOR”, что запускает процесс движения буксира к танкеру и последующую швартовку:

```
ELSE IF STATE = "ARRIVE AT HARBOR"
IF (TG.IDLE(1) = .IDLE)
    AND (WEATHER = "CALM")
    LET TG.IDLE(1) = .BUSY
    LET TG.DESTINATION(1) =
        "TUG AT HARBOR"
    ACTIVATE A TUG.TRANSIT NOW
ALWAYS
```

Логика работы буксира проста. Он движется на рейд или к причалу:

```
PROCESS TUG.TRANSIT
LET TG.TRANSIT(1) =
    .IN.TRANSIT
WORK TRANSIT.TIME .HOURS
LET TG.TRANSIT(1) =
    .NOT.IN.TRANSIT
ACTIVATE A HARBOR.MASTER GIVING
    TG.DESTINATION(1) NOW
```

END



В реальной ситуации в модели должно учитываться влияние погоды (например, шторм, который изменяет режим работы порта):

```
PROCESS STORM
WHILE TIME.V < SIM.LENGTH
DO
  WAIT EXPONENTIAL.F(MEAN.TIME.BET.STORMS,
    4) .HOURS
  LET WEATHER = "STORMY"
  IF (TG.TRANSIT(1) = .IN.TRANSIT) AND
    (TG.DESTINATION(1) = "TUG AT HARBOR")
  INTERRUPT TUG.TRANSIT
  LET TG.DESTINATION(1) =
    "TUG AT BERTHS"
  LET TIME.A(TUG.TRANSIT) =
    TRANSIT.TIME - TIME.A(TUG.TRANSIT)
  RESUME TUG.TRANSIT
ALWAYS
WORK UNIFORM.F(MIN.STORM.DURATION,
  MAX.STORM.DURATION, 5) .HOURS

LET WEATHER = "CALM"
IF TG.IDLE(1) = .IDLE
  ACTIVATE A HARBOR.MASTER GIVING
    "TUG AT BERTHS" NOW
ALWAYS
LOOP
END
  Время между штормами, например, распределяется по экспоненте, а продолжительность — равномерно от MIN.STORM.DURATION до MAX.STORM.DURATION.
```

В результате исследования модели можно определить среднее время нахождения танкера в порту, среднюю очередь возле причала и на рейде, время работы и простоя буксира, время работы и простоя причала.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время благодаря значительному увеличению производительности персональных компьютеров возрос интерес к средствам имитационного моделирования, и язык Simscript предоставляет все необходимые современные инструментальные средства для создания моделей сложных систем массового обслуживания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *SIMSCRIPT II.5 Simplified*. — CACI Products company, 2002. — 39 с.
2. *SIMSCRIPT II.5 Programming Language*, — Ibid, 1997. — 348 с.
3. *Шрайбер Т. Дж.* Моделирование на GPSS. — М.: Машиностроение, 1980. — 592 с.
4. *Марковиц Г. М., Хауснер Б., Карп Г.* Симскрипт. Алгоритмический язык для моделирования. — М.: Советское радио, 1966. — 152 с.

☎ (495) 334-87-60

E-mail: alex.kolotnikov@mtu-net.ru



УДК 656:681.5

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ В ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЕ ТАКСИ

В. А. Жожикашвили<sup>(1)</sup>, Н. В. Петухова<sup>(1)</sup>, А. Н. Зацепин<sup>(2)</sup>, Азаров В. В.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва;

<sup>(2)</sup> ЗАО "Регионтранс", г. Москва

Рассмотрена организация работы диспетчерской службы такси с помощью современных технологий: глобальной спутниковой навигации, технологии распознавания речи, электронных платежей и др.

### ВВЕДЕНИЕ

Более года компания "Регионтранс" совместно с Институтом проблем управления (ИПУ) РАН работает над созданием автоматизированной системы управления диспетчерской службой такси. В качестве полигона используется диспетчерский центр "Служба-918" —

один из пилотных проектов компании "Регионтранс" в Москве.

Компания "Регионтранс" — оператор подвижной транковой радиосвязи в Москве, ближнем Подмосковье и четырех регионах России, работающий на рынке профессиональной радиосвязи с 1997 г. За это время техническими специалистами компании реализован ряд нестандартных приложений к транку: контроль местопо-