

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ISS 2000**В. Н. Томашевский, Н. В. Богушевская (Киев, Украина)****Введение**

Современные средства имитационного моделирования строятся так, чтобы облегчить работу пользователя на всех технологических этапах моделирования от создания концептуальной модели до проведения экспериментов. Компонентно-ориентированное программирование возникло достаточно недавно, но его подход уже начал использоваться в моделировании сложных систем. Данный подход дополняет объектно-ориентированный, обеспечивая механизм повторного использования компонента. Компонента – это объект с заранее заданным интерфейсом, который может быть использованным в разном контексте, и настроен для разных потребностей. Повышение эффективности применения метода имитационного моделирования заключается в повторном использовании определенных блоков модели с возможностью их настройки, а не в их построении для каждой новой модели, что позволяет сделать процесс проектирования модели системы более гибким и экономичным. В системе моделирования ISS 2000 компонентно-ориентированный подход использован для построения библиотеки компонент, ориентированных на моделирование сетей массового обслуживания [1], и расширен компонентами для моделирования транспортных сетей. Таким образом, охватывается широкий класс моделей, позволяющий моделировать дискретное сборочное производство, транспортные системы доставки грузов и перевозки пассажиров, системы логистики, разного вида обслуживающие системы, коммуникационные системы и др.

Система моделирования ISS 2000 использует генератор программ [2], который создает имитационные модели на языке моделирования GPSS, что позволяет при необходимости квалифицированному пользователю изменить код программы.

Современные программные средства имитационного моделирования позволяют не только автоматизировать процесс создания модели, но и организовывать эксперименты с ней. Поэтому в систему моделирования ISS 2000 встроены методы для оценки точности результатов моделирования.

1. Описание возможностей компоненты «Кольцевая сеть»

Рассматривается кольцевая транспортная сеть (например, кольцевой маршрут движения общественного или грузового транспорта). Сеть состоит из узлов (например, остановки для посадки и высадки пассажиров или пункты для загрузки и выгрузки грузов). По кольцевым маршрутам перемещаются динамические объекты (например, автобусы, троллейбусы или грузовые машины), которые дальше будем именовать как транспортные средства.

В узлы сети также поступают другие динамические объекты (например, пассажиры или ящики с грузом), которые должны перевозиться транспортными средствами, из узла загрузки в узел выгрузки. Дальше будем именовать эти динамические объекты как объекты перевозки для пассажиров или объекты транспортировки для грузов. В узлах сети могут образовываться очереди из объектов перевозки.

Транспортные средства подразделяются на типы. Каждый тип имеет следующие характеристики:

- наименование транспортного средства;
- количество транспортных средств данного типа в сети;
- максимально возможное количество объектов перевозки (вместимость) для транспортного средства;

- количество каналов для загрузки и выгрузки объектов перевозки (например, количество дверей) для транспортного средства;
- начальный узел входа для транспортного средства данного типа в кольцевую сеть.

Узлы загрузки-разгрузки характеризуются наименованием и временами движения к следующему узлу в соответствии со структурой кольцевой сети, которые могут быть различными для разных промежутков времени.

Объекты перевозки тоже подразделяются на типы. Каждый тип имеет следующие характеристики:

- узел загрузки;
- количество объектов перевозки, поступающих в узел загрузки одновременно;
- время, которое нужно объектам перевозки данного типа на загрузку;
- узел разгрузки;
- время, которое нужно объектам перевозки данного типа на выгрузку.

Узлы входа объектов перевозки и выхода, время на загрузку и выгрузку могут быть различными для разных промежутков времени одного и того же типа объекта.

В каждом узле транспортные средства сначала совершают выгрузку объектов перевозки данного типа, если такие есть. Затем осуществляется загрузка объектов перевозки из очередей в узлах сети, если есть свободные места в транспортном средстве.

Следовательно, каждый объект перевозки перемещается из узла загрузки в узел выгрузки кольцевой сети посредством первого свободного транспортного средства.

Тип объекта перевозки определяет узел кольцевой сети, в который он поступает. Объект перевозки становится в очередь этого узла и ожидает прихода транспортного средства. Причем в узел попадает одновременно заданное количество объектов перевозки данного типа.

Транспортные средства начинают перемещение от начальных узлов в зависимости от их типов. Как только транспортное средство попадает в какой-то узел, начинается разгрузка тех объектов перевозки, у которых узел разгрузки отвечает текущему узлу. При этом как выгрузка, так и загрузка проходит через то количество каналов, которое отвечает типу объекта движения. По мере разгрузки транспортное средство ожидает, пока не пройдет время выгрузки, отвечающее данному типу объекта перевозки. Это время также включает ожидание освобождения каналов для выгрузки, если все они заняты.

Затем начинается загрузка объектов перевозки в транспортное средство, для которых узел загрузки совпадает с текущим. Количество загружаемых объектов ограничивается количеством свободных мест, определяемых как разница между вместимостью транспортного средства и количеством объектов перевозки, которые он везет. Если эта величина положительная, то рассматривается количество объектов перевозки в очереди для загрузки в узле. Далее транспортное средство задерживается на время, пока допустимое количество объектов не будет полностью загруженным. Время загрузки зависит от типа объектов перевозки. Дополнительно транспортное средство задерживается на время освобождения каналов для загрузки, если все они заняты. После чего транспортное средство продолжает перемещение к следующему узлу сети. Время перемещения определяется на основании характеристики узла.

Процессы разгрузки и выгрузки объектов происходят при поступлении каждого транспортного средства в каждый узел кольцевой сети. Некоторые объекты перевозки могут изменять узел выхода уже в процессе поездки.

Таким образом, каждый объект перевозки будет перемещенным из узла загрузки в узел разгрузки посредством первого свободного транспортного средства.

2. Особенности реализации

Для описания структуры имитационной модели кольцевой сети используются следующие блоки:

- входной поток – объекты перевозки, приходящие в узел сети для загрузки в объект движения;
- выходной поток – объекты перевозки, покидающие узел сети после выгрузки из объекта движения;
- перемещение транспортных средств по кольцевому маршруту на протяжении всего времени моделирования;
- формирование в вершинах маршрута очередей объектов перевозки при помощи списков пользователя;
- задержка транспортного средства для реализации процессов загрузки и выгрузки объектов перевозки с помощью логических ключей;
- формирование списка пользователя транспортного средства для определения объектов перевозки, которые он перевозит.

Для реализации имитационной модели используется технология косвенной адресации системы GPSS, что позволяет существенно сократить объём программного кода. Для осуществления косвенной адресации все входные данные задаются с помощью совокупности функциональных зависимостей. На рис. 1 представлена сеть, состоящая из четырёх генераторов, кольцевой сети и терминатора. Задание параметров входных и выходных потоков, а также некоторые параметры транспортных средств представлены на рис. 2, а также фрагмент сгенерированного кода GPSS программы.

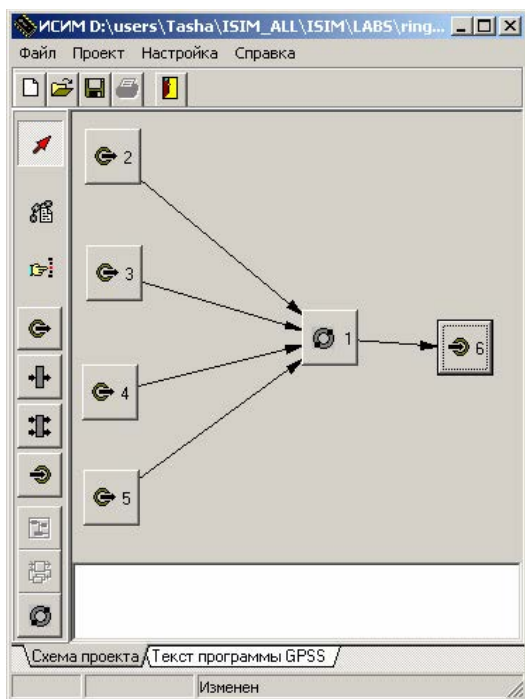


Рис. 1

```

;Фрагмент программы, реализующий кольцевую сеть
840 GENERATE ,,8 ;определение числа транспортных средств
;Определение эквивалентного имени для транспортного средства
850 SAVEVALUE Number3+,1
860 ASSIGN TransNumber,X$Number3
;Определение начального узла маршрута
870 ASSIGN CP, FN$Fun_BegPoint3
;Определение эквивалентного имени списка пассажиров транспортного
;средства
880 ASSIGN TransList, FN$Fun_TransList3
;Определение имени логического ключа, используемого для моде-
;лирования загрузки/выгрузки объектов перевозки
890 ASSIGN TransKey, FN$Fun_TransKey3
;Определение числа входов/выходов транспортного средства
900 ASSIGN TransChannel, FN$Fun_TransChannel3
;Определение следующего узла в маршруте
910 NextPoint3 SAVEVALUE CurrentTrans3, P$TransNumber
;Моделирование процесса занятия транспортного средства
920 UNLINK P$TransList, GoUn3, ALL, UnLP, P$CP, NoUn3
930 GATE LR disP$TransKey
;Определение числа свободных мест в транспортном средстве
940 NoUn3 TEST G V$Var_FreePlace3, 0, NoLd3
;Занятие свободных мест в транспортном средстве в данном узле сети
950 ASSIGN PointList, FN$Fun_PointList3
960 TEST G CH*PointList, 0, NoLd3; если очередь пуста, то...
970 SAVEVALUE CurrentTrans3, P$TransNumber
980 TEST LE CH*PointList, V$Var_FreePlace3, NoAll3
990 UNLINK P$PointList, GoLd3, ALL
1000 TRANSFER , BegLd3
1010 NoAll3 UNLINK P$PointList, GoLd3, V$Var_FreePlace3
;Задержка для загрузки/выгрузки объектов перевозки
1020 BegLd3 GATE LR P$TransKey
1030 NoLd3 ADVANCE FN$Fun_TT3 ;переезд на следующий узел
;передвижение на следующий узел сети
1040 TEST L P$CP, 6, NextCycle3
1050 ASSIGN CP+, 1
1060 TRANSFER , NextPoint3
;переход к следующему транспортному средству
1070 NextCycle3 ASSIGN CP, 1

```

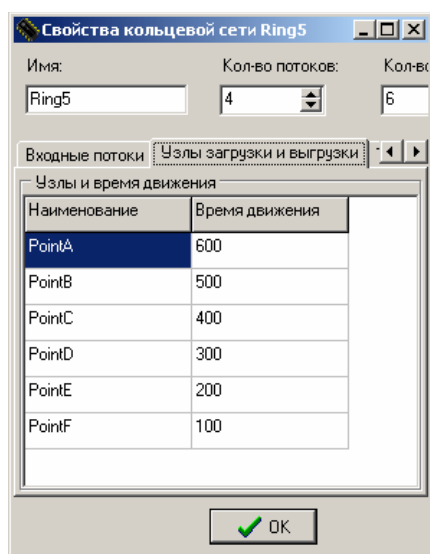


Рис. 2

```

1080  TRANSFER ,NextPoint3;
;определение параметров объекта перевозки
1090 GoLd3 ASSIGN TransNumber,X$CurrentTrans3 ;тип транспорта
1100  ASSIGN TransList,FN$Fun_TransList3
1110  ASSIGN TransKey,FN$Fun_TransKey3
1120  ASSIGN TransChannel,FN$Fun_TransChannel3
1130  LOGIC S P$TransKey
1140  ENTER P$TransChannel
1150  ADVANCE P$LT ;загрузка объектов перемещения
1160  LEAVE P$TransChannel
1170  TEST E S*TransChannel,0,FinLd3
1180  LOGIC R P$TransKey
1190 FinLd3 LINK P$TransList,FIFO ; очередь объектов перевозки
1200 GoUn3 ASSIGN TransNumber,X$CurrentTrans3
1210  ASSIGN TransKey,FN$Fun_TransKey3
1220  ASSIGN TransChannel,FN$Fun_TransChannel3
1230  LOGIC S P$TransKey
1240  ENTER P$TransChannel
1250  ADVANCE P$UnLT ;выгрузка объектов перемещения
1260  LEAVE P$TransChannel
1270  TEST E S*TransChannel,0,FinUn3
1280  LOGIC R P$TransKey
1290 FinUn3 PRIORITY 1
1320  TERMINATE

```

3. Оценка точности результатов

Оценка точности результатов моделирования связана с построением доверительных интервалов для выходных переменных модели. Количество реализаций, дисперсия и время прогона для каждой реализации модели определяют точность результатов. Если модель детерминирована, то для получения точных результатов моделирования достаточно одного прогона. В общем случае данные одного прогона модели представляют единичную выборку или временной ряд, для которого можно построить график.

Для оценки точности в системе ISS 2000 внедрены следующие блоки:

- построения автокорреляционной функции;
- выполнения независимых повторных прогонов;
- использования эргодических и регенерирующих процессов;
- автоматической процедуры анализа имитационного моделирования [3]

(ASAP).

Внешний вид диалоговой формы построения автокорреляционной функции приведён на рис. 3.

4. Заключение

Дополненная система ISS 2000 может быть использована для проектирования различных моделей транспортных систем:

- выполнения складских операций, имеющих кольцевой маршрут;
- технологических процессов циклической конвейерной обработки;
- доставки грузов при использовании кольцевых маршрутов транспортных средств;
- сети общественного пассажирского транспорта;
- компьютерных сетей с кольцевой физической топологией.

Для моделирования систем с переходным и установившимся режимами работы реализованы методы оценки точности результатов моделирования.

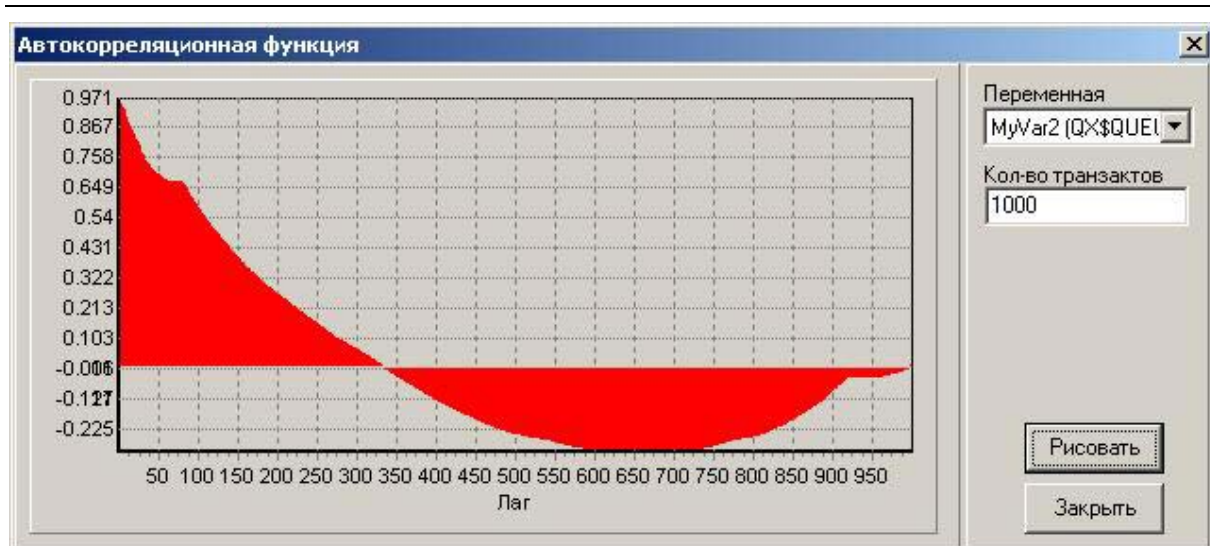


Рис. 3

Литература

1. **Томашевский В. Н., Жданова Е. Г.** Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003, – 416 с.
2. **Tomashevskiy V.** Automatic generating of GPSS/PC programs for queueing network// Proceedings 15th European Simulation Multiconference. – Prague, 2001. P. 805–809.
3. **Natalie M. Steiger, James R. Wilson.** An Improved Batch Means Procedure for Simulation Output Analysis//Management Science. – 2002. – December. – Vol. 48. – No. 12. – P. 1569–1585.