

дозволяє отримати точні розв'язки для задач з числом завдань, суттєво більшим, ніж існуючими методами.

Список літератури: 1. Павлов А.А., Теленик С.Ф. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении.– К.: Техника.– 2002.– 344 с. 2. Павлов А.А., Мисюра Е.Б. Эффективный точный ПДС-алгоритм решения задачи о суммарном запаздывании для одного прибора // Системні дослідження та інформаційні технології.– 2004.– №4.– С.30-59. 3. Pavlov A.A, Pavlova L.A. PDC-algorithms for intractable combinatorial problems. Theory and methodology of design.– Uzhhorod: «Karpatskij region» shelf, 1997.– 320 p. 4. Павлов О.А., Мисюра О.Б., Халус О.А. Аналіз складності та ефективності розв'язання задач третього рівня системи планування та управління дрібносерійним виробництвом. / Вісник НТУУ “КПІ”. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. К.: “ВЕК+”, 2006.– №44.– С.14-20

Поступила в редколегію 10.05.07

УДК 519.685

И.П. ГАМАЮН, д-р техн. наук, ***В.А. КОМАРЧУК***

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СЛУЖБОЙ ЗАКАЗОВ ТАКСИ

В статті пропонується імітаційна модель процесу функціонування служби заказів таксі, що розроблена на основі GPSS (General Purpose Simulation System). Ця модель дозволяє в достатньо повній мірі відзеркалити особливості функціонування служби заказів, як системи масового обслуговування.

В статье предлагается имитационная модель процесса функционирования службы заказов такси, разработанная на основе GPSS (General Purpose Simulation System). Эта модель позволяет в достаточно полной мере отобразить особенности службы заказов, как системы массового обслуживания.

In article proposed the simulation model of functioning of service of orders of a taxi on basis GPSS (General Purpose Simulation System). This model allows to display the full features of functioning of service of orders of a taxi, as queue system.

Введение. Увеличение объема информации, поступающей в органы управления, усложнение задач управления, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро изменяющейся обстановки требуют использования в процессе принятия решения нового класса систем – систем поддержки принятия решений (СППР) [1,2]. Эти системы находят свое применение во всех сферах управленческой деятельности человека. Одной из них является служба заказов такси, для которой в условиях мегаполиса характерны особенности, предопределяющие необходимость разработки и использования СППР. Современные компании, предоставляющие транспортные услуги, связывают дальнейшее повышение

эффективности своего функционирования с внедрением СППР службы заказов такси, как основного звена при решении сложной задачи о назначении конкретного транспортного средства для обслуживания клиента исходя из целого ряда условий: возможностей транспортного средства и его местоположения, требований клиента и его индивидуальных характеристик и т.д. Для принятия обоснованного решения необходимо сформировать полное множество вариантов решений по каждому заказу и оценить их с точки зрения заданного критерия (или критериев) оптимальности.

Важным этапом в процедуре принятия обоснованного решения является разработка имитационных моделей, с помощью которых получают количественные оценки вариантов возможных решений. В данной работе предлагается имитационная модель процесса функционирования службы заказов такси, разработанная на основе GPSS (General Purpose Simulation System) World, что позволяет в достаточно полной мере выразить особенности службы как системы массового обслуживания [3,4].

Описание имитационной модели. Исследуется процесс функционирования службы заказов такси, в которой n_1 телефонных линий (каналов обслуживания). Если заказчик (пришедший заказ) застаёт одну из телефонных линий свободной, то его заказ становится в очередь на транспортное средство, если она не превышает N заказов. Для каждого заказчика существует свой приоритет. В зависимости от принадлежности к той или иной категории заказчик занимает позицию в очереди. Если все телефонные линии заняты, то заказчик повторяет попытку сделать заказ через t_3 секунд. Если в очереди есть заказы, то транспорт «выбирает» для обслуживания первого клиента из очереди с первым приоритетом. Если она пуста, то для обслуживания выбирается первый заказ из очереди с вторым приоритетом, если она тоже пуста, то выбирается клиент с приоритетом 3. Выбранная очередь уменьшается на единицу. Все остальные заказы в этой очереди, если они есть, продвигаются на одну позицию вперед. Если в очереди нет заказов, то автомобиль остается в состоянии «свободен» до прихода следующего заказа.

С точки зрения объектного подхода имеются динамические объекты – требования (заказы) и некоторые ресурсы – устройства обслуживания (машины). Если требование претендует на ресурс, а они все заняты, то оно становится в очередь к ресурсу. Правило обслуживания – FIFO.

Для каждой пары «требование-ресурс» необходимо определить, как долго требование i будет использовать ресурс j , то есть необходимо определить интервал времени, когда требованию i назначен ресурс j и когда оно освободит этот ресурс.

Опишем алгоритм работы системы с точки зрения «жизненного цикла» заказа, т.е. от момента поступления (принятия) заказа до момента доставки клиента на место. Т.к. заказы непрерывно поступают на n_1 каналов, то необходимо обеспечить поток заявок путем их создания в модели. Для

генерации заказов используют специальную подпрограмму ГЕНЕРАТОР (GENERATE).

Описание процесса использования ресурса требованием целесообразно разбить на подпрограммы:

12. запрос – назначение ресурса j требованию i (SEIZE, ENTER);
13. обслуживание требования i , что предполагает создание уведомления о событии в списке будущих событий для передачи управления подпрограмме освобождения ресурса j требованием i (ADVANCE);
14. освобождение ресурса j требованием i (RELEASE, LEAVE);
15. уничтожение требования (TERMINATE).

Кроме перечисленных подпрограмм необходимо программа управления процессом моделирования, которая запускает процесс моделирования и отслеживает движение каждого требования по модели путем вызова названных подпрограмм обработки событий. Также программа управления процессом моделирования ведет список упорядоченных во времени событий и продвигает часы модельного времени от события к событию. Структурная схема имитационной модели представляется на рис.1.

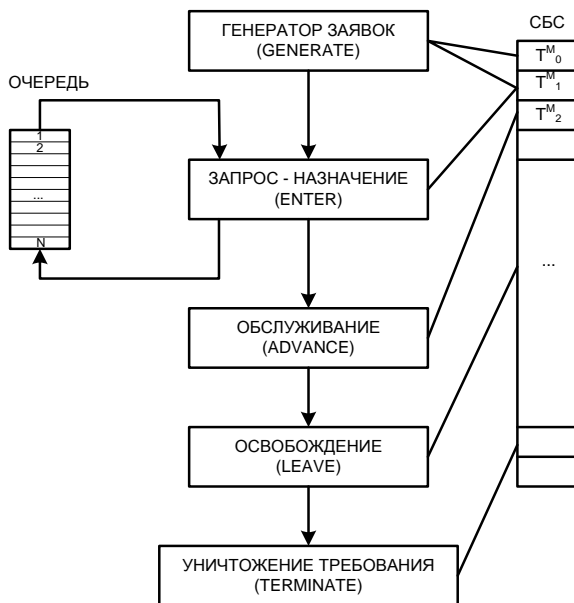


Рисунок 1 – Структурная схема имитационной модели

Необходимо сформировать поток заказов, поступающих на обслуживание в службу заказов такси. Для этого опишем функцию согласно терминологии

GPSS (для варианта с законом поступления заявок в модель Эрланга второго порядка):

```
EXPDIS FUNCTIONRN1,C24
0,0/.100,.104/.200,.222/.300,.355/.400,.509
.500,.690/.600,.915/.700,1.200/.750,1.380
.800,1.600/.840,1.830/.880,2.120/.900,2.300
.920,2.520/.940,2.810/.950,2.990/.960,3.200
.970,3.500/.980,3.900/.990,4.600/.995,5.300
.998,6.200/.999,7/1,8
```

Тогда закон поступления заявок будет выглядеть следующим образом:

```
GENERATE ,,1
SDFG_KAN1          ADVANCE    t1/2, FN$EXPDIS
                   ADVANCE    t1/2, FN$EXPDIS
                   split      1, SDFG_KAN1
```

В нулевой момент времени в модель вводится транзакт. Этот транзакт в каждом из двух последующих блоков ADVANCE задерживается на экспоненциально распределенный промежуток времени. Блок SPLIT создает копию транзакта и направляет ее на блок с меткой SDFG_KAN1, исходный транзакт поступает в модель и т.д.

Если заказ принят, то он сначала занимает место в очереди, если она есть. Такое действие моделируется оператором QUEUE (очередь), который используется только вместе с оператором DEPART (выйти). Очередь на обслуживание запишется в виде QUEUE QZAKAZ, где QZAKAZ – имя очереди.

Так как существует ограничение на длину очереди – N заказов, то записи с постановкой заказа в очередь предшествует блок, осуществляющий проверку данного условия:

```
test LE    Q$ZAKAZ, ZAK, T,
```

где Q\$ZAKAZ – текущее значение длины очереди;

ZAK – ограничение на очередь, задаваемое пользователем;

T – метка перехода транзакта, при условии, что уже ZAK заказов в очереди.

Заказ покидает очередь после освобождения автомобиля, т.е. когда переходит к обслуживанию автомобилем. Автомобиль переходит в состояние “занят”.

Опишем это:

```
ENTER    KOL_AUTO
```

```
...
```

```
LEAVE    KOL_AUTO
```

Оператор ENTER означает, что система многоканальная и возможно определенное количество таких автомобилей.

Время обслуживания транзакта автомобилем описывается:

```
ADVANCE t4,t5,
```

Что обеспечивает увеличение модельного времени на величину $t4 \pm 15$ минут.

Поскольку заказ обслуживается автомобилем, то он освободил место в очереди – DEPART QZAKAZ.

Запись TEST LE P5,2,GO_TER – обеспечивает выполнение условия о том, что если клиент звонил больше трех раз, то он больше не пытается дозвониться, т.е. транзакт покидает модель.

Запись T ADVANCE 60 означает, что абонент через 60 секунд повторяет попытку сделать заказ.

Запись TRANSFER ,KAN обеспечивает переход к блоку с меткой KAN

Для подсчёта дохода от обслуживания клиентов за время работы службы заказов такси, реализуемой в данной модели необходимо ввести блок сохраняемой величины:

SAVEVALUE SKOL+,(1) – количество обслуженных заказов за время моделирования.

savevalue STOIM+,(P8#p6#stoim_1km#0.001+ZAKAZ),

где P6, P8 – стандартные числовые атрибуты, в которые заносится скорость движения автомобиля и время обслуживания клиента;

STOIM_1KM – стоимость проезда одного километра, задаваемая пользователем;

ZAKAZ – стоимость заказа такси, задаваемая пользователем.

Окончание обслуживания заказа службой заказов такси осуществляется в модели с помощью оператора TERMINATE без параметров.

После описания общих положений функционирования службы заказов такси необходимо создать сегмент, который будет моделировать работу службы заказов такси в течение рабочей смены, что требуется условием задачи. Для этого необходимо перевести значение длины смены во время моделирования системы, которое будет равно 28800 секунд.

Этот сегмент имеет вид:

GENERATE 28800

TERMINATE 1

Для запуска моделирования используется оператор START.

Процесс реализации оболочки взаимодействия пользователя с имитационной моделью сопровождался разработкой диаграммы вариантов использования, описываемой согласно терминологии UML. На рисунке 2 изображена данная диаграмма.

Непосредственно имитационная модель реализуется в среде GPSS World. Для удобства взаимодействия с имитационной моделью, передачи необходимых параметров описываемой системе, а также для удобства хранения статистических данных, полученных в результате проведения экспериментов с имитационной моделью необходимо реализовать интерфейс пользователя. Для написания данного интерфейса был выбран объектно-ориентированный язык программирования C++ в среде CBuilder.

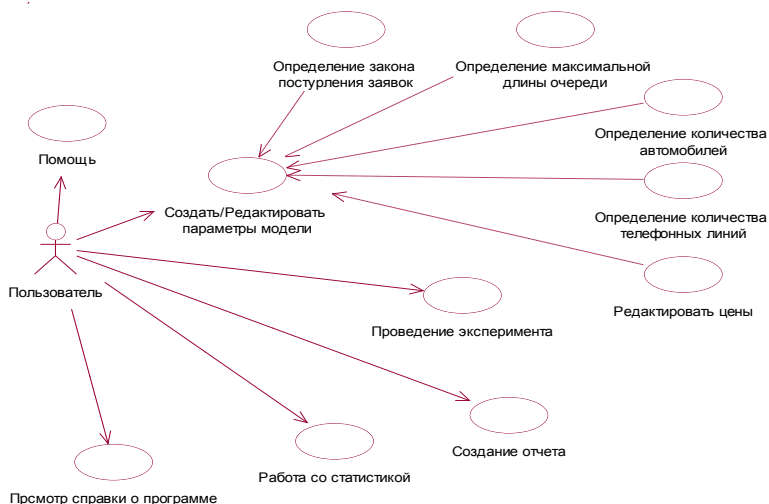


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования

Основные результаты, полученные на основе обработки экспериментов с имитационной моделью, включают среднее время обслуживания клиентов различных категорий службой заказов такси, количество обслуженных заказов различных категорий за 8 часов работы и выручку за 8 часов работы при изменении основных характеристик службы заказов такси, приведенных в таблице.

Таким образом, при использовании построенной имитационной модели можно провести множество экспериментов с различными входными параметрами, которые задаются пользователем. В процессе работы с имитационной моделью службы заказов такси были полученные отчёты с результатами прогона модели для каждого варианта входных параметров, а также графическая интерпретация некоторых параметров.

Характеристики службы заказов такси

Параметры	Варианты		
	1	2	3
Кол-во каналов	Задаются пользователем		
Кол-во автомобилей	Задаются пользователем		
Среднее время обслуживания клиента, мин	40±10	45±15	40±20
Скорость движения машин, км/ч	40±5	43±7	45±5
Стоимость предварительного заказа, грн	Задаются пользователем		
Стоимость 1 км проезда(для различных категорий клиентов), грн	Задаются пользователем		

Надо принять во внимание, что по оси абсцисс откладывается значение модельного времени (28800 с), а по оси ординат – значение отображаемого параметра

На данном рисунке представлено три графика:

Длина очереди QZAKAZ умноженная на 100. График необходим для получения информации об изменении длины очереди за время моделирования. На данном графике можно видеть, что очереди в начале работы службы заказов такси нет. Но по мере поступления заказов она увеличивается до максимального своего значения. Это говорит о том, что автомобилей недостаточно, они не справляются с объемом заказов. Вследствие чего, увеличивается время ожидания клиентов в очереди.

Коэффициент использования устройства KOL_AUTO. График необходим для получения наглядной информации о степени использования устройства. В данном случае, можно сказать, что в первые несколько часов работы автомобили работают с неполной загрузкой. Это объясняется тем, что поступлений заказов в первые часы работы меньше, чем в остальную часть дня. Далее загрузка автомобилей становится более равномерной, и практически достигает своего максимума.

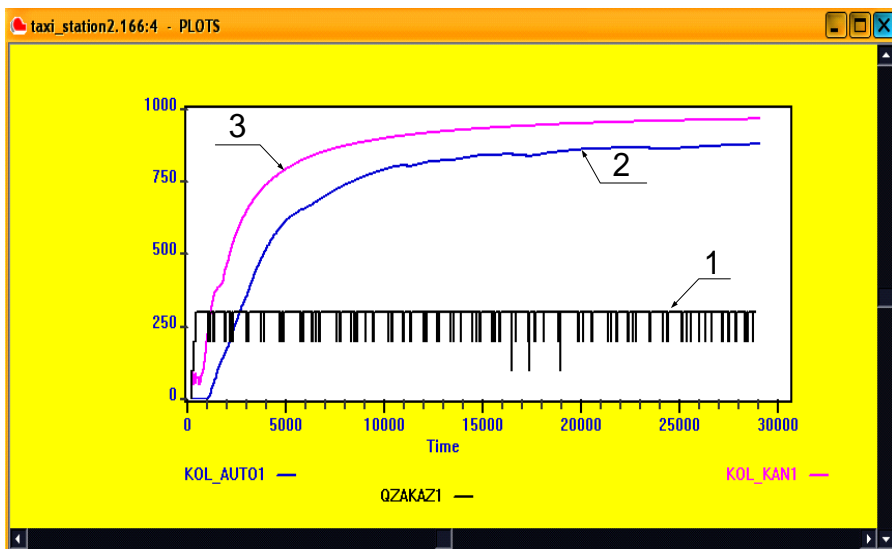


Рисунок 3.1 – Графики изменения параметров

Коэффициент использования устройства KOL_KAN. График необходим для получения наглядной информации о степени использования каналов связи. Этот график наглядно показывает, что загрузка телефонных линий в первые часы работы меньше, чем в остальную часть дня и к середине

рабочего дня достигает критического значения загруженности. Коэффициент загруженности каналов связи превышает коэффициент загруженности автомобилей. Можно сделать вывод, что каналов связи не достаточно.

Проанализировав графики можно сделать вывод, что с течением времени в системе наблюдается относительно равномерные показатели функционирования службы заказов такси, однако устройство, отображающее работу автомобилей, используется недостаточно эффективно. Коэффициент использования автомобилей – 0,736. Но с экономической точки зрения, это более выгодно, т.к. уменьшаются затраты на бензин, тех. обслуживание и т.д.

При увеличении коэффициента использования автомобилей до 100% увеличивается вероятность частых поломок и выхода устройств из строя.

Количество каналов обслуживания для данного варианта службы заказов такси - 5 штук. Коэффициент использования равен 97,7%. Это говорит о том, что каналы загружены работой практически полностью. Данная загрузка может привести к повышенной частоте поломок и выходу устройств из строя. Руководству службы заказов такси следует рассмотреть данный структурный элемент системы, т.к. он является «узким местом» или зоной повышенного риска, вследствие того, что выход из строя даже на короткое время хотя бы одного канала связи приводит к сбою в работе службы заказов такси.

Аналогичный анализ может быть осуществлен для любого из проведенных экспериментов.

Заключение. Разработанная имитационная модель в среде GPSS World учитывает в достаточно полной мере особенности службы заказов такси как системы массового обслуживания. Эксперименты с имитационной моделью позволяют получить статистики моделирования, обработка которых позволяет оценить эффективность функционирования службы с точки зрения таких параметров, как среднее время обслуживания клиентов различных категорий, количество обслуженных заказов различных категорий за 8 часов работы и выручку за 8 часов работы.

Список литературы: 1. Ларичев О.И., Петровский А.Б. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы развития. // Итоги науки и техники. Серия Техническая кибернетика. – Т.21. М.: ВИНТИ - 1987. 2. Keen P.G.W. Decision Support Systems: The next decades // Decision Support Systems, 1987. – v. 3. - pp. 253-265.. 3. Томашевский В.Н., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с. 4. Шрайбер Т.Дж. Моделирование на GPSS. – М.: Машиностроение. – 1980. -593 с.

Поступила в редколлегию 24.04.07