**Тема:** Построение И ИССЛЕДОВАНИЕ имитационной модели ВЫЧИСЛИтельной системы на основе событийного способа имитации.

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | Этапы выполнения контрольной работы: |
| 1. | Построение концептуальной модели вычислительной системы. |
| 2. | Разработка моделирующего алгоритма имитационной модели вычислительной системы. |
| 3. | Разработка имитационной модели вычислительной системы (создание программы).  Исследование имитационной модели вычислительной системы по заданному в варианте числу прогонов, расчет выборочного среднего и выборочной дисперсии семи показателей эффективности исследуемой системы. |

**Этап 1. Построение концептуальной модели вычислительной системы**

Реализуем первый этап имитационного моделирования, т.е. построение концептуальной модели исследуемой системы.

Шаг 1.1. ***Постановка задачи и целей исследования.***

Разработать имитационную модель (ИМ) простейшей вычислительной системы, обслуживающей пакеты заданий пользователей в течении **Т** единиц времени.

Необходимо обеспечить вычисления:

1. количества поступивших заданий;
2. количества обслуженных заданий;
3. количества заданий, потерянных вследствие переполнения СТЕКа вычислительной системы;
4. количества заданий, оставшихся в СТЕКе после окончания времени моделирования Т;
5. вероятность обслуживания заданий,
6. вероятность отказа в обслуживании;
7. время простоя процессора.

***Реализовать ИМ необходимо с использованием изученного языка программирования.***

Шаг 1.2. ***Анализ системы.***

Простейшая вычислительная система содержит процессор и запоминающее устройство (СТЕК), состоящее из **m** ячеек. Каждая ячейка может хранить одно задание, ожидающее своего обслуживания. Таким образом, перед процессором может образовываться очередь из **m** заданий.

При выполнении задание занимает все процессорное время. Если в момент поступления очередного задания процессор занят, но имеются свободные ячейки ЗУ, то задание становится в очередь на выполнение. Если же все ячейки ЗУ заняты, то задание не может быть обслужено и теряется.

Если по окончании времени моделирования вычислительная система еще выполняет задание, то фактическое время моделирования увеличивается на величину **Δτ**, которая необходима для полного обслуживания выполнения задания: Тф = Т + Δτ.

Интервалы поступления и выполнения задания являются случайными величинами с экспоненциальным законом распределения с параметром **λ** для интервалов поступления и **μ** – для интервалов выполнения.

Шаг 1.3. ***Определение параметров, переменных и пространства состояний системы.***

Определим внутренние параметры системы:

 (1.1)

Процесс функционирования данной вычислительной системы – это процесс изменения ее состояния во времени. Состояние моделируемой системы будем описывать вектором, состоящим из двух компонент:

 (1.2)

где  – ***количество заявок в запоминающем устройстве***;

Шаг 1.4. ***Выбор показателей эффективности.***

По условию задания **показателями эффективности функционирования системы** являются:

1. ***w1*** – число заявок, поступивших в систему;
2. ***w2*** – число заявок, обслуженных системой;
3. ***w3*** – число заявок, потерянных вследствие переполнения СТЕКа вычислительной системы;
4. ***w4*** – число потерянных заявок, оставшихся в СТЕКе после окончания Т моделирования;
5. ***Робсл*** – вероятность обслуживания заявок,
6. ***Ротк*** – вероятность отказа в обслуживании;
7. ***Тпр*** – время простоя процессора.

Шаг 1.5. ***Описание концептуальной модели.***

Будем рассматривать простейшую вычислительную систему как систему массового обслуживания, состоящую из одного прибора обслуживания, включающего (рис. 1):

1) накопитель заявок с емкостью **m** (запоминающее устройство);

2) канал обслуживания заявок (процессор).

В данной системе массового обслуживания имеют место следующие потоки событий:

* ***поток заявок U*** – последовательность интервалов времени между моментами поступления заданий в вычислительную систему, характеризующаяся экспоненциальным законом с параметром **λ**;
* ***поток обслуживаний V*** – последовательность интервалов времени выполнения заданий, характеризующаяся экспоненциальным законом с параметром μ;
* ***выходной поток Y*** – последовательность интервалов времени между моментами выхода заданий как выполненных, так и потерянных.

V(t)

Канал

обслуживания (процессор)

Y(t)

Накопитель

(запоминающее устройство)

U(t)

Рис. 1. Простейшая вычислительная система

Значения показателей эффективности моделируемой системы будем вычислять по результатам **n** прогонов имитационной модели для интервала моделирования [0, T]:

 (1.3)

где wij – значение i-го показателя эффективности на j-м прогоне ИМ.

Таким образом, целью имитационного моделирования данной вычислительной системы является решение задачи оценки значений **семи показателей эффективности** ***w1, w2, w3***, ***w4***, ***Робсл, Ротк,  Тпр*** при заданных **по вариантам согласно общему списку студентов в группе** значениях параметров ***λ, μ, m***.

**Этап 2. Разработка моделирующего алгоритма имитационной модели исследуемой системы**

Шаг 2.1. ***Выбор способа имитации.***

Для построения ИМ вычислительной системы будем использовать событийный способ имитации с изменением модельного времени по принципу "∆x".

Шаг 2.2. ***Построение логической схемы моделирующего алгоритма.***

Процесс разработки логической схемы моделирующего алгоритма разобьем на следующие разделы:

2.2.1. выделение элементов системы, подлежащих моделированию, и определение типов событий;

2.2.2. определение условий перехода от одного события к другому, а также действий в конфликтных ситуациях;

2.2.3. определение условий моделирования;

2.2.4. описание действий для каждого типа событий, приводящих к изменению состояния системы и вычислению показателей эффективности.

Реализуем каждый из данных разделов.

***Раздел 2.2.1.***

Исследуемая система состоит из двух элементов, поведение которых подлежит моделированию:

* элемент **σ1** – поток заявок на обслуживание;
* элемент **σ2** – поток обслуживаний.

Тогда в ИМ системы возможны следующие типы событий и действий:

1) для элемента ***σ1*** – событие : "поступление i-й заявки", к которому приводит действие : "генерация i-й заявки";

2) для элемента ***σ2*** – событие : "окончание обслуживания i-й заявки", к которому приводит действие : "обслуживание i-й заявки".

Будем называть их событиями типа А(1) и А(2) соответственно.

Помимо этих особых событий, для удобства моделирования целесообразно ввести еще два события (псевдоособых), возникающих только однажды:

* событие А(0): "поступление 1-й заявки" (А(0) = А1(1));
* событие А(3): "завершение моделирования".

Поскольку число различных типов событий невелико (четыре), то выбор событийного способа имитации оправдан.

***Раздел 2.2.2.***

Для разрабатываемой ИМ выделено 4 типа событий: А(0), А(1), А(2), А(3). События А(0), А(3) (первое и последнее события в ИМ) наступают всегда один раз. События типа А(1), А(2) всегда наступают в соответствии с числом заявок.

В процессе моделирования моменты наступления событий разных типов могут совпадать. Такие события называются одновременными, а подобные ситуации конфликтными. Действия в конфликтных ситуациях подобного типа предусматривают задание жесткой последовательности наступления событий в ИМ из числа одновременных событий и реализацию данной последовательности наступления в моделирующем алгоритме. Для моделируемой системы будем полагать, что одновременные события типа А(1), А(2), А(3) всегда наступают в последовательности: А(3), А(2), А(1).

В процессе разработки ИМ могут выявиться и другие конфликтные ситуации, разрешение которых следует осуществлять, исходя из физического содержания моделируемой системы.

***Раздел 2.2.3.***

Определение условий моделирования включает:

1) задание законов распределения моделируемых в ИМ случайных величин и значений параметров исследуемой системы;

2) выбор единицы измерения модельного времени;

3) описание начального состояния системы и условий завершения моделирования.

Будем предполагать, что в начальный момент времени (t = 0) состояние системы следующие:

* прибор свободен: канал обслуживания свободен, накопитель пуст;
* обнулены переменные для накопления результатов моделирования.

Будем также считать, что время моделирования Т выбрано так, что с вероятностью P = 1 выполняется соотношение: .

Запишем для рассматриваемой ИМ правило изменения счетчика модельного времени по принципу "∆x": t(0) = 0.

Рассмотрим момент времени наступления r-го события: t(r) < T.

Для (r+1)-го события справедливо следующее:

 (2.1)

 (2.2)

где r1, r2 – количество событий типа А(1) и А(2) соответственно;

,  – моменты времени наступления событий типа А(1) и А(2) соответственно;

,  – i-е реализации случайных величин, моделируемых по экспоненциальному закону с параметрами ***λ, μ*** соответственно.

Обозначим  – номер типа (r+1)-го события в ИМ, определяемый на основании (2.1) по формуле:

 (2.3)

***Раздел 2.2.4.***

Наступление событий различных типов порождает последовательности действий, не требующих затрат модельного времени, но приводящих к изменению состояния системы, т.е. к изменению вектора  и вычислению показателей эффективности . Опишем эти последовательности для каждого типа событий на i-м прогоне ИМ.

Действия для события А(0).

1. Установка начальных значений переменных:

,

t(0) = 0,

,

.

1. Имитация  по формуле (2.2).
2. Вычисление ;
3. Увеличение числа поступивших требований: .
4. Переход канала из свободного состояния в занятое: х2 = 1.
5. Имитация  по формуле (2.2).
6. Имитация  по формуле (2.2).
7. Вычисление t(2) по формуле (2.1): 
8. Определение типа будущего события α(2) по формуле (2.3).
9. 



1. Увеличение числа поступивших заявок: .
2. Проверка состояния канала:



1. Проверка состояния накопителя:



1. Имитация  по формуле (2.2).
2. Вычисление момента t(r+1) наступления будущего события по формуле (2.1) .
3. Определение типа будущего события α(r+1) по формуле (2.3).
4. 



1. Увеличение числа обслуженных заявок: .
2. Проверка состояния накопителя:



1. Вычисление момента t(r+1) наступления будущего события по формуле (2.1) .
2. Определение типа будущего события α(r+1) по формуле (2.3).
3. 

***Замечание.*** При выполнении п. 3 может оказаться, что переменная  в формуле (2.3) не определена (х1 = х2 = 0). В подобных случаях целесообразно полагать .

Действия для события А(3).

Событие "завершение моделирования" требует специальных действий, связанных с увеличением интервала моделирования [0, T] на величину Δτ, необходимую для завершения обслуживания заявки, находящейся в канале обслуживания (если таковая в момент Т модельного времени имеется), и предотвращением поступления новых заданий. Последнее достигается переходом к обработке и выводу новых результатов. Поэтому последовательность действий для А(3) следующая.

1. Проверка состояния канала:



1. Увеличение числа обслуженных заявок: 
2. Переход канала из занятого состояния в свободное: х2 = 0.
3. Увеличение интервала моделирования на величину .
4. Вывод результатов i-го прогона ИМ: .

**Пример.** Пусть m = 1 и в результате имитационного моделирования рассматриваемой системы S на интервале [0, Т] для i-го прогона получена последовательность событий, изображенная на временной диаграмме (рис. 2). Тогда в результате выполнения описанных выше последовательностей действий будут получены фазовая траектория:



и показатели эффективности, приведенные в табл. 1.

σ1

t(1)

















0

= A(3)

0

σ2

t(2)







t

Δτ

Т

t0=0



t5

t4

t3

t2

t1

Δx

0

Рис. 2. Временная диаграмма последовательности событий

Таблица 1. Значения показателей эффективности системы в примере

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Переменные | **t0** | **t1** | **t2** | **t3** | **t4** | **t5** | **t6** | **t7** |
| **x1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| **x2** | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|  | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |
|  | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |

Этап 3. Разработка и исследование имитационной модели вычислительной системы

***Постановка задачи***

1. Разработать программу, имитирующую функционирование простейшей вычислительной системы с помощью изученного языка программирования.

Для формирования интервалов времени поступления и обслуживания заявок, распределенных по экспоненциальному закону с заданными в задании параметрами рекомендуется использовать метод обратной функции (формулы 2.4 или 2.4а в лекции 8.2).

2. Провести исследования с помощью разработанной имитационной модели по результатам нескольких прогонов.

**Исходные данные для моделирования приведены в таблице № 2 согласно номерам общего списка студентов группы в журнале.**

3. Обработать результаты моделирования, рассчитав **выборочные средние и выборочные дисперсии** следующих **семи** **показателей эффективности:**

1. среднее число поступивших в систему заявок;
2. среднее число обслуженных заявок;
3. среднее число потерянных заявок;
4. среднее число потерянных заявок, оставшихся в СТЕКе после окончания Т моделирования;
5. статистическая вероятность обслуживания задания;
6. статистическая вероятность отказа в обслуживании задания;
7. среднее время простоя процессора.

Выборочное среднее значение показателя эффективности вычисляется по результатам **n** прогонов имитационной модели на интервале моделирования [0; T] по формуле:



где **wi** – значение показателя эффективности, полученное по результату **i-го** прогона имитационной модели.

Для вычисления выборочной дисперсии необходимо использовать формулу:

