Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ФАКУЛЬТЕТ КИБЕРНЕТИКИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДОВАТЕЛЕЙ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Основы моделирования систем**

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | 09.03.04 Программная инженерия |
| Профиль подготовки | Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и компьютерных сетей |
| Наименование образовательной программы (специализация) | Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и компьютерных сетей |
| Квалификация (степень) выпускника | бакалавр |
| Форма обучения | очная |

**АННОТАЦИЯ**

Дисциплина предназначена для изучения понятий имитационного моделирования (ИМ), для освоения способов мышления имитационного моделирования, развития умения в постановке задачи ИМ и в умении построить модели имитационного моделирования, в изучении построения имитационных моделей систем массового обслуживания на примере системы моделирования GPSS, для изучения основных и расширенных возможностей системы моделирования GPSS. Практическая цель дисциплины - развитие навыков в постановке задачи имитационного моделирования, в построении имитационных моделей в системе массового обслуживания на базе системы GPSS. В методических указаниях приведены примеры постановки задач имитационного моделирования и их моделей в системе моделирования GPSS.

**СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 кр., 180 час.

Лекции: 8 час.

Практические занятия/семинары: 24 час.

Лабораторные работы: 16 час.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

В качестве оценочного средства используется 100 бальная семестровая система, учитывающая посещаемость занятий, активность (выполнение контрольной работы и курсовой работы), Каждый раздел проходит аттестацию.

Итоговый балл за раздел (КИ) формируется следующим образом:

посещаемость лекций (еженедельно)

не менее 75% +8 балла

не менее 50% +6 балл

менее 50% +4 балла

посещаемость семинарских занятий (через неделю)

не менее 75% +4 балла

не менее 50% +2 балл

менее 50% +1балл

посещаемость лабораторных занятий (через неделю)

не менее 75% +4 балла

не менее 50% +2 балл

менее 50% +1 балл

КР6 - контрольно-тестовая работа (продолжительность – 2 а/час

(проводится в аудитории)

Выполнено не менее 90% +14 баллов

Выполнено от 70-до 89% +10 баллов

Выполнено от 40-до 69% +6 балла

Менее 39% +2 балла

КРА – курсовая работа

Выполнено не менее 90% +44 балла

Выполнено от 80-до 89% +30 баллов

Выполнено от 70-до 79% +20 баллов

Выполнено от 60-до 69% +10 баллов

Выполнено от 40-до 59% +8 баллов

Менее 39% 0 баллов

КИ – аттестация раздела (контроль по итогам) Раздел аттестуется, если набрано не менее 60% баллов

По разделу 2 организуются 2 пересдачи на зачете.

Самостоятельная работа студента включает:

Подготовка к семинарским занятиям

Подготовка к лабораторной работе

Выполнение КРА

Методические указания по подготовке к семинарским занятиям, лабораторным работам и для выполнения контрольной работы

Рассмотрим следующую задачу, которая использует основные средства системы моделирования GPSS.

Система обработки данных состоит из двух ЭВМ, которые соединены каналом связи. На вход системы задания поступают в интервале от 10 сек до 40 сек. Вначале задание записывается в буфер ЭВМ1, затем встает в очередь на обработку к ЭВМ1. Если буфер ЭВМ1 уже заполнен, то задание теряется. Объём буфера ЭВМ1 5 заданий. Обработка задания на ЭВМ1 выполняется за время в интервале от 16 до 30 сек. Буфер ЭВМ1 задание освобождает после завершения обработки на ЭВМ1.

Затем задание передаётся по каналу связи за 13 сек на ЭВМ2.

Далее задание записывается в буфер ЭВМ2, затем встает в очередь на обработку к ЭВМ2. Если буфер ЭВМ2 уже заполнен, то задание теряется. Объём буфера ЭВМ2 7 заданий. Обработка задания на ЭВМ2 выполняется за время в интервале от 14 до 22 сек. Буфер ЭВМ2 задание освобождает после завершения обработки на ЭВМ2.

На ЭВМ2 поступают помехи со временем в интервале от 100 сек до 160 сек.

Восстановление работоспособности ЭВМ2 выполняется за время в интервале от 30 сек до 70 сек.

В результате моделирования нужно определить:

- загрузку ЭВМ1, ЭВМ2 и канала;

- характеристики очередей к ЭВМ1 и ЭВМ2;

- количество потерянных заданий на каждом этапе;

- распределение времени пребывания заданий в системе.

Время моделирования работы системы 10 часов.

Модель этой системы имеет вид:

GENERATE 30,10 входной поток заданий

GATE SNF BUF1,LOSS1 проверка буфера1 на полноту

\* если буфер заполнен, то задание теряется - на метку Loss1

ENTER BUF1,1 запись задания в буфер1

QUEUE QUE1 встать в очередь1

SEIZE EVM1 начать обработку на ЭВМ1

DEPART QUE1 уйти из очереди1

ADVANCE 23,7 время обработки на ЭВМ1

RELEASE EVM1 закончить обработку на ЭВМ1

LEAVE BUF1 освободить буфер1

SEIZE CHAN начать передачу задания по каналу

ADVANCE 13 время передачи по каналу

RELEASE CHAN освободить канал

\* продолжение обработки задания на ЭВМ2

GATE SNF BUF2,LOSS2 проверка буфера2 на полноту

\* если буфер заполнен, то задание теряется - на метку Loss2

ENTER BUF2,1 запись задания в буфер2

QUEUE QUE2 встать в очередь2

SEIZE EVM2 начать обработку на ЭВМ2

DEPART QUE2 уйти из очереди2

ADVANCE 18,4 время обработки на ЭВМ2

RELEASE EVM2 закончить обработку на ЭВМ2

LEAVE BUF2 освободить буфер2

TABULATE TABL1 запись в таблицу времени

\* пребывания задания в системе

TERMINATE выход задания из системы

LOSS1 TERMINATE подсчёт потерянных заданий

LOSS2 TERMINATE подсчёт потерянных заданий

GENERATE 130,30 поток помех на ЭВМ2

PREEMPT EVM2 поломка ЭВМ2

ADVANCE 50,20 время восстановления работы ЭВМ2

RETURN EVM2 восстановление работы ЭВМ2

TERMINATE

BUF1 STORAGE 5 ёмкость буфер1

BUF2 STORAGE 7 ёмкость буфер2

TABL1 TABLE M1,40,40,7 описание таблицы

\* \* CLOCK часы

GENERATE 1 тикают

TERMINATE 1 часы

START 36000 моделирование работы

\* системы в течение 36000 единиц времени

Система моделирования GPSS присваивает последовательно внутренние номера в каждом классе объектов - устройства, память, очереди, таблицы.

После завершения моделирования выводится таблица соответствия идентификаторов объектов (SYMBOL) и их внутренних номеров (VALUE), которые представлены в следующей таблице.

START TIME END TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES

0.000 36000.000 31 3 2

В нашей модели 3 устройства, которые представлены идентификаторами EVM1, EVM2 и CHAN (FACILITY). По результатам моделирования выводятся данные о степени загрузки устройства (UTILIZATION), о количестве транзактов, прошедших через него (ENTRIES), среднем времени пребывания транзакта в этом устройстве (AVERAGE TIME). Доступности устройства на момент завершения моделирования (AVAIL). Если устройство доступно , то AVAIL=1. Эти сведения представлены в следующей таблице

FACILITY ENTRIES UTIL. AVE. TIME AVAIL.

EVM1 1198 0.761 22.880 1

CHAN 1198 0.433 12.997 1

EVM2 1468 0.982 24.080 1

В модели используется 2 очереди – QUE1 и QUE2.

По результатам моделирования выводится:

-максимальное значение очереди за время моделирования (MAXIMUM);

-среднее содержимое очереди (AVERAGE CONTENT);

-количество входов - транзатов в очередь (TOTAL ENTRIES);

-количество транзатов в очереди, которые ждали ноль времени (ZERO ENTRIES);

-процент «нулей» в очереди (PERC. ZERO);

-среднее время пребывания транзакта в очереди с учётом «нулей» (AVERAGE TIME);

-среднее время пребывания транзакта в очереди без учёта «нулей» (AVERAGE (-0));

-текущее содержимое очереди на момент завершения моделирования (CURRENT CONTENT).

QUEUE MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME AVE.(-0) RETRY

QUE1 1 0 1198 964 0.026 0.777 3.978 0

QUE2 6 0 1192 67 2.021 61.025 64.659 0

Относительно памяти выводятся следующие данные. Объявленная емкость памяти (STORAGE CAPACITY), максимальное содержимое памяти (MAXIMUM CONTENT), которое было зафиксировано за время моделирования, среднее использование памяти (AVERAGE UTILIZ.), количество входов (транзактов) в память за время моделирования (ENTRIES), среднее время нахождения транзакта в памяти (AVERAGE TIME/TR), среднее содержимое памяти (AVERAGE CONTENT), текущее содержимое памяти (CURRENT CONTENT).

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY

BUF1 5 5 0 2 1198 1 0.787 0.157 0 0

BUF2 7 6 0 7 1192 1 2.974 0.425 0 0

Статистический объект «Таблица» представляет в построенной модели распределение времени пребывания заявки в системе от момента входа заявки в систему до момента завершения её обслуживания. Аргумент таблицы разбит на 10 интервалов по 30 единиц времени. Правая граница первого интервала 50 единиц времени.

Представлены:

- количество транзактов (заявок), учтённых таблицей (ENTRIES IN TABLE);

- значение аргумента у среднего значения таблицы (MEAN ARGUMENT);

- стандартное отклонение от среднего значения (STANDARD DEVIATION).

В самой таблице указаны:

- правые границы интервалов (UPPER LIMIT);

- количество значений времени пребывания транзакта в системе, которые попали в этот интервал (OBSERVED FREQUENCY);

- процент этого значения от общего количества, учтённых в таблице значений (PERCENT OF TOTAL);

TABLE MEAN STD.DEV

TABL1 126.517 43.443 0

. RANGE FREQUENCY CUM.%

40.000 - 80.000 178 14.95

80.000 - 120.000 392 47.86

120.000 - 160.000 367 78.67

160.000 - 200.000 179 93.70

200.000 - 240.000 62 98.91

240.000 - \_ 13 100.00

Методические указания по подготовке к семинарским занятиям, лабораторным работам и для выполнения курсовой работы

При выполнении курсовой работы используются более развитые возможности системы моделирования GPSS.

Рассмотрим пример модели многоканальной СМО.

Задача

На вход многоканальной СМО с тремя каналами связи поступают потоки заявок разных типов.

Интервал появления заявок распределен по экспоненциальному закону. Среднее значение равно 20 единицам времени. Каждая заявка равновероятно с вероятностью 0.2 относится к одному из типов заявок – 1, 2, 3, 4, 5. Заявка поступает на свободный канал.

Передача по каналу связи для всех типов заявок одинаковая и занимает 50 единиц времени.

Каждый тип заявок обслуживается своим типом устройства. Время обслуживания подчинено экспоненциальному закону со средним значением, соответствующим типу заявки – 20, 50, 10, 40, 25 единиц времени.

В результате моделирования нужно определить:

- характеристики общей очереди к каналам связи для всех типов заявок;

- характеристики очередей к каждому типу устройств;

- распределение времени пребывания заявок в системе.

Время моделирования – 30000 единиц времени.

Модель этой системы имеет вид:

SIMULATE

FUNE FUNCTION RN1,C25

0,0/.1,.104/.2,.222/.3,.355/.4,.509/.5,.69/.6,.915/.7,1.2/.75,1.38/.8,1.6/.84,1.83/.88,2.12/.9,2.3/.92,2.52/.94,2.81/.95,2.99/.96,3.2/.97,3.5/.97,3.5/.98,3.9/.99,4.6/.995,5.3/.998,6.2/.999,7.0/.9997,8.8

TIP FUNCTION RN2,D5

.2,1/.4,2/.6,3/.8,4/1,5 выбор типа заявки

MEAN FUNCTION P1,D5

1,20/2,50/3,10/4,40/5,25 выбор среднего значения

\* для каждого типа заявки

CHANN STORAGE 3 три канала

SYS\_T TABLE M1,50,40,10

GENERATE 20,FN$FUNE заявка на входе

\* многоканальной системы

ASSIGN 1, FN$TIP запись в P1 типа заявки

\*

QUEUE CH\_OCH заявку в общую очередь к каналам

\* для всех типов заявок

ENTER CHANN помещение заявки

\* в свободный канал

DEPART CH\_OCH выход заявки из общей

\* очереди к каналам

ADVANCE 50 обработка заявки каналом

LEAVE CHANN освобождение канала

QUEUE P1 вход заявки в свою очередь

\* в соответствии с типом заявки

SEIZE P1 обработка заявки своим устройством

\*

DEPART P1 выход заявки из своей очереди

\*

ADVANCE FN$MEAN,FN$FUNE

\* обработка заявки своим устройством

RELEASE P1 возврат устройства

TABULATE SYS\_T запись времени пребывания заявки

\* в системе в таблицу

TERMINATE выход заявки из системы

GENERATE 1 моделирование времени работы системы

\* в течение 30000 единиц времени

TERMINATE 1

START 30000

END

Для моделирования системы из трёх каналов (многоканальной системы) используется накопитель из трёх единиц памяти. Заявка входит в тот канал (единицу памяти), которая свободна в этот момент.

Для моделирования пяти очередей и пяти устройств для обработки заявок используется косвенный адрес, т.е. значение первого параметра транзакта – P1, куда записан тип заявки.

Система моделирования GPSS присваивает последовательно внутренние номера в каждом классе объектов - устройства, память, очереди, таблицы.

После завершения моделирования выводится таблица соответствия идентификаторов объектов (SYMBOL) и их внутренних номеров (VALUE), которые представлены в следующей таблице.

SYMBOL VALUE SYMBOL VALUE

====== ===== ====== =====

CHANN 4 CH\_OCH 7

FUNE 1 MEAN 3

QUE\_T 5 SYS\_T 6

TIP 2

Далее выводится время, затраченное на работу модели в относительных единицах (30000), которые связаны со временем проблемной области моделируемой системы.

RELATIVE CLOCK 30000 ABSOLUTE CLOCK 30000

Каждый выполняемый блок также имеет порядковый номер (BLOCK). После завершения моделирования выводятся данные о том, сколько транзакторв прошло через этот блок (TOTAL) и сколько транзактов находится в этом блоке на момент завершения моделирования (CURRENT). Эти сведения представлены в следующей таблице.

BLOCK COUNTS

BLOCK CURRENT TOTAL BLOCK CURRENT TOTAL BLOCK CURRENT TOTAL

1 1 1520 2 0 1519 3 1 1519

4 0 1518 5 0 1518 6 3 1518

7 0 1515 8 1 1515 9 0 1514

10 0 1514 11 1 1514 12 0 1513

13 0 1513 14 0 1513 15 1 30001

16 0 30000

В нашей модели 5 устройств, которые представлены внутренними номерами 1, 2, 3, 4, 5 (FACILITY). А в модели доступны через косвенный адрес – значение параметра транзакта – P1. По результатам моделирования выводятся данные о степени загрузки устройства (AVERAGE UTILIZATION), о количестве транзактов, прошедших через него (NUMBER ENTRIES), среднем времени пребывания транзакта в этом устройстве (AVERAGE TIME/TRAN). Эти сведения представлены в следующей таблице.

FACILITY AVERAGE NUMBER AVERAGE SEIZING PREEMPTING

UTILIZATION ENTRIES TIME/TRAN TRANS.NO. TRANS.NO.

1 0.19 302 18.75

2 0.49 296 49.82

3 0.09 292 9.68

4 0.46 332 41.34 7

5 0.22 292 23.01

Относительно памяти выводятся следующие данные. Объявленная емкость памяти (STORAGE CAPACITY), максимальное содержимое памяти (MAXIMUM CONTENT), которое было зафиксировано за время моделирования, среднее использование памяти (AVERAGE UTILIZ.), количество входов (транзактов) в память за время моделирования (ENTRIES), среднее время нахождения транзакта в памяти (AVERAGE TIME/TR), среднее содержимое памяти (AVERAGE CONTENT), текущее содержимое памяти (CURRENT CONTENT).

STORAGE MAXIMUM AVERAGE ENTRIES AVERAGE AVERAGE CURRENT

CAPACITY CONTENT UTILIZ. TIME/TR CONTENT CONTENT

4 3 0.84 1518 49.97 2.00 3

В модели используется 6 очередей. Одна очередь представлена именем CH\_OCH и имеет внутренний номер 7. Остальные 5 очередей доступны через косвенный адрес – значение параметра транзакта P1 и поэтому имеют только внутренние номера от 1 до 5 (QUEUE).

По результатам моделирования выводится:

-максимальное значение очереди за время моделирования (MAXIMUM CONTENT);

-среднее содержимое очереди (AVERAGE CONTENT);

-количество входов - транзатов в очередь (TOTAL ENTRIES);

-количество транзатов в очереди, которые ждали ноль времени (ZERO ENTRIES);

-процент «нулей» в очереди (PERC. ZERO);

-среднее время пребывания транзакта в очереди с учётом «нулей» (AVERAGE TIME/TR);

-среднее время пребывания транзакта в очереди без учёта «нулей» ($AVERAGE TIME/TR);

- номер таблицы QTABLE для очереди (TABLE);

-текущее содержимое очереди на момент завершения моделирования (CURRENT CONTENT).

QUEUE MAXIMUM AVERAGE TOTAL ZERO PERC. AVERAGE $AVERAGE TABLE CURRENT

CONTENT CONTENT ENTRIES ENTRIES ZERO TIME/TR TIME/TR NUMBR CONTENT

1 2 0.03 302 258 85.43 2.64 18.09 0

2 6 0.38 296 155 52.36 38.13 80.04 0

3 2 0.01 292 269 92.12 0.79 10.00 0

4 5 0.31 333 210 63.06 27.93 75.62 1

5 3 0.04 292 243 83.22 4.25 25.35 0

7 25 2.39 1519 478 31.47 47.14 68.78 1

Статистический объект «Таблица» представляет в построенной модели распределение времени пребывания заявки в системе от момента входа заявки в систему до момента завершения её обслуживания. Аргумент таблицы разбит на 10 интервалов по 30 единиц времени. Правая граница первого интервала 50 единиц времени.

Представлены:

- количество транзактов (заявок), учтённых таблицей (ENTRIES IN TABLE);

- значение аргумента у среднего значения таблицы (MEAN ARGUMENT);

- стандартное отклонение от среднего значения (STANDARD DEVIATION).

В самой таблице указаны:

- правые границы интервалов (UPPER LIMIT);

- количество значений времени пребывания транзакта в системе, которые попали в этот интервал (OBSERVED FREQUENCY);

- процент этого значения от общего количества, учтённых в таблице значений (PERCENT OF TOTAL);

TABLE NO. 6

ENTRIES IN TABLE MEAN ARGUMENT STANDARD DEVIATION SUM OF ARGUMENTS

1513 141.13 90.08 213534.0

UPPER OBSERVED PERCENT CUMULATIVE CUMULATIVE MULTIPLE DEVIATION

LIMIT FREQUENCY OF TOTAL PERCENTAGE REMAINDER OF MEAN FROM MEAN

50 16 1.06 1.06 98.94 0.35 -1.01

80 422 27.89 28.95 71.05 0.57 -0.68

110 309 20.42 49.37 50.63 0.78 -0.35

140 216 14.28 63.65 36.35 0.99 -0.01

170 152 10.05 73.69 26.31 1.20 0.32

200 97 6.41 80.11 19.89 1.42 0.65

230 82 5.42 85.53 14.47 1.63 0.99

260 56 3.70 89.23 10.77 1.84 1.32

290 39 2.58 91.80 8.20 2.05 1.65

OVRFLO 124 8.20 100.00 0.00

AVERAGE VALUE OF OVERFLOW 367.09