

Лабораторная работа 14

Имитационное моделирование

Голощапов Ярослав Вячеславович

Содержание

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Цель работы | 5 |
| 2 | Задание | 6 |
| 3 | Выполнение лабораторной работы | 7 |
| 4 | Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине | 11 |
| 5 | Модель оформления заказов несколькими операторами | 14 |
| 6 | Выводы | 17 |

Список иллюстраций

| | | |
|-----|-----------------------|----|
| 3.1 | Модель | 7 |
| 3.2 | отчет | 8 |
| 3.3 | Модель | 8 |
| 3.4 | Отчет | 9 |
| 3.5 | Модель | 9 |
| 3.6 | отчет | 10 |
| 3.7 | Гистограмма | 10 |
| 4.1 | Модель | 11 |
| 4.2 | Отчет | 12 |
| 4.3 | Модель | 12 |
| 4.4 | Отчет | 13 |
| 5.1 | Модель | 14 |
| 5.2 | Отчет | 15 |
| 5.3 | Модель | 15 |
| 5.4 | Отчет | 16 |

Список таблиц

1 Цель работы

Построение моделей обработки заказов

2 Задание

В интернет-магазине заказы принимает один оператор. Интервалы поступления заказов распределены равномерно с интервалом 15 ± 4 мин. Время оформления заказа также распределено равномерно на интервале 10 ± 2 мин. Обработка поступивших заказов происходит в порядке очереди (FIFO). Требуется разработать модель обработки заказов в течение 8 часов

3 Выполнение лабораторной работы

Порядок блоков в модели соответствует порядку фаз обработки заказа в реальной системе: 1) клиент оставляет заявку на заказ в интернет-магазине; 2) если необходимо, заявка от клиента ожидает в очереди освобождения оператора для оформления заказа; 3) заявка от клиента принимается оператором для оформления заказа; 4) оператор оформляет заказ; 5) клиент получает подтверждение об оформлении заказа (покидает систему). Модель будет состоять из двух частей: моделирование обработки заказов в интернет-магазине и задание времени моделирования. (рис. 3.1).

```
;operator
GENERATE 15,4
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 10,2
RELEASE operator
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 3.1: Модель

Запускаем симуляцию и получаем отчёт по модели оформления заказов в интернет-магазине(рис. 3.2)

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------|-----------|-------|-------|
| Untitled Model 1.1.1 - REPORT | | | | | | | | | |
| | 3 | SEIZE | | 32 | | 0 | 0 | | |
| | 4 | DEPART | | 32 | | 0 | 0 | | |
| | 5 | ADVANCE | | 32 | | 1 | 0 | | |
| | 6 | RELEASE | | 31 | | 0 | 0 | | |
| | 7 | TERMINATE | | 31 | | 0 | 0 | | |
| | 8 | GENERATE | | 1 | | 0 | 0 | | |
| | 9 | TERMINATE | | 1 | | 0 | 0 | | |
| | | | | | | | | | |
| FACILITY | ENTRIES | UTIL. | AVE. TIME | AVAIL. | OWNER | PEND | INTER | RETRY | DELAY |
| OPERATOR | 32 | 0.639 | 9.589 | 1 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | |
| QUEUE | MAX CONT. | ENTRY | ENTRY(0) | AVE.CONT. | AVE.TIME | | AVE.(-0) | RETRY | |
| OPERATOR_Q | 1 | 0 | 32 | 31 | 0.001 | 0.021 | 0.671 | 0 | |
| | | | | | | | | | |
| FEC | XN | PRI | BDT | ASSEM | CURRENT | NEXT | PARAMETER | VALUE | |
| 33 | 0 | | 489.786 | 33 | 5 | 6 | | | |
| 34 | 0 | | 496.081 | 34 | 0 | 1 | | | |
| 35 | 0 | | 960.000 | 35 | 0 | 8 | | | |

Рис. 3.2: отчет

Упражнение Скорректируйте модель в соответствии с изменениями входных данных: интервалы поступления заказов распределены равномерно с интервалом 3.14 ± 1.7 мин; время оформления заказа также распределено равномерно на интервале 6.66 ± 1.7 мин. Проанализируйте отчёт, сравнив результаты с результатами предыдущего моделирования.

Корректируем модель (рис. 3.3)

```

;operator
GENERATE 3.14,1.7
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 6.66,1.7
RELEASE operator
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 3.3: Модель

Выводим новый отчёт (рис. 3.4).

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-------|-------|
| Untitled Model 1.2.1 - REPORT | | | | | | | | | |
| | 3 | SEIZE | 70 | 0 | 0 | | | | |
| | 4 | DEPART | 70 | 0 | 0 | | | | |
| | 5 | ADVANCE | 70 | 1 | 0 | | | | |
| | 6 | RELEASE | 69 | 0 | 0 | | | | |
| | 7 | TERMINATE | 69 | 0 | 0 | | | | |
| | 8 | GENERATE | 1 | 0 | 0 | | | | |
| | 9 | TERMINATE | 1 | 0 | 0 | | | | |
| | | | | | | | | | |
| FACILITY | ENTRIES | UTIL. | AVE. TIME | AVAIL. | OWNER | PEND | INTER | RETRY | DELAY |
| OPERATOR | 70 | 0.991 | 6.796 | 1 | 71 | 0 | 0 | 0 | 82 |
| | | | | | | | | | |
| QUEUE | MAX | CONT. | ENTRY | ENTRY(0) | AVE.CONT. | AVE.TIME | AVE.(-0) | RETRY | |
| OPERATOR_Q | 82 | 82 | 152 | 1 | 39.096 | 123.461 | 124.279 | 0 | |
| | | | | | | | | | |
| FEC | XN | PRI | BDT | ASSEM | CURRENT | NEXT | PARAMETER | VALUE | |
| 71 | 0 | | 480.405 | 71 | 5 | 6 | | | |
| 154 | 0 | | 483.330 | 154 | 0 | 1 | | | |
| 155 | 0 | | 960.000 | 155 | 0 | 8 | | | |

Рис. 3.4: Отчет

Предположим требуется построить гистограмму распределения заявок, ожидающих обработки в очереди в примере из предыдущего упражнения. Для построения гистограммы необходимо сформировать таблицу значений заявок в очереди, записываемых в неё с определённой частотой. Строим модель (рис. 3.5)

```

Waittime QTABLE operator_q,0,2,15
GENERATE 3.34,1.7
TEST LE Q$operator_q,1,Fin
SAVEVALUE Custnum+,1
ASSIGN Custnum,X$Custnum
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 6.66,1.7
RELEASE operator
Fin TERMINATE 1
|

```

Рис. 3.5: Модель

Выводим отчет и гистограмму (рис. 3.6) (рис. 3.7)

| | | | | | |
|--|-----------|-----------|------------|----------|------------|
| Untitled Model 1.3.1 - REPORT | | | | | |
| суббота, марта 08, 2025 23:27:18 | | | | | |
| START TIME | END TIME | BLOCKS | FACILITIES | STORAGES | |
| 0.000 | 353.895 | 10 | 1 | 0 | |
| NAME VALUE | | | | | |
| CUSTNUM | 10002.000 | | | | |
| FIN | 10.000 | | | | |
| OPERATOR | 10003.000 | | | | |
| OPERATOR_Q | 10001.000 | | | | |
| WAITTIME | 10000.000 | | | | |
| LABEL LOC BLOCK TYPE ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY | | | | | |
| 1 | GENERATE | | 102 | 0 | 0 |
| 2 | TEST | | 102 | 0 | 0 |
| 3 | SAVEVALUE | | 55 | 0 | 0 |
| 4 | ASSIGN | | 55 | 0 | 0 |
| 5 | QUEUE | | 55 | 1 | 0 |
| 6 | SEIZE | | 54 | 1 | 0 |
| 7 | DEPART | | 53 | 0 | 0 |
| 8 | ADVANCE | | 53 | 0 | 0 |
| 9 | RELEASE | | 53 | 0 | 0 |
| FIN | 10 | TERMINATE | 100 | 0 | 0 |
| FACILITY ENTRIES UTIL. AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY | | | | | |
| OPERATOR | 54 | 0.987 | 6.470 | 1 | 98 0 0 0 1 |

Рис. 3.6: отчет

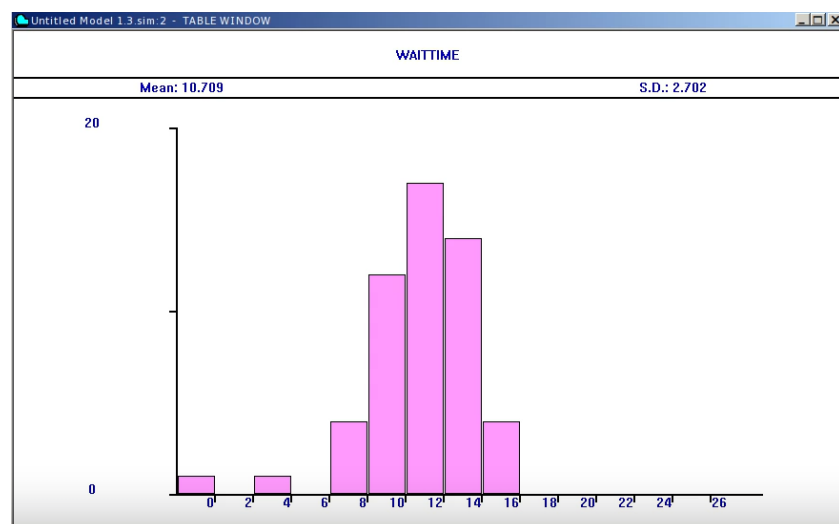
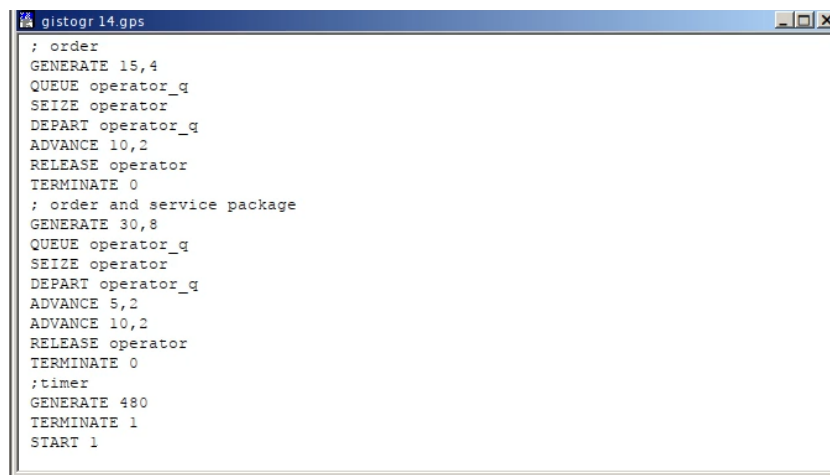


Рис. 3.7: Гистограмма

4 Модель обслуживания двух типов заказов от клиентов в интернет-магазине

Строим модель (рис. 4.1).



```
; order
GENERATE 15,4
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 10,2
RELEASE operator
TERMINATE 0
; order and service package
GENERATE 30,8
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 5,2
ADVANCE 10,2
RELEASE operator
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 4.1: Модель

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.2).

| gistogr 14.4.1 - REPORT | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------|-------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| 2 | GENERATE | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | SEIZE | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | DEPART | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | ADVANCE | 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | RELEASE | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | TERMINATE | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | GENERATE | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | QUEUE | 15 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | SEIZE | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | DEPART | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | ADVANCE | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | ADVANCE | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | RELEASE | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | TERMINATE | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | GENERATE | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | TERMINATE | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | |
| FACILITY | ENTRIES | UTIL. | AVE. TIME | AVAIL. | OWNER | PEND | INTER | RETRY | DELAY |
| OPERATOR | 40 | 0.947 | 11.365 | 1 | 42 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| | | | | | | | | | |
| QUEUE | MAX CONT. | ENTRY | ENTRY(0) | AVE. CONT. | AVE. TIME | AVE. (-0) | RETRY | | |
| OPERATOR_Q | 8 | 7 | 47 | 2 | 3.355 | 34.261 | 35.784 | 0 | |
| | | | | | | | | | |
| FEC | XN | PRI | BDT | ASSEM | CURRENT | NEXT | PARAMETER | VALUE | |
| 42 | 0 | | 487.825 | 42 | 5 | 6 | | | |
| 50 | 0 | | 493.164 | 50 | 0 | 1 | | | |
| 49 | 0 | | 499.562 | 49 | 0 | 8 | | | |
| 51 | 0 | | 960.000 | 51 | 0 | 16 | | | |

Рис. 4.2: Отчет

Упражнение Скорректируйте модель так, чтобы учитывалось условие, что число заказов с дополнительным пакетом услуг составляет 30% от общего числа заказов. Используйте оператор TRANSFER. Проанализируйте отчёт

Добавление оператора TRANSFER (рис. 4.3)

```

; order
GENERATE 15,4
QUEUE operator_q
SEIZE operator
DEPART operator_q
ADVANCE 10,2
TRANSFER 0.3,noextra,extra
extra ADVANCE 5,2
noextra RELEASE operator
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 4.3: Модель

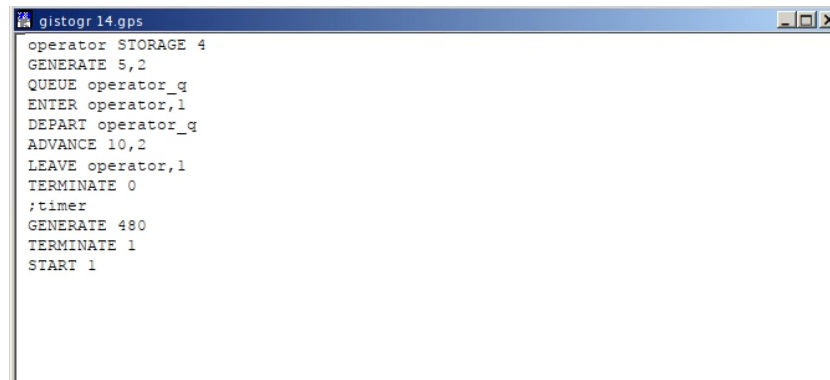
После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 4.4)

| glistogr 14.6.1 - REPORT | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-------|-------|
| ENTRIES | | | | 10000 | | | | | |
| NOEXTRA | | | | 8.000 | | | | | |
| OPERATOR | | | | 10001.000 | | | | | |
| OPERATOR_Q | | | | 10000.000 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| LABEL | LOC | BLOCK TYPE | ENTRY | COUNT | CURRENT | COUNT | RETRY | | |
| EXTRA NOEXTRA | 1 | GENERATE | 33 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 2 | QUEUE | 33 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 3 | SEIZE | 33 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 4 | DEPART | 33 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 5 | ADVANCE | 33 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 6 | TRANSFER | 33 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 7 | ADVANCE | 8 | 1 | 0 | 0 | | | |
| | 8 | RELEASE | 32 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 9 | TERMINATE | 32 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 10 | GENERATE | 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 11 | TERMINATE | 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | | | | | | | | | |
| FACILITY | ENTRIES | UTIL. | AVE. TIME | AVAIL. | OWNER | PEND | INTER | RETRY | DELAY |
| OPERATOR | 33 | 0.766 | 11.146 | 1 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | |
| QUEUE | MAX | CONT. | ENTRY | ENTRY(0) | AVE.CONT. | AVE.TIME | AVE.(-0) | RETRY | |
| OPERATOR_Q | 1 | 0 | 33 | 25 | 0.054 | 0.781 | 3.220 | 0 | |
| | | | | | | | | | |
| FEC | XN | PRI | BDT | ASSEM | CURRENT | NEXT | PARAMETER | VALUE | |
| 34 | 0 | | 482.925 | 34 | 7 | 8 | | | |
| 35 | 0 | | 487.726 | 35 | 0 | 1 | | | |

Рис. 4.4: Отчет

5 Модель оформления заказов несколькими операторами

Построение модели (рис. 5.1)



```
operator STORAGE 4
GENERATE 5,2
QUEUE operator_q
ENTER operator,1
DEPART operator_q
ADVANCE 10,2
LEAVE operator,1
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 5.1: Модель

После запуска симуляции получаем отчёт (рис. 5.2)

| NAME | | VALUE | |
|------------|--|-----------|--|
| OPERATOR | | 10000.000 | |
| OPERATOR_Q | | 10001.000 | |

| LABEL | LOC | BLOCK TYPE | ENTRY COUNT | CURRENT COUNT | RETRY |
|-------|-----|------------|-------------|---------------|-------|
| | 1 | GENERATE | 93 | 0 | 0 |
| | 2 | QUEUE | 93 | 0 | 0 |
| | 3 | ENTER | 93 | 0 | 0 |
| | 4 | DEPART | 93 | 0 | 0 |
| | 5 | ADVANCE | 93 | 2 | 0 |
| | 6 | LEAVE | 91 | 0 | 0 |
| | 7 | TERMINATE | 91 | 0 | 0 |
| | 8 | GENERATE | 1 | 0 | 0 |
| | 9 | TERMINATE | 1 | 0 | 0 |

| QUEUE | MAX CONT. | ENTRY | ENTRY (0) | AVE. CONT. | AVE. TIME | AVE. (-0) | RETRY |
|------------|-----------|-------|-----------|------------|-----------|-----------|-------|
| OPERATOR_Q | 1 | 0 | 93 | 93 | 0.000 | 0.000 | 0 |

| STORAGE | CAP. | REM. | MIN. | MAX. | ENTRIES AVL. | AVE. C. UTIL. | RETRY DELAY |
|----------|------|------|------|------|--------------|---------------|-----------------|
| OPERATOR | 4 | 2 | 0 | 4 | 93 | 1 | 1.926 0.482 0 0 |

| FEC | XN | PRI | BDT | ASSEM | CURRENT | NEXT | PARAMETER | VALUE |
|-----|----|-----|---------|-------|---------|------|-----------|-------|
| 95 | 0 | | 480.457 | 95 | 0 | 1 | | |
| 93 | 0 | | 482.805 | 93 | 5 | 6 | | |
| 94 | 0 | | 483.473 | 94 | 5 | 6 | | |
| 96 | 0 | | 960.000 | 96 | 0 | 8 | | |

Рис. 5.2: Отчет

Задание 1) Проанализируйте полученный отчёт. **2)** Измените модель: требуется учесть в ней возможные отказы клиентов от заказа — когда при подаче заявки на заказ клиент видит в очереди более двух других заявок, он отказывается от подачи заявки, то есть отказывается от обслуживания (используйте блок TEST и стандартный числовой атрибут Qj текущей длины очереди j). **3)** Проанализируйте отчёт изменённой модели.

Изменяем модель (рис. 5.3)

```

operator STORAGE 4
GENERATE 5,2
TEST LE Q$operator_q,2
QUEUE operator_q
ENTER operator,1
DEPART operator_q
ADVANCE 30,2
LEAVE operator,1
TERMINATE 0
;timer
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 5.3: Модель

Получаем отчет (рис. 5.4)

| | | | | | | | |
|------------|-----------|------------|-------------|---------------|-----------|-----------|--------------------------|
| GENERATOR | | 10000.000 | | | | | |
| OPERATOR_Q | | 10001.000 | | | | | |
| LABEL | LOC | BLOCK TYPE | ENTRY COUNT | CURRENT COUNT | RETRY | | |
| | 1 | GENERATE | 94 | 27 | 0 | | |
| | 2 | TEST | 67 | 0 | 0 | | |
| | 3 | QUEUE | 67 | 3 | 0 | | |
| | 4 | ENTER | 64 | 0 | 0 | | |
| | 5 | DEPART | 64 | 0 | 0 | | |
| | 6 | ADVANCE | 64 | 4 | 0 | | |
| | 7 | LEAVE | 60 | 0 | 0 | | |
| | 8 | TERMINATE | 60 | 0 | 0 | | |
| | 9 | GENERATE | 1 | 0 | 0 | | |
| | 10 | TERMINATE | 1 | 0 | 0 | | |
| QUEUE | MAX CONT. | ENTRY | ENTRY (0) | AVE. CONT. | AVE. TIME | AVE. (-0) | RETRY |
| OPERATOR_Q | 3 | 7 | 67 | 4 | 2.701 | 19.347 | 20.576 27 |
| STORAGE | CAP. | REM. | MIN. | MAX. | ENTRIES | AVL. | AVE.C. UTIL. RETRY DELAY |
| OPERATOR | 4 | 0 | 0 | 4 | 64 | 1 | 3.885 0.971 0 3 |
| FEC XN | PRI | BDT | ASSEM | CURRENT | NEXT | PARAMETER | VALUE |
| 96 | 0 | 480.736 | 96 | 0 | 1 | | |
| 62 | 0 | 491.784 | 62 | 6 | 7 | | |
| 63 | 0 | 491.929 | 63 | 6 | 7 | | |
| 64 | 0 | 495.070 | 64 | 6 | 7 | | |
| 65 | 0 | 499.648 | 65 | 6 | 7 | | |
| 97 | 0 | 960.000 | 97 | 0 | 9 | | |

Рис. 5.4: Отчет

6 Выводы

В этой лабораторной работе я приобрел навыки построения моделей обработки заказов