

Лабораторная работа №11

Модель системы массового обслуживания $M|M|1$

Шияпова Дарина Илдаровна

Содержание

1	Введение	4
2	Выполнение лабораторной работы	5
2.1	Мониторинг параметров моделируемой системы	12
3	Выводы	19

Список иллюстраций

2.1	Граф сети системы обработки заявок в очереди	6
2.2	Граф генератора заявок системы	7
2.3	Граф процесса обработки заявок на сервере системы	7
2.4	Задание деклараций системы	9
2.5	Параметры элементов основного графа системы обработки заявок в очереди	10
2.6	Параметры элементов генератора заявок системы	11
2.7	Параметры элементов обработчика заявок системы	12
2.8	Функция Predicate монитора Ostanovka	13
2.9	Функция Observer монитора Queue Delay	13
2.10	Файл Queue_Delay.log	14
2.11	График изменения задержки в очереди	15
2.12	Функция Observer монитора Queue Delay Real	15
2.13	Содержимое Queue_Delay_Real.log	16
2.14	Функция Observer монитора Long Delay Time	16
2.15	Определение longdelaytime в декларациях	16
2.16	Содержимое Long_Delay_Time.log	17
2.17	Периоды времени, когда значения задержки в очереди превышали заданное значение	18

1 Введение

Цель работы

Реализовать модель $M|M|1$ в CPN tools.

Задание

- Реализовать в CPN Tools модель системы массового обслуживания $M|M|1$.
- Настроить мониторинг параметров моделируемой системы и нарисовать графики очереди.

2 Выполнение лабораторной работы

Постановка задачи

В систему поступает поток заявок двух типов, распределённый по пуассоновскому закону. Заявки поступают в очередь сервера на обработку. Дисциплина очереди - FIFO. Если сервер находится в режиме ожидания (нет заявок на сервере), то заявка поступает на обработку сервером.

Будем использовать три отдельных листа: на первом листе опишем граф системы (рис. 2.1), на втором — генератор заявок (рис. 2.2), на третьем — сервер обработки заявок (рис. 2.3).

Сеть имеет 2 позиции (очередь — Queue, обслуженные заявки — Complited) и два перехода (генерировать заявку — Arrivals, передать заявку на обработку серверу — Server). Переходы имеют сложную иерархическую структуру, задаваемую на отдельных листах модели (с помощью соответствующего инструмента меню — Hierarchy).

Между переходом Arrivals и позицией Queue, а также между позицией Queue и переходом Server установлена дуплексная связь. Между переходом Server и позицией Complited — односторонняя связь.

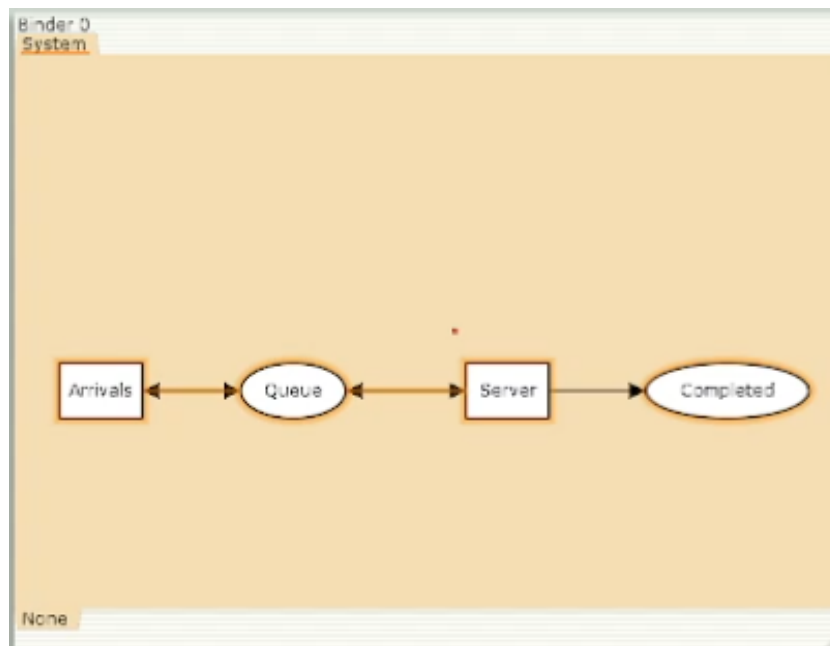


Рис. 2.1: Граф сети системы обработки заявок в очереди

Граф генератора заявок имеет 3 позиции (текущая заявка — *Init*, следующая заявка — *Next*, очередь — *Queue* из листа *System*) и 2 перехода (*Init* — определяет распределение поступления заявок по экспоненциальному закону с интенсивностью 100 заявок в единицу времени, *Arrive* — определяет поступление заявок в очередь).

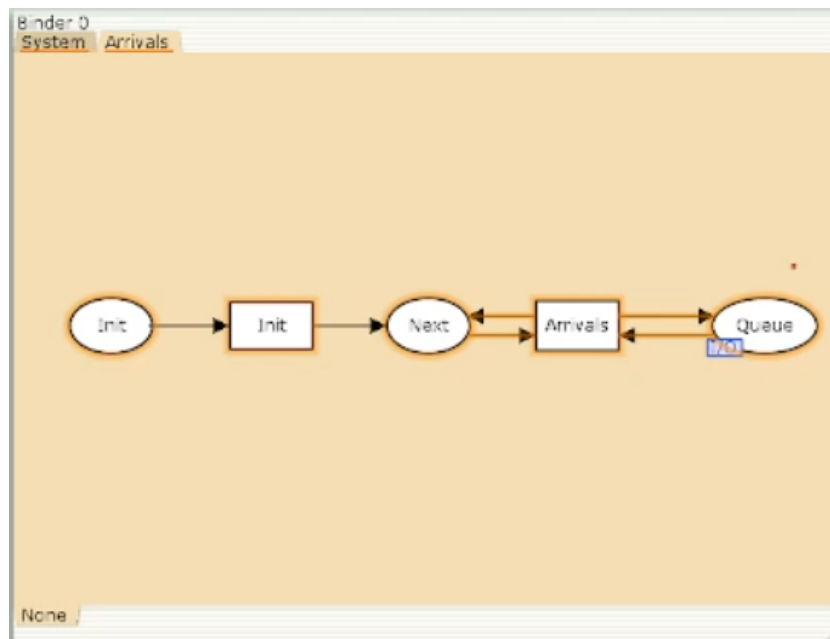


Рис. 2.2: Граф генератора заявок системы

Граф процесса обработки заявок на сервере имеет 4 позиции (Busy — сервер занят, Idle — сервер в режиме ожидания, Queue и Completed из листа System) и 2 перехода (Start — начать обработку заявки, Stop — закончить обработку заявки).

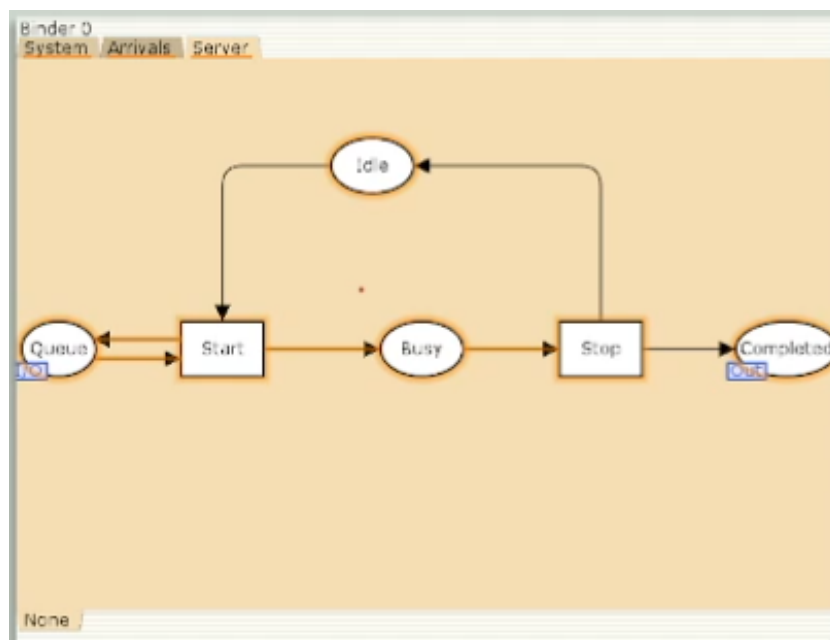


Рис. 2.3: Граф процесса обработки заявок на сервере системы

Зададим декларации системы (рис. 2.4).

Определим множества цветов системы (colorset):

- фишки типа UNIT определяют моменты времени;
- фишки типа INT определяют моменты поступления заявок в систему.
- фишки типа JobType определяют 2 типа заявок — А и В;
- кортеж Job имеет 2 поля: jobType определяет тип работы (соответственно имеет тип JobType, поле AT имеет тип INT и используется для хранения времени нахождения заявки в системе);
- фишки Jobs — список заявок;
- фишки типа ServerxJob — определяют состояние сервера, занятого обработкой заявок.

Переменные модели:

- proctime — определяет время обработки заявки;
- job — определяет тип заявки;
- jobs — определяет поступление заявок в очередь.

Определим функции системы:

- функция expTime описывает генерацию целочисленных значений через интервалы времени, распределённые по экспоненциальному закону;
- функция intTime преобразует текущее модельное время в целое число;
- функция newJob возвращает значение из набора Job — случайный выбор типа заявки (А или В).

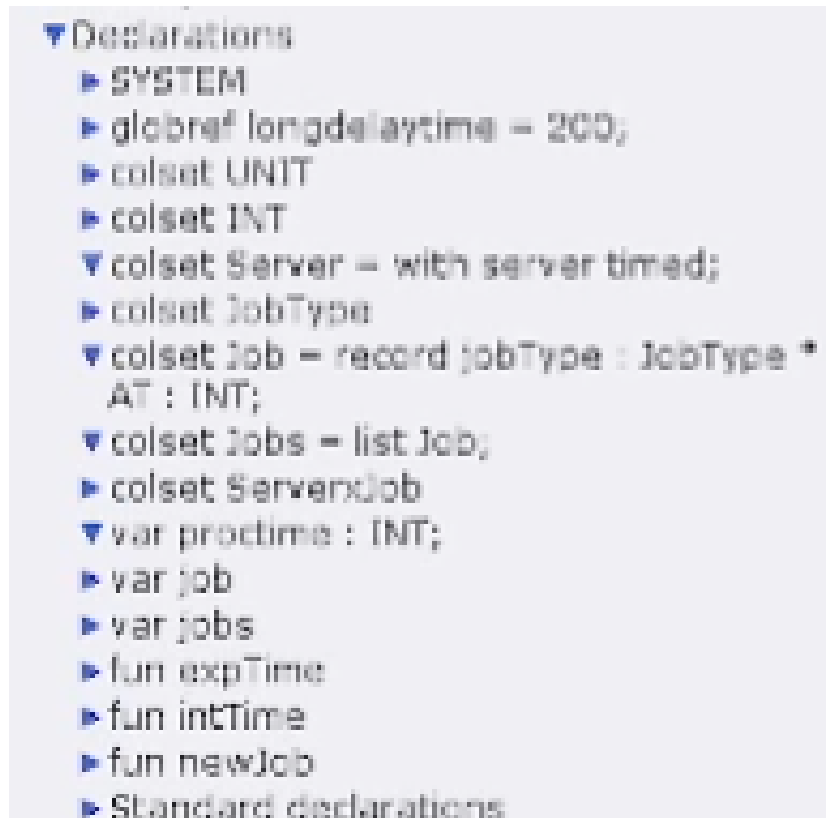


Рис. 2.4: Задание деклараций системы

Зададим параметры модели на графах сети.

На листе System (рис. 2.5):

- у позиции Queue множество цветов фишек — Jobs; начальная маркировка 1[] определяет, что изначально очередь пуста.
- у позиции Completed множество цветов фишек — Job.

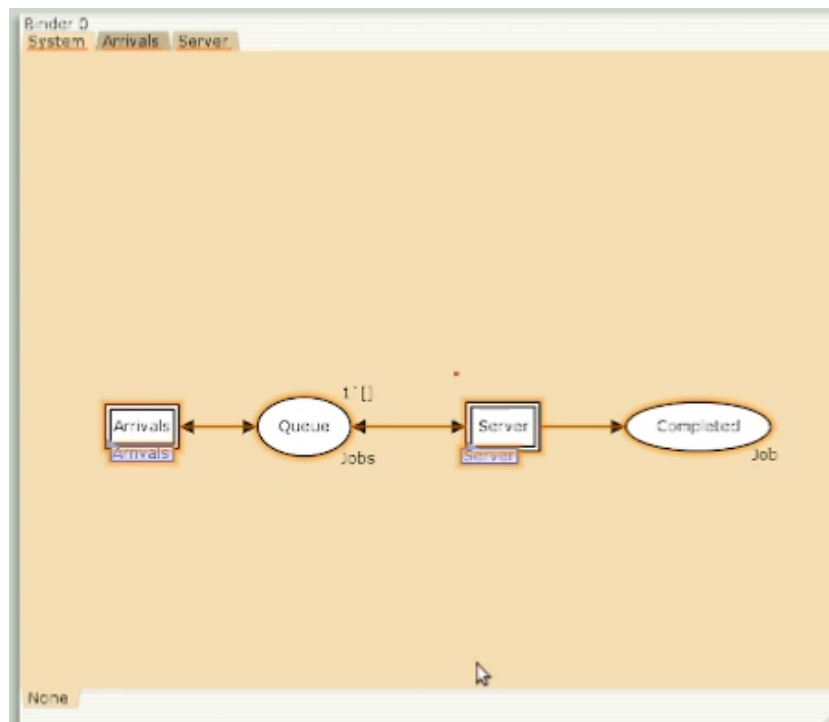


Рис. 2.5: Параметры элементов основного графа системы обработки заявок в очереди

На листе Arrivals (рис. 2.6):

- у позиции Init: множество цветов фишек — UNIT; начальная маркировка $1' \text{ } () @ 0$ определяет, что поступление заявок в систему начинается с нулевого момента времени;
- у позиции Next: множество цветов фишек — UNIT;
- на дуге от позиции Init к переходу Init выражение $()$ задаёт генерацию заявок;
- на дуге от переходов Init и Arrive к позиции Next выражение $() @ \text{expTime}(100)$ задаёт экспоненциальное распределение времени между поступлениями заявок;
- на дуге от позиции Next к переходу Arrive выражение $()$ задаёт перемещение фишки;
- на дуге от перехода Arrive к позиции Queue выражение $\text{jobs}^{\wedge}[\text{job}]$ задает поступление заявки в очередь;

- на дуге от позиции Queue к переходу Arrive выражение `jobs` задаёт обратную связь.

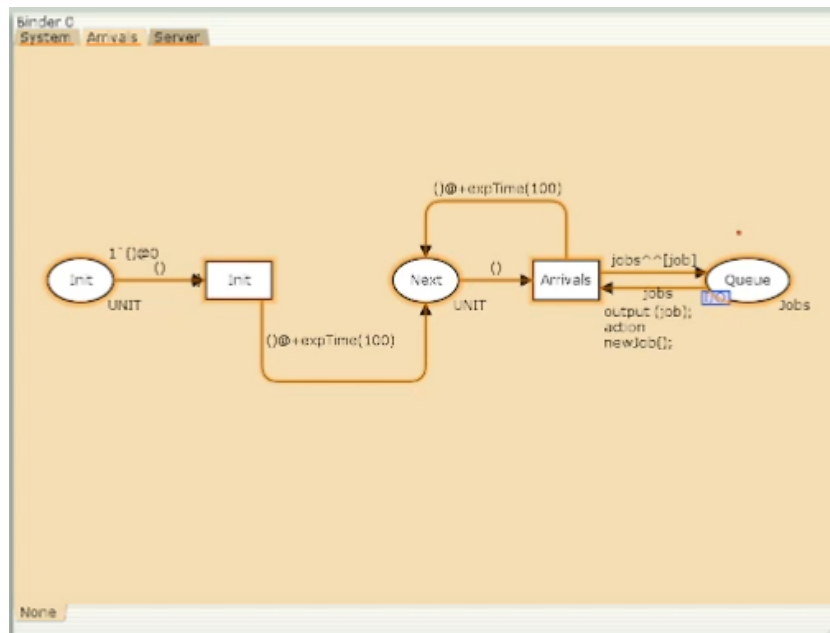


Рис. 2.6: Параметры элементов генератора заявок системы

На листе Server (рис. 2.7):

- у позиции Busy: множество цветов фишек — Server, начальное значение мар-кировки — `1` `server@0` определяет, что изначально на сервере нет заявок на обслуживание;
- у позиции Idle: множество цветов фишек — `ServerxJob`;
- переход Start имеет сегмент кода `output (proctime); action expTime(90);` определяющий, что время обслуживания заявки распределено по экспоненциальному закону со средним временем обработки в 90 единиц времени;
- на дуге от позиции Queue к переходу Start выражение `job::jobs` определяет, что сервер может начать обработку заявки, если в очереди есть хотя бы одна заявка;
- на дуге от перехода Start к позиции Busy выражение `(server, job)@+proctime` запускает функцию расчёта времени обработки заявки на сервере;

- на дуге от позиции Busy к переходу Stop выражение `(server, job)` говорит о завершении обработки заявки на сервере;
- на дуге от перехода Stop к позиции Completed выражение `job` показывает, что заявка считается обслуженной;
- выражение `server` на дугах от и к позиции Idle определяет изменение состояние сервера (обрабатывает заявки или ожидает);
- на дуге от перехода Start к позиции Queue выражение `jobs` задаёт обратную связь.

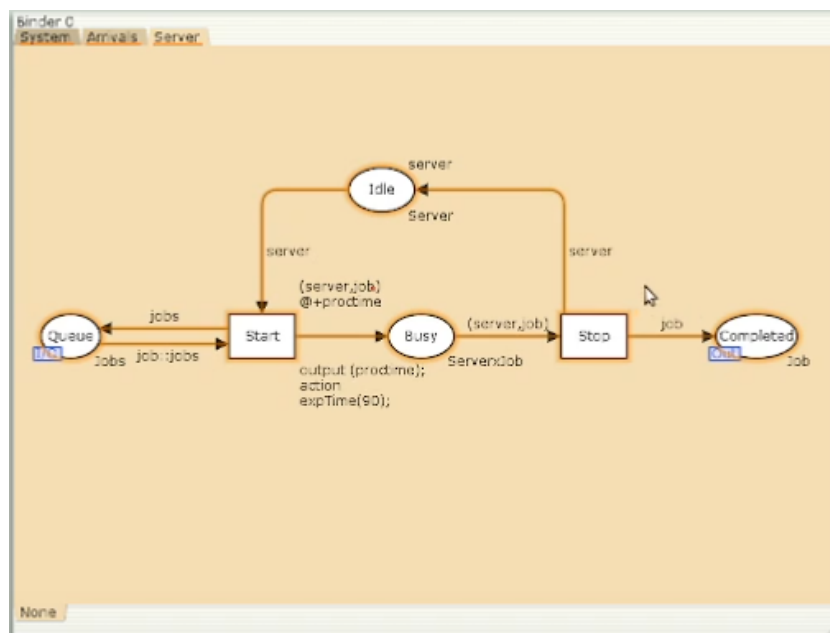


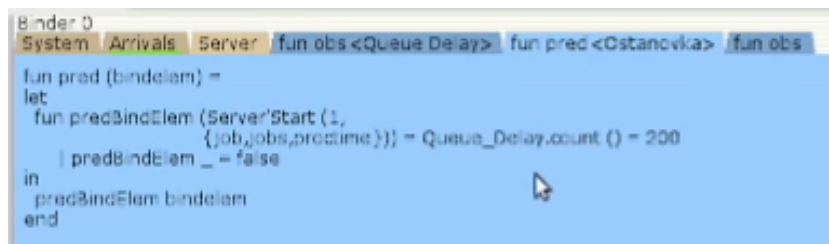
Рис. 2.7: Параметры элементов обработчика заявок системы

2.1 Мониторинг параметров моделируемой системы

Потребуется палитра Monitoring. Выбираем Break Point (точка останова) и устанавливаем её на переход Start. После этого в разделе меню Monitor появится новый подраздел, который назовём Ostanovka. В этом подразделе необходимо внести изменения в функцию Predicate, которая будет выполняться при запуске монитора. Зададим число шагов, через которое будем останавливать мониторинг.

Для этого true заменим на Queue_Delay.count()=200.

В результате функция примет вид (рис. 2.8):

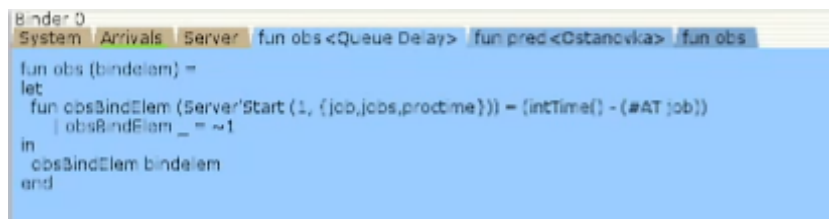


```
Binder 0
System Arrivals Server fun obs <Queue Delay> fun pred <Ostanovka> fun obs
fun pred (bindelem) =
let
  fun predBindElem (Server'Start (1, {job,jobs,proctime})) = Queue_Delay.count () = 200
  | predBindElem _ = false
in
  predBindElem bindelem
end
```

Рис. 2.8: Функция Predicate монитора Ostanovka

Необходимо определить конструкцию Queue_Delay.count(). С помощью палитры Monitoring выбираем Data Call и устанавливаем на переходе Start. Появившийся в меню монитор называем Queue Delay (без подчеркивания). Функция Observer выполняется тогда, когда функция предикатора выдаёт значение true. По умолчанию функция выдаёт 0 или унарный минус (~1), подчёркивание обозначает произвольный аргумент. Изменим её так, чтобы получить значение задержки в очереди. Для этого необходимо из текущего времени intTime() вычесть временную метку AT, означающую приход заявки в очередь.

В результате функция примет вид (рис. 2.9):



```
Binder 0
System Arrivals Server fun obs <Queue Delay> fun pred <Ostanovka> fun obs
fun obs (bindelem) =
let
  fun obsBindElem (Server'Start (1, {job,jobs,proctime})) = (intTime() - (#AT {job}))
  | obsBindElem _ = ~1
in
  obsBindElem bindelem
end
```

Рис. 2.9: Функция Observer монитора Queue Delay

После запуска программы на выполнение в каталоге с кодом программы появится файл Queue_Delay.log (рис. 2.10), содержащий в первой колонке — значение задержки очереди, во второй — счётчик, в третьей — шаг, в четвёртой — время.



Рис. 2.10: Файл Queue_Delay.log

С помощью gnuplot можно построить график значений задержки в очереди (рис. 2.11), выбрав по оси x время, а по оси y — значения задержки:

```
#!/usr/bin/gnuplot -persist
# задаём текстовую кодировку,
# тип терминала, тип и размер шрифта

set encoding utf8
set term pngcairo font "Helvetica,9"

# задаём выходной файл графика
set out 'window_1.png'
plot "Queue_Delay.log" using ($4):($1) with lines
```

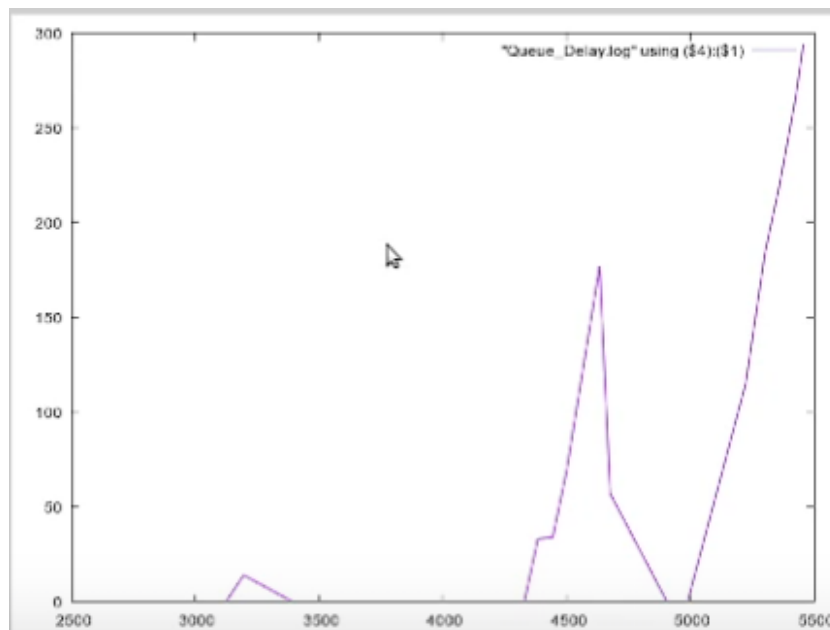


Рис. 2.11: График изменения задержки в очереди

Посчитаем задержку в действительных значениях. С помощью палитры Monitoring выбираем Data Call и устанавливаем на переходе Start. Появившийся в меню монитор называем Queue Delay Real. Функцию Observer изменим следующим образом(рис. 2.12):

```

Binder 0
System Arrivals Server fun obs<Queue Delay> fun pred<Ostancokia> fun obs fun obs<Queue Delay Real>
fun obs (bindElem) =
let
  fun obsBindElem (ServerStart (1, {job, jobs, proctime})) = Real.fromInt(intTime())-(#AT job)
  | obsBindElem _ = ~1.0
in
  obsBindElem bindElem
end

```

Рис. 2.12: Функция Observer монитора Queue Delay Real

По сравнению с предыдущим описанием функции добавлено преобразование значения функции из целого в действительное, при этом obsBindElem _ принимает значение ~1.0. После запуска программы на выполнение в каталоге с кодом программы появится файл Queue_Delay_Real.log с содержимым, аналогичным содержимому файла Queue_Delay.log, но значения задержки имеют действительный тип (рис. 2.13):

```

#data counter step time
0.000000 1 3 115
145.000000 2 8 319
396.000000 3 12 572
259.000000 4 14 573
346.000000 5 18 687
428.000000 6 20 838
408.000000 7 23 949
383.000000 8 25 986
184.000000 9 30 1185
241.000000 10 35 1305
286.000000 11 37 1355
382.000000 12 41 1482
475.000000 13 45 1648
513.000000 14 47 1719
532.000000 15 50 1779
482.000000 16 53 1856
489.000000 17 55 1881
632.000000 18 57 2036
639.000000 19 61 2218
610.000000 20 64 2304
647.000000 21 68 2502
415.000000 22 70 2524
559.000000 23 73 2702
370.000000 24 76 2717
364.000000 25 78 2758
348.000000 26 80 2775
141.000000 27 82 2799
215.000000 28 84 2930
226.000000 29 90 3174
211.000000 30 92 3208
337.000000 31 97 3339
306.000000 32 100 3365
175.000000 33 103 3421
122.000000 34 105 3441
252.000000 35 108 3579
263.000000 36 110 3663
312.000000 37 112 3715
198.000000 38 114 3770
0.000000 39 117 3805
0.000000 40 120 3905
1.000000 41 123 3938

```

Рис. 2.13: Содержимое Queue_Delay_Real.log

Посчитаем, сколько раз задержка превысила заданное значение. С помощью палитры Monitoring выбираем Data Call и устанавливаем на переходе Start. Монитор называем Long Delay Time. Функцию Observer изменим следующим образом (рис. 2.14):

```

fun obs (b:LongDelayTime) =
  if IntInf.toInt(Queue_Delay.last()) >= (t:LongDelayTime)
  then 1
  else 0

```

Рис. 2.14: Функция Observer монитора Long Delay Time

При этом необходимо в декларациях задать глобальную переменную (в форме ссылки на число 200): longdelaytime (рис. 2.15).

```

global longdelaytime = 200;

```

Рис. 2.15: Определение longdelaytime в декларациях

После запуска программы на выполнение в каталоге с кодом программы появится файл Long_Delay_Time.log (рис. 2.16)

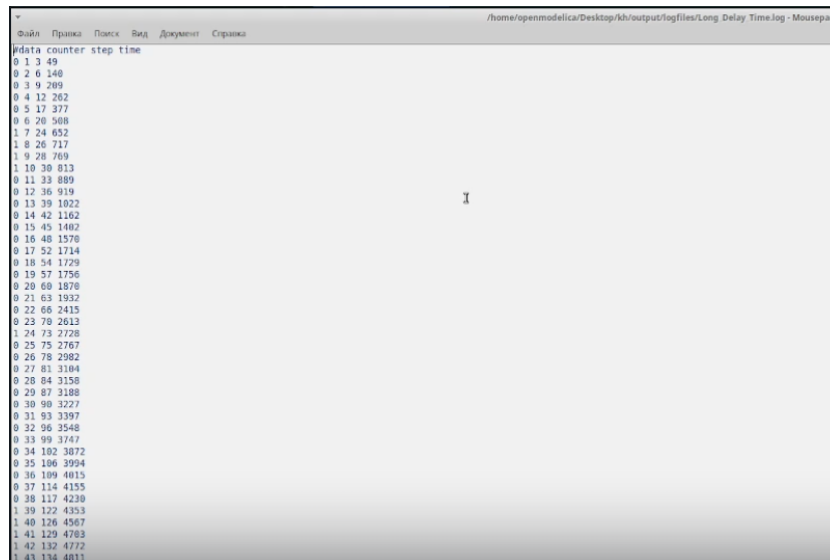


Рис. 2.16: Содержимое Long_Delay_Time.log

С помощью gnuplot можно построить график (рис. 2.17), демонстрирующий, в какие периоды времени значения задержки в очереди превышали заданное значение 200.

```
#!/usr/bin/gnuplot -persist
# задаём текстовую кодировку,
# тип терминала, тип и размер шрифта

set encoding utf8
set term pngcairo font "Helvetica,9"

# задаём выходной файл графика
set out 'window_1.png'
set style line 2
plot [0:] [0:1.2] "Long_Delay_Time.log" using ($4):($1) with lines
```

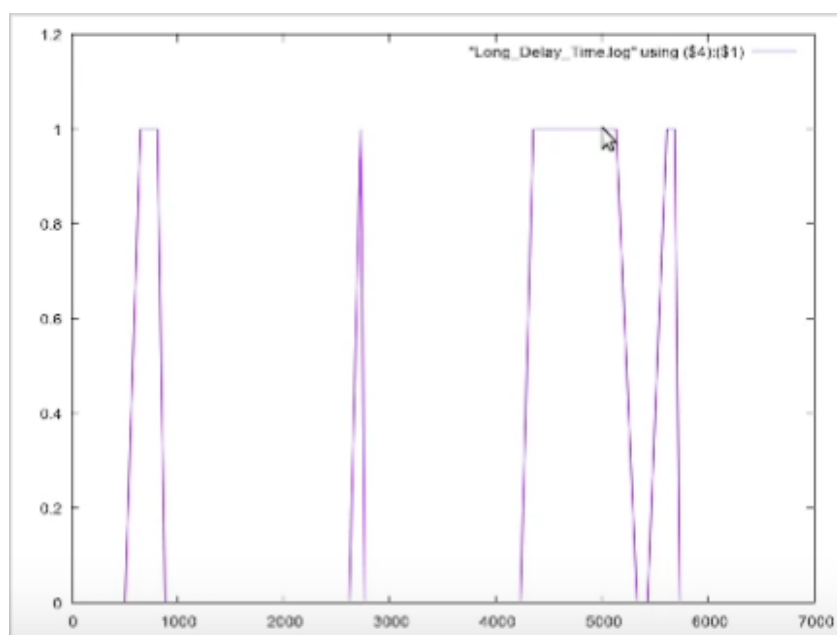


Рис. 2.17: Периоды времени, когда значения задержки в очереди превышали заданное значение

3 Выводы

В процессе выполнения данной лабораторной работы я реализовала модель системы массового обслуживания $M|M|1$ в CPN Tools.