

Моделирование стохастических процессов

Лабораторная работа №3.

Рогожина Н.А.

20 февраля 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

- Рогожина Надежда Александровна
- студентка 3 курса НФИбд-02-22
- Российский университет дружбы народов
- <https://mikogreen.github.io/>

Цель работы

Смоделировать и визуализировать результаты моделирования СМО М/М/1 с бесконечной очередью.

Задание

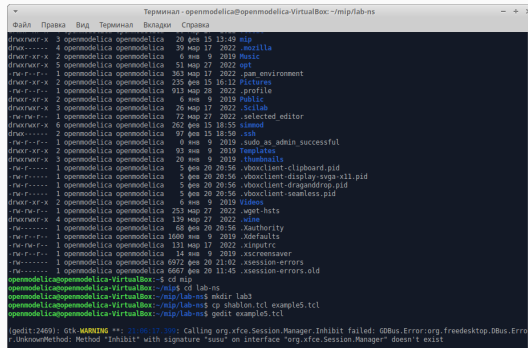
Создать и смоделировать однолинейную СМО с накопителем бесконечной ёмкости.
Визуализировать результат моделирования с помощью GNUplot.

Теоретическое введение

$M|M|1$ — однолинейная СМО с накопителем бесконечной ёмкости. Поступающий поток заявок — пуассоновский с интенсивностью λ . Времена обслуживания заявок — независимые в совокупности случайные величины, распределённые по экспоненциальному закону с параметром μ .

Выполнение лабораторной работы

Первым делом создадим еще одну копию шаблона и откроем на редактирование.

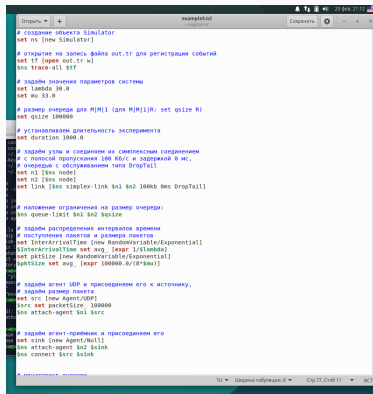


```
Терминал - openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/mip/lab-ns
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка
drwxr-xr-x  3 openmodelica openmodelica  20 фев 15 13:49 mip
drwx----- 4 openmodelica openmodelica  39 мар 17 2022 .mozilla
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica   6 янв 9 2019 Music
drwxr-xr-x  5 openmodelica openmodelica  51 мар 27 2022 opt
-rw-r--r--  1 openmodelica openmodelica 363 мар 17 2022 .pam_environment
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica 235 фев 15 16:12 Pictures
-rw-r--r--  1 openmodelica openmodelica 913 мар 28 2022 .profile
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica   6 янв 9 2019 Public
drwxr-xr-x  3 openmodelica openmodelica  26 мар 17 2022 .SciLab
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica  72 мар 27 2022 .selected_editor
drwxr-xr-x  6 openmodelica openmodelica 262 фев 15 18:55 .slnmod
drwx----- 2 openmodelica openmodelica  97 фев 15 18:50 .ssh
-rw-r--r--  1 openmodelica openmodelica   0 янв 9 2019 .sudo_as_admin_successful
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica  93 янв 9 2019 Templates
drwxr-xr-x  3 openmodelica openmodelica  20 янв 9 2019 thumbnails
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica   5 фев 20 20:56 .vboxclient-clipboard.pid
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica   5 фев 20 20:56 .vboxclient-display-svga-x11.pid
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica   5 фев 20 20:56 .vboxclient-draganddrop.pid
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica   5 фев 20 20:56 .vboxclient-seamless.pid
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica   6 янв 9 2019 Videos
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica 253 мар 27 2022 .wget-hsts
drwxr-xr-x  4 openmodelica openmodelica 139 мар 27 2022 .wine
-rw----- 1 openmodelica openmodelica  68 фев 20 20:56 .xauthority
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica 1600 янв 9 2019 .xdefaults
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica 131 мар 17 2022 .xinputrc
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica  14 янв 9 2019 .xscreensaver
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica 6972 фев 20 21:02 .xsession-errors
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica 6667 фев 20 11:45 .xsession-errors.old
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~$ cd mip
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip$ cd lab-ns
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ mkdir lab3
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ cp shablon.tcl example5.tcl
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl

(gedit:2460): Gtk-WARNING **: 21:00:17.309: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
```

Рис. 1: example5.tcl

Введем код, который описывает поведение однолинейной СМО с накопителем бесконечной ёмкости.



```

# создание объекта Simulator
set ns [new Simulator]

# открытие на запись файла out.tr для регистрации событий
set tr [open out.tr w]
$ns trace-all $tr

# задание значений параметров системы
set lambda 30.0
set mu 33.0

# размер очереди для M|M|1 (для M|M|1|R: set qsize R)
set qsize 100000

# устанавливаем длительность эксперимента
set duration 1000.0

# задаём узлы и соединяем их симплексным соединением
# с полосой пропускания 100 Кб/с и задержкой 0 мс,
# очередь с обслуживанием типа DropTail
set n1 [$ns node]
set n2 [$ns node]
set link [$ns simplex-link $n1 $n2 100kb 0ms DropTail]

# наложение ограничения на размер очереди:
$ns queue-limit $n1 $n2 $qsize

# задание распределения интервалов времени
# поступления пакетов и размера пакетов
set InterArrivalTime [new RandomVariable/Exponential]
$InterArrivalTime set avg_ [expr 1/$lambda]
set pktSize [new RandomVariable/Exponential]
$pktSize set avg_ [expr 100000.0/(0*$mu)]

# задаём агент UDP и присоединяем его к источнику.
# задаём размер пакета
set src [new Agent/UDP]
$src set packetSize_ 100000
$ns attach-agent $n1 $src

# задаём агент-приёмник и присоединяем его
set sink [new Agent/Bulk]
$ns attach-agent $n2 $sink
$ns connect $src $sink

```

Рис. 2: Код СМО

```

# задаём агент UDP и присоединяем его к источнику,
# задаём размер пакета
set src [new Agent/UDP]
$src set packetSize 100000
$src attach-agent $n1 $src

# задаём агент-приёмник и присоединяем его
set sink [new Agent/Mull]
$src attach-agent $n2 $sink
$src connect $src $sink

# мониторинг очереди
set qmon [$src monitor-queue $n1 $n2 [open qm.out w] 0.1]
$link queue-sample-timeout

# процедура finish закрывает файлы трассировки
proc finish {} {
    global ns tf
    $ns flush-trace
    close $tf
    exit 0
}

# процедура случайного генерирования пакетов
proc sendpacket {} {
    global ns src InterArrivalTime pktSize
    set time [$ns now]
    $ns at [expr $time + ($InterArrivalTime value)] "sendpacket"
    if {set bytes [expr round (($pktSize value))]} {
        $src send $bytes
    }
}

# планировка событий
$ns at 0.0001 "sendpacket"
$ns at $duration "finish"

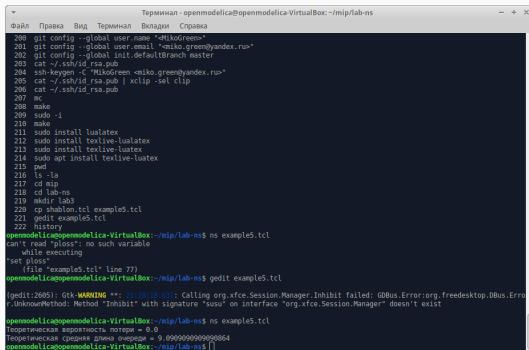
# расчет загрузки системы и вероятности потери пакетов
set rho [expr $lambda/$mu]
set ploss [expr (1-$rho)*pow($rho,$qsize)/(1-pow($rho,($qsize+1)))]
puts "Теоретическая вероятность потери = $ploss"
set aveq [expr $rho*$rho/(1-$rho)]
puts "Теоретическая средняя длина очереди = $aveq"

# запуск модели
$ns run

```

Рис. 3: Код СМО

Запустим моделирование процесса.



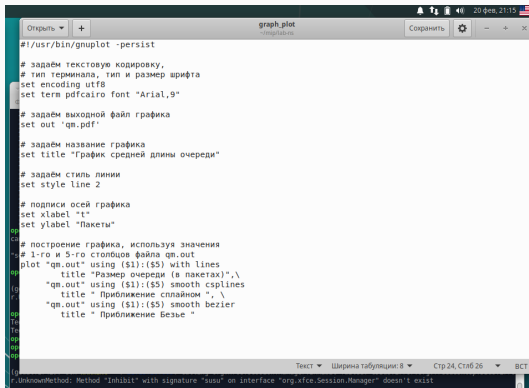
```
Терминал: openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/mip/lab-ns
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка
200 git config --global user.name "MikoGreen"
201 git config --global user.email "miko.green@yandex.ru"
202 git config --global init.defaultBranch master
203 cat ~/.ssh/id_rsa.pub
204 ssh-keygen -C "MikoGreen <miko.green@yandex.ru>"
205 cat ~/.ssh/id_rsa.pub | xclip -sel clip
206 cat ~/.ssh/id_rsa.pub
207 nc
208 make
209 sudo -i
210 make
211 sudo install lua-latex
212 sudo install texlive-luatex
213 sudo install texlive-luatex
214 sudo apt install texlive-luatex
215 pwd
216 ls -la
217 cd mip
218 cd lab-ns
219 mkdir lab3
220 cp shablon.tcl example5.tcl
221 gedit example5.tcl
222 history
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ns example5.tcl
can't read "ploss": no such variable
while executing
"set ploss"
(file "example5.tcl" line 77)
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl
(gedit:2605): Gtk-WARNING **: 21:10:18.631: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ns example5.tcl
Теоретическая вероятность потери = 0.0
Теоретическая средняя длина очереди = 9.090909090909090864
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$
```

Рис. 4: ns example5.tcl

У нас получился следующий результат:

- Теоретическая вероятность потери = 0.0
- Теоретическая средняя длина очереди = 9.0909090909090864

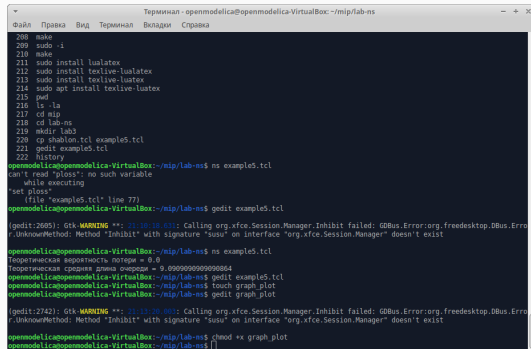
Далее, мы создали файл `graph_plot.gp` и ввели код, указанный в лабораторной работе.



```
#!/usr/bin/gnuplot -persist
# задаём текстовую кодировку,
# тип терминала, тип и размер шрифта
set encoding utf8
set term pdfcairo font "Arial,9"
# задаём выходной файл графика
set out 'qm.pdf'
# задаём название графика
set title "График средней длины очереди"
# задаём стиль линии
set style line 2
# подписи осей графика
set xlabel "t"
set ylabel "Пакеты"
# построение графика, используя значения
# 1-го и 5-го столбцов файла qm.out
plot "qm.out" using ($1):($5) with lines
    title "Размер очереди (в пакетах)", \
    "qm.out" using ($1):($5) smooth csplines
    title " Приближение сплайном ", \
    "qm.out" using ($1):($5) smooth bezier
    title " Приближение Безье "
```

Рис. 5: Код визуализации графика

Далее, нам необходимо было сделать файл исполняемым и запустить его.



```
Терминал - openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/mip/lab-ns
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка

208 make
209 sudo -i
210 make
211 sudo install luatex
212 sudo install texlive-luatex
213 sudo install texlive-luatex
214 sudo apt install texlive-luatex
215 pwd
216 ls -la
217 cd mip
218 cd lab-ns
219 mkdir lab3
220 cp shablon.tcl example5.tcl
221 gedit example5.tcl
222 history
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ns example5.tcl
can't read "ploss": no such variable
while executing
"set ploss"
(file "example5.tcl" line 77)
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl
[gedit:7665]: Gtk WARNING **: 21:10:19.431: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ns example5.tcl
Теоретическая вероятность потери = 0.0
Теоретическая средняя длина очереди = 9.09090909090909064
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ touch graph plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit graph plot
[gedit:2742]: Gtk WARNING **: 21:13:26.063: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ chmod +x graph plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$
```

Рис. 6: Запуск Gnuplot

По результатам работы программы, у нас создался файл **qm.pdf** на котором были отражены размер очереди (в пакетах), приближение сплайном и приближение Безье.

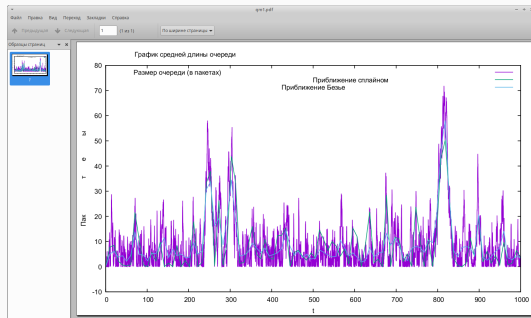


Рис. 7: График №1

Цветовая гамма отличалась от примера (а-к-а желаемого результата), соответственно, я внесла изменения в код.

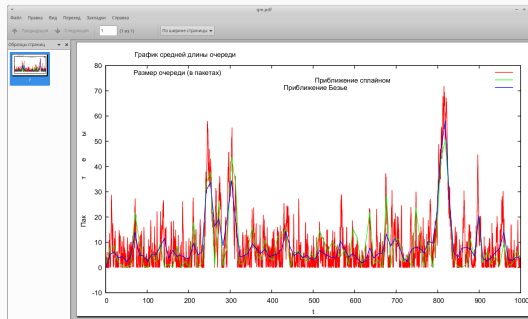


Рис. 8: График №2

Но и сейчас, визуально, тяжело проанализировать из-за достаточно тусклого зеленого цвета приближения сплайном. Было принято решение для более удобного анализа проведенной работы поменять цвета отрисовки.

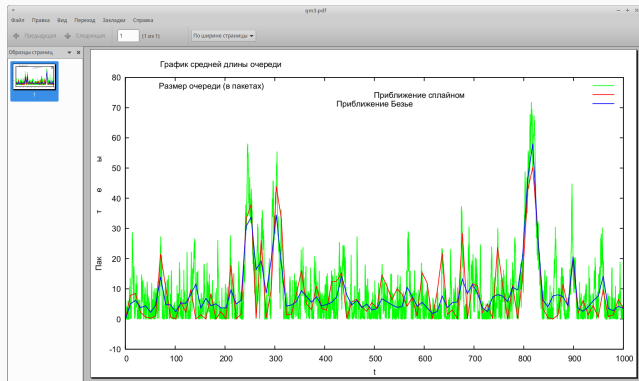


Рис. 9: График №3

Мы видим, что приближение Безье “сглаживает” кривую сильнее, чем приближение сплайном. В данном случае, приближение сплайном мне кажется более точным, однако надо смотреть не только на график (потому что график бывает обманчив), но и на численные показатели точности аппроксимации.

Выводы

В ходе лабораторной работы мы смоделировали поведение однолинейной СМО $M|M|1$ с накопителем бесконечной ёмкости, а также аппроксимировали результаты с помощью сплайнов и кривых Безье, приобрели навыки работы с GNUplot.