



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Учебно-исследовательская работа №3

по дисциплине
“Моделирование”

Вариант № 67\63\11

Студент:
Болорболд Аригуун
Группа Р3311
Боринский Игорь Дмитриевич
Группа Р3314
Преподаватель:
Тропченко Андрей Александрович

Санкт-Петербург,
2024

Цель работы

Исследование свойств простейших одно - и многоканальных СМО типа G/G/K/L с однородным потоком заявок с использованием системы имитационного моделирования GPSS при различных предположениях о параметрах структурно-функциональной организации и нагрузки в соответствии с заданной программой исследований.

Задание

В качестве исходной модели можно воспользоваться простейшей базовой моделью одноканальной СМО или моделью системы, выбранной в качестве наилучшей в УИР 2 (на усмотрение исследователя), задав в качестве параметров входящего потока заявок (среднее значение и коэффициент вариации интервалов между поступающими в систему заявками) значения, полученные в процессе обработки случайной последовательности в УИР1.

При этом необходимо скорректировать предлагаемую имитационную GPSS-модель СМО типа G/G/K/L (файл smg.gps).

В процессе исследований необходимо оценить влияние на такие характеристики системы, как:

- длительность переходного процесса в системе;
- среднее время ожидания (пребывания) заявок в системе;
- вероятность потери заявок следующих параметров нагрузки и структуры:
 - загрузки системы (в интервале от 0,1 до 0,9);
 - характера потока поступающих в систему заявок (заданная трасса; аппроксимирующий поток; простейший поток);
 - законов распределения длительности обслуживания;
 - количества приборов в системе (от 1 до 3);
 - ёмкости накопителя.

Результаты исследований рекомендуется представлять в форме таблиц, примерная форма которых приведена ниже, и графиков,

отражающих зависимости указанных характеристик от варьируемых параметров. Указание: длительность переходного процесса измеряется в количестве заявок, прошедших через систему.

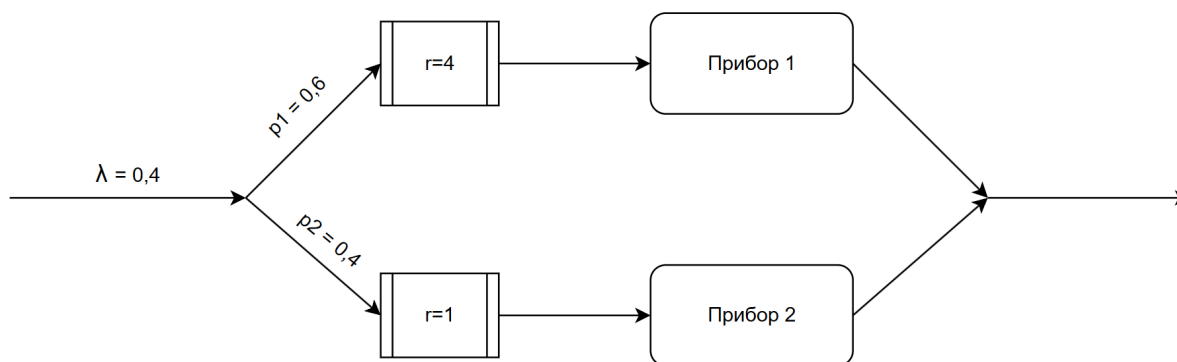
Исходная модель

Интенсивность входного потока: $\lambda = 0,4 \text{ (с}^{-1}\text{)}$

Средняя длительность обслуживания: $b = 10 \text{ (с)}$

Интенсивность обслуживания прибора: $\mu = \frac{1}{b} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ (с}^{-1}\text{)}$

- Система содержит 2 обслуживающих прибора
- Поток поступающих в систему заявок однородный
- Длительность обслуживания заявок в приборе – величина случайная
- Перед первым прибором есть 4 места для заявок, ожидающих обслуживания и образующих очередь. Перед вторым прибором - 1 место.
- Поступающие в систему заявки образуют простейший поток с интенсивностью λ .
- Длительность обслуживания заявок в приборе распределена по экспоненциальному закону с интенсивностью $\mu = 1/b$, где b – средняя длительность обслуживания.
- Дисциплина буферизации – с потерями: заявка, поступившая в систему и заставшая накопитель заполненным, теряется.
- Дисциплина обслуживания – в порядке поступления по правилу «первым пришел – первым обслужен» (FIFO).
- Заявка, поступившая в систему, с заданной вероятностью занятия прибора направляется к соответствующему прибору и ставится в очередь, либо теряется, если накопитель заполнен или отсутствует



$\lambda_1 = 0,4 * 0,6 = 0,24 \text{ с}^{-1}$ - интенсивность поступления в первый прибор

$\lambda_2 = 0,4 * 0,4 = 0,16 \text{ с}^{-1}$ - интенсивность поступления во второй прибор

Код

```
*****
*                               *
*      Модель СМО G/G/K/E      *
*                               *
*****
*      Исходные данные        *
*                               *
*****
E_buf1 EQU    4; емкость накопителя (буфера-1)
E_buf2 EQU    1; емкость накопителя (буфера-1)
t_a    EQU    2.5; средний интервал между поступающими заявками
t_a_min EQU    2; минимальный интервал между заявками (для равномерного
распределения)
t_a_max EQU    3; максимальный интервал между заявками (для равномерного
распределения)
t_b    EQU    10; средняя длительность обслуживания заявки в приборе
RN_a   EQU    20; номер генератора для потока
RN_b   EQU    553; номер генератора для длительности обслуживания
* Параметры гиперэкспоненциального распределения:
RN_H   EQU    91; номер генератора для гиперэкспоненциального распределения
qq     EQU    0.1; вероятность выбора первой фазы
tt_1   EQU    9.8; мат. ожидание первой фазы гиперэкспоненциального
распределения
tt_2   EQU    0.47; мат. ожидание второй фазы гиперэкспоненциального
распределения
* Параметры гипоекспоненциального распределения (Эрланга):
k_erl  EQU    2; порядок распределения Эрланга
RN_erl1 EQU    31; номер первого генератора для распределения Эрланга 2-го
порядка
RN_erl2 EQU    125; номер второго генератора для распределения Эрланга 2-го
порядка
*****
TU_uzel TABLE    M1,0.2,0.2,50;
TU_buf1 QTABLE    buf1,0.1,0.1,50;
TU_buf2 QTABLE    buf2,0.1,0.1,50;
uzel1  STORAGE    1
uzel2  STORAGE    1
Erl_2  VARIABLE    (Exponential(RN_erl1,0,t_a/2))+(Exponential(RN_erl2,0,t_a/2));
сл.величина по закону Эрланга 2-го порядка
*****
* Служебные переменные, необходимые для процедуры GetRandomNumberFromFile *
*****
ErrorCodes MATRIX ,2,1 ; Коды ошибок открытия/закрытия файла (при наличии
ошибок в конце моделирования будут записаны ненулевые значения)
FilePosition MATRIX ,1,1 ; Текущий номер строки в файле, из которой читается число
(увеличивается на 1 с каждым чтением)
```

* В качестве исполняемого оставить только ОДИН оператор GENERATE !!!*

```
GENERATE    (Exponential(RN_a,0,t_a))
*GENERATE   (GetRandomNumberFromFile("numbers.txt"))
*GENERATE   (hyper1(RN_H, qq, tt_1, tt_2))
*GENERATE   (Uniform(RN_a,t_a_min,t_a_max))
            TRANSFER 0.4,UZEL_1,UZEL_2
```

```
UZEL_1      TEST  L      Q$buf1,E_buf1,zyx
            QUEUE buf1
            SEIZE  uzel1
            DEPART      buf1
            ADVANCE     (Exponential(RN_b,0,t_b))
            RELEASE     uzel1
            TRANSFER    ,FINISH
```

```
UZEL_2      TEST  L      Q$buf2,E_buf2,zyx
            QUEUE buf2
            SEIZE  uzel2
            DEPART      buf2
            ADVANCE     (Exponential(RN_b,0,t_b))
            RELEASE     uzel2
```

```
FINISH      TABULATE  TU_uzel
            TERMINATE  1
zyx          TERMINATE  1
```

* Процедура возвращает следующее прочитанное из файла число. *

* Числа в файле расположены по одному на каждой строчке. *

* При выходе за границы файла чтение начинается с начала. *

```
PROCEDURE GetRandomNumberFromFile(FileName) BEGIN
    TEMPORARY OpenError, CloseError, LineFromFile, FileId;
    FileId = 1;
    OpenError = open(FileId,FileName);
    if (OpenError /= 0) then begin
        FileId = 2;
        OpenError = open(FileId,FileName);
        if (OpenError /=0) then begin
            ErrorCodes[1,1] = OpenError;
            return "";
        end;
    end;
    FilePosition[1,1] = FilePosition[1,1] + 1;
```

```

seek(FileId,FilePosition[1,1]);
LineFromFile = read(FileId);
if (LineFromFile = "") then begin
    FilePosition[1,1] = 1;
    seek(FileId,FilePosition[1,1]);
    LineFromFile = read(FileId);
end;
CloseError = close(Field);
if (CloseError /=0) then begin
    ErrorCodes[2,1] = CloseError;
    return "";
end;
return value(LineFromFile);
END;
*****
* Процедура возвращает значение псевдослучайной величины, *
* распределенной по гиперэкспоненциальному закону, в      *
* соответствии с параметрами распределения qq, tt_1, tt_2. *
*****
PROCEDURE hyper1(RN_H, qq, tt_1, tt_2) BEGIN

```

Вывод программы

GPSS World Simulation Report - smo GGKE.149.1

Tuesday, December 03, 2024 19:10:11

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	2505747.011	18	2	2

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
UZEL_1	1	GENERATE	1000004	0	0
	2	TRANSFER	1000004	0	0
	3	TEST	599687	0	0
	4	QUEUE	248583	1	0
	5	SEIZE	248582	0	0
	6	DEPART	248582	0	0
	7	ADVANCE	248582	1	0
	8	RELEASE	248581	0	0
	9	TRANSFER	248581	0	0
UZEL_2	10	TEST	400317	0	0
	11	QUEUE	202315	1	0
	12	SEIZE	202314	0	0
	13	DEPART	202314	0	0
	14	ADVANCE	202314	1	0
	15	RELEASE	202313	0	0
FINISH	16	TABULATE	450894	0	0
	17	TERMINATE	450894	0	0
ZYX	18	TERMINATE	549106	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	248582	0.993	10.006	1	999998	0	0	0	1
UZEL2	202314	0.806	9.982	1	999996	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	1	248583	4362	3.324	33.505	34.104	0
BUF2	1	1	202315	77823	0.495	6.136	9.971	0

Сравнение результатов, полученных с помощью имитационного моделирования и метода марковских процессов

Хар-ка	Метод марковских процессов	Имитационное моделирование	Относительное отклонение
Загрузка	0,8069	0.89	10.2%
Длина очереди	3,8313	3,795	-2.1%
Время ожидания	19,953	19,8	-0.8%
Время пребывания	28,81	31.22	8.3%

hyper1 (Гиперэкспоненциальный):

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	371637	0.657	2.496	1	999992	0	0	0	3
UZEL2	231726	0.411	2.505	1	999994	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	4	371640	60006	1.511	5.739	6.844	0
BUF2	1	0	231726	111600	0.213	1.299	2.506	0

t_b=2.5

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	742381	0.658	2.498	1	0	0	0	0	0
UZEL2	463333	0.412	2.502	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	0	742381	119678	1.515	5.750	6.855	0
BUF2	1	0	463333	223127	0.213	1.297	2.503	0

t_b=4.6

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	1113530	0.659	2.495	1	0	0	0	0	0
UZEL2	694788	0.412	2.501	1	3000001	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	0	1113530	179235	1.518	5.748	6.850	0
BUF2	1	0	694788	334342	0.214	1.298	2.501	0

t_b=9

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	1483707	0.659	2.495	1	3999985	0	0	0	4
UZEL2	926112	0.412	2.500	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	4	1483711	238529	1.521	5.754	6.856	0
BUF2	1	0	926112	445672	0.214	1.296	2.499	0

t_b=20

Uniform (Равномерный)

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	3702880	0.660	2.498	1	10000000	0	0	0	1
UZEL2	2313887	0.413	2.501	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	2	3702881	594159	1.522	5.763	6.865	0
BUF2	1	0	2313887	1111843	0.214	1.299	2.500	0

t_b=2.5

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	4073402	0.660	2.498	1	10999992	0	0	0	4
UZEL2	2545893	0.413	2.501	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	4	4073406	653470	1.522	5.765	6.866	0
BUF2	1	0	2545893	1223454	0.214	1.298	2.499	0

t_b=4.6

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	4443850	0.660	2.499	1	11999982	0	0	0	4
UZEL2	2777423	0.413	2.501	1	12000000	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	4	4443854	712609	1.523	5.765	6.866	0
BUF2	1	0	2777423	1334797	0.214	1.298	2.500	0

t_b=9

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	4813286	0.660	2.499	1	12999986	0	0	0	4
UZEL2	3009067	0.413	2.501	1	13000006	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	4	4813290	771615	1.523	5.767	6.868	0
BUF2	1	1	3009067	1445968	0.214	1.299	2.500	0

t_b=20

Из файла:

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	2222147	0.660	2.498	1	5999984	0	0	0	3
UZEL2	1388397	0.413	2.501	1	5999995	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	3	2222150	356382	1.522	5.764	6.865	0
BUF2	1	1	1388398	667216	0.214	1.299	2.500	0

t_b=2.5

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	2591969	0.659	2.498	1	6999988	0	0	0	3
UZEL2	1619745	0.412	2.501	1	7000005	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	4	2591972	416008	1.521	5.763	6.864	0
BUF2	1	1	1619746	778372	0.214	1.299	2.500	0

t_b=4.6

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	2961499	0.659	2.498	1	7999995	0	0	0	4
UZEL2	1850784	0.412	2.500	1	8000000	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	4	2961503	474939	1.522	5.764	6.865	0
BUF2	1	0	1850784	889393	0.214	1.299	2.500	0

t_b=9

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	3332634	0.659	2.497	1	0	0	0	0	0
UZEL2	2082047	0.413	2.500	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	0	3332634	534744	1.521	5.762	6.863	0
BUF2	1	0	2082047	1000702	0.214	1.299	2.500	0

t_b=20

Экспоненциальный:

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	580489	0.579	2.501	1	0	0	0	0	0
UZEL2	359561	0.358	2.498	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
BUF1	4	0	580489	252739	0.621	2.682	4.750	0
BUF2	1	0	359561	256953	0.102	0.709	2.486	0

t_b = 2.5

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	474594	0.870	4.595	1	1000001	0	0	0	1
UZEL2	305212	0.561	4.609	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
BUF1	4	2	474595	78064	1.907	10.068	12.051	0
BUF2	1	0	305212	175812	0.238	1.951	4.603	0

t_b = 4.6

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	275313	0.989	8.997	1	999967	0	0	0	4
UZEL2	216589	0.777	8.994	1	999997	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
BUF1	4	4	275317	6821	3.209	29.205	29.947	0
BUF2	1	1	216590	88983	0.458	5.300	8.996	0

t_b = 9

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL1	125098	1.000	20.024	1	999971	0	0	0	4
UZEL2	116814	0.931	19.963	1	1000000	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
BUF1	4	4	125102	168	3.736	74.823	74.924	0
BUF2	1	1	116815	27691	0.709	15.211	19.937	0

t_b = 20

Стационарный режим

Вывод

В процессе выполнения лабораторной работы, используя скорректированную GPSS-модель, мы определили характеристики системы и сравнили их с результатами из УИР 2. Сравнение характеристик исходной системы и системы, полученной имитационным моделированием, показало, что в основном различия между двумя системами незначительны, за исключением некоторых параметров.