Университет ИТМО

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Направление подготовки 09.03.04 Программная инженерия

Дисциплина «Моделирование»

Учебно-исследовательская работа УИР 3:

«Исследование СМО произвольного вида»

Выполнили: студенты группы P34112

Провоторов Александр Владимирович,

Ганыс Герман Витальевич

Преподаватель: Алиев Тауфик Измайлович

# 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 УИР 1. При этом необходимо скорректировать предлагаемую имитационную GPSS модель СМО типа G/G/K/L (файл smo.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.

# Проведенные исследования

## Исходная модель

По результатам выполнения УИР 2 наилучшей моделью выбрана СИСТЕМА\_2.

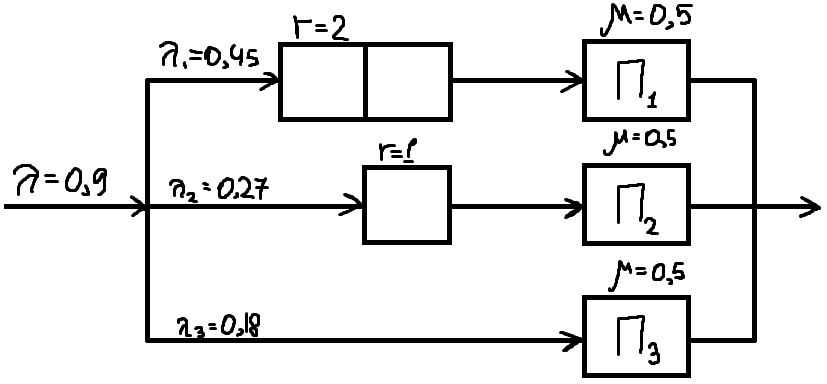


Рисунок 1. СМО СИСТЕМА\_2

Напомним её параметры:

Таблица 1. Параметры СИСТЕМА\_2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **Интенс.**  **потока** | **Ср.длит.**  **обслуж.** | **Вероятность занятия прибора …** | | |
| λ , 1/с | b, с | **П1** | **П2** | **П3** |
| 19 | 0,9 | 2 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |

И такие характеристики мы получили в итоге:

Таблица 2. Характеристики СИСТЕМА\_2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Прибор** | **Расчетная формула** | **СИСТ. 2** |
| **Нагрузка** | **П1** | 𝑦1 = λ1b1 | 0,9000 |
| **П2** | 𝑦2 = λ2b2 | 0,5400 |
| **П3** | 𝑦3 = λ3b3 | 0,3600 |
| **Сумм.** | y = 𝑦1 + 𝑦2 + 𝑦3 | 1,8000 |
| **Загрузка** | **П1** | ρ1 = p2 + p5 + p6 + p8 + p10 + p11 + p12 + p13 + p14 + p16 + p17 + p18 + p19 + p20 + p21 + p22 + p23 + p24 | 0,7091 |
| **П2** | ρ2 = p3 + p6 + p7 + p9 + p11 + p13 + p14 + p15 + p16 + p18 + p19 + p20 + p21 + p22 + p23 + p24 | 0,4539 |
| **П3** | ρ3 = p4 + p8 + p9 + p12 + p14 + p15 + p17 + p19 + p20 + p22 + p23 + p24 | 0,2645 |
| **Сумм.** | ρ = (ρ1 + ρ2 + ρ3)/3 | 0,4758 |
| **Вероятность потери** | **П1** | π = p10 + p16 + p17 + p21 + p22 + p24 | 0,2119 |
| **П2** | π = p7 + p13 + p15 + p18 + p20 + p21 + p23 + p24 | 0,1591 |
| **П3** | π = p4 + p8 + p12 + p14 + p15 + p17 + p19 + p20 + p22 + p23 + p24 | 0,2418 |
| **Сумм.** | π = p4 + p7 + p8 + p10 + p12 + p13 + p14 + p15 + p16 + p17 + p18 + p19 + p20 + p21 + p22 + p23 + p24 | 0,2043 |
| **Длина очереди** | **П1** | l1 = p5 + p11 + p12 + p18 + p19 + p23 + 2∙(p10 + p16 + p17 + p21 + p22 + p24) | 0,6594 |
| **П2** | l2 = p7 + p13 + p15 + p18 + p20 + p21 + p23 + p24 | 0,1591 |
| **П3** | l3 = 0 | 0,0000 |
| **Сумм.** | l = l1 + l2 + l3 | 0,8185 |
| **Число заявок находящихся в системе** | **П1** | m1 = p2 + p6 + p8 + p13 + p14 + p20 + 2∙(p5 + p11 + p12 + p18 + p19 + p23) + 3∙(p10 + p16 + p17 + p21 + p22 + p24) | 1,3685 |
| **П2** | m2 = p3 + p6 + p9 + p11 + p14 + p16 + p19 + p22 + 2∙(p7 + p13 + p15 + p18 + p20 + p21 + p23 + p24) | 0,6130 |
| **П3** | m3 = p4 + p8 + p9 + p12 + p14 + p15 + p17 + p19 + p20 + p22 + p23 + p24 | 0,2645 |
| **Сумм.** | m = m1 + m2 + m3 | 2,2460 |
| **Производительность** | **П1** | λ'1 = (1 – π1)λ1 | 0,3546 |
| **П2** | λ'2 = (1 – π2)λ2 | 0,2270 |
| **П3** | λ'3 = (1 – π3)λ3 | 0,1365 |
| **Сумм.** | λ' = λ'1 + λ'2 + λ'3 | 0,7182 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Хар-ка** | **Прибор** | **Расчетная формула** | **СИСТ. 2** |
| **Коэффициент простоя** | **П1** | η = 1 − ρ1 | 0,2909 |
| **П2** | η = 1 − ρ2 | 0,5461 |
| **П3** | η = 1 − ρ3 | 0,7355 |
| **Сумм.** | η = 1 − ρ | 0,5242 |
| **Время ожидания** | **П1** | 𝑤1 = l1/ λ'1 | 1,8593 |
| **П2** | 𝑤2 = l2/ λ'2 | 0,7007 |
| **П3** | 𝑤3 = l3/ λ'3 | 0,0000 |
| **Сумм.** | 𝑤 = l/λ' | 1,1397 |
| **Время пребывания** | **П1** | 𝑢1 = 𝑤1 + b1 | 3,8593 |
| **П2** | 𝑢2 = 𝑤2 + b2 | 2,3007 |
| **П3** | 𝑢3 = 𝑤3 + b3 | 2,0000 |
| **Сумм.** | 𝑢 = 𝑤 + b | 3,1397 |

## Сравнение результатов, полученных с помощью имитационного моделирования и метода марковских процессов для СМО, выбранной в качестве наилучшей в УИР 2

Таблица 3. Сравнение характеристик

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Прибор** | **Метод марковских**  **процессов** | **Имитационное**  **моделирование** | **Степень различия,**  **%** |
| **Загрузка,** | **П1** | 0,709 | 0,753 | 5,8300 |
| **П2** | 0,454 | 0,455 | 0,2418 |
| **П3** | 0,265 | 0,201 | 31,5920 |
| **Сумм.** | 0,476 | 0,470 | 1,2987 |
| **Вероятность потери** | **П1** | 0,212 | 0,253 | 16,2119 |
| **П2** | 0,159 | 0,159 | 0,1882 |
| **П3** | 0,242 | 0,202 | 19,8929 |
| **Сумм.** | 0,204 | 0,218 | 6,1706 |
| **Длина очереди** | **П1** | 0,659 | 0,757 | 12,8930 |
| **П2** | 0,159 | 0,159 | 0,0629 |
| **П3** | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| **Сумм.** | 0,819 | 0,916 | 10,6441 |
| **Число заявок находящихся в системе** | **П1** | 1,369 | 1,804 | 24,1429 |
| **П2** | 0,613 | 0,730 | 16,0055 |
| **П3** | 0,265 | 0,360 | 26,5278 |
| **Сумм.** | 2,246 | 2,970 | 24,3771 |
| **Производительность** | **П1** | 0,355 | 0,336 | 5,4745 |
| **П2** | 0,227 | 0,227 | 0,0167 |
| **П3** | 0,137 | 0,144 | 5,0089 |
| **Сумм.** | 0,718 | 0,704 | 2,0069 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Прибор** | **Метод марковских**  **процессов** | **Имитационное**  **моделирование** | **Степень различия,**  **%** |
| **Коэффициент простоя** | **П1** | 0,291 | 0,247 | 17,7733 |
| **П2** | 0,546 | 0,545 | 0,2018 |
| **П3** | 0,736 | 0,799 | 7,9474 |
| **Сумм.** | 0,524 | 0,530 | 1,1503 |
| **Время ожидания** | **П1** | 1,859 | 2,010 | 7,4975 |
| **П2** | 0,701 | 0,701 | 0,0428 |
| **П3** | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| **Сумм.** | 1,140 | 1,300 | 12,3308 |
| **Время пребывания** | **П1** | 3,859 | 4,009 | 3,7341 |
| **П2** | 2,301 | 2,703 | 14,8835 |
| **П3** | 2,000 | 2,000 | 0,0000 |
| **Сумм.** | 3,140 | 3,300 | 4,8576 |

Как мы видим, исходя из моделирования, в основном, результаты незначительно колеблются относительно Метода Марковских процессов, однако в случае больших отклонений можно предположить, что количество итераций для подсчета результатов было не настолько велико (10 миллионов в случае GPSS) или были сделаны незначительные ошибки, связанные с невнимательностью, поэтому, к примеру, параметр загрузки отличается на 31%, что является довольно большим значением.

## Исследование влияния законов распределения интервалов между заявками на среднее время ожидания, пребывания заявок в системе и вероятность потерь

* + 1. Описание моделей – вариантов организации системы

Таблица 4. Описание исследуемых вариантов организации системы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер Варианта | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Количество приборов | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Емкость накопителя | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Интервалы между заявками входящего потока | Ср. значение | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 | 14,093 |
| Вид потока | П | Т | А | П | Т | А | П | Т | А |
| Длительность обслуживания заявок | Ср. значение | 13,831 | 13,831 | 13,831 | 8,842 | 8,842 | 8,842 | 4,484 | 4,484 | 4,484 |
| Коэф. вариации | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

* + 1. Результаты исследования влияния распределения интервалов простейшего потока

Таблица 5. Результаты исследования влияния распределения интервалов простейшего потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 1): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 3 | 3 | прост. | 14,093 | 13,831 | 1 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,54 | 0,30 | 8,89 | - | 7,92 | 4,91 | 61,98 |
| 20 | 1 | 0,05 | 0,00 | 0,35 | 0,22 | 7,01 | 21,13 | 8,08 | 3,54 | 43,83 |
| 50 | 2 | 0,04 | 20,00 | 0,34 | 0,28 | 7,86 | 12,08 | 10,16 | 2,82 | 27,72 |
| 100 | 7 | 0,07 | 75,00 | 0,38 | 0,29 | 11,99 | 52,51 | 29,22 | 5,73 | 19,60 |
| 200 | 11 | 0,06 | 21,43 | 0,32 | 0,28 | 10,29 | 14,12 | 26,82 | 3,72 | 13,86 |
| 500 | 32 | 0,06 | 16,36 | 0,34 | 0,29 | 10,91 | 5,97 | 25,05 | 2,20 | 8,77 |
| 1000 | 67 | 0,07 | 4,69 | 0,34 | 0,29 | 10,47 | 4,03 | 24,25 | 1,50 | 6,20 |
| 5000 | 411 | 0,08 | 22,69 | 0,37 | 0,30 | 11,35 | 8,45 | 23,22 | 0,64 | 2,77 |
| 10000 | 796 | 0,08 | 3,16 | 0,37 | 0,30 | 11,40 | 0,39 | 22,81 | 0,45 | 1,96 |
| 50000 | 4095 | 0,08 | 2,89 | 0,37 | 0,30 | 11,61 | 1,90 | 23,64 | 0,21 | 0,88 |
| 100000 | 8109 | 0,08 | 0,99 | 0,37 | 0,30 | 11,64 | 0,22 | 23,56 | 0,15 | 0,62 |
| 500000 | 40549 | 0,08 | 0,01 | 0,37 | 0,30 | 11,74 | 0,89 | 23,82 | 0,07 | 0,28 |

Таблица 6. Результаты исследования влияния распределения интервалов в потоке

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 2): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 2 | 7 | трасса | 14,093 | 13,831 | 1 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 4 | 0,40 | - | 1,47 | 0,53 | 12,12 | - | 8,16 | 5,06 | 61,98 |
| 20 | 8 | 0,40 | 0,00 | 1,66 | 0,49 | 18,27 | 50,70 | 24,09 | 10,56 | 43,83 |
| 50 | 19 | 0,38 | 5,00 | 1,85 | 0,57 | 21,57 | 18,11 | 29,59 | 8,20 | 27,72 |
| 100 | 35 | 0,35 | 7,89 | 1,68 | 0,63 | 20,18 | 6,46 | 29,52 | 5,79 | 19,60 |
| 200 | 75 | 0,38 | 7,14 | 1,78 | 0,66 | 25,05 | 24,16 | 32,97 | 4,57 | 13,86 |
| 500 | 179 | 0,36 | 4,53 | 1,64 | 0,67 | 23,00 | 8,21 | 32,61 | 2,86 | 8,77 |
| 1000 | 392 | 0,39 | 9,50 | 1,73 | 0,67 | 25,60 | 11,33 | 35,66 | 2,21 | 6,20 |
| 5000 | 2038 | 0,41 | 3,98 | 1,76 | 0,67 | 26,39 | 3,09 | 36,13 | 1,00 | 2,77 |
| 10000 | 4151 | 0,42 | 1,84 | 1,77 | 0,67 | 27,02 | 2,36 | 37,09 | 0,73 | 1,96 |
| 50000 | 20776 | 0,42 | 0,10 | 1,79 | 0,67 | 27,55 | 1,97 | 37,02 | 0,32 | 0,88 |
| 100000 | 41583 | 0,42 | 0,07 | 1,79 | 0,67 | 27,60 | 0,18 | 37,15 | 0,23 | 0,62 |
| 500000 | 208024 | 0,42 | 0,05 | 1,80 | 0,67 | 27,69 | 0,33 | 37,18 | 0,10 | 0,28 |

Таблица 7. Результаты исследования влияния распределения интервалов аппр. потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 1): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 2 | 7 | аппр. | 14,093 | 13,831 | 1 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 8 | 0,80 | - | 1,75 | 0,67 | 9,48 | - | 14,46 | 8,96 | 61,98 |
| 20 | 17 | 0,85 | 6,25 | 2,18 | 0,80 | 14,98 | 58,01 | 20,52 | 8,99 | 43,83 |
| 50 | 40 | 0,80 | 5,88 | 2,42 | 0,76 | 20,89 | 39,51 | 24,93 | 6,91 | 27,72 |
| 100 | 79 | 0,79 | 1,25 | 2,54 | 0,81 | 26,03 | 24,62 | 28,85 | 5,66 | 19,60 |
| 200 | 154 | 0,77 | 2,53 | 2,57 | 0,82 | 28,95 | 11,19 | 32,23 | 4,47 | 13,86 |
| 500 | 397 | 0,79 | 3,12 | 2,62 | 0,87 | 31,86 | 10,05 | 34,10 | 2,99 | 8,77 |
| 1000 | 794 | 0,79 | 0,00 | 2,62 | 0,87 | 33,69 | 5,75 | 36,06 | 2,24 | 6,20 |
| 5000 | 3994 | 0,80 | 0,60 | 2,67 | 0,87 | 35,08 | 4,14 | 37,70 | 1,05 | 2,77 |
| 10000 | 8039 | 0,80 | 0,64 | 2,68 | 0,87 | 36,04 | 2,72 | 38,92 | 0,76 | 1,96 |
| 50000 | 40306 | 0,81 | 0,28 | 2,69 | 0,88 | 36,56 | 1,44 | 39,29 | 0,34 | 0,88 |
| 100000 | 80739 | 0,81 | 0,16 | 2,69 | 0,88 | 37,09 | 1,47 | 39,74 | 0,25 | 0,62 |
| 500000 | 404164 | 0,81 | 0,12 | 2,69 | 0,88 | 37,42 | 0,87 | 40,03 | 0,11 | 0,28 |

Рисунок 2. Зависимость характеристик СИСТЕМА\_2 от вида потока

Как мы видим, характер потока имеет большое значение на производительность самой системы. Если же в случае Марковского потока, очередь хотя-бы каким-либо образом оптимизирована и среднее время ожидания (11,75с) примерно равно среднему времени обрабатывания 1 заявки (13,83с), то в остальных случаях ситуация драматичнее из-за того, что в УИР1 был задан абсолютно случайный поток, без зависимостей и периодичностей. Если же мы возьмем аппроксимацию из того потока, то ситуация станет еще плачевнее и вместо 27,69с мы получим уже 37,42с. Соответственно из-за случайности и неопределенности потока растут и очереди, а также и вероятности потерь, так как в один момент может не быть совсем заявок, а в другой они навалились горой и приборы перегружены.

Таблица 8. Результаты исследования влияния распределения интервалов простейшего потока

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исх.данные (вариант 4): | | K | E | поток | a | b | КВ |
| 2 | 7 | прост. | 14,093 | 8,842 | 1 |
| Заявок | Потери | Вер-ть потери | П(%) | Длина очер. | Загрузка | Ср.вр.ож. | О(%) | СКО вр.ож. | Дов.инт.(0.95) | Д(%) |
| 10 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,19 | 7,20 | - | 12,61 | 7,81 | 61,98 |
| 20 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,14 | 4,65 | 35,42 | 11,63 | 5,10 | 43,83 |
| 50 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,19 | 3,95 | 15,05 | 13,58 | 3,77 | 27,72 |
| 100 | 3 | 0,03 | 0,00 | 0,19 | 0,20 | 5,06 | 28,04 | 16,87 | 3,31 | 19,60 |
| 200 | 7 | 0,04 | 16,67 | 0,14 | 0,19 | 4,06 | 19,76 | 15,46 | 2,14 | 13,86 |
| 500 | 17 | 0,03 | 2,86 | 0,15 | 0,19 | 4,62 | 13,79 | 18,29 | 1,60 | 8,77 |
| 1000 | 36 | 0,04 | 5,88 | 0,15 | 0,19 | 4,37 | 5,50 | 17,21 | 1,07 | 6,20 |
| 5000 | 174 | 0,03 | 3,33 | 0,17 | 0,20 | 4,72 | 8,13 | 19,58 | 0,54 | 2,77 |
| 10000 | 349 | 0,03 | 0,29 | 0,17 | 0,20 | 4,99 | 5,61 | 20,10 | 0,39 | 1,96 |
| 50000 | 1764 | 0,04 | 1,09 | 0,17 | 0,20 | 4,91 | 1,62 | 19,82 | 0,17 | 0,88 |
| 100000 | 3450 | 0,03 | 2,21 | 0,16 | 0,20 | 4,87 | 0,82 | 19,70 | 0,12 | 0,62 |
| 500000 | 17673 | 0,04 | 2,45 | 0,17 | 0,20 | 4,96 | 2,01 | 19,97 | 0,06 | 0,28 |