

Разработка имитационной модели обработки заданий на ЭВМ

Матвеева Алёна Сергеевна

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является разработка имитационной модели обработки заданий на ЭВМ. Для реализации использовалась универсальная среда моделирования GPSS World. Данное исследование может быть использовано методическим пособием в учебной деятельности, а также для пользователей, которые работают с системой массового обслуживания.

Ключевые слова: GPSS, модель, коэффициент.

Development of a simulation model for processing tasks on a computer

Matveeva Alyona Sergeevna

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of the study is to develop a simulation model of processing tasks on a computer. The universal GPSS World modeling environment was used for implementation. This study can be used as a methodological guide in educational activities, as well as for users who work with a queuing system.

Keywords: GPSS, model, coefficient.

1 Введение

1.1 Актуальность

В современном мире всё большую значимость приобретает процесс компьютеризации и автоматизации производства. Широкое распространение получили автоматические системы управления производственными процессами. Соответственно, растёт значение такого умения, как способность создавать модели автоматического управления. Данное умение подразумевает способности проводить полную научно-исследовательскую и проектно-конструкторскую работу, использовать автоматизированные системы для реализации новых информационных технологий на базе эффективного применения современных высокопроизводительных ЭВМ всех классов. Современные вычислительные центры не всегда работают оптимизировано, что ведет к простоям оборудования, персонала и дополнительным затратам. Поэтому решение задачи оптимизации работы вычислительного центра является актуальной в наше время.

1.2 Обзор исследований

В статье В.Н. Томашевский и В.В. Нехай провели анализ средств имитационного моделирования, базирующихся на языке GPSS [1]. К.И. Дизендорф изучил функции программы GPSS World [2]. В.Н. Задорожный рассматривает подходы к применению в GPSS World внешнего генератора случайных чисел [3]. Е.Г. Агапова и Т.М. Попова разработали имитационную модель участка транспортной сети в GPSS Studio [4]. А.И. Лыкова и Д.В. Каменев рассмотрели использование системы моделирования GPSS с целью оптимизации функционирования логистических систем [5].

1.3 Цель исследования

Целью данного исследования является разработка имитационной модели обработки заданий на ЭВМ.

2 Материалы и методы

Используется универсальная среда моделирования GPSS World для имитационного моделирования различных систем, в основном систем массового обслуживания.

3 Результаты

3.1 Задание по моделированию

Вычислительная система включает 3 ЭВМ. В систему в среднем через 30 с. поступают задания, которые попадают в очередь на обработку к первой ЭВМ, где они обрабатываются около 30 с. После этого задания одновременно поступают во 2-ю и 3-ю ЭВМ. Вторая ЭВМ может обрабатывать задание за 14 ± 5 с., а третья за 16 ± 1 с. Окончание обработки на любой ЭВМ означает снятие её с решения с той другой машины. В свободное время машины заняты обработкой фоновых задач. Смоделировать 2 часа работы систем.

3.2 Концептуальная модель системы (Q-схема)

Для описания процессов протекающих в моделях систем массового обслуживания для наглядности и лучшего понимания системы используют структурные схемы, которые отражают физическую структуру системы. Ниже приведена структурная схема процесса функционирования вычислительной системы (рис. 1).

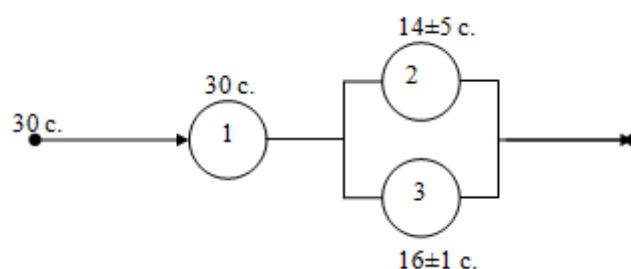


Рисунок 1 – Структурная схема

Линии изображают здесь возможные маршруты движения транзактов (т.е. задания). Кружками изображены каналы, т.е. обслуживающие приборы (в данном случае – ЭВМ).

3.3 Аналитическое моделирование

Для реализации программы на языке GPSS и проведения экспериментов, необходима «отправная» точка, от которой будем отталкиваться, чтобы оптимизировать работу СМО. Для нахождения такой точки проводится аналитическое моделирование, которое позволяет сделать предварительные выводы по работе системы, а также выдвинуть гипотезы и предложения для оптимизации работы СМО.

В данном исследовании необходимо найти следующие параметры СМО. Интенсивность поступления заявок:

$$\lambda_{\text{вх}}=1/t_3,$$

где t_3 – время, через которое заявки поступают в систему. Если время точно не определено, то следует брать среднее значение

$$\lambda_{\text{вх}}=1/30,$$

Следовательно, получим:

$$\lambda_{\text{вх}}=1/30$$

Интенсивность обработки заявок:

$$\mu=1/t_{\text{обр}},$$

где $t_{\text{обр}}$ – время, в течение которого заявки обслуживаются в системе.

В данное исследование включает 3 ЭВМ, каждая из которых обрабатывает задания, следовательно, получим 3 интенсивности обработки заявок:

$$\mu_1=1/30,$$

$$\mu_2=1/14,$$

$$\mu_3=1/16.$$

Загрузка отдельного канала:

$$\rho = \lambda/\mu$$

Рассчитаем загрузки каждой ЭВМ:

$$\rho_1 = \lambda/\mu_1 = 0,0011,$$

$$\rho_2 = \lambda/\mu_2 = 0,0024,$$

$$\rho_3 = \lambda/\mu_3 = 0,0021.$$

Так как система трехканальная, следовательно, коэффициент загрузки экспоненциальной СМО равен:

$$\rho_{\text{СМО}} = \frac{\lambda * T}{K},$$

где T – среднее время обслуживания (аналогично величине $t_{\text{обр}}$), K – число каналов СМО.

$$\rho_{\text{1СМО}} = \frac{\frac{1}{30} * 30}{1} = 1$$

$$\rho_{2\text{СМО}} = \frac{\frac{1}{30} * 14}{1} = 0,47$$

$$\rho_{3\text{СМО}} = \frac{\frac{1}{30} * 16}{1} = 0,53$$

Рассчитаем средний коэффициент загрузки по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3} = \frac{1 + 0,47 + 0,53}{3} = 0,67$$

По результатам аналитического моделирования можно сделать вывод.

Коэффициент загрузки $\rho_{\text{СМО}} < 1$, значит, система работает в стационарном режиме.

3.4 Выдвижение гипотез предложений

1 гипотеза: уменьшить время обработки заданий 3 ЭВМ до 14 ± 5 секунд.

2 гипотеза: сделать время обработки заданий 2 и 3 ЭВМ по 15 ± 2 секунды.

3 гипотеза: уменьшить время обработки заданий 1 ЭВМ до 25 ± 5 секунд.

3.5 Программирование модели

За единицу модельного времени приняла одну секунду реального времени. Поэтому, чтобы смоделировать 2 часа работы вычислительной системы 3-х ЭВМ, необходимо 2 часа перевести в секунды: $(2\text{часа} * 60\text{минут} * 60\text{секунд}) = 7200$ секунд.

Программа моделирования двух часовой работы вычислительной системы 3-х ЭВМ на языке GPSS имеет вид:

```

10 GENERATE 30
15 QUEUE 1; точка входа в очередь номер 1
20 SEIZE 1
25 DEPART 1; точка выхода из очереди номер 1
30 ADVANCE 30
40 RELEASE 1
42 SPLIT 1,AAA ; разделение
45 QUEUE 2; точка входа в очередь номер 2
50 SEIZE 2
55 DEPART 2; точка выхода из очереди номер 2
60 ADVANCE 14,5
70 RELEASE 2
80 AAA QUEUE 3; точка входа в очередь номер 3
90 SEIZE 3
95 DEPART 3; точка выхода из очереди номер 3
100 ADVANCE 16,1
110 RELEASE 3
120 TERMINATE
**Таймер модели**
200 GENERATE 7200 ; 2 часа-7200 секунд
210 TERMINATE 1

```

Строки 200 и 210 представляют собой таймер модели, то есть с помощью этих строк можно указать время, в течение которого будет моделироваться работа СМО.

3.6 Интерпретация результатов исходной модели

Для приведенной программы по моделированию вычислительной системы 3-х ЭВМ, трассировка будет выглядеть следующим образом:

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	240	0	0
	2	QUEUE	240	0	0
	3	SEIZE	240	1	0
	4	DEPART	239	0	0
	5	ADVANCE	239	0	0
	6	RELEASE	239	0	0
	7	SPLIT	239	0	0
	8	QUEUE	239	0	0
	9	SEIZE	239	0	0
	10	DEPART	239	0	0
	11	ADVANCE	239	1	0
	12	RELEASE	238	0	0
AAA	13	QUEUE	476	28	0
	14	SEIZE	448	0	0
	15	DEPART	448	0	0
	16	ADVANCE	448	1	0
	17	RELEASE	447	0	0
	18	TERMINATE	447	0	0
	19	GENERATE	1	0	0
	20	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
1	240	0.996	29.875	1	478	0	0	0	0
2	239	0.460	13.847	1	477	0	0	0	0
3	448	0.992	15.938	1	447	0	0	0	28

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
1	1	1	240	239	0.000	0.000	0.000	0
2	1	0	239	239	0.000	0.000	0.000	0
3	30	28	476	1	14.253	215.586	216.039	0

Трассировка содержит следующую основную информацию.

В колонке ENTRY_COUNT (счетчик входов) показано число транзактов, прошедших за время моделирования через каждый блок модели. Так, из блока GENERATE вышло 240 транзактов, – столько заданий было обработано за 2 часа. В колонке CURRENT_COUNT (счетчик текущих) показано число транзактов, задержанных в каждом блоке в момент останова модели.

Статистика по очередям содержит таблицу, в которой по каждой очереди в модели приводятся следующие основные данные.

В колонке QUEUE (очередь) содержится номер или имя очереди.

В колонке MAX (максимум) – максимальная длина очереди, которая достигалась за все время моделирования.

В колонке CONT (содержимое) приводится текущая длина очереди в момент останова модели.

Колонка ENTRY (входы) содержит число транзактов, вошедших в очередь. Видно, что это число совпадает с числом транзактов, вошедших в блок QUEUE, показанное в трассировке.

Колонка ENTRY (0) содержит число транзактов, прошедших очередь без задержки (с нулевой задержкой). Таким образом, 239 заданий в момент поступления в вычислительную систему заставляли свободные первую и вторую ЭВМ, в очереди не стояли.

В колонке AVE.CONT (среднее содержимое) выводится средняя длина очереди.

Столбец с заголовком AVE.TIME содержит среднее время прохождения транзакта через очередь. Соседний столбец AVE.(-0) – такое же среднее время, но рассчитанное только для тех транзактов, которые прошли очередь за ненулевое время, т.е. которые фактически задерживались в очереди.

В результате при заданных параметрах максимальная длина очередей к каждой ЭВМ составляет: по 1 заданию к 1ой и 2ой ЭВМ; 30 заданий к 3ей ЭВМ.

Под заголовком UTIL выводится коэффициент использования памяти. В отличие от коэффициента использования устройства он представляет собой не долю времени, в течение которой память была занята, а среднее содержимое памяти, деленное на емкость. Этот коэффициент также получается нормированным, т.е. находится всегда в пределах от 0 до 1.

С математической точки зрения (с точки зрения теории массового обслуживания) это есть не что иное, как коэффициент загрузки многоканальной СМО, в которой число каналов равно емкости памяти. Если выражаться точнее, это даже не коэффициент загрузки, а статистическая оценка стационарного значения коэффициента загрузки.

Этот показатель имеет тот экономический смысл, что выражает, насколько полно используется ресурс памяти, или, - в данной модели, - насколько полностью загружены три ЭВМ. Коэффициент загрузки: 1 ЭВМ $0.996=99,6\%$; 2 ЭВМ $0.460=46\%$; 3 ЭВМ $0.992=99,2\%$. Из этих результатов видно, что 1ая и 3я ЭВМ практически перегружены. Средний коэффициент загрузки исходной модели равен: $0.816=81,6\%$.

3.7 Проведение имитационных экспериментов

1 Эксперимент. Уменьшим время обработки заданий 3 ЭВМ до 14 ± 5 секунд. После изменения программы, получили следующие данные (рис.2).

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	239	0	0	0
	2	QUEUE	239	0	0	0
	3	SEIZE	239	0	0	0
	4	DEPART	239	0	0	0
	5	ADVANCE	239	0	0	0
	6	RELEASE	239	0	0	0
	7	SPLIT	239	0	0	0
	8	QUEUE	239	0	0	0
	9	SEIZE	239	0	0	0
	10	DEPART	239	0	0	0
	11	ADVANCE	239	1	0	0
	12	RELEASE	238	0	0	0
AAA	13	QUEUE	476	0	0	0
	14	SEIZE	476	0	0	0
	15	DEPART	476	0	0	0
	16	ADVANCE	476	1	0	0
	17	RELEASE	475	0	0	0
	18	TERMINATE	475	0	0	0
	19	GENERATE	1	0	0	0
	20	TERMINATE	1	0	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
1	239	0.996	30.000	1	0	0	0	0	0
2	239	0.460	13.844	1	476	0	0	0	0
3	476	0.922	13.944	1	474	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
1	1	0	239	239	0.000	0.000	0.000	0
2	1	0	239	239	0.000	0.000	0.000	0
3	2	0	476	172	0.217	3.282	5.138	0

Рисунок 2 – Результаты 1 эксперимента

Из отчета видно, что всего в ЭВМ поступило 239 заданий. На момент остановки модели 2 задания находилось в обработке. Коэффициент загрузки первой ЭВМ составил 99,6%, второй ЭВМ – 46%, третьей – 92,2%. Следовательно, средний коэффициент загрузки равен: $0.793=79,3\%$.

2 Эксперимент. Изменим время обработки заданий второй и третьей ЭВМ по 15 ± 2 секунды. После изменения программы, получили следующие данные (рис.3).

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	240		0	0
	2	QUEUE	240		1	0
	3	SEIZE	239		0	0
	4	DEPART	239		0	0
	5	ADVANCE	239		1	0
	6	RELEASE	238		0	0
	7	SPLIT	238		0	0
	8	QUEUE	238		0	0
	9	SEIZE	238		0	0
	10	DEPART	238		0	0
	11	ADVANCE	238		0	0
	12	RELEASE	238		0	0
AAA	13	QUEUE	476		1	0
	14	SEIZE	475		0	0
	15	DEPART	475		0	0
	16	ADVANCE	475		1	0
	17	RELEASE	474		0	0
	18	TERMINATE	474		0	0
	19	GENERATE	1		0	0
	20	TERMINATE	1		0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
1	239	0.996	30.000	1	476	0	0	0	1
2	238	0.495	14.967	1	0	0	0	0	0
3	475	0.989	14.985	1	478	0	0	0	1

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
1	1	1	240	239	0.000	0.000	0.000	0
2	1	0	238	238	0.000	0.000	0.000	0
3	2	1	476	26	0.398	6.018	6.365	0

Рисунок 3 – Результаты 2 эксперимента

Из данного отчета видно, что всего в ЭВМ поступило 240 заданий. На момент остановки модели 2 задания находилось в обработке. Коэффициент загрузки первой ЭВМ составил 99,6%, второй ЭВМ – 49.5%, третьей – 98,9%. Средний коэффициент загрузки равен: $0.827=82,7\%$. Максимальная длина очереди: 2 в 3 ЭВМ.

3 Эксперимент. Уменьшим время обработки заданий 1 ЭВМ до 25 ± 5 секунд. После изменения программы, получили следующие данные (рис.4).

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	239	0	0	0
	2	QUEUE	239	0	0	0
	3	SEIZE	239	0	0	0
	4	DEPART	239	0	0	0
	5	ADVANCE	239	0	0	0
	6	RELEASE	239	0	0	0
	7	SPLIT	239	0	0	0
	8	QUEUE	239	0	0	0
	9	SEIZE	239	0	0	0
	10	DEPART	239	0	0	0
	11	ADVANCE	239	1	0	0
	12	RELEASE	238	0	0	0
AAA	13	QUEUE	477	29	0	0
	14	SEIZE	448	0	0	0
	15	DEPART	448	0	0	0
	16	ADVANCE	448	1	0	0
	17	RELEASE	447	0	0	0
	18	TERMINATE	447	0	0	0
	19	GENERATE	1	0	0	0
	20	TERMINATE	1	0	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
1	239	0.842	25.360	1	0	0	0	0	0
2	239	0.459	13.828	1	477	0	0	0	0
3	448	0.992	15.941	1	447	0	0	0	29

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
1	1	0	239	239	0.000	0.000	0.000	0
2	1	0	239	239	0.000	0.000	0.000	0
3	30	29	477	2	14.399	217.340	218.255	0

Рисунок 4 – Результаты 3 эксперимента

В результате 3 эксперимента видно, что всего в ЭВМ поступило 239 заданий. На момент остановки модели 2 задания находилось в обработке. Коэффициент загрузки первой ЭВМ составил 84,2%, второй ЭВМ – 45.9%, третьей – 99,2%. Средний коэффициент загрузки равен: $0.764=76,4\%$. Максимальная длина очереди: 30 в 3 ЭВМ

3.7 Графическое представление результатов исследования

После того как была запущена модель и проведено 3 эксперимента для приведения системы в более стабильный режим и для улучшения эффективности её работы, необходимо выбрать оптимальный для данной задачи.

Для более наглядного представления лучше всего воспользоваться графиком, отображающий основные характеристики СМО. Коэффициент загрузки является важнейшей характеристикой СМО, поэтому для построения диаграммы можно использовать именно эти данные.

Представленный ниже график, построен по коэффициенту загрузки многоканального устройства (рис.5).

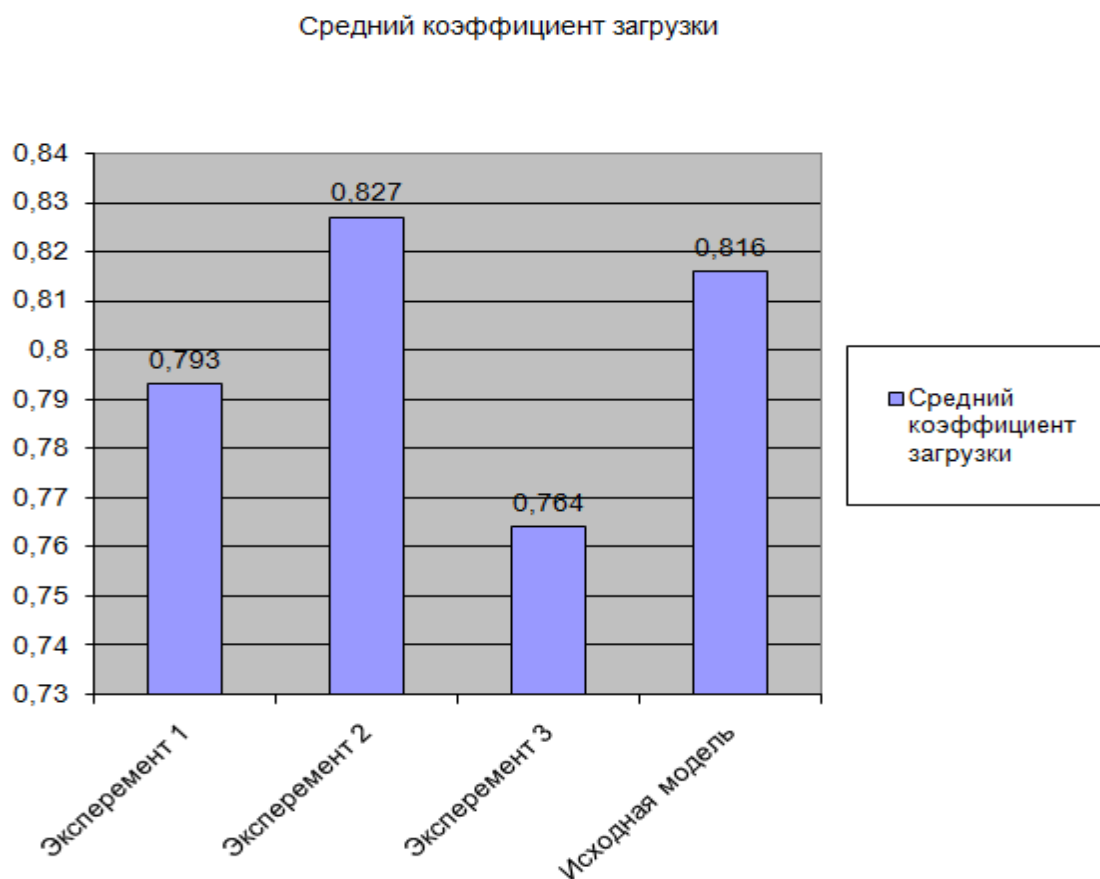


Рисунок 5 – График основных характеристик СМО

По результатам трёх экспериментов, наиболее оптимальным вариантом является эксперимент номер 2. В этом эксперименте изменив время обработки заданий 2 и 3 ЭВМ по 15 ± 2 секунды можно сделать выводы, что в данном эксперименте вычислительная система меньше всего простаивает и максимальная длина очередей перед каждой ЭВМ в течение моделирования минимальна.

4 Выводы

В данной статье была разработана программа, с использованием языка имитационного моделирования GPSS, которая моделирует процесс работы вычислительного центра. Так же для наглядности разработана концептуальная модель системы (Q-схема). И для реализации программы на языке GPSS и проведения экспериментов было проведено аналитическое моделирование.

Выполнение данного исследования содействовало развитию практических навыков комплексного решения задач исследования и проектирования систем на современных ЭВМ. Данная статья может быть использована для методического пособия в учебной деятельности, а также для пользователей, которые работают с системой массового обслуживания (СМО).

Библиографический список

1. Томашевский В.Н., Нехай В.В. Средства имитационного моделирования

- для обучения, базирующиеся на языке GPSS // Технические науки и технологии. 2015. № 2 (2). С. 101-105.
2. Дизендорф К.И. Программное обеспечение курса "математическое моделирование": от Micro-GPSS до GPSS World // Прикладная математика и информатика. Сборник статей научно-методической конференции. 2018. С. 134-137.
 3. Задорожный В.Н. Повышение точности GPSS-моделей путем применения генератора случайных чисел "вихрь Мерсенна" // Омский научный вестник. 2016. № 1 (145). С. 90-94.
 4. Агапова Е.Г., Попова Т.М. Разработка имитационной модели участка транспортной сети в GPSS Studio // International Journal of Advanced Studies. 2020. Т. 10. № 4. С. 145-151.
 5. Лыкова А.И., Каменев Д.В. Использование системы моделирования GPSS с целью оптимизации функционирования логистических систем // Логистические системы в глобальной экономике. 2014. № 4. С. 158-163.