

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра системного анализа и
автоматического управления

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 481 группы
направления 27.03.03 — Системный анализ и управление
факультета КНиИТ
Ереминой Софьи Владимировны

Научный руководитель

к. ф.-м. н., доцент

И. Е. Тананко

Заведующий кафедрой

к. ф.-м. н., доцент

И. Е. Тананко

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время резко увеличиваются потребности в высокопроизводительных ЭВМ. Одним из основных путей достижения быстродействия является создание многопроцессорных систем, ядро которых составляют модули процессоров и оперативной памяти, соединенные системой коммутации.

В последние годы в связи с развитием микропроцессорной техники и стремлением создавать гибкие наращиваемые мультимикропроцессорные системы все большее внимание обращается на системы коммутации, состоящие из некоторого числа общих шин, к которым подключены модули памяти и процессоры. Это объясняется тем, что стоимость системы коммутации с полностью связанным интерфейсом с p процессорами и m блоками памяти пропорциональна величине m и при больших значениях m и p становится значительной. Стоимость системы коммутации с общими шинами существенно меньше зависит от размеров многопроцессорной системы; такие архитектуры имеют существенно, большую надежность и обеспечивают возможность наращивания системы.

Одна из основных задач проектирования многопроцессорных систем с общими шинами заключается в выборе такого числа шин, при котором прирост в производительности системы с общими шинами по сравнению с системой с полностью связанным интерфейсом на заданной нагрузке будет незначительным.

Для оценки и последующего исследования этой системы была предложена модель в виде замкнутой экспоненциальной сети массового обслуживания.

Таким образом, исследуемая тема представляет собой интерес и является актуальной.

Цель бакалаврской работы — построение и исследование системы обработки информации с использованием математического аппарата теории массового обслуживания.

Поставленная цель определила **следующие задачи**:

1. Изучить однородные замкнутые экспоненциальные сети массового обслуживания;
2. Рассмотреть систему модели обработки информации;

3. Изучить рекурсивный метод анализа модели системы обработки информации;
4. Разработать алгоритм и программный код для вычисления определенных характеристик систем сети;
5. Провести ряд исследований для анализа зависимостей определенных характеристик систем сети;

Методологические основы исследования системы обработки информации и в частности рекурсивный алгоритм представлены в работах Ю.И. Митрофанова [1], Е. С. Вентцеля [2], М. Reiser [3].

Практическая значимость бакалаврской работы. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан алгоритм, с помощью которого можно вычислять определенные характеристики систем сети и проводить анализ зависимостей.

Структура и объем работы. Бакалаврская работа состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Общий объем работы — 49 страниц, из них 42 страницы — основное содержание, включая 11 рисунков и 1 таблицу, список использованных источников информации — 24 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе «Системы массового обслуживания» рассматривается минимально необходимая теория систем массового обслуживания.

Так в подразделе 1.1 описаны необходимые условные обозначения, принятые в теории массового обслуживания. Системы обслуживания характеризуются пятью величинами: $A/S/\kappa/B/Z$. Буква A характеризует поток требований, S характеризует случайные последовательности длительностей обслуживания на отдельных приборах обслуживания, κ обозначает число обслуживающих приборов в СМО, B — число мест для ожидания в очереди (максимальная длина очереди), Z указывает число источников требований.

В подразделе 1.2 рассматривается система $M/M/1$, представляющая особый интерес, так как именно из совокупности таких систем и будет построена в последствии изучаемая сеть. Система $M/M/1$ содержит один обслуживающий прибор, длительность обслуживания имеет экспоненциальное

распределение с параметром μ ; в систему поступает пуассоновский поток требований, длительность интервала между последовательными требованиями имеет экспоненциальное распределение с параметром λ ; входящие в систему требования поступают в очередь неограниченной длины; очередное требование на обслуживание выбирается из очереди по правилу «первый пришел – первый обслужен» (дисциплина обслуживания FCFS).

Во втором разделе «Экспоненциальные сети массового обслуживания» описаны однородные замкнутые экспоненциальные сети систем массового обслуживания, а также рекурсивный метод анализа сети.

В подразделе 2.1 и 2.2 рассматриваются однородные замкнутые экспоненциальные сети систем массового обслуживания. Так замкнутые сети массового обслуживания не имеют внешнего источника требований. Они состоят из L систем массового обслуживания, между которыми переходят требования, завершившие своё обслуживание. В любой момент времени в такой сети пребывает постоянное количество требований, равное N . Переход требований внутри сети определяется маршрутной матрицей $\Theta = (\theta_{ij})$ размерностью $L \times L$. Такой переход происходит мгновенно, а элемент θ_{ij} отражает вероятность перехода требования из системы S_i в систему S_j .

В подразделе 2.3 описан рекурсивный метод анализа сети. Он подразумевает параллельное вычисление таких величин, как математическое ожидание длительности пребывания требований в системах и математическое ожидание числа требований в системах. Расчёт производится по полученным рекуррентным соотношениям. Преимущество этого метода по сравнению с аналогами становится особенно явным при анализе замкнутых сетей массового обслуживания с большим количеством элементов.

Рекуррентные соотношения основаны на вычислении системы U базовых функций, которая является достаточно полной для представления характеристик сети.

$$U = \langle G(y, l), G_i^k(y, l); i = \overline{1, l}; \quad l = \overline{1, L}, \quad y = \overline{0, N}, \quad k = \overline{0, y} \rangle.$$

$$G(y, l) = \omega(y, l | S(y, l)),$$

$$G_{j_i}^k(y, l) = \omega(y, l | S_{j_i}^k(y, l)), \quad k = \overline{1, y}, \quad i = \overline{1, m}.$$

Здесь функция ω определяется следующим образом:

$$\omega(y, l | S(y, l), S_{j_i}^k(y, l)) = \sum_{S(y, l), S_{j_i}^k(y, l)} \prod_{i=1}^l x_{j_i}^{n_{j_i}} / \beta_{j_i}(s_{j_i}),$$

в которой x_{j_i} являются решениями уравнений равновесия для сети:

$$\sum_{i=1}^L \mu_{j_i} \theta_{j_i, j_h} x_{j_i} = \mu_{j_h} x_{j_h}, \quad h = \overline{1, m},$$

а $\beta_{j_i}(s_{j_i})$ определяются рекуррентным соотношением:

$$\begin{aligned} \beta_{j_i}(t) &= \alpha_{j_i}(t) \beta_{j_i}(t-1), \\ \beta_{j_i}(0) &= 1, \quad \alpha_{j_i}(t) = \min(t, r_{j_i}), \quad i = \overline{1, l}, \quad t = \overline{1, y} \end{aligned}$$

и заданы начальные условия

$$\omega(0, l | S(0, l), S_{j_i}^k(0, l)) = 1, \quad \omega(y, 1 | S(y, 1), S_{j_1}^k(y, 1)) = x_{j_1}^y | \beta_{j_1}(y).$$

Используя систему базовых функций U выводятся необходимые рекуррентные соотношения. Они позволяют итерационно вычислить компоненты указанных выше характеристик, а затем по известным выражениям получить оставшиеся характеристики.

Третий раздел «Алгоритм моделирования системы обработки информации» посвящен системе обработки информации.

В подразделе 3.1 описана многопроцессорная система с общими шинами. Как и было сказано ранее, модель данной системы обработки информации будет построена в виде сети систем массового обслуживания. Под требованием здесь будет пониматься запрос, направляемый по шине от процессора к модулю общей памяти. Процессоры и устройство управления памятью представляем в виде системы типа $M/M/1$. Модули общей памяти предназначены для хранения запросов, поступающих от процессоров. Они представляют собой совокупность систем вида $M/M/1$ в количестве m штук. После обслужи-

вания требования, оно вновь поступает в систему, отражающую процессоры и устройство управления памятью. Таким образом, сеть не имеет внешнего источника, применительно к данному объекту рассмотрения, а значит является замкнутой.

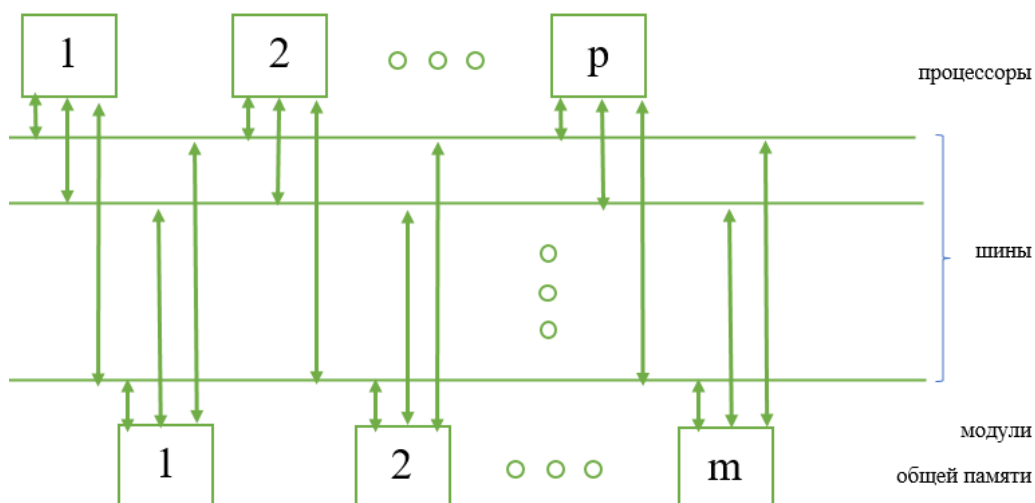


Рисунок 1 – Многопроцессорная система с общими шинами

В подразделе 3.2 проиллюстрирована блок-схема алгоритма рекурсивного метода анализа модели системы обработки информации, позволяющая вычислять следующие характеристики систем сети:

- вектор математического ожидания числа требований в системах;
- вектор математического ожидания длительности пребывания требований в системах;
- вектор математического ожидания длительности ожидания требований в очереди системы;
- вектор математического ожидания длительности числа требований, ожидающих обслуживания в очереди системы;
- вектор математического ожидания числа занятых приборов в системах;
- вектор интенсивностей входящих потоков требований в системы;
- вектор коэффициентов использования систем;
- вектор математического ожидания длительности реакции сети обслуживания для систем;
- вероятности пребывания требований в системах.

Четвертый раздел «Описание программы для анализа систе-

мы обработки информации» посвящен описанию программы, реализованной на основе алгоритма рекурсивного метода анализа модели системы обработки информации.

Так в подразделе 4.1 описана структура и назначение программы. Она была разработана на языке программирования Python, который дает возможность вычислять стационарные вероятности и характеристики при заданных начальных параметрах сети, с целью анализа модели системы обработки информации.

В подразделе 4.2 указан список идентификаторов с их описанием, а в подразделе 4.3 особое внимание уделяется правилам использования.

В пятом разделе «Результаты выполнения программы» приведен численный пример использования программы анализа модели системы обработки информации. Изменяя входные параметры, можно рассчитывать различные зависимые переменные.

В заключительном шестом разделе «Анализ зависимостей характеристик модели системы обработки информации» получены зависимости характеристик от некоторых параметров модели, которые для наглядности показаны графически. На основе анализа зависимостей делаются соответствующие выводы.

Перейдем непосредственно к результатам первого эксперимента:

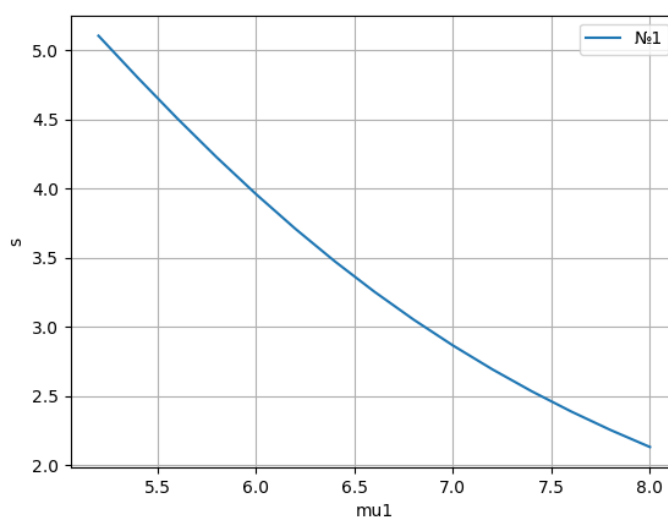


Рисунок 2 – Зависимость м.о. числа требований в системе S_1 сети от интенсивности обслуживания

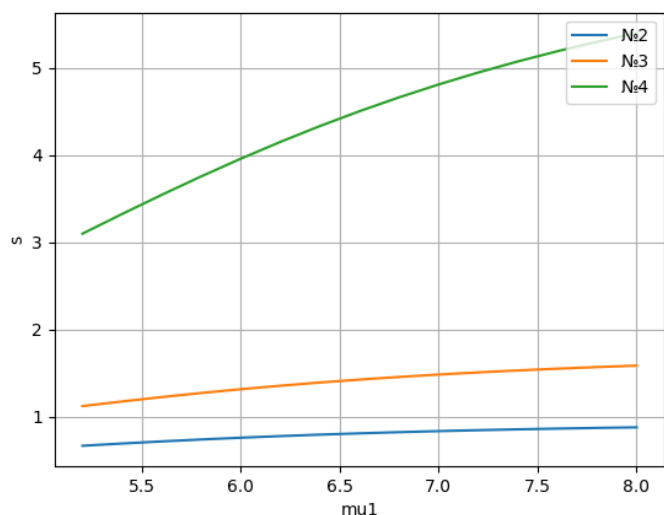


Рисунок 3 – Зависимость м.о.числа требований в системах $S_2 - S_4$ сети от интенсивности обслуживания в S_1

Исходя из наглядно представленных результатов логично предположить, что при увеличении интенсивности обслуживания в первой системе, уменьшается математическое ожидание числа требований в ней.

Аналогичным образом были проведены остальные эксперименты и сделаны следующие выводы: при увеличении интенсивности обслуживания в первой системе, уменьшается математическое ожидание длительности пребывания требований в ней, при увеличении числа требований, увеличивается математическое ожидание числа требований, при увеличении числа требований, увеличивается математическое ожидание длительности пребывания требований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной работе были рассмотрены необходимые элементы теории массового обслуживания, касающиеся экспоненциальных сетей массового обслуживания, а именно замкнутых сетей.

Также был разработан алгоритм анализа модели системы обработки информации с множеством процессоров и общими шинами. Была построена модель данной системы — она представляет собой однородную замкнутую экспоненциальную сеть систем массового обслуживания.

На основе алгоритма был написан программный код, с помощью которого и были проведены исследования зависимостей характеристик.

Таким образом, поставленные цели были успешно выполнены.

Список использованных источников:

1. Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. М.: Высш. Школа, 1989. - 367 с.
2. Математическая энциклопедия т. 3. – М.: «Советская энциклопедия», 1982. – 1184 с.
3. Митрофанов, Ю. И. Анализ систем массового обслуживания: Учебно-методическое пособие./ Ю. И. Митрофанов, Е. С. Рогачко, Н. П. Фокина – Саратов: Научная книга, 2009. - 48 с.
4. Вишневский, В. М., Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. / В. М. Вишневский – Москва: Техносфера, 2003. - 512с.
5. Коган, Я. А., Асимптотический анализ производительности многопроцессорных систем с общими шинами./ Ю. И. Митрофанов, А. И. Ляхов, // Автомат. и телемех., 1988, выпуск 4, 148–163 с.
6. Бочаров, П. П. Теория массового обслуживания./ П. П. Бочаров, А. В. Печинкин – М.: Изд-во РУДН, 1995. — 529 с.
7. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей. / Е. С. Вентцель – М. 2003. - 576 с.
8. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания./ Л. Клейнрок. Пер. с англ.– М.: Машиностроение, 1979. - 438 с.
9. Митрофанов, Ю. И. Анализ сетей массового обслуживания: Учеб. Пособие для студентов университетов./ Ю. И. Митрофанов – С.: Научная книга, 2004. - 175 с.
10. Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания./ Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко – М.: Наука, ГРФМЛ, 1966. — 215 с.
11. Новиков, О. А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания./ О. А. Новиков, С. И. Петухов – М.: Изд-во "Советское радио 1969. — 400 с.
12. Reiser M. Mean-value analysis of closed multichain queuing networks. / M. Reiser, S. S. Lavenberg // J. of ACM, April 1980, V. 27, N. 2, pp. 313-322.
13. Беляков, В. Г. К исследованию замкнутых сетей массового обслуживания большой размерности./ В. Г. Новиков, Ю. И. Митрофанов // Автомат. и телемех., 1981, №7, с. 61-69.
14. Хайрер, Э. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Не

- жесткие задачи: Пер с англ /Э. Хайрер, С. Нерсетт, Г. Ваннер – М.: Изд-во "МИР 1990. — 512 с.
15. Попов, В. А. Теория вероятностей. Случайные величины: Учеб.- метод. пособие/ В. А. Саакян.— М. : Издательство ФГАОУВПО , 2013.— 46 с.
 16. Измайлов, А. Ф. Численные методы оптимизации: учебное пособие /А. Ф. Измайлов.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 304 с.
 17. Карманов, В. Г. Математическое программирование: учебное пособие / В. Г. Карманов.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 264 с.
 18. Семакин, И. Г. Информационные системы и модели / И. Г. Семакин.— М.: БИНОМ, 2005. - 303 с.
 19. Златопольский Д. М. Основы программирования на языке Python. – М: ДМК Пресс, 2017. – 284 с.
 20. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений: учеб. пособие для бакалавров. /В. Е. Зализняк - М.: Изд-во Юрайт, 2012. – 356 с.
 21. Климов, Г. П. Теория массового обслуживания. /Г. П. Климов - М.: Изд-во Московского университета. – 2011. – 312 с.
 22. Сущенко, С. П. Математические модели компьютерных сетей /С. П. Сущенко. - Томск: Изд-во «Издательский дом Томского государственного университета, 2017. – 271 с.
 23. Климов, Г. П. Теория массового обслуживания. /Г. П. Климов - Томск: Изд-во «Издательский дом Томского государственного университета, 2017. – 271 с.
 24. Назаров, А. А. Теория массового обслуживания: Учеб. пособие /А. А. Назаров, А. Ф. Терпугов - Томск: Изд-во «НЛТ», 2010. – 228 с.