

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра системного анализа и управления

**ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С
ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ И УПРАВЛЕНИЕМ ПОТОКАМИ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 481 группы

направления 27.03.03 Системный анализ и управление

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Крепака Андрея Алексеевича

Научный руководитель:

к. ф.-м. н., доцент

подпись, дата

И. Е. Тананко

Заведующий кафедрой:

к. ф.-м. н., доцент

подпись, дата

И. Е. Тананко

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В последнее время расширяется применение компьютерных сетей, информационно-вычислительных систем, систем мобильной связи, как средств обработки, хранения и передачи информации. В связи с этим увеличивается сфера применения аппарата теории массового обслуживания. Распространенное применение этого аппарата обусловлено его простотой и приближенностью к реальному отображению с его помощью исследуемых систем и процессов обработки требований. Сети массового обслуживания с переменной структурой используются для решения задач проектирования, анализа и модификаций больших сложных систем с сетевой структурой, стохастическим характером функционирования и ненадежными элементами [1]. Практическая необходимость решения задач анализа, синтеза и оптимизации систем этого класса и трудности теоретического и вычислительного характера, возникающие при решении этих задач, в существенной степени определили высокую интенсивность развития теории сетей массового обслуживания с управлением и разработку эффективных методов их исследования [2-8].

Цель бакалаврской работы – исследование сетей массового обслуживания с переменной структурой и управлением потоками

Поставленная цель определила **следующие задачи:**

1. Изучение методов исследования сетей массового обслуживания с переменной структурой и управлением потоками.
2. Разработка алгоритмов методов исследования сетей массового обслуживания с переменной структурой и управлением потоками.
3. Программная реализация алгоритмов методов анализа сетей массового обслуживания с переменной структурой и управлением потоками.
4. Исследование полученных результатов

Методологические основы исследования и анализ сетей массового обслуживания с переменной структурой и управлением потоками

представлены в работах Фокиной Н. П. [1], Митрофанова Ю. И. [2,7], Тананко И. Е. [9].

Теоретическая и практическая значимость бакалаврской работы.

В ходе выполнения работы были рассмотрены различные сети массового обслуживания, такие как открытые и замкнутые, с переменной и стационарной структурой. В анализируемой сети рассматривается процесс изменения структуры и оптимизации параметров для новой структуры сети.

Практическая значимость работы заключается в анализе использования возможных методов управлением потоками и оценке целесообразности использования тех или иных методов в реальной сети.

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников и приложения. Общий объём работы – 46 страниц, из них 40 страниц – основное содержание, включая 12 рисунков, список использованных источников информации – 22 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Сети массового обслуживания» посвящен общему описанию сетей массового обслуживания.

В подразделе 1.1 описываются основные сведения о сетях массового обслуживания, такие как определение сети массового обслуживания и классификации.

Сеть массового обслуживания (СеМО) представляет собой совокупность взаимосвязанных систем массового обслуживания (СМО), обеспечивающих в процессе функционирования сети прием, хранение, обработку и выдачу требований, поступающих в системы обслуживания.

Сети массового обслуживания классифицируются следующим образом:

- по наличию внешних источников требований различаются: открытые, замкнутые и смешанные;

- по числу классов обслуживаемых требований различаются: однородные и неоднородные;

- по типам функций распределения длительности обслуживания требований различаются: экспоненциальные сети и сети общего вида.

В подразделе 1.2 приведены характеристики сети массового обслуживания, где:

L – число СМО в СеМО;

A – параметр, определяющий тип СеМО:

λ_0 – однородная открытая сеть,

N – однородная замкнутая сеть,

λ_0 также обозначает интенсивность внешнего потока требований, поступающих в сеть из источника и из сети в источник;

$\Lambda = (\lambda_0)$ - вектор интенсивностей внешнего потока требований,

Q – число требований в СеМО;

C_i – СМО с номером i , входящая в состав СеМО ;

C_0 – внешний источник (и сток) требований (в открытых СеМО);

$n = (n_i)$ - вектор состояния сети обслуживания C_i ,

$n_i = (n_{ik})$ - вектор состояния системы обслуживания C_i

θ – маршрутная матрица,

$i, j = 0, 1, \dots, L$, если СеМО открытая,

$i, j = 1, \dots, L$, если семо замкнутая

$\kappa = (\kappa_i)$ - число идентичных обслуживающих приборов в системах обслуживания СеМО $i = 1, \dots, L$;

\bar{n}_i – м.о. числа требований в C_i ;

\bar{b}_i – м.о. числа требований, ожидающих обслуживания в очереди системы C_i ;

\bar{h}_i – м.о. числа занятых приборов в C_i ;

\bar{g}_i – м.о. числа свободных приборов в C_i ;

λ_i – интенсивность потока требований в C_i ;

Второй раздел «Методы анализа СеМО с переменной структурой и управлением потоками» посвящен описанию возможных методов для анализа сети массового обслуживания.

В подразделе 2.1 описывается метод построения маршрутных матриц использованный в работе [9].

В подразделе 2.2 рассмотрен метод градиентного спуска, который был использован в работе [1].

В подразделе 2.3 приведены различные методы случайного поиска и их описание.

Для достижения поставленных задач был модифицирован алгоритм случайного поиска путём добавления в него элемента для ускорения сходимости векторов.

В подразделе 2.4 также рассмотрен рекурсивный метод анализа сетей и приведены формулы которые были реализованы в программе, такие как:

Математическое ожидание длительности пребывания требований в системе C_i сети обслуживания Γ

$$\bar{u}_{i|Q} = \frac{1}{\mu_i} (z_{i|Q-1} + 1), \quad i \in L,$$

где

$$z_{i|Q-1} = \sum_{l=\kappa_i}^{N-1} l P\{n_i = l | Q - 1\}.$$

Что также можно записать в виде

$$\bar{u}_{i|Q} = \frac{1}{\mu_i} (\bar{s}_{i|Q-1} + 1), \quad i \in L,$$

где

$$\bar{n}_{i|Q} = \omega_i \bar{u}_{i|Q} N / \sum_{j=1}^L \omega_j \bar{u}_{j|Q}$$

В рекурсивном методе необходимым выражением для определения стационарных характеристик сети Γ является рекуррентное выражение для математического ожидания длительности пребывания требований в системах C_i $i = 1, \dots, L$, при условии, что в сети находится Y , $Y = 0, 1, \dots, Q$, требований.

В результате стационарные характеристики сети выражаются через $\bar{u}_{i|Q}$ следующим образом:

$$\bar{n}_{i|Q} = \omega_i \bar{u}_{i|Q} N / \sum_{j=1}^L \omega_j \bar{u}_{j|Q}, \quad \bar{w}_{i|Q} = \bar{u}_{i|Q} - 1/\mu_i,$$

$$\bar{b}_{i|Q} = \bar{n}_{i|Q} \bar{w}_{i|Q} / \bar{u}_{i|Q}, \quad \bar{h}_{i|Q} = \bar{n}_{i|Q} - \bar{b}_{i|Q},$$

$$\lambda_{i|Q} = \bar{h}_{i|Q} \mu_i, \quad \psi_{i|Q} = \bar{h}_{i|Q} / \kappa_i,$$

Пусть в сети выполняется условие

$$\bar{u}_{i|Q} = \rho Q, i = 1, \dots, L.$$

где ρQ – константа. Тогда сеть будет иметь следующие стационарные характеристики, $i = 1, \dots, L$.

$$\bar{n}_{i|Q} = Q\omega$$

$$\bar{u}_{i|Q} = \frac{Q + L - 1}{\Phi}$$

$$\lambda_{i|Q} = \frac{Q\Phi}{Q + L - 1} \omega_i$$

В третьем разделе «Структурная схема алгоритма» проиллюстрирована блок-схема алгоритма работы программы реализованной для исследования сетей массового обслуживания с переменной структурой и управлением потоками.

В подразделе 3.1 приведено описание всех блоков из блок-схемы алгоритма.

Четвертый раздел «Описание методов программы анализа СеМО с переменной структурой и управлением потоками» посвящен описанию всех методов и функций которые были написаны в коде программы.

В пятом разделе «Пример использования программы» приведен численный пример использования программы исследования сети массового обслуживания с переменной структурой и управлением потоками, так же продемонстрированы выводы программы при различных входных данных. Входные данные программы:

пусть N – замкнутая экспоненциальная сеть массового обслуживания с $L = 7$ системами массового обслуживания, $Q = 21$ требованиями одного класса, вектором интенсивностей

$$\mu = (1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2),$$

матрицами смежностей

$$W1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, W2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$W3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

$$\omega = (0.0714, 0.0952, 0.1190, 0.1428, 0.1666, 0.1904, 0.2143).$$

Полученные маршрутные матрицы для данных структур выглядят следующим образом:

$$\theta_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0.44115 & 0 & 0 & 0 & 0.55885 & 0 \\ 0 & 0 & 0.20074 & 0 & 0 & 0.38929 & 0.40997 \\ 0.27328 & 0 & 0 & 0.727672 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.26622 & 0 & 0.73378 \\ 0 & 0 & 0.31905 & 0 & 0 & 0.68095 & 0 \\ 0 & 0.33456 & 0 & 0.29576 & 0 & 0 & 0.36968 \\ 0.18149 & 0 & 0.21823 & 0 & 0.60028 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\theta_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0.24311 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.75689 \\ 0.24002 & 0 & 0.75998 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.23904 & 0 & 0.44637 & 0 & 0 & 0.31459 \\ 0 & 0.34587 & 0.32673 & 0 & 0.32740 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.53829 & 0 & 0.14865 & 0.31306 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.62944 & 0 & 0.37056 \\ 0.22669 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.77331 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\theta_3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Для данного вектора ω и матрицы W_3 определить оптимальную маршрутную матрицу не представляется возможным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы являлось исследование сетей массового обслуживания с переменной структурой и управлением потоками. В ходе их исследования были рассмотрены и изучены как открытые, так и замкнутые сети массового обслуживания.

Рассмотрены несколько методов анализа сетей массового обслуживания и приведены формулы. Для начала рассматривается метод построения маршрутных матриц для СеМО с переменной структурой и управлением потоками. Далее рассматривается метод случайного поиска. Этот метод используется в анализе СеМО для построения маршрутной матрицы. Также был рассмотрен рекурсивный метод анализа для нахождения характеристик СеМО. Рекурсивным методом можно воспользоваться когда

структура сети не позволяет подобрать для нее подходящую маршрутную матрицу.

Приведена блок-схема описывающая структуру кода и описывается алгоритм программы, которая будет производить анализ сети массового обслуживания с переменной структурой.

Приведено описание всех методов и функций, использованных в программе, входные и выходные данные функций.

Описана работа программы и приведен численный пример. В виде выходных данных мы получим характеристики сети (математическое ожидание длительности пребывания требований, математическое ожидание числа требований, а так же оптимальную маршрутную матрицу). В работе приведены графики зависимости схождения стартовых значений к оптимальным от количества итераций, пройденных в результате работы реализованного метода случайного поиска, для нахождения маршрутных матриц.

В приложении приведен код программы. Программа была реализована на языке Python.

На основании проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что выбранный метод случайного поиска является не оптимальным для задач анализа подобных сетей, так как в нем присутствует элемент случайности. Также если брать в исследование достаточно большую и сложную сеть, то подбор маршрутной матрицы может занять значительное количество времени и сильно загрузить ЭВМ, на которой происходит анализ и моделирование сети, однако этого метода достаточно для решения простых задач анализа.

Основные источники информации:

1. Фокина, Н. П. Метод управления маршрутизацией в сетях массового обслуживания с переменной топологией / Н. П. Фокина, И. Е.

Тананко // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2013. – Т. 13. Вып. 2. Ч. 2. – С. 82 – 88.

2. Митрофанов, Ю. И. Метод синтеза замкнутых сетей массового обслуживания с экспоненциальным распределением длительностей обслуживания / Ю. И. Митрофанов // Автоматика и вычислительная техника. – 2002. – №.1 – С. 77 – 84.

3. Stidham, S. J. A survey of Markov decision models for control of network of queues / S. J. Stidham, R. Weber // Queueing Systems. – 1993. – V. 13. – №. 1-3. – P. 291 – 314.

4. Miyazawa, M. Structure-reversibility and departure functions of queueing networks with batch movements and state dependent routing / M. Miyazawa // Queueing Systems. – 1997. – V. 25. – №. 1-4. – P. 45 – 75.

5. Tassiualas, L. Throughput properties of a queueing network with distributed dynamic routing and flow control / L. Tassiualas, A. Ephremides A // Adv. Appl. Prob. – 1996. – V. 28. – №. 1. – P. 285 – 307.

6. Alanyali, M. Analysis of simple algorithms for dynamic load balancing / M. Alanyali, B. Hajek // Math. Oper. Res. – 1997. – V. 22. – №. 4. – P. 840 – 871.

7. Митрофанов, Ю.И. Управление маршрутизацией в сетях массового обслуживания / Ю. И. Митрофанов, Н. В. Юдаева // Автоматика и телемеханика. – 1999. – №. 11. – С. 46 – 57.

8. Korilis, Y. A. Achieving network optima using stackelberg routing strategies / Y. A. Korilis, A. A. Lazar // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 1997. – V. 5. – №. 1. – P. 161-173.

9. Тананко, И. Е. Метод оптимизации маршрутных матриц открытых сетей массового обслуживания / И. Е. Тананко // Автоматика и вычислительная техника, – 2002. – № 4. – С. 39 – 46.