

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

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

Кафедра системного анализа и автоматического управления

**Моделирование автоматизированной системы обслуживания  
клиентов на сайте**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 481 группы

направления 27.03.03 Системный анализ и управление

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Степкина Кирилла Сергеевича

Научный руководитель

к. т. н., доцент

Д. Ю. Петров

Заведующий кафедрой

к. ф.-м. н., доцент

И. Е. Тананко

Саратов 2019

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Процесс построения взаимоотношений с клиентами приобретает все большее значение для развития бизнеса. Для облегчения этого процесса появляется ряд программных продуктов. Актуальным становится применение концепции и бизнес-стратегии CRM (Customer Relationship Management – управление взаимоотношениями с клиентами), направленной на построение устойчивого бизнеса, ядром которой является "клиентоориентированный" подход.

Сегодня все большее число компаний стремятся автоматизировать свои затраты на обслуживание и поддержку клиентов, поэтому соответствующие программные системы с использованием элементов искусственного интеллекта становятся как никогда популярными. В то время как полная автоматизация процесса обслуживания клиентов не представляется возможной, автоматизация части этого процесса с помощью автоматизированных систем обслуживания клиентов позволяет значительно снизить расходы компаний на рабочую силу. Поэтому разработка таких систем и их моделирование является актуальной задачей.

**Цель бакалаврской работы** – изучение и моделирование автоматизированной системы обслуживания клиентов на сайте, анализ характеристик качества ее функционирования.

Поставленная цель определила **следующие задачи:**

- сбор и анализ исходных данных об автоматизированной системе обслуживания клиентов;
- разработка математических моделей;
- программная реализация математических моделей;
- анализ результатов моделирования автоматизированной системы обслуживания клиентов на сайте.

**Методологические основы** бакалаврской работы представлены в работах по системному анализу и моделированию систем [1, 2, 5, 6, 11], методам

статистической обработки данных [4, 15], теории систем массового обслуживания [3, 7, 8, 12-14].

### **Теоретическая и практическая значимость бакалаврской работы.**

В бакалаврской работе разработаны математические модели автоматизированной системы обслуживания клиентов на сайте в виде многоприборных систем массового обслуживания с ограниченной очередью. Модели реализованы в виде программы, которая может использоваться для оценки характеристик качества функционирования существующих или проектируемых автоматизированных систем обслуживания клиентов.

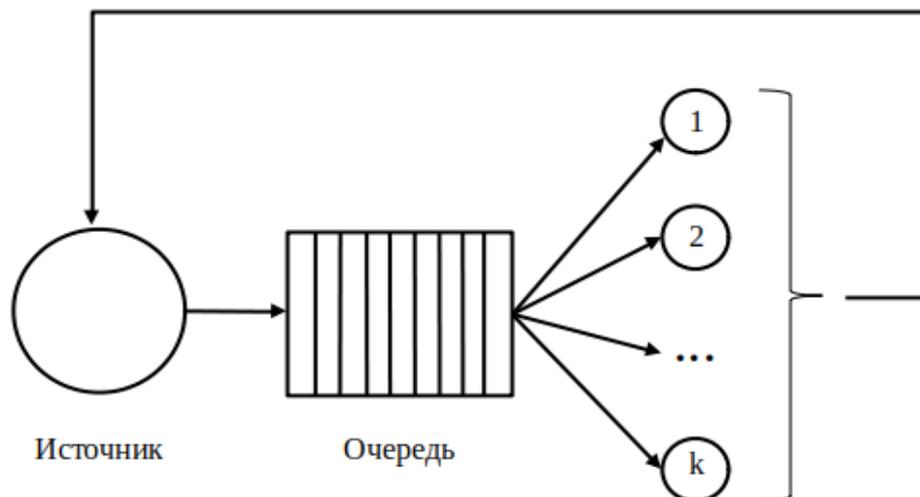
**Структура и объем работы.** Бакалаврская работа состоит из введения, шести разделов, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Общий объем работы – 57 страниц, из них 44 страницы – основное содержание, включая 15 рисунков и 3 таблицы, 13 страниц приложений, список использованных источников – 20 наименований.

### **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Первый раздел «Описание автоматизированной системы обслуживания клиентов на сайте»** содержит подробное описание автоматизированной системы обслуживания клиентов. Приводятся собранные данные о производительности и требуемых технических характеристиках аппаратных средств, используемых для работы автоматизированной системы обслуживания клиентов на сайте.

Рассматривается автоматизированная система обслуживания клиентов на сайте, в которой имеются ограниченная очередь сообщений клиентов, построенная по принципу «первый пришел – первый вышел», и  $k$  программных потоков, количество которых равно количеству ядер центрального процессора ЭВМ, на которой функционирует данная система. Возврат сообщения в источник после завершения его обработки соответствует ответу клиенту. В случае отказа по причине заполненности очереди, клиент

оповещается о том, что система перегружена. Схема автоматизированной системы обслуживания клиентов на сайте изображена на рисунке ниже.



В системе имеется несколько источников сообщений, и все сообщения помещаются в одну очередь и обрабатываются независимо от вида источника, поэтому можно считать, что имеется один источник сообщений. Предполагается, что поток сообщений, поступающих из источника, является пуассоновским. В бакалаврской работе строится математическая модель рассматриваемой системы в виде системы массового обслуживания, количество обслуживающих приборов в которой полагается равным количеству ядер центрального процессора используемой ЭВМ. В автоматизированной системе обслуживания клиентов имеется два вида сообщений: сообщений, которые обрабатываются системой, и сообщения, которые не может обработать система, и они передаются агентам технической поддержки для дальнейшей обработки. Далее предполагается, что система обрабатывает все сообщения как сообщения одного вида, имеющие фиксированный размер. Эти сообщения в модели системы массового обслуживания будут отображаться требованиями одного класса.

Рассматриваются две разные конфигурации ЭВМ, на которых может функционировать автоматизированная система обслуживания клиентов на

сайте. Первая ЭВМ имеет двухъядерный центральный процессор и оперативную память размером 4 гигабайта. Вторая ЭВМ имеет четырехъядерный процессор и оперативную память размером 8 гигабайт. Производительность ядра центрального процессора в модели системы массового обслуживания отображается интенсивностью обслуживающего прибора. С учетом размера оперативной памяти в работе определяется максимальная длина очереди в модели системы массового обслуживания.

**Второй раздел «Анализ статистических данных»** содержит результаты статистического анализа выборочных данных о длительности обслуживания сообщений клиентов на двух разных конфигурациях ЭВМ, на которых функционирует автоматизированная система обслуживания клиентов на сайте. Описана программа, разработанная на языке Java 8 [9, 10], для анализа статистических выборочных данных. Для написания программы использовалась среда разработки IntelliJ Idea Community Edition и пакет для разработки OpenJDK. Текст программы приводится в приложении А.

В бакалаврской работе приводятся результаты статистического анализа собранных исходных данных о функционировании автоматизированной системы обслуживания клиентов на сайте, полученные с помощью разработанной программы. На основе этих результатов был сделан вывод о том, что длительности обслуживания сообщений клиентов имеют распределение Гаусса, были определены параметры соответствующих функций распределения.

**Третий раздел «Математическая модель процесса обслуживания клиентов системой М/М/к/В»** содержит описание математической модели автоматизированной системы обслуживания клиентов в виде соответствующей системы массового обслуживания, которая выбрана в качестве приближенной модели для начального анализа рассматриваемой реальной системы.

Система массового обслуживания М/М/к/В содержит  $k$  обслуживающих приборов. В систему поступает пуассоновский поток требований с интенсивностью  $\lambda$ . Длительности обслуживания требований имеют

экспоненциальное распределение с параметром  $\mu$ . Система содержит  $B$  мест для ожидания требований в очереди.

Система  $M/M/k/B$  описывается процессом гибели и размножения [8].

Основными стационарными характеристиками системы являются стационарные вероятности ее состояний, определяемые по формулам:

$$p_n = \begin{cases} p_0 \frac{(k\psi)^n}{n!}, & 0 \leq n < k, \\ p_0 \frac{\psi^n k^k}{k!}, & k \leq n \leq k+B, \end{cases}$$

где

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu k},$$

$$p_0 = \begin{cases} \left[ \sum_{n=0}^{k-1} \frac{(k\psi)^n}{n!} + \frac{(k\psi)^k (1-\psi^{B+1})}{k!(1-\psi)} \right]^{-1}, & \psi \neq 1, \\ \left[ \sum_{n=0}^{k-1} \frac{(k\psi)^n}{n!} + \frac{(k\psi)^k}{k!} (B+1) \right]^{-1}, & \psi = 1. \end{cases}$$

**Четвертый раздел «Математическая модель процесса обслуживания клиентов системой  $M/G/k/B$ »** содержит описание математической модели автоматизированной системы обслуживания клиентов в виде соответствующей системы массового обслуживания, в которой учитывается распределение длительностей обслуживания требований по закону Гаусса.

В системе  $M/G/k/B$ , в отличие от системы  $M/M/k/B$ , длительности обслуживания требований являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами с произвольным законом распределения. Для анализа системы  $M/G/k/B$  применяется приближенный метод, предложенный в работах [16, 17]. В качестве распределения длительностей обслуживания требований используется распределение Гаусса.

Алгоритм приближенного метода анализа системы  $M/G/k/B$  включает следующие шаги.

На первом шаге из формулы для вероятности отказа  $p_{k+B}$  для системы M/M/k/B выражается величина  $K = k + B$  – максимальное количество требований в системе, которая является суммой количества приборов  $k$  и размера очереди  $B$ .

На втором шаге величина  $K$  подставляется в формулу, приведенную ниже, которая позволяет найти оптимальный размер очереди:

$$B = (K - 1) + \frac{\sigma^2 - 1}{2} \sqrt{\psi} (K - 1),$$

где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение длительностей обслуживания требований.

На последнем шаге из полученного равенства выражается  $p_K$ .

Для последующих вычислений используются выражения, полученные в [16], для систем массового обслуживания M/G/2/B и M/G/4/B соответственно:

$$p_K = \frac{2\psi^{2((2+\sqrt{\psi/e}\sigma^2-\sqrt{\psi/e+B})/(2+\sqrt{\psi/e}\sigma^2-\sqrt{\psi/e}))}(2\mu-\lambda)}{-2\psi^{2((2+\sqrt{\psi/e}\sigma^2-\sqrt{\psi/e+B})/(2+\sqrt{\psi/e}\sigma^2-\sqrt{\psi/e}))}\lambda+2\mu+\lambda},$$

$$p_K = \frac{64\psi^{(2(4+2\sqrt{\psi/e}\sigma^2-2\sqrt{\psi/e+B})/(2+\sqrt{\psi/e}\sigma^2-\sqrt{\psi/e}))}\mu^2(4\mu-\lambda)}{-64\psi^{(2(4+2\sqrt{\psi/e}\sigma^2-2\sqrt{\psi/e+B})/(2+\sqrt{\psi/e}\sigma^2-\sqrt{\psi/e}))}\mu^2\lambda+24\mu^3+18\mu^2\lambda+6\lambda^2\mu+\lambda^3}.$$

**Пятый раздел «Описание программы для анализа моделей»** содержит описание программы, в которой реализованы предложенные математические модели. Программа написана на языке Java 8 (текст программы – в приложении Б) с использованием библиотек jFreeChart и Lombok и фреймворка Maven для автоматизации сборки проекта. Приводится описание структуры программы, классов программы и их методов.

Основными классами программы являются:

- класс Application, содержащий метод main(), используемый для запуска и работы программы;

- класс Chart, обеспечивающий работу с пользовательским интерфейсом программы и построение графиков;

– класс Dataset, содержащий два метода createDatasetPnM() и createDatasetPnG(), которые вычисляют вероятности отказа для систем M/M/k/B и M/G/k/B.

**В шестом разделе «Сравнение результатов моделирования»** описываются результаты анализа рассмотренной автоматизированной системы обслуживания клиентов на сайте, полученные с помощью разработанной программы.

Проводится сравнение результатов для двух различных конфигураций ЭВМ, на которых функционирует автоматизированная система обслуживания клиентов на сайте, при использовании в качестве математических моделей систем массового обслуживания M/M/k/B и M/G/k/B.

Исследуется зависимость вероятности отказа обработки сообщений клиентов от интенсивности входящего потока сообщений в условиях реального трафика вычислительных сетей [18-20]. При сравнении результатов моделирования с вероятностью отказа обработки сообщений клиентов в реальной рассматриваемой автоматизированной системе обслуживания клиентов был сделан вывод, что математическая модель системы массового обслуживания M/M/k/B является более простой, но менее точной, по сравнению с математической моделью системы M/G/k/B. Недостатком модели M/G/k/B, по сравнению с моделью M/M/k/B, является сложность метода анализа этой системы при большом количестве обслуживающих приборов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проделанной работы была изучена автоматизированная система обслуживания клиентов на сайте, а также ее элементы и принципы функционирования. Были получены данные о длительности обработки сообщений клиентов системой. Для статистического анализа выборочных данных была написана программа, которая определяет параметры функций распределения длительности обработки сообщений. Для автоматизированной

системы обслуживания клиентов на сайте были разработаны две математические модели в виде систем массового обслуживания.

Была создана программа, которая производит расчет вероятностей отказа обработки требований для разработанных математических моделей. Программа позволяет строить графики зависимости вероятности отказа от интенсивности входящего потока требований.

Разработанные математические модели и программа могут быть использованы для анализа и оптимизации существующих и проектируемых автоматизированных систем обслуживания клиентов на сайте.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. М.: Высш. Школа, 1989. - 367 с.
- 2 Митрофанов, Ю. И. Системный анализ / Ю. И. Митрофанов. Саратов: Издательство «Научная книга», 2000. - 232 с.
- 3 Митрофанов, Ю. И. Анализ систем массового обслуживания / Ю. И. Митрофанов, Е. С. Рогачко, Н. П. Фокина. Саратов: Издательство "Научная книга", 2009. - 59 с.
- 4 Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и её инженерные приложения / Е. С. Вентцель. М.: Наука, 1988. - 480 с.
- 5 Советов Б.А., Яковлев С.А. Моделирование систем / Б.А. Советов, С. А. Яковлев. М: Высшая школа, 1985.
- 6 Лифшиц А.Л., Статистическое моделирование СМО / А.Л. Лифшиц. М., 1980.
- 7 Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. М., 1966. - 432 с.
- 8 Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. / Пер. И. И. Грушко; ред. В. И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. - 432 с.

9 Шилдт, Герберт Java. Полное руководство. 8-е издание / Пер. с англ. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2012. - 1104 с.

10 Документация Java 8 [Электронный ресурс]: Oracle Java 8 Documentation. URL: <https://docs.oracle.com/javase/8/> (дата обращения: 09.07.2018) Яз. Англ.

11 Альянах И. Н. Моделирование вычислительных систем – Л.: Машиностроение, 1988. - 223 с.

12 Башарин Г. П. Теория сетей массового обслуживания и ее приложения к анализу информационно-вычислительных систем // В кн.: Итоги науки и техники. Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика. / Г. П. Башарин, А. Л. Толмачев. – М.: ВИНТИ, 1983. - 119 с.

13 Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей – М.: Техносфера, 2003. - 512 с.

14 Кокс Д. Р. Теория очередей / Д. Р. Кокс, У. Л. Смит. Пер. с англ. / Пер. В. В. Рыков, Ю. В. Рождественский; ред. Д. В. Беклемишев. – М.: МИР, 1966. - 218 с.

15 Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Наука, 1991. - 384 с.

16 J. MacGregor Smith M/G/c/K blocking probability models and system performance, 2003. - 267 с.

17 Toshikazu Kimura A Consistent Diffusion Approximation for Finite-Capacity Multiserver Queues, 2003. - 1324 с.

18 Дэвис Д., Барбер Д., Прайс У., Соломонидес С. Вычислительные сети и сетевые протоколы: Пер. с англ. - М.: Мир, 1981. - 563 с.

19 Ершов М.А., Кузнецов Н.А. Теоритические основы построения цифровой сети с интеграцией служб. - М.: ИППИ РАН, 1995.

20 Жожикашвили В.А., Вишневский В.М. Автоматизация проектирования сетей ЭВМ автоматизированных систем массового обслуживания // Докл. IX Всесоюзного совещания по проблемам управления / Ин-т проблем управления. - М., 1983. - 435-437 с.