БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет»

Политехнический институт

Кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

«Моделирование систем»

ТЕМА:

«Моделирование систем массового обслуживания»

Работу выполнила: студентка группы №606-11

Ахметова Эльвира Рустамовна

(подпись)

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2024 г.

Работу проверил: ст. преподаватель каф. АСОИУ

Никифоров Антон Владимирович

(подпись)

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2024 г.

Сургут 2024

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc168049945)

[1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ 5](#_Toc168049946)

[2. АНАЛИЗ И ВЫБОР МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ 6](#_Toc168049947)

[3. АНАЛИЗ МОДЕЛИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ 7](#_Toc168049948)

[4. РЕАЛИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ 8](#_Toc168049949)

[5. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ 11](#_Toc168049950)

[5.1. ЭКСПЕРИМЕНТ №1 11](#_Toc168049951)

[5.2. ЭКСПЕРИМЕНТ №2 11](#_Toc168049952)

[5.3. ЭКСПЕРИМЕНТ №3 12](#_Toc168049953)

[5.4. ЭКСПЕРИМЕНТ №4 12](#_Toc168049954)

[5.5. ИТОГИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ 12](#_Toc168049955)

[6. ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ 13](#_Toc168049956)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 28](#_Toc168049957)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 29](#_Toc168049958)

# ВВЕДЕНИЕ

Во многих областях практической деятельности человека мы сталкиваемся с необходимостью пребывания в состоянии ожидания. Подобные ситуации возникают в очередях в билетных кассах, в ремонтных цехах в ожидании ремонта станков и оборудования, на складах снабженческо-сбытовых организаций в ожидании разгрузки или погрузки транспортных средств. Во всех перечисленных случаях имеем дело с массовостью и обслуживанием. Изучением таких ситуаций занимается теория массового обслуживания.

Теория массового обслуживания – область прикладной математики, занимающаяся анализом процессов в системах производства, обслуживания, управления, в которых однородные события повторяются многократно.[]

Основной задачей теории систем массового обслуживания (СМО) является изучение режима функционирования обслуживающей системы и исследование явлений, возникающих в процессе обслуживания. В теории СМО возникают задачи оптимизации: каким образом достичь определенного уровня обслуживания при минимальных затратах, связанных с простоем обслуживающих устройств.

Курсовой проект представляет собой работу по созданию и реализации математической модели СМО для получения необходимых нам результатов на основании исходных данных и известных математических зависимостей.

Целью курсового проекта является освоение программы AnyLogic для разработки и исследования имитационных моделей сложных технических объектов, представленных как СМО, и применение технологии имитационного моделирования от постановки задачи до принятия решений по результатам моделирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. рассмотреть и проанализировать функционирование предлагаемой системы;
2. разработать схему в виде Q-схем с описанием каналов, связей и т.п.;
3. реализовать блок-диаграмму (блок-схему) алгоритма разрабатываемой модели;
4. провести эксперименты;
5. запустить модель и получить отчет, содержащий результаты моделирования;
6. сделать вывод по результатам моделирования;
7. провести эксперименты с моделью;
8. оценить адекватность модели.

Выполнение данных задач позволит полностью достичь поставленную цель.

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Для варианта (31) необходимо было разработать модель по следующему заданию:

Задание №31: Вычислительная система состоит из трех ЭВМ. С интервалом 2-4 минуты в систему поступают задания, которые с вероятностями Р1=0.4, Р2=Р3=0.3 адресуются одной из трех ЭВМ. Перед каждой ЭВМ имеется очередь заданий, длина которой не ограничена. После обработки задания на первой ЭВМ оно с вероятностью Р12=0.3 поступает в очередь ко второй ЭВМ и с вероятностью Р13=0.7 - в очередь к третьей ЭВМ. После обработки на второй или третьей ЭВМ Задание считается выполненным. Продолжительность обработки заданий на разных ЭВМ характеризуется интервалами времени: t1=3-11 минуты, t2=2-4 минуты, t3=3-7 минуты. Смоделировать процесс обработки 200 заданий. Определить максимальную длину каждой очереди и коэффициенты загрузки ЭВМ.[]

# АНАЛИЗ И ВЫБОР МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ

В общем виде модель можно определить как условный образ реального объекта (процесса), который создается для более глубокого изучения действительности. Модель есть материально или теоретически сконструированный объект, который заменяет (представляет) объект исследования в процессе познания, находится в отношении сходства с последним и более удобен для исследования.

Модели систем массового обслуживания создаются для минимизации затрат времени на ожидание в очереди и времени простоев каналов обслуживания.

Имитационное моделирование (ИМ) – распространённая разновидность

аналогов моделирования, реализуемого с помощью набора математических инструментальных средств, специальных имитирующих программных средств и технологий программирования, позволяющих посредствам процессов аналогов провести целенаправленное исследование структуры и функций реального сложного процесса в памяти компьютера в режиме «имитации», выполнить оптимизацию некоторых его параметров.[]

Имитационной моделью (ИМ) называется специальный программный комплекс, позволяющий имитировать деятельность какого-либо сложного объекта. Он выполняет на компьютере параллельно взаимодействующие процессы, которые являются по своим временным параметрам аналогами исследуемых процессов.[]

В данной курсовой работе была выбрана имитационная модель, поскольку состав средней по сложности имитационной модели полностью реализуется на современных персональных компьютерах и имеет визуальное представление и данные, которые помогают анализировать результаты экспериментов.

# АНАЛИЗ МОДЕЛИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ

Моделируемая система представляет собой вычислительную систему, которая состоит из трех ЭВМ. В вычислительную системы поступают задания для последующей их обработки.

Далее представлен анализ, основанный на поставленной задаче:

1. Паттерн поступления заданий: Задания поступают в машинный систему с интервалом в 2 – 4 минуты. Это говорит о переменном притоке заданий, что может повлиять на длину очереди и загрузку системы.
2. Адресация заданий на ЭВМ: При поступлении в систему каждое задание адресуется одной из трех ЭВМ с вероятностями: Р1=0.4, Р2=Р3=0.3, а также после обработки задания на первой ЭВМ оно поступает в очередь ко второй ЭВМ с вероятностью Р12=0.3, и с вероятностью Р13=0.7 - в очередь к третьей ЭВМ. Вероятности помогают сделать модель более реалистичной, учитывая неопределенность и вариативность в реальных системах.
3. Время обработки заданий: первой ЭВМ требуется 3 – 11 минут для обработки задания, на второй 2-4 минуты и на третьей 3-7 минут. Это время обработки определяет, насколько быстро могут быть обработаны задания , и влияет на длину очереди.
4. Задача: Задача состоит в том, чтобы смоделировать процесс обработки 200 заданий и проанализировать показатели производительности системы. Ключевыми показателями являются максимальная длина каждой очереди и коэффициенты загрузки ЭВМ.

В результате недостаточной скорости работы ЭВМ по сравнению с поступлением заданий может возникнуть очередь, следовательно может возникнуть ситуация большой задержки обработки заданий. Для оптимизации работы системы необходимо снизить поток поступления заданий, увеличить скорость обработки ЭВМ, а также распределить вероятность адресации заданий в соответствии с временем обработки заданий.

# РЕАЛИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

На рисунке 1 приводится Q-схема модели [].

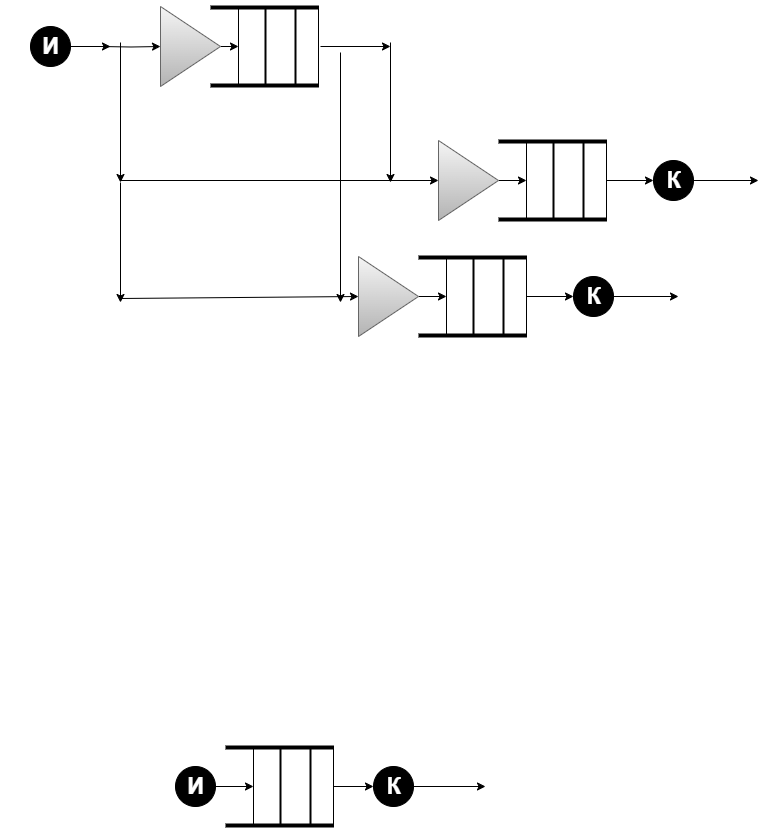


Рисунок 1 – Q-схема

Задачи поступают в вычислительную систему и адресуются по ЭВМ с определенной вероятностью, затем встают в очередь.

После того как дойдет очередь задания, оно поступает на ЭВМ и обрабатывается.

Затем, если задание обрабатывалось на втором или третьем ЭВМ, то оно уходит.

В противном случае задание переадресуется на второе или третье ЭВМ к очереди других заданий. Когда подходит очередь задания ЭВМ обрабатывает задание. После этого задание уходит.

Таким образом, обработка заданий включает в себя следующие этапы:

* с определенной вероятностью постановка в очередь к одной из трех ЭВМ;
* ожидание доступа к ЭВМ;
* обработка заданий;
* с определенной вероятностью постановка в очередь ЭВМ или уход из вычислительной системы;
* ожидание доступа к ЭВМ;
* обработка заданий;
* завершение выполнения задания.

Следующим шагом будет построение блок схемы для работы вычислительной системы []. Она представлена на рисунке 2.

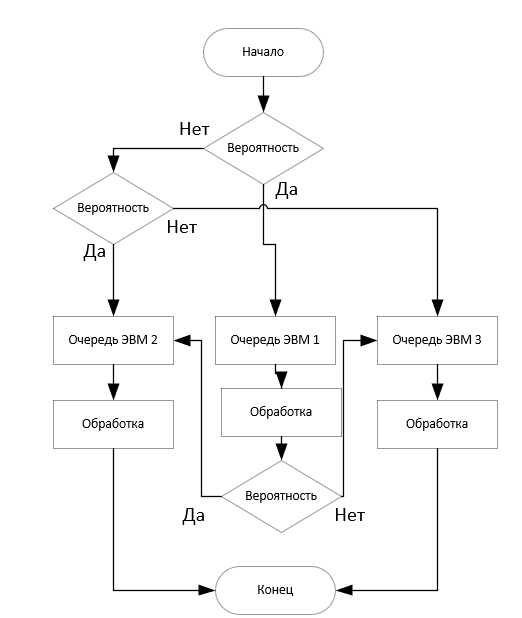


Рисунок 2 – блок-схема работы машинного зала

Модель в программе AnyLogic представлена на рисунке 3.

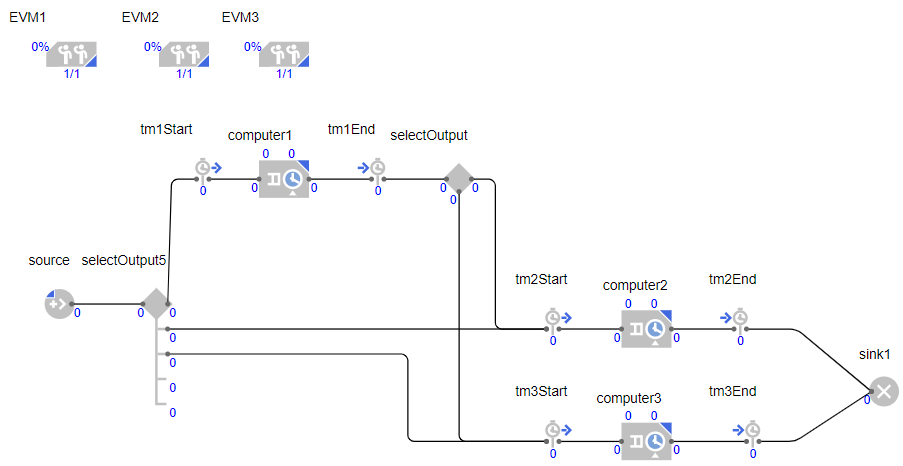


Рисунок 3 – модель в AnyLogic

В результате моделирования в программе AnyLogic полученные значения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты при исходных данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Максимальная длинна очереди к ЭВМ 1 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 2 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 3 | Коэффициент загрузки ЭВМ 1 | Коэффициент загрузки ЭВМ 2 | Коэффициент загрузки ЭВМ 3 |
| 22 | 2 | 23 | 99,6% | 45% | 96,9% |

В результате моделирования при исходных данных можно понять, что максимальная длинна очереди у ЭВМ №1 и ЭВМ №3 очень большая. Также коэффициенты загрузки ЭВМ №1 и ЭВМ №3 очень высокие. После этого, во время проведения экспериментов, необходимо найти наиболее оптимальные параметры для улучшения этих параметров [9].

# ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В результате недостаточной скорости работы ЭВМ по сравнению с поступлением задач может возникнуть длинная очередь, следовательно может возникнуть ситуация очень долгой обработки задачи. Для повышения производительности модели проведем 4 эксперимента.

## ЭКСПЕРИМЕНТ №1

Уменьшим время обработки задания ЭВМ №1, ЭВМ №2, ЭВМ №3 на интервал времени 1-2 минуты. Результаты отображены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты при исходных данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Максимальная длинна очереди к ЭВМ 1 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 2 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 3 | Коэффициент загрузки ЭВМ 1 | Коэффициент загрузки ЭВМ 2 | Коэффициент загрузки ЭВМ 3 |
| 0 | 1 | 1 | 32,7% | 34,2% | 43% |

В результате уменьшения нижней и верхней границ интервала времени обработки задания ЭВМ №1, ЭВМ №2, ЭВМ №3 до интервала времени 1-2 минуты очередь к ЭВМ №1 стала равна 0, а к ЭВМ №2 и ЭВМ №3 – 1. Также значительно снизились коэффициенты загрузки.

## ЭКСПЕРИМЕНТ №2

Увеличим время поступления заданий на интервал времени 8-10 минут. Результаты отображены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты при исходных данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Максимальная длинна очереди к ЭВМ 1 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 2 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 3 | Коэффициент загрузки ЭВМ 1 | Коэффициент загрузки ЭВМ 2 | Коэффициент загрузки ЭВМ 3 |
| 1 | 1 | 1 | 38,7% | 17,1% | 33,8% |

В результате увеличения нижней и верхней границ интервала времени поступления заданий до интервала времени 8-10 минут очередь к ЭВМ №1, ЭВМ №2 и ЭВМ №3 стала равна 1. Также значительно снизились коэффициенты загрузки.

## ЭКСПЕРИМЕНТ №3

Поменяем вероятность адресации заданий для ЭВМ №1 на 0.1 и для ЭВМ №2 с ЭВМ №3 на 0.45 . Результаты отображены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты при исходных данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Максимальная длинна очереди к ЭВМ 1 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 2 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 3 | Коэффициент загрузки ЭВМ 1 | Коэффициент загрузки ЭВМ 2 | Коэффициент загрузки ЭВМ 3 |
| 1 | 3 | 26 | 45,3% | 69,5% | 98,5% |

В результате изменения вероятности адресации очередь к ЭВМ №1 и коэффициент загрузки значительно уменьшились, а очередь к ЭВМ №2 и ЭВМ №3 и их коэффициенты загрузки увеличились.

## ЭКСПЕРИМЕНТ №4

Поменяем вероятность адресации после обработки задания на ЭВМ №1 для ЭВМ №2 на 0.8. Результаты отображены в таблице 5.

Таблица 5 - Результаты при исходных данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Максимальная длинна очереди к ЭВМ 1 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 2 | Максимальная длинна очереди к ЭВМ 3 | Коэффициент загрузки ЭВМ 1 | Коэффициент загрузки ЭВМ 2 | Коэффициент загрузки ЭВМ 3 |
| 16 | 3 | 7 | 99,57% | 72, 24% | 92,7% |

В результате изменения вероятности адресации после обработки задания на ЭВМ №1 для ЭВМ №2 очередь и коэффициент загрузки ЭВМ №1 и ЭВМ №3 немного уменьшились, а очередь и коэффициент загрузки к ЭВМ №2 увеличились.

## ИТОГИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

По итогу проведения экспериментов были выявлены более оптимальные параметры модели, при которых эффективность работы вычислительной системы увеличится.

# ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ

При оценке адекватности модели будут проанализированы показатели времени, занимаемые пользователем на каждой из трех ЭВМ. В результате каждого из экспериментов показатель времени снимался и выгружался в excel файл данного эксперимента.

Выдвигается гипотеза H0, о том, что гипотеза для данного распределения принимается, соответственно гипотеза H1 говорит об обратном [8].

Для получения более точных результатов к данным необходимо было сначала применить нормализацию, метод называется робастное масштабирование:

, где x – это значение времени обслуживания задачи, mod(x) – это медиана по полученной выборке [10], Q\_3 – это третий квартиль, а Q\_1 – это первый квартиль [9].

После нормализации значения выборки разбили на 10 равных интервалов и подсчитали, сколько значений попало в каждый интервал. Получили фактический интервал. Теперь нужно найти ожидаемый интервал.

После нормализации значения выборки разделили на 10 равных интервалов и подсчитали количество значений в каждом интервале, получив фактические интервалы. Для нахождения ожидаемых интервалов использовали равномерное распределение с вероятностью 0,1 для каждого интервала. Применили критерий согласия Пирсона (Хи квадрат) с функцией Excel «ХИ2.ТЕСТ», которая рассчитывает p-value. Если p-value < 0,05, гипотеза Н0 отвергается, иначе принимается.

Результаты нахождения p-value для первого эксперимента представлены в таблицах 6-9.

Таблица 6 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,684 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 44,19 и максимумом равным 45,60778. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 1,00 и максимумом равным 169,66. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 44,19. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,684 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,21 и максимумом равным ,96826. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,70 и максимумом равным 2,88. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,92. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,158b | Нулевая гипотеза принимается. |

Таблица 7 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №1

Таблица 8 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,872 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 2,07 и максимумом равным 2,35336. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,70 и максимумом равным 7,26. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 3,82. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 9 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,872 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,14 и максимумом равным ,60702. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,83 и максимумом равным 1,94. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,63. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,241b | Нулевая гипотеза принимается. |

Таблица 10 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 53,75 и максимумом равным 37,53819. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 1,00 и максимумом равным 118,48. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 53,75. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 11 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,06 и максимумом равным ,49074. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным ,91. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,49. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Результаты нахождения p-value для второго эксперимента представлены в таблицах 12-17.

Таблица 12 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,930 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 3,76 и максимумом равным 4,41331. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным 16,00. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 4,28. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 13 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,809 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,13 и максимумом равным ,94713. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,70 и максимумом равным 2,88. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,92. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,158b | Нулевая гипотеза принимается. |

Таблица 14 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,965 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,69 и максимумом равным 1,18500. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,70 и максимумом равным 2,98. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 1,70. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 15 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,965 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,20 и максимумом равным ,60408. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -1,30 и максимумом равным 1,94. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,63. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,241b | Нулевая гипотеза принимается. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 5,50 и максимумом равным 6,23223. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным 21,00. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 5,74. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 16 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №2

Таблица 17 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,06 и максимумом равным ,49074. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным ,91. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,49. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Результаты нахождения p-value для третьего эксперимента представлены в таблицах 18-23.

Таблица 18 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,930 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 6,91 и максимумом равным 4,17935. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,059b | Нулевая гипотеза принимается. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным 16,00. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 7,81. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 19 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,809 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,13 и максимумом равным ,94713. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,70 и максимумом равным 2,88. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,92. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,158b | Нулевая гипотеза принимается. |

Таблица 20 – Результат расчетов ненормализованных данных для

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,965 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 1,53 и максимумом равным 1,98502. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,70 и максимумом равным 6,44. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 3,21. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

времени работы ЭВМ №2 эксперимента №3

Таблица 21 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,965 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,20 и максимумом равным ,60408. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -1,30 и максимумом равным 1,94. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,63. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,241b | Нулевая гипотеза принимается. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,06 и максимумом равным ,49222. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным ,91. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,49. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 22 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 7,93 и максимумом равным 5,00740. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 1,00 и максимумом равным 21,00. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 7,93. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 23 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,06 и максимумом равным ,49222. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным ,91. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,49. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Результаты нахождения p-value для четвертого эксперимента представлены в таблицах 24-29.

Таблица 24 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,921 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 6,96 и максимумом равным 4,25181. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,016b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным 16,00. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 7,91. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 25 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,921 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,10 и максимумом равным ,72989. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,020b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -1,53 и максимумом равным 1,71. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,57. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,002b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 26 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,983 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 2,50 и максимумом равным 2,73523. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -1,53 и максимумом равным 9,62. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 3,72. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 27 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,983 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,06 и максимумом равным ,70870. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -1,53 и максимумом равным 1,94. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,61. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,011b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 28 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 56,29 и максимумом равным 44,88830. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным 139,23. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 56,65. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 29 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,06 и максимумом равным ,49222. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным ,91. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,49. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Результаты нахождения p-value для пятого эксперимента представлены в таблицах 30-35.

Таблица 30 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,921 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 34,52 и максимумом равным 36,42039. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным 115,02. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 38,97. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 31 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №1 эксперимента №5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,921 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,10 и максимумом равным ,72989. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,020b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -1,53 и максимумом равным 1,71. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,57. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,002b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 32 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,997 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 2,72 и максимумом равным 2,92909. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -1,53 и максимумом равным 10,95. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 4,03. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 33 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №2 эксперимента №5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | ,996 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,11 и максимумом равным ,68616. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -1,53 и максимумом равным 1,94. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,56. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,114b | Нулевая гипотеза принимается. |

Таблица 34 – Результат расчетов ненормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным 28,73 и максимумом равным 34,76506. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным 139,23. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением 28,92. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

Таблица 35 – Результат расчетов нормализованных данных для времени работы ЭВМ №3 эксперимента №5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Нулевая гипотеза | Критерий | знач.a | Решение |
| 1 | Категории VAR00001 появляются с равными вероятностями. | Одновыборочный критерий хи-квадрат | 1,000 | Нулевая гипотеза принимается. |
| 2 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным ,06 и максимумом равным ,49222. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 3 | Распределение VAR00001 является равномерным с минимумом равным -,63 и максимумом равным ,91. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |
| 4 | Распределение VAR00001 является экспоненциальным распределением со средним значением ,49. | Одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова | ,000b | Нулевая гипотеза отклоняется. |

В результате в каждом из экспериментов на нормализованных и ненормализованных данных получилось равномерное распределение, то есть была принята гипотеза Н0 на основе того, что p-value> 0.05. Так как в большинстве экспериментов закон распределения подтвердился и оказался равномерным, можно сделать вывод, что модель адекватна.

Подводя итоги, можно сказать, что вторая и третья модели были самые эффективные, в них были подобраны наиболее оптимальные параметры времени, что позволило добиться более эффективной работы модели системы

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта были решены все поставленные задачи:

* рассмотрено и проанализировано функционирование предлагаемой системы;
* разработана схема в виде Q-схем с описанием каналов, связей и т.п.;
* реализована блок-схема алгоритма разрабатываемой модели;
* запущена модель и получен отчет, содержащий результаты моделирования;
* сделаны выводы по результатам моделирования – в ходе экспериментов были выбраны более подходящие параметры для эффективной работы модели, изначально в модели пользователи приходили быстрее чем ЭВМ могла их обслужить;
* проведены эксперименты с моделью – по результатам экспериментов было определено, что параметры, выбранные в 1 и 2 эксперименте, показывают более эффективную работу модели (уменьшилась длинна очереди), в которой увеличена скорость обработки заданий ЭВМ и увеличен интервал времени поступления заданий в вычислительную систему;
* оценена адекватность модели – оценка проводилась с помощью критерия согласия Пирсона, такой выбор является наиболее оптимальным в этом случае, в результате было определено равномерное распределение в каждом из экспериментов, что позволило сказать об адекватности модели.

Соответственно все задачи были успешно решены, это значит, что поставленная цель также успешно выполнена

# С**ПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Измерение времени пребывания в системе [Электронный ресурс]. – URL: https://anylogic.help/ru/library-reference-guides/process-modeling-library/time-in-system.html (дата обращения 26.04.2024).
2. Имитационное моделирование. [Электронный ресурс]. – URL: https://nizrp.narod.ru/metod/kafpriklmatiif/5.pdf (дата обращения 29.05.2024).
3. Моделирование систем массового обслуживания. [Электронный ресурс]. – URL: https://studfile.net/preview/7343357/page:14/ (дата обращения 29.05.2024).
4. Решение задач на тему: Моделирование систем массового обслуживания. [Электронный ресурс]. – URL: https://studlandia.com/library/15555-modelirovanije-sistem-massovogo-obsluzhivanija.html (дата обращения 29.05.2024).
5. Требования и задания по курсовой работе. [Электронный ресурс]. – URL: https://ghostlyraven.github.io/raven-evil-labs/modeling-of-systems/course-work/requirements-and-tasks.html (дата обращения 29.05.2024).
6. Что такое блок-схема и как ее создать? [Электронный ресурс]. – URL: https://goo.su/IZGzN (дата обращения 30.05.2024).
7. Q-схема. [Электронный ресурс]. – URL: https://studfile.net/preview/725131/page:10/ (дата обращения 30.05.2024).
8. Хи квадрат тест [электронный ресурс]. – URL: https://goo.su/Xl4D(дата обращения 30.05.2024).
9. Квантиль [электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантиль#Медиана\_и\_квартили (дата обращения 26.05.2024).
10. Медиана (статистика) [электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Медиана\_(статистика) (дата обращения 26.05.2024).