**Лабораторная работа 6.**

Моделирование систем массового обслуживания.

Оценка параметров систем массового обслуживания.

1. Цель работы: научиться моделировать особенности поведения системы массового обслуживания разными способами.
2. Задача: провести теоретический анализ и имитационное моделирование системы массового обслуживания, получить вероятностные характеристики, сравнить разные способы моделирования между собой.
3. Последовательность выполнения работы:
   1. Создать граф переходов СМО, отметить состояния и переходы между ними.
   2. Определить характеристики переходов по заданным условиям (интенсивность переходов). Обратить внимание, что отказ в обслуживании можно интерпретировать как отдельное состояние, соответственно, необходимо оценить интенсивность перехода в него.
   3. Составить уравнения Колмогорова для предельных вероятностей, по графу переходов, считая процесс марковским, определить предельные вероятности СМО. Сделать вывод о возможности осуществления системой своих функций.
   4. Разработать имитационную модель указанной СМО:
      1. считать распределение интервалов между переходами пуассоновским, самостоятельно подбирая параметры распределения так, чтобы средние соответствовали указанным в задании;
      2. моделирование проводить в реальном времени (то есть, время обслуживания имитировать задержками расчета), вводя подходящий масштаб времени для осуществления массовых расчетов;
      3. по результатам многократного моделирования построить распределения характеристик системы (оценки предельных вероятностей);
      4. сравнить характеристики с рассчитанными теоретически, сделать выводы о результатах моделирования.
4. Содержание отчёта.
   1. Схема конечного автомата СМО, состояния и переходы.
   2. Первый результат вычислений: расчеты предельных вероятностей СМО.
   3. Второй результат вычислений: распределения предельных вероятностей, полученные имитационным моделированием.
5. Дополнительные материалы, литература.

Трухин, М. П. Моделирование сигналов и систем. Система массового обслуживания : учебное пособие / М. П. Трухин ; под научной редакцией С. В. Поршнева. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 232 с. — ISBN 978-5-8114-3922-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/207092

Лобкова, Н. И. Высшая математика для экономистов и менеджеров : учебное пособие для вузов / Н. И. Лобкова, Ю. Д. Максимов, Ю. А. Хватов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 520 с. — ISBN 978-5-507-50395-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/424949>

Глухов, В. В. Математические модели менеджмента : учебное пособие для вузов / В. В. Глухов, М. Д. Медников. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 500 с. — ISBN 978-5-507-47793-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/419108>

Кузнецов, В. В.  Системы массового обслуживания : учебное пособие для вузов / В. В. Кузнецов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 269 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19257-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/556204>

1. Варианты работы:

1. Суперкластер обрабатывает поступающие запросы на расчеты. Периодически, в среднем 5 раз в месяц кластер проходит тестирование, которое продолжается в среднем 1 день. В результате такого тестирования в среднем в двух случаях из пяти обнаруживаются проблемы, которые требуют обслуживания, которое длится в среднем 1 день. Кроме того, в среднем 2 раза в месяц происходит авария, требуется аналогичное обслуживание. В процессе него в 50% случаев требуется длительная доработка, в среднем 3 дня. Необходимо определить сколько в среднем дней в месяц кластер работает, тестируется, обслуживается и ремонтируется.

2. Автоматизированная сборочная линия предприятия в среднем 1 раз в месяц выходит из строя и ремонтируется в среднем 3 дня. Кроме того, в среднем 2 раза в месяц она проходит техническое обслуживание, которое длится в среднем 1 день. В среднем в одном случае из трех при техническом обслуживании обнаруживается неполадка и линия ремонтируется. Необходимо определить сколько в среднем дней в месяц линия работает, обслуживается и ремонтируется.

3. В туристическом агентстве работает продавец и менеджер. В среднем в агентство приходят 2 клиента в час. Если продавец свободен, он обслуживает клиента в течение 10 минут, если занят, то клиента обслуживает менеджер в течение 10 минут, если оба заняты, то клиент уходит. В 30% случаев после обслуживания продавцом требуется, чтобы клиента обслужил и менеджер. Необходимо определить, сколько в среднем времени в агентстве есть хотя бы один клиент, сколько в среднем времени агентство не может работать (занято), какая доля клиентов теряется из-за занятости обоих (либо занятости менеджера, когда он нужен после продавца).

4. В автохозяйстве 5 автомобилей. Каждый из них в среднем 4 раза в год ломается и ремонт длится в среднем 1 месяц. Определить, какую долю времени i-автомобилей исправны (где i=0, 1, 2, 3, 4, 5) и среднее число исправных автомобилей в произвольный момент времени.

5. В колл-центре работает два оператора и менеджер. В среднем звонят 10 клиентов в час. Если хотя бы один из операторов свободен, он обслуживает клиента в течение 4 минут, если оба заняты, то клиента обслуживает менеджер в течение 2 минут, если все заняты, то звонок завершается. В 30% случаев после обслуживания оператором требуется, чтобы клиента обслужил и менеджер. Необходимо определить, сколько в среднем времени колцентр обслуживает хотя бы один звонок, сколько в среднем времени линии заняты, какая доля клиентов теряется из-за занятости всех (либо занятости менеджера, когда он нужен после оператора).

6. Дед Мороз развозит новогодние подарки детям. В среднем, домовые обрабатывают и передают на доставку подарков 1000 писем в секунду. На то, чтобы добраться до нужного дома, у оленей уходит 1В среднем, д00 микросекунд, чтобы проверить, хорошим ли ребенком был ребенок — еще 100 микросекунд. Если ребенок был хороший (вероятность 90%), то 500 микросекунд уходит на распаковку подарка и покладку его под ёлку. С вероятностью 10% Снегурочка ошиблась при упаковке, и нужно повторять процесс доставки подарка этому ребенку. С вероятностью 30% в доме два ребенка (и не нужно тратить время на дорогу), с вероятностью 10% - три. 10% времени никто никуда не едет, оленей кормят. Необходимо определить, сколько в среднем времени Дед Мороз ужасно занят и успевает ли он обрабатывать весь поток писем.