Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Направление подготовки 09.03.04 «Программная инженерия» –

Системное и прикладное программное обеспечение

**Отчёт**

**По лабораторной работе №2**

**По моделированию**

**Вариант: 80\1 07**

Выполнили:

студенты 3 курса  
Разинкин Александр Владимирович

Батманов Даниил Евгеньевич

Группа: Р3307

Принял:

Тропченко Андрей Александрович

Отчёт принят «\_\_»\_\_\_\_\_2024 г.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

г. Санкт-Петербург, 2024

# Задание

# Цель работы

Изучение метода марковских случайных процессов и его применение для

исследования простейших моделей – систем массового обслуживания (СМО) с

однородным потоком заявок.

1. **Содержание работы**

Разработка и расчет марковских моделей одно- и многоканальных СМО с

однородным потоком заявок и выбор наилучшего варианта построения СМО в

соответствии с заданным критерием эффективности.

В процессе исследований для расчета характеристик функционирования

СМО используется программа MARK.

1. **Этапы работы**

3.1. Разработка марковских моделей исследуемых систем.

3.2. Освоение программы MARK.

3.3. Проведение расчетов по разработанным моделям и обработка

результатов.

3.4. Анализ полученных результатов.

3.5. Выбор наилучшего варианта организации системы из двух вариантов

в соответствии с заданным критерием эффективности.

1. **Порядок выполнения работы**

4.1. Получить вариант работы.

4.2. Построить графы переходов для заданных СИСТЕМЫ\_1 и

СИСТЕМЫ\_2.

4.3. С использованием программы MARK рассчитать характеристики

марковского процесса для СИСТЕМЫ\_1 и СИСТЕМЫ\_2.

4.4. Проанализировать характеристики функционирования системы.

4.5. Выбрать и обосновать наилучший способ организации системы в

соответствии с заданным критерием эффективности.

1. **Описание программы MARK**

Программа MARK предназначена для расчета характеристик марковских

процессов с непрерывным временем по заданным значениям интенсивностей

переходов и матрице интенсивностей переходов.

Результатами расчетов являются:

• стационарные вероятности состояний марковского процесса;

• значения характеристик марковской модели, вычисленные на основе

стационарных вероятностей по заданным формулам.

Предусмотрена возможность варьирования значений интенсивностей

переходов и вывод результатов варьирования в виде таблиц или графика

зависимостей характеристик марковской модели от варьируемых параметров.

Результаты расчетов могут быть выведены на экран или на печать.

1. **Содержание отчёта**

6.1. Постановка задачи и исходные данные.

6.2. Описание исследуемой системы.

6.3. Перечень состояний марковского процесса для исследуемой системы.

6.4. Результаты работы:

• размеченный граф переходов марковского процесса;

• матрица интенсивностей переходов;

• значения стационарных вероятностей, сведенные в таблицу (форма 1);

• формулы, используемые для расчета характеристик системы и значения

характеристик системы, сведенные в таблицы (форма 2);

• результаты (графики и выводы) сравнительного анализа характеристик

функционирования исследуемых систем;

• обоснование выбора наилучшего варианта организации системы в

соответствии с заданным критерием эффективности.

# Ход работы

**Постановка задачи и сходные данные:**

Параметры структурной и функциональной организации исследуемых систем:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **СИСТЕМА\_1** | | **СИСТЕМА\_2** | |
| **П** | **ЕП** | **П** | **ЕП** |
| 2 | 2/1 | 2 () | 3/0 |

Параметры загрузки:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Интенс. потока** | **Ср. длит. обсл.** | **Вероятность занятия прибора** | |
| **λ, 1/c** | **b, с** | **П1** | **П2** |
| 0,2 | 20 | 0,4 | 0,6 |

*Критерий эффективности:* (д) Минимальная суммарная длина очереди заявок.

**Описание исследуемой системы:**

Система 1:

 **Система содержит 3 обслуживающих прибора.**

 Поток поступающих в систему заявок однородный.

 Длительность обслуживания заявок в приборе – случайная величина.

 Перед первым прибором есть 2 места для заявок, ожидающих обслуживания и образующих очередь. Перед вторым и третьим приборами 1 место для ожидания заявок.

 Поступающие в систему заявки образуют простейший поток с интенсивностью λ.

 Длительность обслуживания заявок в приборе распределена по экспоненциальному закону с интенсивностью μ=1/b, где b – средняя длительность обслуживания.

 **Дисциплина буферизации** – с потерями: заявка, поступившая в систему и заставшая накопитель заполненным, теряется.

 **Дисциплина обслуживания** – в порядке поступления по правилу "первым пришел — первым обслужен" (FIFO).

 Заявка, поступившая в систему, с заданной вероятностью занятия прибора направляется к соответствующему прибору и ставится в очередь, либо теряется, если накопитель заполнен или отсутствует.

A diagram of a algorithm

Description automatically generated

Рисунок 1. Схема системы 1.

Система 2:

 **Система содержит 2 обслуживающих прибора.**

 Поток поступающих в систему заявок однородный.

 Длительность обслуживания заявок в приборе – случайная величина.

 Перед первым прибором есть 3 места для заявок, ожидающих обслуживания и образующих очередь. Перед вторым прибором 1 место для ожидания заявок.

 Поступающие в систему заявки образуют простейший поток с интенсивностью λ.

 Длительность обслуживания заявок во 2 приборе распределена по гиперэкспоненциальному закону с коэффициентом вариации 2, а в остальных по экспоненциальному с интенсивностью μ=1/b, где b – средняя длительность обслуживания.

 **Дисциплина буферизации** – с потерями: заявка, поступившая в систему и заставшая накопитель заполненным, теряется.

 **Дисциплина обслуживания** – в порядке поступления по правилу "первым пришел — первым обслужен" (FIFO).

 Заявка, поступившая в систему, с заданной вероятностью занятия прибора направляется к соответствующему прибору и ставится в очередь, либо теряется, если накопитель заполнен или отсутствует.

Примечание: приведем прибор 2 с гиперэкспоненциальным законом к марковскому закону. Для этого представим данный прибор в виде двух приборов, вероятность попадания заявки в которые определяется коэффициентом q (пусть q=1).

Следовательно:

**A diagram of a algorithm

Description automatically generated**

Рисунок 2. Схема системы 2.

**Результаты работы:**

Размеченный граф переходов марковского процесса:

A diagram of a diagram

Description automatically generated

Рисунок 3. Размеченный граф переходов для системы 1.

A diagram of a complex diagram

Description automatically generated with medium confidence

Рисунок 4. Размеченный граф переходов для систем

Матрица интенсивностей переходов:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Рисунок 5. Матрица интенсивностей переходов системы1.

Условные обозначения:

* l1 – интенсивность потока заявок в прибор 1
* l2 – интенсивность потока заявок в прибор 2
* mu – интенсивность обработки заявок

A screenshot of a spreadsheet

Description automatically generated

12123

Условные обозначения:

* l1 – интенсивность потока заявок в прибор 1
* l2q – интенсивность потока заявок в фазу 1 прибора 2
* l21q – интенсивность потока заявок в фазу 2 прибора 2
* mu1 – интенсивность обработки заявок прибором 1
* mu21 – интенсивность обработки заявок в фазе 1 прибора 2
* mu22 – интенсивность обработки заявок в фазе 2 прибора 2

Значения стационарных вероятностей:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер состояния | Система 1 | | Система 2 | |
| Обозначение | Стац. вероятность | Обозначение | Стац. Вероятность |
| 0 | 0/0,0/0 | 0,0083 | 0,12 | 0,0304 |
| 1 | 0/0,0/1 | 0,0183 | 0,0 | 0,0312 |
| 2 | 0/1,0/1 | 0,0401 | 0,11 | 0,0016 |
| 3 | 0/0,1/0 | 0,0150 | 1,12 | 0,0486 |
| 4 | 0/0,1/1 | 0,0346 | 1,0 | 0,0500 |
| 5 | 0/1,1/1 | 0,0837 | 1,11 | 0,0026 |
| 6 | 1/0,1/0 | 0,0236 | 2,12 | 0,0778 |
| 7 | 1/0,1/1 | 0,0577 | 2,0 | 0,0800 |
| 8 | 1/1,1/1 | 0,1854 | 2,11 | 0,0041 |
| 9 | 2/0,1/0 | 0,0304 | 3,12 | 0,1245 |
| 10 | 2/0,1/1 | 0,0440 | 3,0 | 0,1280 |
| 11 | 2/1,1/1 | 0,4589 | 3,11 | 0,0066 |
| 12 |  |  | 4,12 | 0,1992 |
| 13 |  |  | 4,0 | 0,2048 |
| 14 |  |  | 4,11 | 0,0105 |

Формулы, используемые для расчета характеристик системы и значения характеристик системы:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ка | Прибор | Расчетная формула | Система 1 | Система 2 |
| Нагрузка | П1 |  | 2 | 1,6 |
| П2 |  | 2 | 2,4 |
| Сумм. |  | 4 | 4 |
| Загрузка | П1 |  | 0,9333 | 0,9367 |
| П2 |  | 0,9227 | 0,5069 |
| Сумм. |  | 0,49585 | 0,7218 |
| Длина очереди | П1 |  | 1,3333 | 1,9236 |
| П2 |  | 0,7681 | 0 |
| Сумм. |  | 2,1014 | 1,9236 |
| Число заявок | П1 |  | 2,1829 | 2,8603 |
| П2 |  | 1,6507 | 0,5059 |
| Сумм. |  | 3,8336 | 3,3662 |
| Время ожидания | П1 |  | 28,569 | 41,067 |
| П2 |  | 33,037 | 0 |
| Сумм. |  | 30,803 | 20,534 |
| Время пребывания | П1 |  | 46,773 | 61,065 |
| П2 |  | 70,998 | 8,532 |
| Сумм. |  | 58,8855 | 34,7985 |
| Вероятность потери | П1 |  | 0,5333 | 0,4145 |
| П2 |  | 0,7675 | 0,5059 |
| Сумм. |  | 0,6504 | 0,4602 |
| Интенсивность обслуженных заявок (Производительность) | П1 |  | 0,04667 | 0,04684 |
| П2 |  | 0,02325 | 0,059292 |
| Сумм. |  | 0,06992 | 0,106132 |
| Коэффициент простоя | П1 |  | 0,0667 | 0,0633 |
| П2 |  | 0,0773 | 0,4931 |
| Сумм. |  | 0,0720 | 0,2782 |
| Интенсивность потока потерянных заявок | П1 |  | 0.004667 | 0,03316 |
| П2 |  | 0,002325 | 0,060708 |
| Сумм. |  | 0,006992 | 0,093868 |

Введенные функции:

* \*f(X) – принимает значения 0 или 1 в зависимости от того, занят прибор X или нет
* \*\*g(X, i) – принимает значения 0 или 1 в зависимости от того, находится ли в очереди прибора X ровно i заявок или нет
* \*\*\*h(X, i) – принимает значения 0 или 1 в зависимости от того, находится ли в узле X ровно i заявок или нет
* L – вместимость буффера