МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

**Факультет программной инженерии и компьютерной техники**

**Учебно-исследовательская работа №2**

по дисциплине

“Моделирование”

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА МАРКОВСКИХ МОДЕЛЯХ

Вариант № 78/17

**Студент:**

Румский А.  
Семенов А.

Группа P3307

**Преподаватель:**

Тропченко Андрей Александрович

Санкт-Петербург, 2024

**Цель работы:**

Изучение метода марковских случайных процессов и его применение для исследования простейших моделей - систем массового обслуживания (СМО) с однородным потоком заявок.

**Постановка задачи и исходные данные:**

Параметры структурной и функциональной организации исследуемых систем:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | СИСТЕМА\_1 | |  | СИСТЕМА\_2 | |
|  |  |  |  |  |  |
| П |  | ЕН | П |  | ЕН |
|  |  |  |  |  |  |
| 3 |  | 0/1/1 | 3E2 |  | 2/0/0 |
|  |  |  |  |  |  |

Параметры загрузки:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интенс. потока | Ср.длит. обсл. |  | Вероятность занятия прибора | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| , 1/с | b, c | П1 |  | П2 |  | П3 |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,2 | 20 | 0,4 |  | 0,5 |  | 0,1 |
|  |  |  |  |  |  |  |

**Перечень состояний марковского процесса для исследуемой системы:**

Изображение выглядит как линия, диаграмма, белый, шаблон

Автоматически созданное описание

Размеченный граф переходов для системы 1

Изображение выглядит как диаграмма, линия, План, Технический чертеж

Автоматически созданное описание

Размеченный граф переходов для системы 2

**Матрицы интенсивностей переходов**

Изображение выглядит как текст, кроссворд, прямоугольный, шаблон

Автоматически созданное описание

Матрица интенсивностей переходов системы 1

Изображение выглядит как кроссворд, снимок экрана, прямоугольный, текст

Автоматически созданное описание

Матрица интенсивностей переходов системы 2

**Значения стационарных вероятностей**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер состояния | Система 1 | | Система 2 | |
| Обозначение | Вероятность | Обозначение | Вероятность |
| 0 | 0/0/0 0/0/0 | 0,035221 | 0/0/0 0/0/0 | 0,0001 |
| 1 | 0/0/1 0/0/0 | 0,014088 | 0/0/1 0/0/0 | 0,0001 |
| 2 | 0/0/1 0/0/1 | 0,005635 | 0/1/0 0/0/0 | 0,0005 |
| 3 | 0/1/0 0/0/0 | 0,070442 | 0/1/1 0/0/0 | 0,001 |
| 4 | 0/1/0 0/1/0 | 0,140885 | 1/0/0 0/0/0 | 0,0004 |
| 5 | 0/1/1 0/0/0 | 0,028177 | 1/0/0 1/0/0 | 0,0033 |
| 6 | 0/1/1 0/0/1 | 0,011271 | 1/0/0 2/0/0 | 0,0265 |
| 7 | 0/1/1 0/1/0 | 0,056354 | 1/0/1 0/0/0 | 0,0008 |
| 8 | 0/1/1 0/1/1 | 0,022542 | 1/0/1 1/0/0 | 0,0066 |
| 9 | 1/0/0 0/0/0 | 0,056354 | 1/0/1 2/0/0 | 0,053 |
| 10 | 1/0/1 0/0/0 | 0,022542 | 1/1/0 0/0/0 | 0,0041 |
| 11 | 1/0/1 0/0/1 | 0,009017 | 1/1/0 1/0/0 | 0,0332 |
| 12 | 1/1/0 0/0/0 | 0,112708 | 1/1/0 2/0/0 | 0,2652 |
| 13 | 1/1/0 0/1/0 | 0,225416 | 1/1/1 0/0/0 | 0,0053 |
| 14 | 1/1/1 0/0/0 | 0,045083 | 1/1/1 1/0/0 | 0,0663 |
| 15 | 1/1/1 0/0/1 | 0,018033 | 1/1/1 2/0/0 | 0,5304 |
| 16 | 1/1/1 0/1/0 | 0,090166 |  |  |
| 17 | 1/1/1 0/1/1 | 0,036067 |  |  |

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

Система 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Хар-ка** | **Прибор** | **Расчетная формула** | **Значение** |
| **Нагрузка** | **П1** | **y1 = l1/mu** | **1,6** |
| **П2** | **y2 = l2/mu** | **2** |
| **П3** | **y3 = l3/mu** | **0,4** |
| **Сумма** | **y = y1+y2+y3** | **4** |
| **Загрузка** | **П1** | **po1 = p9+p10+p11+p12+p13+p14+p15+p16+p17** | **0,6154** |
| **П2** | **po2 = p3+p4+p5+p6+p7+p8+p12+p13+p14+p15+p16+p17** | **0,8571** |
| **П3** | **po3 = p1+p2+p5+p6+p7+p8+p10+p11+p14+p15+p16+p17** | **0,3590** |
| **Сумма** | **po = po1+po2+po3** | **1,8315** |
| **Длина очереди (число заявок в очереди)** | **П1** | **L1=0** | **0** |
| **П2** | **L2=(p4+p7+p8+p13+p16+p17)\*1** | **0,5714** |
| **П3** | **L3=(p2+p6+p8+p11+p15+p17)\*1** | **0,1026** |
| **Сумма** | **L = L1+L2+L3** | **0,6740** |
| **Число заявок в системе** | **П1** | **m1 = po1** | **0,6154** |
| **П2** | **m2= l2+po2** | **1,4286** |
| **П3** | **m3 = l3+po3** | **0,4615** |
| **Сумма** | **m = m1+m2+m3** | **2,5055** |
| **Вероятность потери** | **П1** | **pi1 = p9+p10+p11+p12+p13+p14+p15+p16+p17** | **0,6154** |
| **П2** | **pi2 = p4+p7+p8+p13+p16+p17** | **0,5714** |
| **П3** | **pi3 = p2+p6+p8+p11+p15+p17** | **0,1026** |
| **Сумма** | **pi = (pi1+pi2+p3)/3** | **0,4298** |
| **Производительность** | **П1** | **l1'= l1\*(1-pi1)** | **0,0308** |
| **П2** | **l2'=l2\*(1-pi2)** | **0,0429** |
| **П3** | **l3'=l3\*(1-pi3)** | **0,0179** |
| **Сумма** | **l'=l\*(1-pi)** | **0,1140** |
| **Время ожидания** | **П1** | **w1 = 0** | **0** |
| **П2** | **w2 = L2/l2'** | **13,3334** |
| **П3** | **w3 = L3/l3'** | **5,7143** |
| **Сумма** | **w=L/l'** | **5,9101** |
| **Время пребывания** | **П1** | **u1 = b** | **20** |
| **П2** | **u2 = w2 + b** | **33,3334** |
| **П3** | **u3 = w3 + b** | **25,7143** |
| **Сумма** | **u=w+b** | **25,9101** |

Система 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Хар-ка** | **Прибор** | **Расчетная формула** | **Значение** |
| **Нагрузка** | П1 | y1 = l1/mu2 | 0,8 |
| П2 | y2 = l2/mu | 2 |
| П3 | y3 = l3/mu | 0,4 |
| Сумма | y = y1+y2+y3 | 3,2 |
| **Загрузка** | П1 | po1 = p4 + p5 + p6 + p7 + p8 + p9 + p10 + p11 + p12 + p13 + p14 + p15 | 0,9882 |
| П2 | po2 = p2 + p3 + p10 + p11 + p12 + p13 + p14 + p15 | 0,9091 |
| П3 | po3 = p1 + p3 + p7 + p8 + p9 + p13 + p14 + p15 | 0,6667 |
| Сумма | po = po1+po2+po3 | 2,5640 |
| **Длина очереди (число заявок в очереди)** | П1 | L1=p5 + p6 + p8 + p9 + p11 + p12 + p14 + p15 | 0,9412 |
| П2 | L2=0 | 0 |
| П3 | L3=0 | 0 |
| Сумма | L = L1+L2+L3 | 0,9412 |
| **Число заявок в системе** | П1 | m1 = l1 + po1 | 1,9294 |
| П2 | m2 = po2 | 0,9091 |
| П3 | m3 = po3 | 0,6667 |
| Сумма | m = m1+m2+m3 | 3,5052 |
| **Вероятность потери** | П1 | pi1=p6 + p9 + p12 + p15 | 0,7529 |
| П2 | pi2 = p2 + p3 + p10 + p11 + p12 + p13 + p14 + p15 | 0,9091 |
| П3 | pi3 = p1 + p3 + p7 + p8 + p9 + p13 + p14 + p15 | 0,6667 |
| Сумма | pi = (pi1+pi2+p3)/3 | 0,7762 |
| **Производительность** | П1 | l1'= l1\*(1 - pi1) | 0,0198 |
| П2 | l2'=l2\*(1 - pi2) | 0,0091 |
| П3 | l3'=l3\*(1 - pi3) | 0,0067 |
| Сумма | l'=l\*(1 - pi) | 0,0448 |
| **Время ожидания** | П1 | w1 = L1/l1' | 47,6190 |
| П2 | w2 = 0 | 0 |
| П3 | w3 = 0 | 0 |
| Сумма | w = L/l' | 21,0303 |
| **Время пребывания** | П1 | u1 = w1 + b | 67,6190 |
| П2 | u2 = b | 20 |
| П3 | u3 = b | 20 |
| Сумма | u=w+b | 41,0303 |