ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»**

Институт компьютерных наук и технологий

Высшая школа интеллектуальных систем и суперкомпьютерных технологий

Дисциплина «Методы оптимизации»

**ОТЧЕТ**

**Лабораторная работа №4**

на тему:

«Анализ GERT-систем»

Выполнил:

студент группы 3540901/02001

Бараев Дамир Рашидович

Проверил:

Сиднев Александр Георгиевич

Санкт-Петербург 2021

# **Постановка задачи**

**Дано:**

1. Граф GERT-сети
2. Каждой дуге-работе  поставлены в соответствие следующие данные:
3. Закон распределения времени выполнения работы.

**N** — нормальный закон

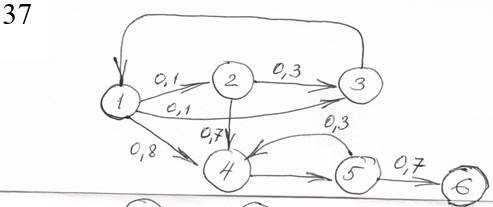
**U** — закон равномерной плотности (Uniform)

**tr** — треугольный закон (Triangular)

**E3** — Закон Эрланга 3-го порядка

**Exp** — показательный закон распределения

1. Параметры закона распределения (математическое ожидание и дисперсия )
2. Вероятность выполнения работы, показанная на графе.



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Начальная вершина | Конечная вершина | M | D |
| 1 | 2 | 14 | 4 |
| 1 | 3 | 20 | 16 |
| 1 | 4 | 20 | 9 |
| 2 | 3 | 46 | 25 |
| 2 | 4 | 40 | 25 |
| 3 | 1 | 30 | 25 |
| 4 | 5 | 11 | 4 |
| 5 | 4 | 30 | 16 |
| 5 | 6 | 19 | 16 |

**Часть 1**

**Используя методику GERT, изложенную в книге «Методы анализа сетей»**

**Найти:**

1. Вероятность выхода в завершающий узел графа (для всех вариантов узел 6)

2. Производящую функцию длительности процесса от начального узла до завершающего узла

3. Математическое ожидание длительности процесса от начального узла до завершающего узла

4. Дисперсию ожидание длительности процесса от начального узла до завершающего узла

5. Начальные моменты первых 10 порядков

В отчете перечислить все петли всех порядков, обнаруженные на графе, выписать уравнение Мейсона, получить решение для  и найти требуемые параметры. Примерно так, как это сделано в примере на стр. 403–409 книги Филипса и Гарсиа «Методы анализа сетей»

**Часть 2**

Повторить пункты задания 2, 3, 4 используя методику анализа потокового графа, основанную на обработке матрицы передач (Branch Transmittance Matrix).

# **Ход работы**

Чтобы определить эквивалентную W-функцию для анализируемой GERT-сети, необходимо замкнуть сеть дугой, исходящей из узла №6 в узел №1.

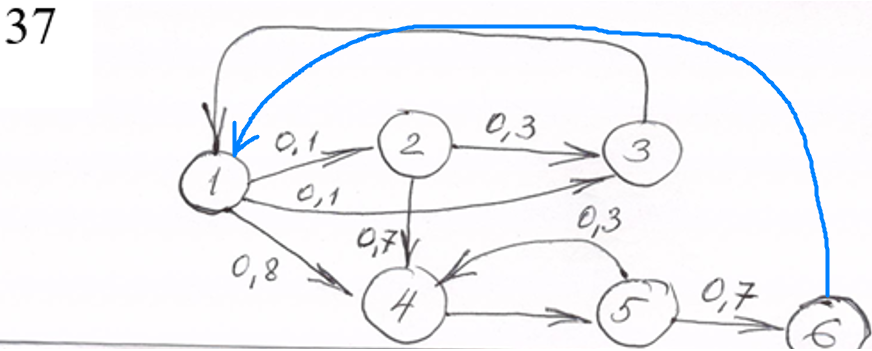


Рисунок 1 - Замкнутая сеть

В таблице 1 распишем W-функции дуг в замкнутой сети.

Таблица 1 - W-функции дуг в замкнутой сети

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Начальная вершина | Конечная вершина | M | D | Вероятность | W-функция |
| 1 | 2 | 14 | 4 | 0.1 |  |
| 1 | 3 | 20 | 16 | 0.1 |  |
| 1 | 4 | 20 | 9 | 0.8 |  |
| 2 | 3 | 46 | 25 | 0.3 |  |
| 2 | 4 | 40 | 25 | 0.7 |  |
| 3 | 1 | 30 | 25 | 1 |  |
| 4 | 5 | 11 | 4 | 1 |  |
| 5 | 4 | 30 | 16 | 0.3 |  |
| 5 | 6 | 19 | 16 | 0.7 |  |

**Петли первого порядка:**

**Петли второго порядка:**

**Запишем уравнение Мэйсона:**

**W-функция:**

**Вычислим математическое ожидание и дисперсию:** при 𝑠=0

Поскольку , то , следовательно, что

Вычисляя первую и вторую производные по s функции 𝑀𝐸(𝑠), и, полагая s=0, находим математическое ожидание:

и дисперсию: .

**Код из Matlab:**

*syms t;*

*format short;*

*% W-функции*

*W12 = 0.1\*((1-4.6\*t)^(-3));*

*W13 = 0.1\*((1-6.6\*t)^(-3));*

*W14 = 0.8\*((1-6.6\*t)^(-3));*

*W23 = 0.3\*((1-15.3\*t)^(-3));*

*W24 = 0.7\*((1-13.3\*t)^(-3));*

*W31 = (1-10\*t)^(-3);*

*W45 = (1-3.6\*t)^(-3);*

*W54 = 0.3\*((1-10\*t)^(-3));*

*W56 = 0.7\*((1-6.3\*t)^(-3));*

*WE = (W14\*W45\*W56+W12\*W24\*W45\*W56)/(1-W12\*W23\*W31-W13\*W31-W45\*W54+W12\*W23\*W31\*W45\*W54+W13\*W31\*W45\*W54);*

*WE = simplify(WE);*

*WE0 = subs (WE, 't', 0)*

*% Расчет мат. ожидания*

*ME = WE/WE0*

*% Расчет производной 1го порядка при s = 0*

*m1 = subs(diff(ME,'t'), 't', 0);*

*fprintf('me1 = %.3f\n', double(m1));*

*% Расчет производной 2го порядка при s = 0*

*m2 = subs(diff(ME,'t',2), 't', 0);*

*fprintf('me2 = %.3f\n', double(m2));*

*% Расчет производной 3го порядка при s = 0*

*m3 = subs(diff(ME,'t',3), 't', 0);*

*fprintf('me3 = %.3f\n', double(m3));*

*% Расчет производной 4го порядка при s = 0*

*m4 = subs(diff(ME,'t',4), 't', 0);*

*fprintf('me4 = %.3f\n', double(m4));*

*% Расчет производной 5го порядка при s = 0*

*m5 = subs(diff(ME,'t',5), 't', 0);*

*fprintf('me5 = %.3f\n', double(m5));*

*% Расчет производной 6го порядка при s = 0*

*m6 = subs(diff(ME,'t',6), 't', 0);*

*fprintf('me6 = %.3f\n', double(m6));*

*% Расчет производной 7го порядка при s = 0*

*m7 = subs(diff(ME,'t',7), 't', 0);*

*fprintf('me7 = %.3f\n', double(m7));*

*% Расчет производной 8го порядка при s = 0*

*m8 = subs(diff(ME,'t',8), 't', 0);*

*fprintf('me8 = %.3f\n', double(m8));*

*% Расчет производной 9го порядка при s = 0*

*m9 = subs(diff(ME,'t',9), 't', 0);*

*fprintf('me9 = %.3f\n', double(m9));*

*% Расчет производной 10го порядка при s = 0*

*m10 = subs(diff(ME,'t',10), 't', 0);*

*fprintf('me10 = %.3f\n', double(m10));*

*% Расчет дисперсии времени выхода в завершающий узел*

*D = m2 - m1^2;*

*fprintf('D = %.3f\n', double(D));*

**Результат:**

***WE0*** *= 1*

***ME*** *= (8750000/((18\*t - 5)^3\*(33\*t - 5)^3\*(63\*t - 10)^3) - 765625000/((18\*t - 5)^3\*(23\*t - 5)^3\*(63\*t - 10)^3\*(133\*t - 10)^3))/(75/(2\*(10\*t - 1)^3\*(18\*t - 5)^3) + 25/(2\*(10\*t - 1)^3\*(33\*t - 5)^3) - 1875/(4\*(10\*t - 1)^6\*(18\*t - 5)^3\*(33\*t - 5)^3) - 3750/((10\*t - 1)^3\*(23\*t - 5)^3\*(153\*t - 10)^3) + 140625/((10\*t - 1)^6\*(18\*t - 5)^3\*(23\*t - 5)^3\*(153\*t - 10)^3) - 1)*

***me1*** *= 78.531*

***me2*** *= 8468.904*

***me3*** *= 1219122.127*

***me4*** *= 222989646.331*

***me5*** *= 49535629301.805*

***me6*** *= 12927832250129.207*

***me7*** *= 3871778772230317.000*

***me8*** *= 1307963458078919936.000*

***me9*** *= 491855819073310556160.000*

***me10*** *= 203733020251896179326976.000*

***D*** *= 2301.858*

**Методика анализа потокового графа:**

Далее будем использовать методику анализа потокового графа, основанную на обработке матрицы передач (Branch Transmittance Matrix).

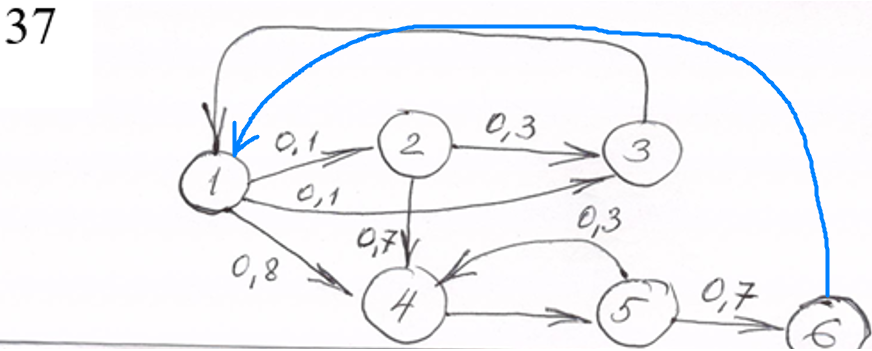


Рисунок 2 - Замкнутая сеть

**Код из Matlab:**

*syms t q12 q13 q14 q23 q24 q31 q45 q54 q56*

*Q = [ 0 q12 q13 q14 0 0;*

*0 0 q23 q24 0 0;*

*q31 0 0 0 0 0;*

*0 0 0 0 q45 0;*

*0 0 0 q54 0 q56;*

*0 0 0 0 0 0];*

*im = eye(length(Q), length(Q));*

*A = im - transpose(Q);*

*M = inv(A);*

*M61 = M(6,1);*

*disp(M61);*

*M61 = subs(M61, q12, 0.1\*((1-4.6\*t)^(-3)));*

*M61 = subs(M61, q13, 0.1\*((1-6.6\*t)^(-3)));*

*M61 = subs(M61, q14, 0.8\*((1-6.6\*t)^(-3)));*

*M61 = subs(M61, q23, 0.3\*((1-15.3\*t)^(-3)));*

*M61 = subs(M61, q24, 0.7\*((1-13.3\*t)^(-3)));*

*M61 = subs(M61, q31, (1-10\*t)^(-3));*

*M61 = subs(M61, q45, (1-3.6\*t)^(-3));*

*M61 = subs(M61, q54, 0.3\*((1-10\*t)^(-3)));*

*M61 = subs(M61, q56, 0.7\*((1-6.3\*t)^(-3)));*

*simplify(M61)*

*%WE0 = subs (WE, 't', 0)*

*% Расчет мат. ожидания*

*ME = M61;*

*% Расчет производной 1-го порядка при s = 0*

*m1 = subs(diff(ME,'t'), 't', 0);*

*fprintf('me1 = %.3f\n', double(m1));*

*% Расчет производной 2-го порядка при s = 0*

*m2 = subs(diff(ME,'t',2), 't', 0);*

*fprintf('me2 = %.3f\n', double(m2));*

*% Расчет производной 3-го порядка при s = 0*

*m3 = subs(diff(ME,'t',3), 't', 0);*

*fprintf('me3 = %.3f\n', double(m3));*

*% Расчет производной 4-го порядка при s = 0*

*m4 = subs(diff(ME,'t',4), 't', 0);*

*fprintf('me4 = %.3f\n', double(m4));*

*% Расчет производной 5-го порядка при s = 0*

*m5 = subs(diff(ME,'t',5), 't', 0);*

*fprintf('me5 = %.3f\n', double(m5));*

*% Расчет производной 6-го порядка при s = 0*

*m6 = subs(diff(ME,'t',6), 't', 0);*

*fprintf('me6 = %.3f\n', double(m6));*

*% Расчет производной 7-го порядка при s = 0*

*m7 = subs(diff(ME,'t',7), 't', 0);*

*fprintf('me7 = %.3f\n', double(m7));*

*% Расчет производной 8-го порядка при s = 0*

*m8 = subs(diff(ME,'t',8), 't', 0);*

*fprintf('me8 = %.3f\n', double(m8));*

*% Расчет производной 9-го порядка при s = 0*

*m9 = subs(diff(ME,'t',9), 't', 0);*

*fprintf('me9 = %.3f\n', double(m9));*

*% Расчет производной 10-го порядка при s = 0*

*m10 = subs(diff(ME,'t',10), 't', 0);*

*fprintf('me10 = %.3f\n', double(m10));*

*% Расчет дисперсии времени выхода в завершающий узел*

*D = m2 - m1^2;*

*fprintf('D = %.3f\n', double(D));*

**Результат:**

*-(q45\*q56\*(q14 + q12\*q24))/(q13\*q31 + q45\*q54 + q12\*q23\*q31 - q13\*q31\*q45\*q54 - q12\*q23\*q31\*q45\*q54 - 1)*

***ans*** *= -(87500\*(8750/((23\*t - 5)^3\*(133\*t - 10)^3) - 100/(33\*t - 5)^3))/((18\*t - 5)^3\*(63\*t - 10)^3\*(75/(2\*(10\*t - 1)^3\*(18\*t - 5)^3) + 25/(2\*(10\*t - 1)^3\*(33\*t - 5)^3) - 1875/(4\*(10\*t - 1)^6\*(18\*t - 5)^3\*(33\*t - 5)^3) - 3750/((10\*t - 1)^3\*(23\*t - 5)^3\*(153\*t - 10)^3) + 140625/((10\*t - 1)^6\*(18\*t - 5)^3\*(23\*t - 5)^3\*(153\*t - 10)^3) - 1))*

***me1*** *= 78.531*

***me2*** *= 8468.904*

***me3*** *= 1219122.127*

***me4*** *= 222989646.331*

***me5*** *= 49535629301.805*

***me6*** *= 12927832250129.207*

***me7*** *= 3871778772230317.000*

***me8*** *= 1307963458078919936.000*

***me9*** *= 491855819073310556160.000*

***me10*** *= 203733020251896179326976.000*

***D*** *= 2301.858*

# **Вывод:**

В результате получили одинаковые -функции в обоих частях.