



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ _____ Информационные технологии и системы управления
КАФЕДРА _____ Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО КУРСУ «ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ»

Лабораторная работа №3

Студент _____
ИУ7-83Б
(Группа)

_____ Зыкин Д.А.
(И.О.Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

_____ Куров А.В.
(И.О.Фамилия)

2020 г.

Цель работы

Реализация полного факторного эксперимента, дробного факторного эксперимента на имитационной модели функционирования СМО для нахождения среднего времени ожидания заявок в очереди.

Условие работы

1. составить матрицу планирования для проведения ПФЭ и ДФЭ для СМО с двумя генератором заявок;
2. получить зависимость выходной величины от загрузки;
3. по результатам ПФЭ и ДФЭ вычислить коэффициенты линейной и частично нелинейной регрессионной зависимости;
4. предусмотреть возможность сравнения рассчитанной величины с реальной, полученной по результатам имитационного моделирования.

Теоретическая часть

В данной лабораторной работе интервалы для факторов подбираются таким образом, чтобы загрузка системы лежала в промежутке от 0 до 1. Таким образом обеспечивается функционирование системы в стационарном режиме.

В данной работе реализуется полный факторный эксперимент и дробный факторный эксперимент. Используется СМО с двумя генераторами и одним обработчиком. По условию первой лабораторной работы, заявки поступают по закону распределения Рэлея, а обслуживаются по нормальному закону распределения.

Для генерации времени обработки на основе заданных промежутков рассчитываются параметры распределений. Для генератора будет определяться сигма по формуле:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi}{2}I}} \quad (1)$$

Для обработчика параметры распределения будут определяться по формуле:

$$M = \frac{1}{I} \quad (2)$$

$$D = coeff * M \quad (3)$$

, где coeff - это заданный пользователем коэффициент дисперсии.

Таким образом, эксперименты будут иметь четыре фактора, где:

1. первый фактор - интенсивность первого генератора;
2. второй фактор - интенсивность второго генератора;
3. третий фактор - интенсивность обработчика;
4. четвертый фактор - коэффициент дисперсия обработчика.

В результате план проведения ПФЭ с учетом кодирования факторов имеет вид:

n/p	x0	x1	x2	x3	x4	y
1	1	-1	-1	-1	-1	y1
2	1	-1	-1	-1	1	y2
3	1	-1	-1	1	-1	y3
4	1	-1	-1	1	1	y4
5	1	-1	1	-1	-1	y5
6	1	-1	1	-1	1	y6
7	1	-1	1	1	-1	y7
8	1	-1	1	1	1	y8
9	1	1	-1	-1	-1	y9
10	1	1	-1	-1	1	y10
11	1	1	-1	1	-1	y11
12	1	1	-1	1	1	y12
13	1	1	1	-1	-1	y13
14	1	1	1	-1	1	y14
15	1	1	1	1	-1	y15
16	1	1	1	1	1	y16

Для проведения ДФЭ один из факторов можно представить как взаимодействие других факторов, что поможет сократить количество проводимых экспериментов.

В результате план проведения ДФЭ с учётом кодирования факторов имеет вид:

n\p	x0	x1	x2	x3	y
1	1	-1	-1	-1	y1
2	1	-1	-1	1	y2
3	1	-1	1	-1	y3
4	1	-1	1	1	y4
5	1	1	-1	-1	y5
6	1	1	-1	1	y6
7	1	1	1	-1	y7
8	1	1	1	1	y8

Где третий фактор имеет вид:

$$x_4 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (4)$$

Определяющий контраст

$$x_4^2 = x_1 x_2 x_3 x_4 = 1 \quad (5)$$

Система совместных оценок

$$x_1 = x_2 x_3 x_4 \rightarrow b_1 = \beta_1 + \beta_{234} \quad (6)$$

$$x_2 = x_1 x_3 x_4 \rightarrow b_2 = \beta_2 + \beta_{134} \quad (7)$$

$$x_3 = x_1 x_2 x_4 \rightarrow b_3 = \beta_3 + \beta_{124} \quad (8)$$

$$x_4 = x_1 x_2 x_3 \rightarrow b_4 = \beta_4 + \beta_{123} \quad (10)$$

Реализованные классы и методы

Для реализации ДФЭ был добавлен новый класс, остальные классы и функции остались из второй лабораторной работы.

Класс DIntenseExperiment

```
1 public class DIntenseExperiment
2 {
3     int paramsAmount = 4;
4     int expAmount = 8;
5     int coeffsAmount = 16;
6
7     int[,] matrix =
8     {
9         {1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, 1},
10        {1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1},
11        {1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1},
12        {1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1},
13        {1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1},
14        {1, 1, -1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, 1},
15        {1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, 1},
16        {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1},
17    };
18
19    public double FirstGenMinIntense { get; }
20    public double FirstGenMaxIntense { get; }
21    public double SecondGenMinIntense { get; }
22    public double SecondGenMaxIntense { get; }
23    public double ProcMinIntense { get; }
24    public double ProcMaxIntense { get; }
25    public double ProcMinD { get; }
26    public double ProcMaxD { get; }
27    public double FristGenIntense { get; }
28    public double SecondGenIntense { get; }
29    public double ProcIntense { get; }
30    public double ProcD { get; }
31
32    public double[] Results { get => results; set => results
= value; }
33    public double[] Coeffs { get => coeffs; set => coeffs =
value; }
34    public double[] ZCenterList { get => zCenterList; set =>
zCenterList = value; }
35    public double[] ZDeltaList { get => zDeltaList; set =>
zDeltaList = value; }
36    public double[] X { get => x; set => x = value; }
37    public double LinExpRes { get => linExpRes; set =>
linExpRes = value; }
```

```

38     public double NonLinExpRes { get => nonLinExpRes; set =>
nonLinExpRes = value; }
39
40     double[] coeffs;
41     double[] results;
42     double[] zCenterList;
43     double[] zDeltaList;
44     double[] x;
45
46     double linExpRes = 0;
47     double nonLinExpRes = 0;
48
49     public DIntenseExperiment(double firstGenMinIntense,
double firstGenMaxIntense,
50                               double secondGenMinIntense,
double secondGenMaxIntense,
51                               double procMinIntense,
double procMaxIntense,
52                               double procMinD, double
procMaxD,
53                               double fristGenIntense,
double secondGenIntense, double procIntense, double procD)
54     {
55         FirstGenMinIntense = firstGenMinIntense;
56         FirstGenMaxIntense = firstGenMaxIntense;
57         SecondGenMinIntense = secondGenMinIntense;
58         SecondGenMaxIntense = secondGenMaxIntense;
59         ProcMinIntense = procMinIntense;
60         ProcMaxIntense = procMaxIntense;
61         ProcMinD = procMinD;
62         ProcMaxD = procMaxD;
63         FristGenIntense = fristGenIntense;
64         SecondGenIntense = secondGenIntense;
65         ProcIntense = procIntense;
66         ProcD = procD;
67
68         Coeffs = new double[coeffsAmount];
69         Results = new double[expAmount];
70         ZCenterList = new double[paramsAmount];
71         ZDeltaList = new double[paramsAmount];
72         X = new double[paramsAmount];
73     }
74
75     public void GetModellingResults()
76     {

```

```

77         for (int i = 0; i < expAmount; i++)
78         {
79             double firstGenExpIntense, secondGenExpIntense,
procExpIntense, procExpD;
80
81             if (matrix[i, 1] == -1)
82                 firstGenExpIntense = FirstGenMinIntense;
83             else
84                 firstGenExpIntense = FirstGenMaxIntense;
85
86             if (matrix[i, 2] == -1)
87                 secondGenExpIntense = SecondGenMinIntense;
88             else
89                 secondGenExpIntense = SecondGenMaxIntense;
90
91             if (matrix[i, 3] == -1)
92                 procExpIntense = ProcMinIntense;
93             else
94                 procExpIntense = ProcMaxIntense;
95
96             if (matrix[i, 4] == -1)
97                 procExpD = ProcMinD;
98             else
99                 procExpD = ProcMaxD;
100
101             Results[i] =
PlotGenerator.GetExperimentResult(firstGenExpIntense,
secondGenExpIntense, procExpIntense, procExpD);
102         }
103     }
104
105     public void GetCoeffs()
106     {
107         for (int j = 0; j < coeffsAmount; j++)
108         {
109             double sum = 0;
110             for (int i = 0; i < expAmount; i++)
111             {
112                 sum += matrix[i, j] * results[i];
113             }
114             coeffs[j] = sum / expAmount;
115         }
116     }
117
118     public void GetZLists()

```

```

119     {
120         ZCenterList[0] = (FirstGenMaxIntense +
FirstGenMinIntense) / 2;
121         ZDeltaList[0] = (FirstGenMaxIntense -
FirstGenMinIntense) / 2;
122
123         ZCenterList[1] = (SecondGenMaxIntense +
SecondGenMinIntense) / 2;
124         ZDeltaList[1] = (SecondGenMaxIntense -
SecondGenMinIntense) / 2;
125
126         ZCenterList[2] = (ProcMaxIntense + ProcMinIntense) /
2;
127         ZDeltaList[2] = (ProcMaxIntense - ProcMinIntense) /
2;
128
129         ZCenterList[3] = (ProcMaxD + ProcMinD) / 2;
130         ZDeltaList[3] = (ProcMaxD - ProcMinD) / 2;
131
132         X[0] = (FristGenIntense - ZCenterList[0]) /
ZDeltaList[0];
133         X[1] = (SecondGenIntense - ZCenterList[1]) /
ZDeltaList[1];
134         X[2] = (ProcIntense - ZCenterList[2]) /
ZDeltaList[2];
135         X[3] = (ProcD - ZCenterList[3]) / ZDeltaList[3];
136     }
137
138     public void LinExperiment()
139     {
140         LinExpRes = coeffs[0] + coeffs[1] * x[0] + coeffs[2]
* x[1] + coeffs[3] * x[2] + coeffs[4] * x[3];
141     }
142
143     public void NonLinExperiment()
144     {
145         NonLinExpRes = coeffs[0] + coeffs[1] * x[0] +
coeffs[2] * x[1] + coeffs[3] * x[2] + coeffs[4] * x[3]
146         + coeffs[5] * x[0] * x[1] + coeffs[6] * x[0] *
x[2] + coeffs[7] * x[0] * x[3] + coeffs[8] * x[1] * x[2] +
coeffs[9] * x[1] * x[3] + coeffs[10] * x[2] * x[3]
147         + coeffs[11] * x[0] * x[1] * x[2] + coeffs[12] *
x[0] * x[1] * x[3] + coeffs[13] * x[0] * x[2] * x[3] +
coeffs[14] * x[1] * x[2] * x[3]
148         + coeffs[15] * x[0] * x[1] * x[2] * x[3];

```


149 }
150 }

Интерфейс программы

The screenshot shows the 'MainWindow' of a simulation program. At the top, there's a status bar with the date 'Ср апр 22, 16:58'. Below it, the 'Main Window' title bar is visible. The main area contains several input fields and buttons. On the left, there are two generators: 'Первый генератор' and 'Второй генератор', each with a 'Сигма' radio button and a value of 10,000. Below them are 'Интенсивность' radio buttons with a value of 0,033. In the center, there's an 'Обработчик' section with 'Интенсивность' (0,170) and 'Дисперсия' (0,170) fields. To the right, there's a 'Время моделирования' field set to 10000 and a 'Моделировать' button. Below these fields is a 'Получить график' button. The bottom section is titled 'Эксперимент' and contains a large text area with simulation results. The results are divided into two parts: 'ПФЭ' (Linear and Partially Nonlinear plans) and 'ДФЭ' (Linear and Partially Nonlinear plans). Each part includes a comparison of results and a percentage deviation from the linear model. For example, under 'ПФЭ', the linear model deviation is 0.18% and the partially nonlinear model deviation is 0.38%. Under 'ДФЭ', the linear model deviation is 10.45% and the partially nonlinear model deviation is 13.56%.

Сравнение результатов

Проведем эксперименты для разных значений факторов в интервалах от 0.03 до 0.035 для интенсивностей поступления заявок, от 0.1 до 0.2 для интенсивности обработчика и от 0.1 до 0.2 для коэффициента дисперсии обработчика.

Суммарная загрузка будет лежать в интервале от 0.35 до 0.7. Режим стационарный.

Результаты проведенных экспериментов для заданных интервалов:

- 1 I1 = 0.030; I2 = 0.030; I3 = 0.100; D = 0.100
- 2 Ожидаемая загрузка 0.6000
- 3 Полученная загрузка 0.6074
- 4 Время ожидания 2.4439
- 5
- 6
- 7 I1 = 0.030; I2 = 0.030; I3 = 0.100; D = 0.200
- 8 Ожидаемая загрузка 0.6000
- 9 Полученная загрузка 0.6045
- 10 Время ожидания 2.3366
- 11
- 12

13 I1 = 0.030; I2 = 0.030; I3 = 0.200; D = 0.100
14 Ожидаемая загрузка 0.3000
15 Полученная загрузка 0.3016
16 Время ожидания 0.5930
17
18
19 I1 = 0.030; I2 = 0.030; I3 = 0.200; D = 0.200
20 Ожидаемая загрузка 0.3000
21 Полученная загрузка 0.3029
22 Время ожидания 0.6714
23
24
25 I1 = 0.030; I2 = 0.035; I3 = 0.100; D = 0.100
26 Ожидаемая загрузка 0.6500
27 Полученная загрузка 0.6577
28 Время ожидания 1.6371
29
30
31 I1 = 0.030; I2 = 0.035; I3 = 0.100; D = 0.200
32 Ожидаемая загрузка 0.6500
33 Полученная загрузка 0.6525
34 Время ожидания 1.7011
35
36
37 I1 = 0.030; I2 = 0.035; I3 = 0.200; D = 0.100
38 Ожидаемая загрузка 0.3250
39 Полученная загрузка 0.3283
40 Время ожидания 0.4472
41
42
43 I1 = 0.030; I2 = 0.035; I3 = 0.200; D = 0.200
44 Ожидаемая загрузка 0.3250
45 Полученная загрузка 0.3249
46 Время ожидания 0.4439
47
48
49 I1 = 0.035; I2 = 0.030; I3 = 0.100; D = 0.100
50 Ожидаемая загрузка 0.6500
51 Полученная загрузка 0.6555
52 Время ожидания 1.6499
53
54
55 I1 = 0.035; I2 = 0.030; I3 = 0.100; D = 0.200
56 Ожидаемая загрузка 0.6500
57 Полученная загрузка 0.6553

58	Время ожидания 1.7455
59	
60	
61	$I1 = 0.035; I2 = 0.030; I3 = 0.200; D = 0.100$
62	Ожидаемая загрузка 0.3250
63	Полученная загрузка 0.3284
64	Время ожидания 0.4470
65	
66	
67	$I1 = 0.035; I2 = 0.030; I3 = 0.200; D = 0.200$
68	Ожидаемая загрузка 0.3250
69	Полученная загрузка 0.3278
70	Время ожидания 0.4761
71	
72	
73	$I1 = 0.035; I2 = 0.035; I3 = 0.100; D = 0.100$
74	Ожидаемая загрузка 0.7000
75	Полученная загрузка 0.7060
76	Время ожидания 2.5481
77	
78	
79	$I1 = 0.035; I2 = 0.035; I3 = 0.100; D = 0.200$
80	Ожидаемая загрузка 0.7000
81	Полученная загрузка 0.7097
82	Время ожидания 2.3328
83	
84	
85	$I1 = 0.035; I2 = 0.035; I3 = 0.200; D = 0.100$
86	Ожидаемая загрузка 0.3500
87	Полученная загрузка 0.3515
88	Время ожидания 0.7028
89	
90	
91	$I1 = 0.035; I2 = 0.035; I3 = 0.200; D = 0.200$
92	Ожидаемая загрузка 0.3500
93	Полученная загрузка 0.3510
94	Время ожидания 0.8144

При этом коэффициенты уравнение равны:

1	ПФЭ
2	Линейный план
3	$b0 = 1.29$
4	$b1 = 0.03$
5	$b2 = 0.03$

6	$b_3 = -0.74$
7	$b_4 = 0.02$
8	Частично нелинейный план
9	$b_0 = 1.29$
10	$b_1 = 0.03$
11	$b_2 = 0.03$
12	$b_3 = -0.74$
13	$b_4 = 0.02$
14	$b_5 = 0.22$
15	$b_6 = -0.03$
16	$b_7 = 0.02$
17	$b_8 = -0.03$
18	$b_9 = 0.02$
19	$b_{10} = -0.04$
20	$b_{11} = -0.11$
21	$b_{12} = 0.02$
22	$b_{13} = -0.01$
23	$b_{14} = -0.01$
24	$b_{15} = -0.03$
25	
26	
27	ДФЭ
28	Линейный план
29	$b_0 = 1.22$
30	$b_1 = 0.02$
31	$b_2 = 0.02$
32	$b_3 = -0.67$
33	$b_4 = -0.04$
34	Частично нелинейный план
35	$b_0 = 1.22$
36	$b_1 = 0.02$
37	$b_2 = 0.02$
38	$b_3 = -0.67$
39	$b_4 = -0.04$
40	$b_5 = 0.15$
41	$b_6 = 0.00$
42	$b_7 = 0.00$
43	$b_8 = 0.00$
44	$b_9 = 0.00$
45	$b_{10} = 0.15$
46	$b_{11} = -0.04$
47	$b_{12} = -0.67$
48	$b_{13} = 0.02$
49	$b_{14} = 0.02$
50	$b_{15} = 1.22$

Значения, полученные ПФЭ по линейному и частично нелинейному плану дали результаты близкие к получаемым моделированием. В среднем, линейный план дает отличие от модели на 1.49%, а частично нелинейный план: 2.0%.

Значения, полученные ДФЭ по линейному и частично нелинейному плану дали результаты близкие к получаемым моделированием. В среднем, линейный план дает отличие от модели на 4.21%, а частично нелинейный план: 4.25%.