

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ЛЭТИ» ИМ. В.И.УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)  
Кафедра МО ЭВМ**

**ОТЧЁТ  
по лабораторной работе №4  
по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»  
Тема: Построение операционной графовой модели программы (ОГМП) и  
расчет характеристик эффективности ее выполнения методом  
эквивалентных преобразований**

Студент гр. 6304  
Преподаватель

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Корытов П.В.  
Кириячиков В.А.

Санкт-Петербург  
2020

## **1. Формулировка задания**

### **1.1. Построение ОГМП**

Для рассматривавшегося в лабораторных работах 1–3 индивидуального задания разработать операционную модель управляющего графа программы на основе схемы алгоритма. При выполнении работы рекомендуется для упрощения обработки графа исключить диалог при выполнении операций ввода-вывода данных, а также привести программу к структурированному виду.

Выбрать вариант графа с нагруженными дугами, каждая из которых должна представлять фрагмент программы, соответствующий линейному участку или ветвлению. При расчете вероятностей ветвлений, зависящих от распределения данных, принять равномерное распределение обрабатываемых данных в ограниченном диапазоне (например,  $[0, 100.00]$  — для положительных чисел или  $[-100.00, 100.00]$  — для произвольных чисел). В случае ветвлений, вызванных проверкой выхода из цикла, вероятности рассчитываются исходя из априорных сведений о числе повторений цикла. Сложные случаи оценки вероятностей ветвлений согласовать с преподавателем.

В качестве параметров, характеризующих потребление ресурсов, использовать времена выполнения команд соответствующих участков программы, полученные с помощью монитора Sampler в процессе выполнения работы №3. Если требуется, оценить с помощью монитора Sampler времена выполнения неучтенных ранее участков программы.

### **1.2. Расчет характеристик эффективности выполнения программы методом эквивалентных преобразований**

Полученную в части 1.1 данной работы ОГМП, представить в виде графа с нагруженными дугами, у которого в качестве параметров, характеризующих потребление ресурсов на дуге  $ij$ , использовать тройку  $\{P_{ij}, M_{ij}, D_{ij}\}$ , где:

1.  $P_{ij}$  — вероятность выполнения процесса для дуги  $ij$ ,
2.  $M_{ij}$  — мат.ожидание потребления ресурса процессом для дуги  $ij$ ,
3.  $D_{ij}$  — дисперсия потребления ресурса процессом для дуги  $ij$ .

В качестве потребляемого ресурса в данной работе рассматривается время процессора, а оценками мат. ожиданий времен для дуг исходного графа следует принять времена выполнения операторов (команд), соответствующих этим дугам участков программы. Дисперсиям исходных дуг следует присвоить ну-

левые значения.

Выполнить описание построенной ОГМП на входном языке пакета CSA III в виде поглощающей марковской цепи (ПМЦ) – (англ.) AMC (absorbing Markov chain) или эргодической марковской цепи (ЭМЦ) — EMC (ergodic Markov chain).

Это можно сделать двумя способами:

1. Создать с помощью набора стандартных инструментов, предусмотренных в графическом интерфейсе пакета программ CSA III (рисование); выходные операционные графовые модели отображаются на экране, и могут быть сохранены в виде PNG-изображения, а их описание – в виде XML-файла.
2. Описать непосредственно в виде XML-файла.

Подробные сведения по созданию моделей и их последующей обработке для расчета характеристик эффективности выполнения программы приведены в руководстве работы с пакетом CSA III – файл CSA3\_Guide.doc.

Полученный XML-файл описания модели для контроля преподавателем следует **преобразовать в более компактную и удобную для понимания форму** с помощью преобразователя csa.xsl, поместив его в каталог csa-model-html-exporter.

С помощью предоставляемого пакетом CSA III меню действий выполнить расчет среднего времени и дисперсии времени выполнения как для всей программы, так и для ее фрагментов, согласованных с преподавателем. Сравнить результаты расчета среднего времени выполнения программы с результатами измерений, полученными в работе 3.



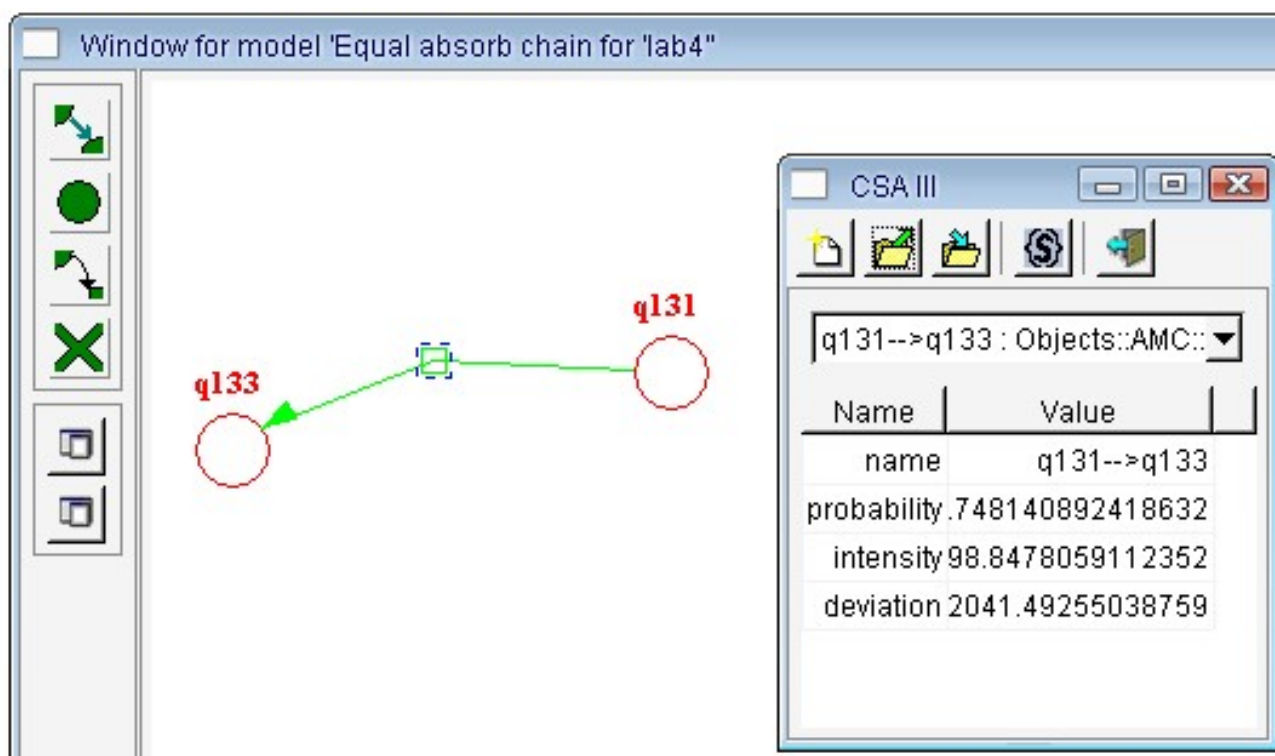


Рисунок 2 – Результаты работы программы

чаются на

$$\frac{119.84 - 98.84}{119.84} \approx 17.5\%. \quad (2.1)$$

Точность результатов может быть повреждена повышением тактовой частоты оперативной памяти автора, произошедшей между выполнением ЛРЗ и ЛР4.

### 3. Выводы

Произведено построение операционной графовой модели программы решения СЛАУ методом Крамера. Для взвешивания дуг модели использованы результаты профилирования Sample

С помощью методы эквивалентных преобразований в пакете CSA III оценено время выполнения программы. Полученное время отличается от измеренного профилировщиком примерно на 17.5%.

Установлено, что программа CSA III не отличается стабильностью работы и полезными сообщениями об ошибках — при наличии ошибок в графе программа прекращает работу без указания причин проблемы. Для отладки такого рода ошибок может применяться метод бисекции на множестве вершин или дуг графа.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Код программы

```
1  #include "stdio.h"
2  #include "stdlib.h"
3  #include "Sampler.h"
4
5  #define RMAX 3
6  #define CMAX 3
7
8  #define bool short int
9  #define true 1
10 #define false 0
11
12 float** _alloc_matr_no_sample(int a, int b) {
13     float** m = (float**)malloc(a * sizeof(float));
14     for (int i = 0; i < CMAX; i++) {
15         m[i] = (float*)malloc(b * sizeof(float));
16     }
17     return m;
18 }
19
20 float** _alloc_matr(int a, int b) {
21     SAMPLE;
22     float** m = (float**)malloc(a * sizeof(float));
23     SAMPLE;
24     for (int i = 0; i < CMAX; i++) {
25         SAMPLE;
26         m[i] = (float*)malloc(b * sizeof(float));
27         SAMPLE;
28     }
29     SAMPLE;
30     return m;
31 }
32
33 void _free_matr(float** m, int a) {
34     SAMPLE;
35     for (int i = 0; i < a; i++) {
36         SAMPLE;
37         free(m[i]);
38         SAMPLE;
39     }
```

```

40     SAMPLE;
41     free(m);
42     SAMPLE;
43 }
44
45 void _free_matr_no_sample(float** m, int a) {
46     for (int i = 0; i < a; i++) {
47         free(m[i]);
48     }
49     free(m);
50 }
51
52
53 /* get the values for n, and arrays a,y */
54 void get_data(float** a, float* y) {
55     a[0][0] = 12345;
56     a[0][1] = 23456;
57     a[0][2] = 34567;
58     y[0]     = 45678;
59     a[1][0] = 56789;
60     a[1][1] = 67890;
61     a[1][2] = 78901;
62     y[1]     = 89012;
63     a[2][0] = 90123;
64     a[2][1] = 12345;
65     a[2][2] = 23456;
66     y[2]     = 34567;
67 }
68
69 /* pascal program to calculate the determinant of a 3-by-3matrix */
70 float deter(float** a) {
71     return a[0][0] * (a[1][1] * a[2][2] - a[2][1] * a[1][2])
72         - a[0][1] * (a[1][0] * a[2][2] - a[2][0] * a[1][2])
73         + a[0][2] * (a[1][0] * a[2][1] - a[2][0] * a[1][1]);
74 }
75
76 void setup(float** a, float** b, float* coef, float* y, int j, float det) {
77     SAMPLE;
78     for (int i = 0; i < RMAX; i++) {
79         SAMPLE;
80         b[i][j] = y[i];

```

```

81         SAMPLE;
82         if (j > 0) {
83             b[i][j-1] = a[i][j-1];
84         }
85         SAMPLE;
86     }
87     SAMPLE;
88     coef[j] = deter(b) / det;
89     SAMPLE;
90 }
91
92 bool solve(float** a, float* y, float* coef) {
93     SAMPLE;
94     float** b = _alloc_matr(RMAX, CMAX);
95     float det = 0;
96     SAMPLE;
97     for (int i = 0; i < RMAX; i++) {
98         SAMPLE;
99         for (int j = 0; j < CMAX; j++) {
100             SAMPLE;
101             b[i][j] = a[i][j];
102             SAMPLE;
103         }
104         SAMPLE;
105     }
106     SAMPLE;
107     det = deter(b);
108     SAMPLE;
109     if (det == 0) {
110         printf("ERROR: matrix is singular.");
111         return true;
112     }
113     SAMPLE;
114     setup(a, b, coef, y, 0, det);
115     SAMPLE;
116     setup(a, b, coef, y, 1, det);
117     SAMPLE;
118     setup(a, b, coef, y, 2, det);
119     SAMPLE;
120     _free_matr(b, RMAX);
121     SAMPLE;

```



```
122     return false;
123 }
124
125 int main() {
126     float** a = _alloc_matr_no_sample(RMAX, CMAX);
127     float* y = (float*)malloc(CMAX * sizeof(float));
128     float* coef = (float*)malloc(CMAX * sizeof(float));
129     bool error;
130     get_data(a, y);
131     SAMPLE;
132     error = solve(a, y, coef);
133     SAMPLE;
134     free(y);
135     free(coef);
136     _free_matr_no_sample(a, RMAX);
137     return 0;
138 }
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Лог работы профилировщика

1 Отчет о результатах измерений для программы prog\_p.exe.

2

3 Создан программой Sampler ( версия от Aug 22 2006 )

4 1995-98 (с) СПбГЭТУ, Мойсейчук Леонид.

5 2006 (с) СПбГЭТУ, Рыжов Иван (модернизация).

6

7

8

9 Список обработанных файлов.

10

11 -----

12 NN Имя обработанного файла

13 -----

14 1. ...\\PROG\\L4\\PROG\_P.CPP

15 -----

16

17

18 Таблица с результатами измерений ( используется 31 из 416 записей )

19

20 -----

21 Исх.Поз. Прием.Поз. Общее время(мкс) Кол-во прох. Вер-ть Среднее время(мкс)

22 -----

23 1 : 21 1 : 23 0.28 1 0.00 0.28

24 -----

25 1 : 23 1 : 25 0.28 1 0.00 0.28

26 -----

27 1 : 25 1 : 27 0.84 3 0.00 0.28

28 -----

29 1 : 27 1 : 25 0.28 2 0.00 0.14

30 1 : 27 1 : 29 0.00 1 0.00 0.00

31 -----

32 1 : 29 1 : 96 8.38 1 0.00 8.38

33 -----

34 1 : 34 1 : 36 0.00 1 0.00 0.00

35 -----

36 1 : 36 1 : 38 0.84 3 0.00 0.28

37 -----

38 1 : 38 1 : 36 0.28 2 0.00 0.14

39 1 : 38 1 : 40 0.28 1 0.00 0.28

40	-----							
41	1 : 40	1 : 42	0.28	1	0.00		0.28	
42	-----							
43	1 : 42	1 : 121	0.00	1	0.00		0.00	
44	-----							
45	1 : 77	1 : 79	0.00	3	0.00		0.00	
46	-----							
47	1 : 79	1 : 81	8.38	9	0.00		0.93	
48	-----							
49	1 : 81	1 : 85	9.50	9	0.00		1.06	
50	-----							
51	1 : 85	1 : 79	0.28	6	0.00		0.05	
52	1 : 85	1 : 87	0.56	3	0.00		0.19	
53	-----							
54	1 : 87	1 : 89	9.22	3	0.00		3.07	
55	-----							
56	1 : 89	1 : 115	0.00	1	0.00		0.00	
57	1 : 89	1 : 117	0.00	1	0.00		0.00	
58	1 : 89	1 : 119	0.00	1	0.00		0.00	
59	-----							
60	1 : 93	1 : 21	0.28	1	0.00		0.28	
61	-----							
62	1 : 96	1 : 98	0.00	1	0.00		0.00	
63	-----							
64	1 : 98	1 : 100	0.56	3	0.00		0.19	
65	-----							
66	1 : 100	1 : 102	8.66	9	0.00		0.96	
67	-----							
68	1 : 102	1 : 100	12.57	6	0.00		2.10	
69	1 : 102	1 : 104	0.28	3	0.00		0.09	
70	-----							
71	1 : 104	1 : 98	0.28	2	0.00		0.14	
72	1 : 104	1 : 106	0.28	1	0.00		0.28	
73	-----							
74	1 : 106	1 : 108	8.38	1	0.00		8.38	
75	-----							
76	1 : 108	1 : 113	8.38	1	0.00		8.38	
77	-----							
78	1 : 113	1 : 77	8.38	1	0.00		8.38	
79	-----							
80	1 : 115	1 : 77	8.38	1	0.00		8.38	

81	-----					
82	1 : 117	1 : 77	8.66	1	0.00	8.66
83	-----					
84	1 : 119	1 : 34	0.28	1	0.00	0.28
85	-----					
86	1 : 121	1 : 133	0.00	1	0.00	0.00
87	-----					
88	1 : 131	1 : 93	0.00	1	0.00	0.00
89	-----					

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Отформатированный лог работы профилировщика

Исх.Поз.	Прием.Поз.	Общее время	Кол-во прох	Среднее время
21	23	0.28	1	0.28
23	25	0.28	1	0.28
25	27	0.84	3	0.28
27	25	0.28	2	0.14
27	29	0.00	1	0.00
29	96	8.38	1	8.38
34	36	0.00	1	0.00
36	38	0.84	3	0.28
38	36	0.28	2	0.14
38	40	0.28	1	0.28
40	42	0.28	1	0.28
42	121	0.00	1	0.00
77	79	0.00	3	0.00
79	81	8.38	9	0.93
81	85	9.50	9	1.06
85	79	0.28	6	0.05
85	87	0.56	3	0.19
87	89	9.22	3	3.07
89	115	0.00	1	0.00
89	117	0.00	1	0.00
89	119	0.00	1	0.00
93	21	0.28	1	0.28
96	98	0.00	1	0.00
98	100	0.56	3	0.19
100	102	8.66	9	0.96
102	100	12.57	6	2.10
102	104	0.28	3	0.09
104	98	0.28	2	0.14
104	106	0.28	1	0.28
106	108	8.38	1	8.38

Исх.Поз.	Прием.Поз.	Общее время	Кол-во прох	Среднее время
108	113	8.38	1	8.38
113	77	8.38	1	8.38
115	77	8.38	1	8.38
117	77	8.66	1	8.66
119	34	0.28	1	0.28
121	133	0.00	1	0.00
131	93	0.00	1	0.00

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### XML-файл модели

```
1  <model    type="Objects::AMC::Model"  name="lab4">
2    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q131"    />
3    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q93"      />
4      <!-- alloc_matr START -->
5    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q21"      />
6    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q23"      />
7    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q25"      />
8    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q27"      />
9    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q29"      />
10     <!-- alloc_matr END -->
11    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q96"      />
12    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q98"      />
13    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q100"     />
14    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q102"     />
15    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q104"     />
16    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q106"     />
17    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q108"     />
18    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q113"     />
19     <!-- setup START -->
20    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q77"      />
21    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q79"      />
22    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q81"      />
23    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q85"      />
24    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q87"      />
25    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q89"      />
26     <!-- setup END -->
27    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q115"     />
28    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q117"     />
29    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q119"     />
30     <!-- free_matr START -->
31    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q34"      />
32    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q36"      />
33    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q38"      />
34    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q40"      />
35    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q42"      />
36     <!-- free_matr END -->
37    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q121"     />
38    <node type="Objects::AMC::Node"    name="q133"     />
39
```

```

40 <link type="Objects::AMC::Link" name="e131-93" probability="1"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q131" dest="q93" />
41 <link type="Objects::AMC::Link" name="e93-21" probability="1"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q93" dest="q21" />
42 <link type="Objects::AMC::Link" name="e21-23" probability="1"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q21" dest="q23" />
43 <link type="Objects::AMC::Link" name="e23-25" probability="1"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q23" dest="q25" />
44 <link type="Objects::AMC::Link" name="e25-27" probability="1"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q25" dest="q27" />
45 <link type="Objects::AMC::Link" name="e27-25" probability="0.66"
    ↳ intensity="0.14" deviation="0.0" source="q27" dest="q25" />
46 <link type="Objects::AMC::Link" name="e27-29" probability="0.33"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q27" dest="q29" />
47 <link type="Objects::AMC::Link" name="e29-96" probability="1"
    ↳ intensity="8.38" deviation="0.0" source="q29" dest="q96" />
48 <link type="Objects::AMC::Link" name="e96-98" probability="1"
    ↳ intensity="0.14" deviation="0.0" source="q96" dest="q98" />
49 <link type="Objects::AMC::Link" name="e98-100" probability="1"
    ↳ intensity="0.19" deviation="0.0" source="q98" dest="q100" />
50 <link type="Objects::AMC::Link" name="e100-102" probability="1"
    ↳ intensity="0.96" deviation="0.0" source="q100" dest="q102" />
51 <link type="Objects::AMC::Link" name="e102-100" probability="0.66"
    ↳ intensity="2.1" deviation="0.0" source="q102" dest="q100" />
52 <link type="Objects::AMC::Link" name="e102-104" probability="0.33"
    ↳ intensity="0.09" deviation="0.0" source="q102" dest="q104" />
53 <link type="Objects::AMC::Link" name="e104-98" probability="0.66"
    ↳ intensity="0.14" deviation="0.0" source="q104" dest="q98" />
54 <link type="Objects::AMC::Link" name="e104-106" probability="0.33"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q104" dest="q106" />
55 <link type="Objects::AMC::Link" name="e106-108" probability="1"
    ↳ intensity="8.38" deviation="0.0" source="q106" dest="q108" />
56 <link type="Objects::AMC::Link" name="e108-113" probability="1"
    ↳ intensity="8.38" deviation="0.0" source="q108" dest="q113" />
57 <link type="Objects::AMC::Link" name="e113-77" probability="1"
    ↳ intensity="8.38" deviation="0.0" source="q113" dest="q77" />
58 <link type="Objects::AMC::Link" name="e77-79" probability="1"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q77" dest="q79" />
59 <link type="Objects::AMC::Link" name="e79-81" probability="1"
    ↳ intensity="0.93" deviation="0.0" source="q79" dest="q81" />
60 <link type="Objects::AMC::Link" name="e81-85" probability="1"
    ↳ intensity="1.06" deviation="0.0" source="q81" dest="q85" />

```



```

61 <link type="Objects::AMC::Link" name="e85-79" probability="0.66"
    ↳ intensity="0.05" deviation="0.0" source="q85" dest="q79" />
62 <link type="Objects::AMC::Link" name="e85-87" probability="0.33"
    ↳ intensity="0.19" deviation="0.0" source="q85" dest="q87" />
63 <link type="Objects::AMC::Link" name="e87-89" probability="1"
    ↳ intensity="3.07" deviation="0.0" source="q87" dest="q89" />
64 <link type="Objects::AMC::Link" name="e89-115" probability="0.33"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q89" dest="q115" />
65 <link type="Objects::AMC::Link" name="e89-117" probability="0.33"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q89" dest="q117" />
66 <link type="Objects::AMC::Link" name="e89-119" probability="0.33"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q89" dest="q119" />
67 <link type="Objects::AMC::Link" name="e115-77" probability="1"
    ↳ intensity="8.38" deviation="0.0" source="q115" dest="q77" />
68 <link type="Objects::AMC::Link" name="e117-77" probability="1"
    ↳ intensity="8.66" deviation="0.0" source="q117" dest="q77" />
69 <link type="Objects::AMC::Link" name="e119-34" probability="1"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q119" dest="q34" />
70 <link type="Objects::AMC::Link" name="e34-36" probability="1"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q34" dest="q36" />
71 <link type="Objects::AMC::Link" name="e36-38" probability="1"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q36" dest="q38" />
72 <link type="Objects::AMC::Link" name="e38-36" probability="0.66"
    ↳ intensity="0.14" deviation="0.0" source="q38" dest="q36" />
73 <link type="Objects::AMC::Link" name="e38-40" probability="0.33"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q38" dest="q40" />
74 <link type="Objects::AMC::Link" name="e40-42" probability="1"
    ↳ intensity="0.28" deviation="0.0" source="q40" dest="q42" />
75 <link type="Objects::AMC::Link" name="e42-121" probability="1"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q42" dest="q121" />
76 <link type="Objects::AMC::Link" name="e121-133" probability="1"
    ↳ intensity="0.0" deviation="0.0" source="q121" dest="q133" />
77 </model>

```