

Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики

Кафедра «Компьютерные технологии»

Д. И. Елкин

**Отчет по лабораторной работе
«Построение управляющих автоматов
с помощью генетических алгоритмов»**

Вариант № 17

Санкт-Петербург
2009

Оглавление

Введение	3
1. Постановка задачи.....	4
1.1. Автомат Мили	4
1.2. Задача об «Умном муравье - 3»	4
2. Реализация.....	5
2.1. Описание используемого представления автоматов	5
2.2. Описание метода скрещивания.....	7
2.3. Описание метода мутации	7
2.4. Описание метода генерации очередного поколения	7
2.5. Описание способа вычисления функции приспособленности.....	7
3. Результаты работы модуля	7
3.1. Графики функции приспособленности	7
3.2. Таблица переходов полученного автомата	9
Заключение	18
Источники.....	18

Введение

Цель лабораторной работы – изучение генетических алгоритмов для построения систем конечных автоматов. Рассматривается построение системы из двух вложенных автоматов Мили, решающей задачу об «Умном муравье - 3».

Для выполнения задания необходимо создать для виртуальной лаборатории модуль, который бы решал поставленную задачу и удовлетворял требованиям, описанным в работе [1].

1. Постановка задачи

Построить с помощью генетических алгоритмов систему автомат Мили (глава 1.1), решающий задачу об «Умном муравье – 3» (глава 1.2). Использовать представление автомата с помощью битовых строк. Способ скрещивания выбрать самостоятельно. Использовать клеточный генетический алгоритм для генерации очередного поколения.

1.1. Автомат Мили

Автомат Мили – конечный автомат, генерирующий свои выходные действия в зависимости от текущего состояния и входного воздействия.

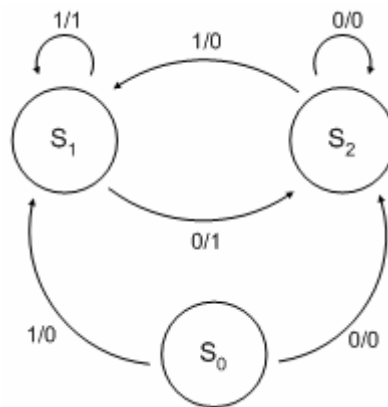


Рис. 1. Пример диаграммы переходов автомата Мили из трех состояний

Как видно из приведенной диаграммы, над каждой дугой расположена пара значений: входное и выходное воздействия, причем последнее зависит не только от состояния, в котором находится автомат, но и от значения входного воздействия [2].

1.2. Задача об «Умном муравье-3»

В задаче об «Умном муравье-3» рассматривается поле, располагающееся на поверхности тора и имеющее размер 32 на 32 клетки. Каждая клетка поля с некоторой, заранее определенной, вероятностью содержит яблоко.

Муравей видит восемь клеток перед собой (рис. 2) и может выполнять одно из следующих действий:

- повернуть налево;
- повернуть направо;
- сделать шаг вперед, и если в новой клетке есть яблоко, то съесть его;
- ничего не делать.

Видимые клетки поля представлены в виде одномерного битового массива `visible[8]`. Если в клетке есть яблоко, то значение соответствующего элемента массива `visible` равно `true(1)`, в противном случае – `false(0)`. Битовый массив `visible[8]` используется в качестве двоичного представления номера входного воздействия и переводится в десятичную систему исчисления с помощью алгоритм (листинг 1). После выполнения цикла `for` значение переменной `index` будет равно номеру входного воздействия.

Каждый переход кодируется десятью битами (рис. 5).

10100100 01

новое состояние
действие

Рис. 5. Представление перехода в виде битовой строки

Первые восемь бит являются двоичным представлением номера нового состояния (от 0 до 255). Состояния конечного автомата нумеруются, начиная с единицы. Нулевое значение, а так же значение большее, чем число состояний, означает, что перехода для данного входящего воздействия нет.

Кодирование последних двух бит приведено в таблице.

Таблица. Кодирование двух последних бит

Код действия	Расшифровка
00	Ничего не делать
01	Поворот влево
10	Шаг вперед
11	Поворот вправо

2.2. Описание метода скрещивания

Для скрещивания двух автоматов применяется классический оператор одноточечного кроссовера (*1-point crossover*): для родительских хромосом случайным образом выбирается точка раздела, и они обмениваются отсеченными частями [3, 4]. Полученные две строки являются потомками (рис. 6).

$$\begin{array}{l} 10110\ 01010010 \\ 10101\ 10101010 \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} 10101\ 01010010 \\ 10110\ 10101010 \end{array}$$

Рис. 6. Одноточечный кроссовер

2.3. Описание метода мутации

При мутации в каждом переходе номер нового состояния и действие изменяется на произвольное с вероятностью один процент [3, 4].

2.4. Описание метода генерации очередного поколения

Для генерации очередного поколения используется клеточный генетический алгоритм, который заключается в следующем. Каждый муравей может взаимодействовать только со своими четырьмя соседями. Среди соседей выбирается лучшая особь, с ней и происходит скрещивание. Среди получившихся двух детей также выбирается лучшая особь (либо, если родительская особь в данной клетке была лучше детей, оставляется она).

2.5. Описание способа вычисления функции приспособленности

Функция приспособленности f вычисляется по следующей формуле:

$$f = \frac{\sum_{i=1}^k a_i}{k},$$

где k – число запусков муравья, a_i – число съеденных яблок на i -ой попытке.

3. Результаты работы модуля

3.1. Графики функции приспособленности

На рис. 7 приведен график максимального значения функции приспособленности.

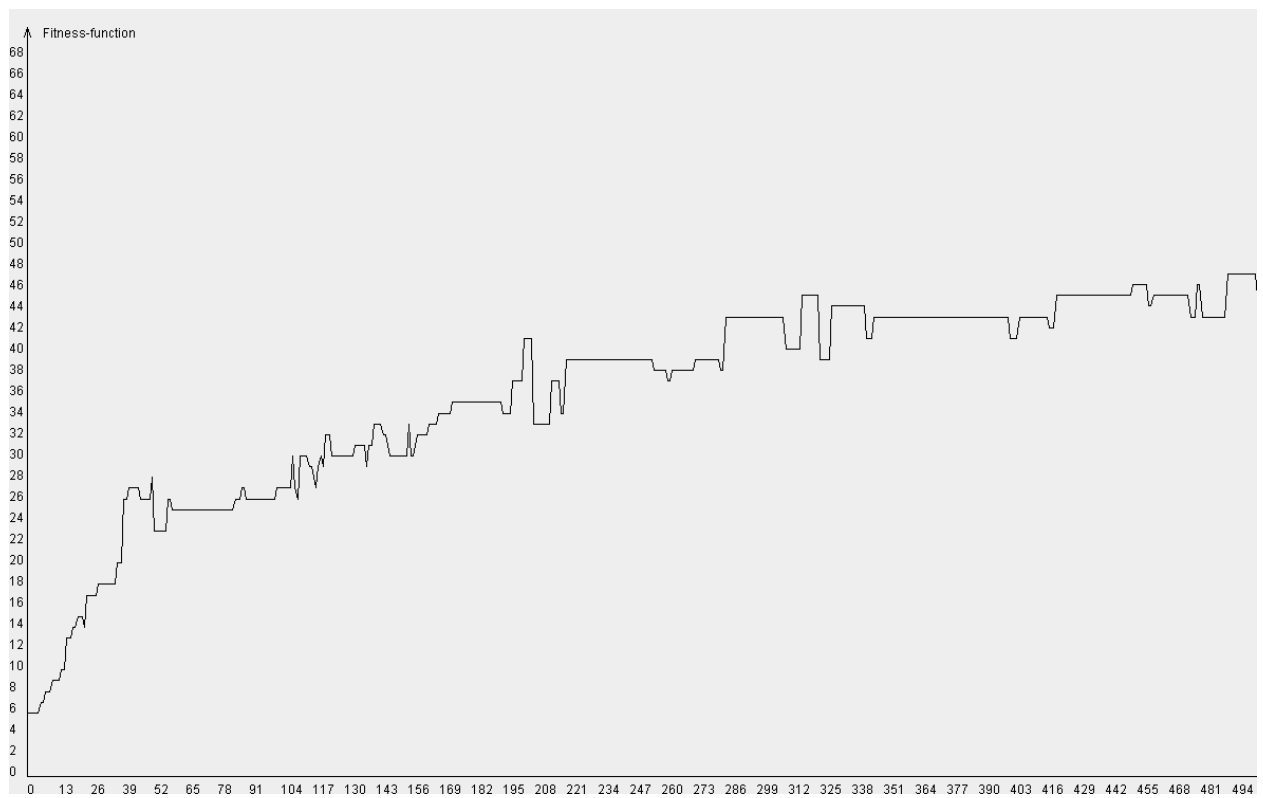


Рис. 7. График максимального значения функции приспособленности

На рис. 8 приведен график среднего значения функции приспособленности.

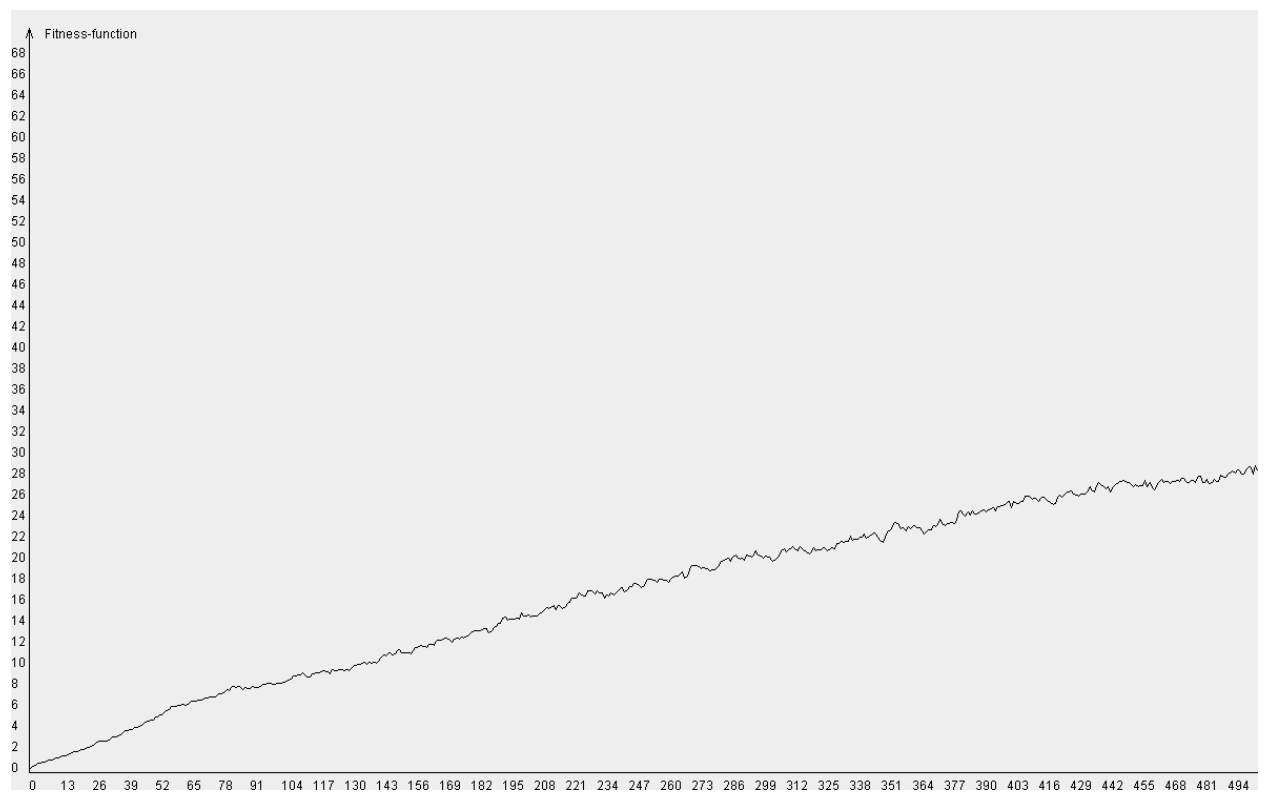


Рис. 8. График среднего значения функции приспособленности

3.2. Таблица переходов полученного автомата

Полученная система двух конечных автоматов представлена ниже в виде таблицы переходов (листинг 2). По горизонтали расположены сначала состояния внешнего автомата, а потом внутреннего (вложенного). По вертикали расположены входные воздействия.

Переход записан в следующей форме: [`<новое состояние>; <действие>`]. Пустая клетка означает, что перехода нет.

Листинг 2. Таблица переходов полученной системы автоматов

	0	1	2	3	4
0	[2; R]	[1; M]	[2; M]	[1; R]	[2; M]
1	[0; R]	[0; M]	[2; M]	[1; M]	[3; M]
2	[1; M]	[2; L]	[1; M]	[3; M]	[0; R]
3	[1; M]	[1; M]	[0; M]	[2; L]	[0; M]
4	[1; M]	[3; R]	[3; R]	[0; L]	[3; L]
5	[2; M]	[2; L]	[2; M]	[4; R]	[2; R]
6	[0; R]	[3; M]	[1; M]	[2; L]	[1; L]
7	[1; R]		[3; L]	[4; L]	[1; L]
8	[4; M]	[2; R]	[0; R]	[2; R]	[1; M]
9	[4; M]	[1; M]	[0; M]	[0; M]	
10	[0; M]	[2; L]	[0; L]		[1; R]
11	[2; M]	[4; R]	[4; R]	[4; L]	[3; L]
12	[2; M]	[0; L]	[4; R]	[0; L]	[3; L]
13		[0; L]	[4; L]	[3; R]	[1; R]
14	[4; M]	[4; M]	[0; L]	[2; L]	
15		[0; L]	[4; R]	[4; L]	[3; L]
16	[2; L]	[0; L]	[0; L]	[3; L]	[1; L]
17	[1; M]	[1; R]	[2; M]	[0; R]	[4; L]
18	[3; L]	[1; M]	[1; R]	[2; M]	[4; R]
19		[1; M]	[3; R]	[2; M]	[2; L]
20	[3; M]	[1; M]	[2; L]		[4; L]
21		[1; R]	[0; R]		[1; M]

22		[4; L]	[0; R]	[4; M]	
23	[1; L]		[1; R]		[2; L]
24	[3; R]	[4; M]	[2; R]	[2; L]	[4; L]
25	[1; R]	[4; R]	[2; L]		[1; R]
26	[3; R]	[1; R]	[4; L]	[1; R]	[3; R]
27		[2; R]	[1; M]	[3; M]	[2; L]
28	[2; M]	[0; M]	[0; R]	[0; R]	[3; L]
29	[4; R]		[1; M]	[4; R]	[0; R]
30	[0; M]	[1; L]	[4; M]	[0; R]	[0; L]
31	[1; M]	[4; L]	[1; L]	[4; M]	
32	[3; R]	[2; M]	[0; L]	[4; R]	[2; L]
33	[4; L]	[1; L]	[3; L]	[1; M]	[3; R]
34		[0; L]	[3; M]	[1; L]	[0; L]
35	[1; L]	[1; R]	[4; M]	[4; R]	[1; R]
36	[3; M]	[3; L]	[3; L]	[1; R]	[0; R]
37			[4; M]	[2; L]	[0; R]
38			[3; R]	[1; M]	[1; M]
39		[0; R]		[3; L]	[4; R]
40	[3; L]		[2; R]	[0; M]	[1; L]
41	[1; R]	[1; M]	[2; M]	[3; L]	
42	[0; R]	[2; M]	[2; M]	[2; R]	[0; M]
43	[3; R]	[3; M]	[2; L]	[2; M]	[1; M]
44	[4; L]				[0; R]
45	[2; R]	[0; M]	[3; R]	[3; R]	[1; L]
46	[3; M]	[3; M]	[3; R]	[2; L]	[1; R]
47			[4; R]	[0; R]	[4; M]
48	[0; R]	[1; M]	[0; L]	[1; M]	
49	[0; M]	[3; M]		[2; M]	
50	[0; R]	[1; M]		[1; L]	[0; L]
51	[1; L]	[4; R]	[4; R]		

52	[2; R]	[3; M]	[0; M]	[1; M]	[0; M]
53	[1; L]	[2; R]	[1; L]	[1; L]	[0; R]
54	[2; R]	[4; M]	[3; L]	[0; R]	[0; R]
55	[2; R]	[2; M]	[1; R]		[4; R]
56		[2; R]	[0; L]	[3; L]	[0; L]
57	[1; M]	[0; M]		[1; R]	[4; R]
58	[1; L]	[1; L]	[4; R]	[2; M]	[3; L]
59		[3; L]	[2; R]	[4; R]	[4; R]
60	[2; L]	[1; L]	[4; L]	[2; R]	[2; M]
61	[4; M]	[4; L]		[0; R]	[1; L]
62	[4; M]	[0; L]	[3; M]		[0; R]
63	[2; L]		[3; R]		[3; L]
64	[4; M]	[0; L]	[4; R]	[3; L]	[4; R]
65	[3; M]	[2; M]	[4; R]	[1; M]	[3; L]
66	[3; M]	[0; M]	[4; M]	[1; L]	[2; L]
67	[4; R]	[1; L]	[1; M]		[2; M]
68	[1; L]	[2; R]	[0; M]	[0; R]	[1; M]
69	[4; M]	[1; M]	[4; L]	[0; R]	[2; M]
70	[0; L]	[1; M]	[0; R]	[2; M]	[4; L]
71	[0; R]		[0; R]	[3; L]	[3; M]
72	[0; L]		[3; M]	[0; M]	[1; L]
73	[0; M]	[4; M]	[1; R]	[0; L]	
74	[3; L]	[4; L]	[2; L]	[4; R]	[0; L]
75		[3; R]	[2; R]	[0; L]	[2; R]
76	[3; L]	[0; R]	[4; L]	[2; M]	[4; L]
77	[1; R]	[1; R]	[0; M]		[3; M]
78		[0; R]	[0; M]	[4; R]	[4; M]
79	[0; M]	[2; L]	[0; R]	[3; M]	
80	[1; L]	[4; R]	[1; M]	[0; L]	[1; R]
81	[4; R]		[2; R]	[3; L]	[4; M]

82	[1; L]	[4; R]	[3; L]		[1; L]
83	[1; L]	[0; M]		[2; M]	[2; L]
84		[2; L]		[0; L]	[1; M]
85		[4; M]	[3; L]	[2; R]	[4; M]
86	[0; L]	[2; L]	[0; L]	[4; R]	[3; R]
87	[1; R]	[3; R]	[2; R]	[4; R]	[1; R]
88		[1; L]	[0; L]	[1; M]	[4; M]
89	[4; L]	[2; R]		[2; R]	[2; R]
90	[2; L]	[0; R]	[1; L]	[3; L]	
91	[2; R]	[2; R]	[4; R]	[3; R]	[3; M]
92	[4; M]	[4; M]		[1; L]	[1; M]
93	[3; M]	[0; M]	[4; R]	[4; L]	[0; M]
94	[3; R]	[2; M]	[1; R]		[2; R]
95	[2; L]	[1; R]		[0; L]	
96	[1; R]	[1; R]	[1; M]	[2; R]	[4; R]
97	[1; R]	[2; L]	[1; M]	[1; M]	[0; L]
98	[0; R]	[3; L]	[1; R]	[1; L]	[4; R]
99	[0; R]	[1; M]		[1; R]	[4; R]
100	[0; L]	[1; R]	[1; R]	[1; L]	[3; L]
101	[1; L]	[1; R]	[0; M]	[0; M]	[0; R]
102	[1; L]	[4; R]	[3; M]	[2; L]	[4; M]
103	[2; R]			[0; M]	[2; R]
104	[1; L]	[1; L]		[3; L]	[0; R]
105	[4; M]	[2; L]	[0; R]		[0; L]
106		[3; R]	[0; M]		[2; R]
107	[3; M]	[3; M]	[0; R]	[3; M]	[1; R]
108	[1; M]	[1; M]	[2; R]	[0; R]	[4; L]
109	[2; L]	[4; L]	[3; R]		[4; M]
110	[3; R]	[2; M]		[1; R]	[0; R]
111	[2; M]			[2; L]	

112		[0; M]		[2; M]	[1; R]
113	[3; L]	[0; L]	[2; R]	[0; L]	[3; L]
114	[3; M]	[1; M]	[1; R]	[1; L]	[4; M]
115	[4; L]	[1; R]	[0; R]		[4; M]
116	[1; L]	[1; R]	[0; M]	[0; R]	[2; L]
117		[2; L]	[2; R]	[3; L]	[0; R]
118	[1; L]	[3; L]	[4; L]	[0; L]	[2; L]
119	[1; R]		[1; L]	[3; R]	[4; M]
120	[0; M]	[1; M]	[3; M]	[3; L]	[0; R]
121	[2; R]		[3; L]	[4; M]	[0; L]
122	[3; L]	[2; L]	[4; M]	[4; L]	[1; L]
123	[0; M]		[1; M]		[2; R]
124	[0; L]	[1; M]		[3; L]	
125	[3; R]	[4; L]		[4; M]	[1; R]
126	[1; R]	[4; M]	[1; L]		[2; R]
127	[2; M]	[0; M]	[4; L]	[1; L]	
128	[1; M]	[0; M]	[2; M]	[2; L]	[0; M]
129	[3; M]	[1; M]	[3; R]	[1; M]	[1; M]
130	[2; M]	[3; M]	[3; L]	[4; L]	[1; L]
131		[2; L]	[2; L]	[1; R]	[1; R]
132	[4; L]	[4; L]	[1; L]	[2; R]	[0; M]
133	[3; R]			[2; R]	[1; R]
134	[1; L]	[3; R]	[4; L]	[2; L]	[0; M]
135	[3; M]	[2; L]	[4; M]	[2; M]	[2; L]
136	[4; R]	[1; R]	[1; M]	[4; M]	[2; M]
137		[3; L]		[3; L]	[1; M]
138	[0; L]	[1; M]	[0; L]	[4; R]	[2; L]
139	[2; L]	[2; M]	[2; R]	[4; L]	[4; L]
140	[0; M]	[0; L]	[0; R]	[0; R]	[2; M]
141	[4; M]		[0; L]	[1; R]	[3; M]

142	[0; M]	[3; L]		[3; R]	[4; L]
143	[4; M]	[0; M]	[2; M]	[1; L]	[4; M]
144	[1; R]	[2; L]	[2; M]	[2; L]	[1; M]
145	[1; M]	[3; L]	[4; R]		[3; M]
146	[2; L]		[3; R]	[3; L]	[1; L]
147		[1; R]			[3; M]
148	[4; L]	[4; R]	[2; R]	[1; R]	[1; R]
149	[0; M]	[4; L]	[3; R]	[4; R]	[3; R]
150		[1; R]	[4; M]	[0; M]	[3; L]
151	[4; R]	[1; M]	[4; M]	[3; R]	[0; M]
152	[3; M]	[3; M]	[1; L]	[3; R]	[4; R]
153	[4; M]		[3; R]	[1; R]	[4; L]
154		[0; M]	[1; R]	[1; L]	
155	[4; R]				[1; M]
156	[1; R]			[2; M]	[3; M]
157		[3; M]	[4; M]	[2; M]	
158	[4; R]		[0; M]	[2; R]	[3; R]
159		[0; R]		[4; M]	[3; R]
160	[3; L]	[4; L]	[1; L]	[4; R]	
161	[0; M]		[3; R]	[0; L]	[1; R]
162		[3; R]	[4; L]		[2; R]
163	[1; L]		[0; M]		[1; L]
164		[3; L]	[3; R]	[3; R]	[3; R]
165	[3; L]	[0; R]	[3; M]	[0; L]	[1; R]
166	[1; R]	[1; M]	[0; R]	[0; M]	
167	[3; L]	[0; M]	[2; M]	[1; L]	
168	[3; R]		[0; R]	[3; M]	[0; L]
169	[4; R]		[3; L]		[4; R]
170	[3; L]		[2; L]		[1; L]
171	[0; L]	[1; M]	[1; M]	[0; L]	[3; R]

172	[0; L]		[3; M]		[2; R]
173	[4; R]	[1; R]	[4; M]	[2; L]	
174	[0; M]	[4; M]	[4; M]	[3; R]	[0; L]
175	[1; L]	[4; M]	[0; M]	[1; M]	[3; L]
176	[1; L]	[1; L]	[1; L]	[0; L]	[1; M]
177	[3; R]	[3; L]	[1; M]	[3; M]	[0; R]
178	[4; R]	[0; L]	[0; M]	[4; R]	[1; M]
179	[4; M]	[4; M]	[3; R]	[3; L]	
180	[0; R]	[3; L]	[2; L]	[0; R]	[1; R]
181	[0; R]			[1; R]	[1; M]
182	[4; M]			[0; L]	[2; M]
183	[1; R]	[4; R]	[0; R]	[2; L]	[3; M]
184		[0; M]	[3; M]		[4; M]
185	[2; R]	[3; R]		[2; M]	[2; R]
186	[2; M]	[1; R]			[1; L]
187	[1; R]	[0; L]	[0; R]		[2; L]
188	[2; R]	[4; R]	[3; R]		[4; L]
189	[2; L]	[4; M]		[2; M]	[1; R]
190	[0; L]	[0; R]	[2; L]		[3; L]
191	[3; R]	[2; R]	[2; L]	[1; M]	[4; R]
192	[4; M]	[4; L]	[4; R]	[1; R]	[4; L]
193	[3; M]	[2; L]	[3; R]	[1; L]	[4; M]
194	[2; L]	[1; R]	[1; L]	[1; R]	[4; R]
195	[0; R]	[2; R]		[3; M]	
196	[4; M]	[4; L]	[4; R]		
197		[2; L]	[2; M]	[1; R]	[3; M]
198	[0; L]	[1; M]		[0; M]	[0; R]
199	[0; M]		[4; L]	[1; L]	[1; R]
200	[2; M]	[1; R]	[2; L]	[0; M]	
201		[2; L]	[1; M]		[3; L]

202	[2; R]	[1; L]	[2; M]	[3; R]	[0; L]
203	[4; L]	[0; M]	[3; M]	[1; L]	[0; L]
204	[3; R]		[4; M]	[2; L]	
205		[3; R]	[2; L]	[2; L]	[1; L]
206	[2; M]	[4; R]	[4; M]		[4; L]
207	[1; R]		[3; R]	[3; M]	[0; R]
208	[3; M]	[2; M]	[4; L]	[1; L]	
209	[4; R]			[4; L]	
210		[3; L]	[1; M]	[2; L]	[0; M]
211	[0; R]	[4; R]	[4; L]	[0; L]	[2; L]
212	[3; L]	[0; L]	[1; L]	[2; L]	[0; R]
213	[1; M]	[1; R]	[3; M]		[3; M]
214	[4; L]	[1; M]	[1; M]		[1; L]
215	[4; M]	[1; M]	[4; R]	[3; L]	[2; R]
216	[4; L]	[3; M]	[1; M]	[3; L]	[4; L]
217		[4; R]	[0; M]	[1; M]	[0; M]
218			[3; M]	[4; M]	[0; M]
219	[4; L]	[4; R]	[0; M]	[0; M]	[1; L]
220	[2; M]	[3; L]	[4; R]		[4; M]
221	[0; R]	[3; L]	[0; M]	[1; R]	[0; L]
222	[3; M]	[4; L]	[4; L]	[1; R]	[3; M]
223	[2; L]		[4; M]	[4; L]	[2; R]
224	[2; L]	[2; R]	[1; R]	[0; M]	[1; R]
225	[0; M]	[3; L]	[4; L]	[4; R]	[4; M]
226	[3; M]	[3; L]	[2; R]	[3; M]	
227	[1; R]	[2; M]	[4; R]		[3; R]
228	[0; R]	[1; L]		[3; M]	[3; R]
229	[1; R]	[2; R]	[4; M]	[2; R]	
230	[2; L]	[2; M]	[0; M]	[3; M]	[2; L]
231	[3; R]	[1; R]	[2; M]	[4; L]	[2; R]

232	[4; L]	[3; M]		[4; R]	[3; M]
233	[0; L]			[1; R]	[2; L]
234	[2; M]	[4; L]		[2; R]	[4; R]
235		[1; L]	[4; M]	[1; R]	[1; R]
236	[2; M]	[3; L]	[0; R]	[0; L]	[4; R]
237	[0; M]	[3; L]	[1; M]	[0; R]	[4; R]
238	[4; R]	[4; R]		[4; L]	[2; M]
239	[2; M]	[0; M]	[3; R]	[0; M]	[3; R]
240	[4; L]	[3; R]	[2; R]	[4; L]	
241			[4; M]	[1; R]	
242	[4; R]	[2; R]	[0; R]	[3; R]	[2; M]
243		[2; L]	[0; L]	[1; R]	[4; M]
244	[1; L]	[0; R]	[1; R]		[0; R]
245	[4; R]	[0; R]	[2; L]	[2; R]	[0; L]
246	[1; R]	[2; R]	[4; L]	[1; R]	[0; L]
247	[0; R]	[4; L]	[0; M]	[0; R]	[1; L]
248	[1; M]	[3; M]	[3; R]	[2; L]	[3; M]
249	[0; L]	[2; R]	[3; M]	[3; L]	[2; L]
250	[2; R]		[2; M]	[0; M]	[0; M]
251	[0; R]	[1; L]	[4; R]	[1; M]	[4; M]
252	[0; R]	[2; R]	[4; L]	[2; L]	[2; R]
253	[1; M]		[2; R]	[4; L]	
254		[0; M]		[0; L]	[2; M]
255	[4; R]	[1; M]		[3; L]	[0; M]

Заключение

В результате лабораторной работы с помощью клеточного генетического алгоритма был получен конечный автомат Мили, управляющий муравьем. Полученные результаты:

- максимальное значение функции приспособленности: 41;
- среднее значение функции приспособленности: 27.

Поскольку вероятность появления еды в клетке равна 0.05, то ожидаемое общее число клеток, занятых едой, составляет 51. Графики показывают, что был получен муравей, съедающий половину еды на поле, что является хорошим результатом.

Источники

1. Инструкция по созданию plugin'ов к виртуальной лаборатории.
http://svn2.assembla.com/svn/not_instrumental_tool/docs/pdf/interface_manual.pdf
2. Классификация абстрактных автоматов.
http://ru.wikipedia.org/wiki/классификация_абстрактных_автоматов
3. <http://is.ifmo.ru/genalg/>
4. Генетические алгоритмы. <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/unsorted/genetic-2005>
5. *Давыдов А. А., Соколов Д. О., Царев Ф. Н., Шалыто А. А.* Применение островного генетического алгоритма для построения автоматов Мура и систем взаимодействующих автоматов Мили на примере задачи об умном муравье / Сборник докладов XI международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2008). СПб.: СПбГЭТУ. 2008, с. 266-270.
http://is.ifmo.ru/genalg/_scm2008_sokolov.pdf