

Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики
Кафедра «Компьютерные технологии»

Е. В. Панченко

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

Вариант № 11

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.....	6
2.3. Описание метода мутации.....	6
2.4. Описание метода генерации очередного поколения.....	6
2.5. Корректировка автомата после скрещивания или мутации	6
2.5. Описание способа вычисления функции приспособленности	6
3. Результаты работы модуля.....	6
3.1. Графики функции приспособленности.....	6
3.2. Таблица переходов полученного автомата.....	8
Заключение	14
Источники	14

Введение

Цель лабораторной работы – изучение генетических алгоритмов для построения конечных автоматов. Рассматривается построение конечного автомата Мили, решающего 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 конечный автомат Мили (разд. 1.1), решающий задачу об «Умном муравье – 3» (разд. 1.2).

Использовать представление автоматов с помощью битовых строк. Способ скрещивания выбрать самостоятельно. Использовать островной генетический алгоритм и элитизм для генерации очередного поколения.

1.1. Автомат Мили

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

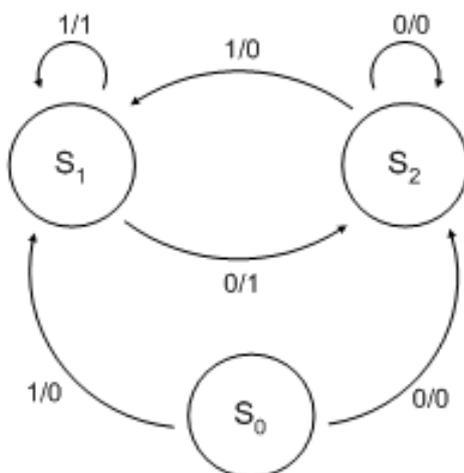


Рис. 1. Пример диаграммы переходов автомата Мили из трех состояний

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.

образом выбирается точка раздела, и они обмениваются отсеченными частями [3]. Полученные две строки являются потомками (рис. 5).

```
10110 01010010 => 10101 01010010
10101 10101010 => 10110 10101010
```

Рис. 5. Одноточечный кроссовер

После совершения кроссовера проводится корректировка полученных состояний в дочерних хромосомах.

2.4. Описание метода мутации

При мутации инвертируется случайный бит. После инверсии совершается корректировка измененного перехода. При мутации в каждом переходе номер нового состояния и действие изменяется на произвольное с вероятностью один процент [3].

2.5. Корректировка автомата после скрещивания или мутации

После совершения скрещивания или мутации переход, в котором произошла мутация или находилась точка кроссовера может оказаться невалидным. В таком случае мы заменяем его на случайный существующий.

2.6. Описание метода генерации очередного поколения

Для генерации очередного поколения используется островной генетический алгоритм и элитизм.

Островная модель (island model) – модель параллельного генетического алгоритма. Она заключается в следующем: имеется 6000 особей. Разобьем их на 30 подпопуляций по 200 особей. Каждая из них будет развиваться отдельно с помощью произвольного генетического алгоритма. Изредка (например, каждые пять поколений) острова будут обмениваться несколькими хорошими особями (миграция) [3].

Элитизм – стратегия формирования нового поколения, которая заключается в следующем: в новое поколение обязательно включается заданное число (например, один процент от общего числа особей) лучших особей предыдущего поколения [3].

2.7. Описание способа вычисления функции приспособленности

Функция приспособленности f вычисляется по следующей формуле:

$$f = (\sum_i a_i) / k,$$

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. 6 приведен график максимального значения функции приспособленности.

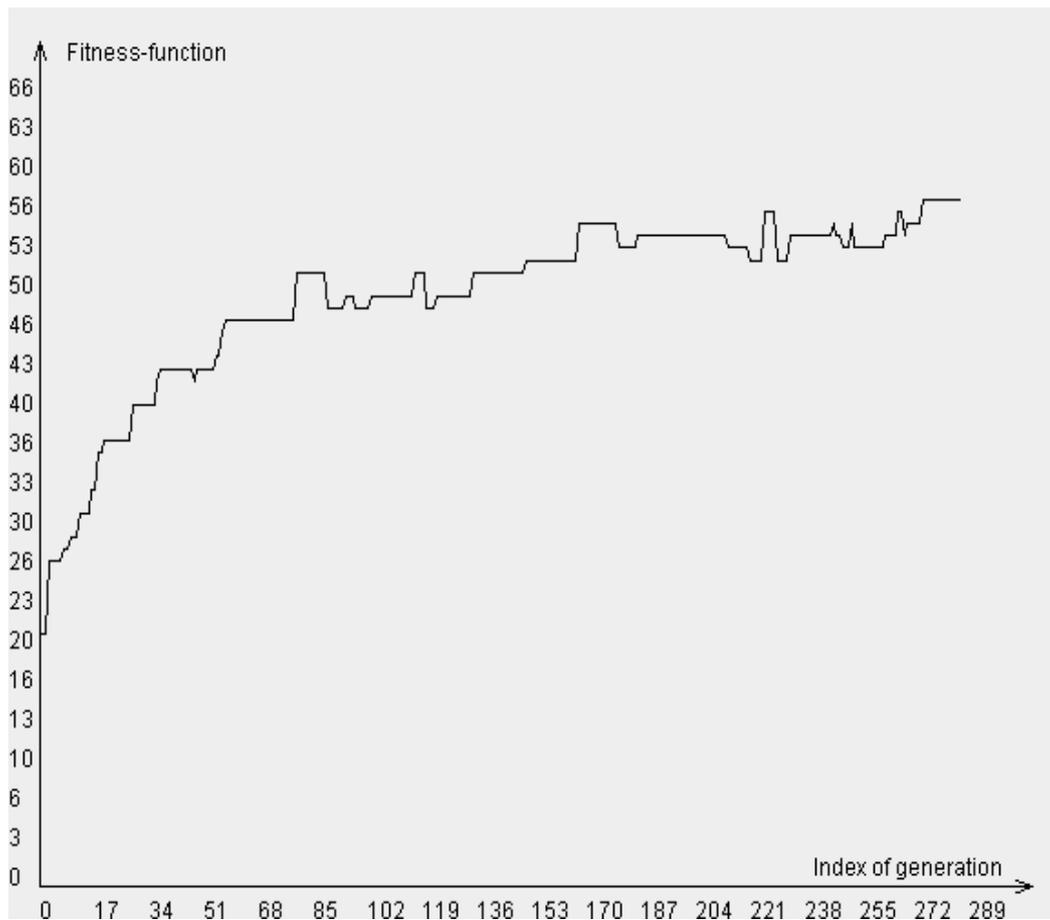


Рис. 6. График максимального значения функции приспособленности

На рис. 7 приведен график среднего значения функции приспособленности.

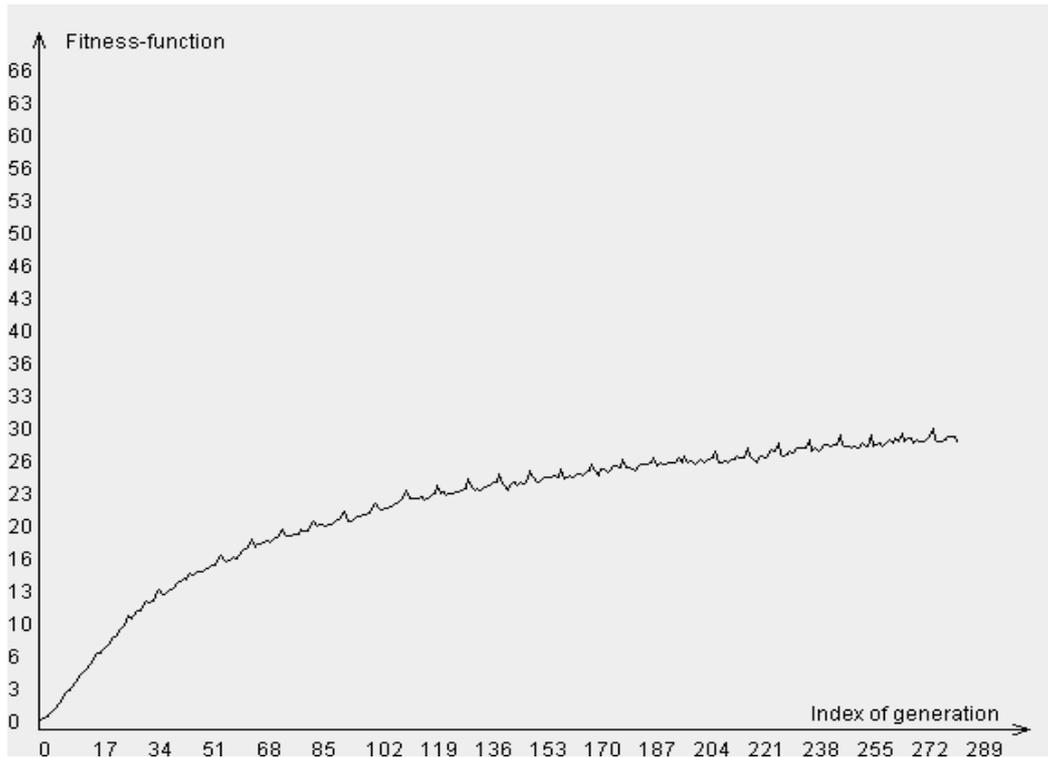


Рис. 7. График среднего значения функции приспособленности

3.2. Таблица переходов полученного автомата

Полученный автомат представлен ниже в виде таблицы переходов. По горизонтали расположены состояния автомата. По вертикали расположены входные воздействия. Переход записан в следующей форме: (<новое состояние>, <действие>). Запись --- означает, что перехода нет. Действие может принимать одно из следующих значений:

1. L – поворот налево;
2. M – шаг вперед;
3. R – поворот направо.

Автомат:

1. Начальное состояние – 1;
2. Число состояний – 5.

Число съедаемых яблок – 45.

Таблица переходов полученного автомата приведена ниже:

	0	1	2	3	4
0	(3, M)	(2, L)	(1, M)	(3, M)	(0, R)
1	(1, R)	(3, M)	(1, M)	(1, L)	(2, M)
2	---	(4, M)	(3, L)	(0, M)	--- (0, M)
3	(0, R)	(2, M)	(4, R)	---	(4, M)
4	(1, R)	(1, R)	(2, L)	(3, L)	(4, R)
5	(2, M)	(2, M)	(0, M)	(1, M)	(2, R)
6	(4, L)	---	(3, L)	(2, L)	(1, R)
7	(1, M)	(0, R)	(1, R)	(4, L)	(2, M)

8 (4, L) --- (2, R) (4, L) (0, M)
9 (4, R) (1, R) --- (1, M) (3, M)
10 (1, L) (0, R) (2, M) --- (0, L)
11 (0, M) (4, R) (3, R) (2, M) (2, R)
12 --- (3, L) --- (0, L) (3, R)
13 (3, R) (0, L) --- (3, R) (1, M)
14 (2, M) (0, R) --- (4, L) (2, M)
15 --- (3, L) (1, L) (0, M) (0, L)
16 --- (1, M) (4, L) --- (3, L)
17 (2, L) (2, R) (4, L) (4, M) (3, L)
18 (0, R) (3, L) (1, M) (0, L) (2, M)
19 (1, M) --- (2, R) (0, R) (4, L)
20 (2, R) (0, R) (3, M) --- (2, L)
21 (2, R) (2, M) (2, M) (1, M) ---
22 --- (1, R) (0, M) (0, L) (1, L)
23 (3, R) (4, L) --- --- (4, L)
24 (0, M) (2, R) (1, M) (2, M) (4, R)
25 (1, R) (2, R) (3, L) (0, M) ---
26 (0, M) (4, M) (1, R) (4, M) (4, R)
27 --- (1, M) (2, L) (4, L) (3, L)
28 --- --- (0, L) (1, L) (0, L)
29 (1, M) (1, R) (0, M) (1, L) ---
30 --- (0, R) (3, R) (0, L) (0, M)
31 (2, M) (1, M) (4, M) (3, M) (3, M)
32 (3, L) (1, L) (1, R) (1, L) (3, L)
33 (3, M) (4, R) (4, R) (0, M) (1, M)
34 (4, R) (1, L) (3, L) (4, M) (3, L)
35 (0, L) (1, L) (2, M) (1, L) (3, R)
36 (2, R) (4, L) (1, R) --- (1, M)
37 --- (4, R) (0, L) (1, L) (1, M)
38 (0, L) --- --- (1, L) ---
39 --- (2, L) (3, L) (4, L) (2, R)
40 (1, R) (0, L) --- --- ---
41 (2, R) (1, L) (2, M) (1, M) (4, R)
42 (3, R) (0, M) --- (1, R) (1, R)
43 (4, M) (1, L) (3, M) (3, L) (3, L)
44 --- (1, M) (1, L) (0, L) ---
45 (2, R) (1, R) (0, R) (4, L) (4, L)
46 (2, M) (2, M) (2, R) (4, R) (2, M)
47 (3, L) (4, R) (4, M) (3, R) (1, R)
48 (0, R) (3, L) (1, L) (3, L) ---
49 --- (4, L) (0, L) (2, L) (2, L)
50 (1, R) (4, L) (4, R) (0, M) ---
51 --- (4, L) (2, M) (0, M) (0, R)
52 --- (4, M) --- (1, M) ---
53 --- (4, L) (2, R) (3, R) ---
54 (2, L) (2, L) (0, M) (1, L) (3, R)
55 (0, R) --- (2, L) --- (2, M)
56 --- (0, M) (0, R) (1, L) (3, M)
57 (1, L) (3, M) (0, M) (3, R) (4, L)
58 (0, M) (4, L) (4, M) (2, R) (1, M)

59 (0, L) (3, M) (3, M) (0, M) (0, L)
60 (1, L) (0, R) (4, R) (0, R) (4, R)
61 (4, R) (3, R) (3, M) (4, M) (4, L)
62 (1, M) (0, M) (3, R) (3, R) (2, L)
63 --- (3, L) (0, R) (3, M) ---
64 (2, M) --- (3, R) (3, M) (2, R)
65 (4, L) --- (0, R) (3, M) ---
66 (2, L) (2, R) (2, R) (3, M) (2, L)
67 (0, R) --- --- (4, M) (2, L)
68 --- (4, R) (0, R) (0, R) ---
69 (4, M) (3, M) (0, R) --- (4, L)
70 (0, M) (0, R) (3, R) (3, M) ---
71 (2, R) (1, R) (3, L) --- (0, L)
72 (0, L) (3, M) (2, M) (4, M) (2, R)
73 (2, R) (2, L) --- (2, L) ---
74 (3, M) (3, L) (4, M) (2, M) (2, M)
75 (2, M) (1, L) (1, M) (0, L) (2, M)
76 (2, M) (4, M) --- --- (0, M)
77 (1, R) (4, L) --- (3, L) (2, R)
78 (3, R) (1, L) (3, L) (3, R) (2, M)
79 (4, R) (0, L) (4, L) (0, L) ---
80 (3, M) --- --- --- (2, R)
81 --- (3, R) (1, L) (3, L) (1, M)
82 --- (2, M) (4, L) (3, M) (1, R)
83 (2, R) (0, R) (1, R) (1, R) (2, L)
84 (3, M) (2, L) (2, R) (2, M) (1, R)
85 (4, M) (2, L) --- (4, L) (4, R)
86 (2, R) (4, L) (3, M) (4, R) (4, M)
87 (1, L) --- (1, M) (0, M) (1, R)
88 (1, M) --- (1, R) (2, M) ---
89 --- (4, L) (0, M) --- (3, M)
90 (2, R) (2, M) (1, L) (4, M) (2, L)
91 (3, M) (4, R) --- --- ---
92 --- --- (0, L) (4, R) (1, R)
93 (3, M) (0, L) (4, R) --- (3, R)
94 (0, L) (4, M) (1, R) (1, R) (1, R)
95 --- (1, L) (4, R) (1, R) (1, L)
96 (4, M) (1, M) (1, L) (4, L) ---
97 (1, R) (3, R) (4, L) (3, R) (3, M)
98 (0, M) (4, L) --- (4, R) (0, M)
99 (1, R) --- (3, M) (2, M) (4, L)
100 (3, M) (3, M) (2, L) (2, L) (3, R)
101 (3, L) (1, L) (1, R) (1, L) (4, R)
102 (4, R) (2, L) --- (4, M) (4, M)
103 --- (0, L) --- (1, R) (3, M)
104 (2, M) (1, L) (1, M) --- (0, L)
105 (0, M) (0, L) --- (3, R) (1, L)
106 (2, L) (3, R) (0, L) (2, L) (3, L)
107 (2, L) (0, L) (0, L) (4, M) (3, M)
108 (1, M) --- (3, L) (3, L) (2, M)
109 (1, M) (0, M) (0, M) (1, M) (3, R)

110 (1, M) --- (0, M) (0, L) (0, L)
111 (2, M) (3, R) (2, R) (3, R) (0, M)
112 (0, M) (4, L) (1, L) (1, M) (2, M)
113 --- (1, L) (0, L) (3, L) (3, L)
114 (3, M) (3, M) (3, M) (4, L) (2, R)
115 (0, L) --- (4, R) (4, L) ---
116 (2, M) (0, L) (4, L) (4, R) (0, M)
117 (2, R) (1, R) (1, R) (4, M) (4, R)
118 --- (3, M) --- (0, M) (2, R)
119 --- (2, M) --- (1, R) (1, M)
120 (1, R) --- (2, L) (2, R) (0, R)
121 (1, R) (0, R) (1, R) (4, R) (1, L)
122 (4, R) --- --- (3, R) (1, R)
123 --- (1, M) (3, R) (4, M) (0, L)
124 (3, R) (4, M) (1, M) (4, R) (4, L)
125 (3, R) (1, M) (1, L) (3, L) (1, L)
126 (3, L) (0, R) (0, L) (1, L) ---
127 (4, L) (0, M) (4, R) --- (3, L)
128 (1, L) (4, M) (0, L) (1, M) (3, M)
129 (0, M) (0, R) (0, M) (0, R) (4, M)
130 (2, M) --- --- (3, M) (4, L)
131 (4, L) (2, M) (3, L) (4, R) ---
132 (1, R) (3, M) (1, M) --- (4, L)
133 (1, M) (1, M) (4, M) (1, R) ---
134 (4, R) (0, M) (0, M) --- (3, M)
135 (4, R) (0, L) (0, L) (1, L) (2, R)
136 (1, M) (3, M) (2, L) (2, M) (3, R)
137 (2, M) (1, R) (2, L) (2, R) (4, L)
138 --- (4, R) (3, M) (0, M) ---
139 (2, M) (4, M) (4, R) (4, R) (2, L)
140 (4, L) --- (4, L) (0, R) (2, L)
141 (0, R) (0, M) (0, M) (1, L) (3, L)
142 (4, L) (2, L) (2, L) --- (2, M)
143 (2, M) (0, L) (2, M) (2, L) (3, M)
144 (1, L) --- (1, L) (3, L) ---
145 (0, M) (0, L) (3, R) (1, L) (1, R)
146 (3, M) --- (4, L) (3, L) (4, L)
147 (4, M) (2, M) (4, R) (3, R) ---
148 (4, L) (4, R) (0, M) --- (3, L)
149 (1, M) (2, L) (2, M) --- (0, M)
150 (0, R) (1, M) (1, L) (3, L) (3, L)
151 --- (4, M) (2, M) (2, L) (4, M)
152 --- (0, L) (3, R) (1, M) (2, M)
153 --- (0, R) (4, R) (4, M) (4, R)
154 (3, L) (3, R) (3, M) (4, L) (4, L)
155 (4, L) (2, L) --- (0, L) (3, L)
156 (3, M) (2, L) (0, M) (4, M) (4, R)
157 (2, R) (4, L) --- (4, L) ---
158 --- (1, R) --- --- (4, L)
159 (1, R) (2, M) --- (2, R) (1, M)
160 (4, M) (3, R) (4, M) (4, M) (2, M)

161 (3, L) (4, M) (2, R) (4, L) (4, M)
162 (3, M) (1, M) --- (0, L) (3, R)
163 --- (0, M) (4, R) --- (0, M)
164 (1, R) (2, L) --- --- (1, M)
165 (2, R) (2, L) (3, L) (4, M) (3, M)
166 --- (2, L) (3, R) (1, M) (1, M)
167 (2, M) (2, M) (1, R) (0, M) (2, M)
168 (3, R) (2, M) (1, L) --- ---
169 --- (0, M) --- (2, R) (1, L)
170 (2, M) (1, L) (0, R) (4, L) (1, L)
171 (0, R) (3, M) --- --- (4, M)
172 --- (0, M) (3, L) (3, M) ---
173 (2, L) (1, L) --- (4, L) (3, M)
174 (0, R) (0, R) (1, L) (4, M) (0, R)
175 (0, L) (1, R) (0, M) (2, M) (4, L)
176 --- --- --- (3, M) (3, L)
177 (1, M) (3, M) (1, M) (0, R) (3, L)
178 --- (0, R) --- --- (0, M)
179 (0, L) (0, R) (1, M) (3, R) (0, R)
180 (4, M) (4, L) --- (3, R) (3, M)
181 (1, L) (1, M) (0, R) --- (2, M)
182 (3, M) (2, M) --- --- (2, M)
183 (3, L) (3, R) --- (4, R) (4, L)
184 --- (0, R) (1, L) (2, R) (0, L)
185 (4, R) (1, L) --- (4, L) (2, M)
186 (3, R) (3, L) (0, L) (4, R) (1, L)
187 --- (1, M) (4, M) (4, M) (1, M)
188 (3, L) (3, L) (1, R) --- (1, L)
189 (2, R) (1, R) (1, L) (3, L) ---
190 --- --- (3, R) (2, R) (0, M)
191 (2, R) (1, M) (2, L) (3, M) ---
192 --- --- (1, M) (3, L) ---
193 (1, L) --- (3, L) (1, M) ---
194 (0, M) (0, M) (4, R) (1, M) (2, L)
195 (2, R) (4, L) (1, L) (3, R) (2, M)
196 (3, M) (1, M) (0, R) (0, L) (0, R)
197 (3, M) (4, R) (1, M) (4, R) (2, M)
198 (2, L) (4, L) (2, M) (1, R) (4, L)
199 (0, L) (3, L) (1, L) --- (3, R)
200 (4, L) (4, M) --- (3, L) ---
201 (0, L) (1, M) (3, M) (0, L) ---
202 --- (1, L) (4, M) (3, L) (0, L)
203 (0, M) --- (2, M) (1, R) ---
204 (4, L) --- (4, M) (1, M) (4, M)
205 (3, M) (1, L) (2, M) (3, L) (4, L)
206 (0, R) (1, L) (4, L) (3, M) (0, M)
207 (3, M) (3, L) (2, L) (0, R) (0, L)
208 (4, L) (1, M) (3, M) (3, M) (0, L)
209 (3, M) --- (0, L) (0, L) ---
210 --- (0, R) (0, M) --- ---
211 (0, M) --- (3, R) (3, L) (4, M)

212 --- --- (1, R) (0, R) (2, L)
 213 (2, M) (0, M) --- (1, M) ---
 214 (2, R) (3, M) --- (3, M) (2, R)
 215 (2, M) (3, L) (3, R) (0, M) (2, M)
 216 --- (3, M) (4, M) --- (0, M)
 217 (3, R) --- --- ---
 218 (3, M) (0, L) (4, L) (3, R) (1, M)
 219 --- (1, L) (1, L) (3, M) (3, M)
 220 (4, R) (2, R) --- (4, R) (3, R)
 221 (0, L) --- (1, M) --- (3, R)
 222 (4, L) (3, R) (1, R) (1, R) (2, R)
 223 (1, L) (3, L) (3, R) (1, R) (2, R)
 224 (3, R) (1, M) (2, M) (0, M) (1, M)
 225 (3, R) (4, L) --- (1, L) (3, R)
 226 (3, M) (3, R) (2, M) (2, L) ---
 227 (0, L) (3, R) (2, L) (3, R) (4, L)
 228 (4, M) (2, L) (1, R) --- (3, L)
 229 (1, R) --- (1, L) (2, M) (4, L)
 230 (3, M) --- (1, L) --- (1, L)
 231 (0, L) (2, M) (0, L) (1, L) (0, L)
 232 --- (1, R) --- (0, R) (4, R)
 233 (1, L) (4, R) (0, M) (2, R) (4, L)
 234 (2, R) (4, M) (4, M) (1, R) (4, R)
 235 (0, L) --- (0, M) (1, M) (3, L)
 236 (0, R) (4, M) (4, R) (0, L) (2, M)
 237 (2, R) (1, R) (2, R) --- (0, M)
 238 (4, L) (0, M) --- (0, R) (0, L)
 239 (1, M) (3, R) (2, M) (3, L) (4, M)
 240 (1, L) --- (3, L) (0, R) (3, L)
 241 (2, M) (4, R) (1, R) (2, M) (3, R)
 242 (4, L) (4, M) (4, L) (2, M) ---
 243 (0, R) (2, M) --- (0, M) (0, M)
 244 (0, L) (4, L) (2, M) --- (1, M)
 245 --- --- (0, R) (2, M) (0, M)
 246 (1, R) (2, L) (4, L) --- (3, M)
 247 (3, M) (1, L) --- --- (1, M)
 248 (4, R) (3, R) (4, L) (2, R) (4, L)
 249 (0, M) (4, L) (4, M) --- (4, L)
 250 (2, R) (1, M) (4, M) --- ---
 251 (2, L) (4, M) (3, R) --- (3, L)
 252 (3, M) (3, R) (2, R) (4, M) (1, M)
 253 --- (4, M) (3, M) --- (0, M)
 254 (3, L) (1, M) (1, M) (0, L) (4, R)
 255 (3, L) (1, M) (0, L) (2, R) (3, R)

Заключение

Результаты лабораторной работы показали, что используемые методы достаточно эффективны для построения автомата Мили, заданного битовыми строками, который решает задачу об «Умном муравье-3». Получен автомат со значением фитнес-функции 45. Данное значение меньше чем результат, полученный в работе [4] (значение фитнес-функции для

автомата с пятью состояниями – 47), но больше чем результат, полученный в работе [5] (значение фитнес-функции для автомата с пятью состояниями – 41). Сравнив эти результаты, приходим к выводу, что эффективно решать задачу об «Умном муравье-3» при помощи островной модели генетического алгоритма с представлением автомата в виде битовых строк. К недостаткам описанного варианта работы можно отнести большое время генерации очередного поколения, но это компенсируется тем, что в результате получен автомат, который как раз наиболее быстро и эффективно выполняет поставленную задачу.

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. Генетические алгоритмы. <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/unsorted/genetic-2005>
4. *Калиниченко А. И.* Отчет по лабораторной работе «Использование генетических алгоритмов для построения управляющих автоматов». Вариант №18
<http://is.ifmo.ru/genalg/labs/kalinichenko.pdf>
5. *Елкин Д. И.* Отчет по лабораторной работе «Использование генетических алгоритмов для построения управляющих автоматов» Вариант №17.
http://is.ifmo.ru/genalg/lab_elkin/doc.pdf