

Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики
Факультет информационных технологий и программирования
Кафедра «Компьютерные технологии»

Отчет по лабораторной работе
на тему:
«Применение генетических алгоритмов для построения автоматов
в задаче об „умном муравье-3“»
Вариант №14

Выполнил:

Колганов М. В.

Принял:

Александров А. В.

Санкт-Петербург 2011

Оглавление

Введение.....	3
1. Постановка задачи.....	4
1.1. Задача об «умном муравье-3».....	4
1.1. Автомат Мура.....	5
2. Эволюционная стратегия.....	6
2.1. Представление особей.....	6
2.2. Мутация.....	6
2.3. Функция приспособленности.....	6
3. Результаты.....	7
Заключение.....	13
Библиография.....	14

Введение

В данной работе изучается зависимость эффективности эволюционной стратегии для решения задачи об «умном муравье-3» от μ (числа родителей) и λ (числа потомков).

При выполнении данной работы была создана минимальная система генетических алгоритмов для генерации автоматов. Исходные коды в данной работе написаны на языках программирования C++ и Bash.

1. Постановка задачи

Задача данной лабораторной работы — исследовать влияние числа родителей (μ) и числа потомков (λ) на эффективность работы эволюционной стратегии, строящей автомат Мура, который решает задачу об «умном муравье-3» [1].

1.1. Задача об «умном муравье-3»

Дано поле 32x32 клетки, расположенное на поверхности тора (рис. 1). На поле случайным образом располагают некоторое заранее заданное число яблок.

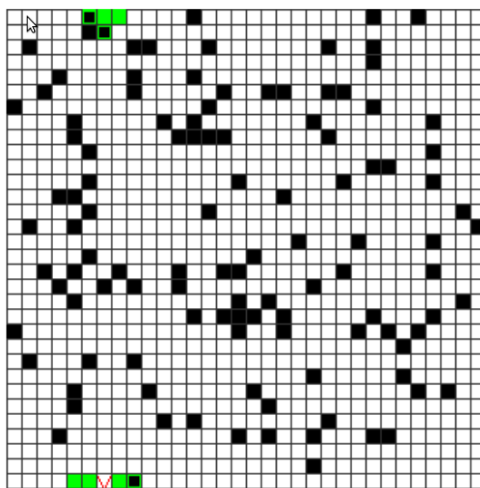


Рис. 1. Поле для задачи об «умном муравье-3»

Муравей начинает свое движение в левом верхнем углу поля. За ход муравей определяет существование яблок перед собой (рис. 2) и выполняет одно из следующих действий:

- поворот налево;
- поворот направо;
- шаг на одну клетку вперед (если в клетке есть яблоко, то муравей его съедает);
- ожидание.

Максимальное число шагов — 200. Цель — создать управляющий автомат с фиксированным числом состояний, который за данное число шагов съест как можно больше яблок.

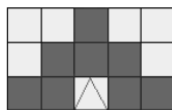


Рис. 2. Зона зрения муравья

1.1. Автомат Мура

Автомат, у которого выходное воздействие зависит только от состояния и не зависит от входного воздействия, называется автоматом Мура. Тривиальный пример автомата Мура представлен на рис. 3.

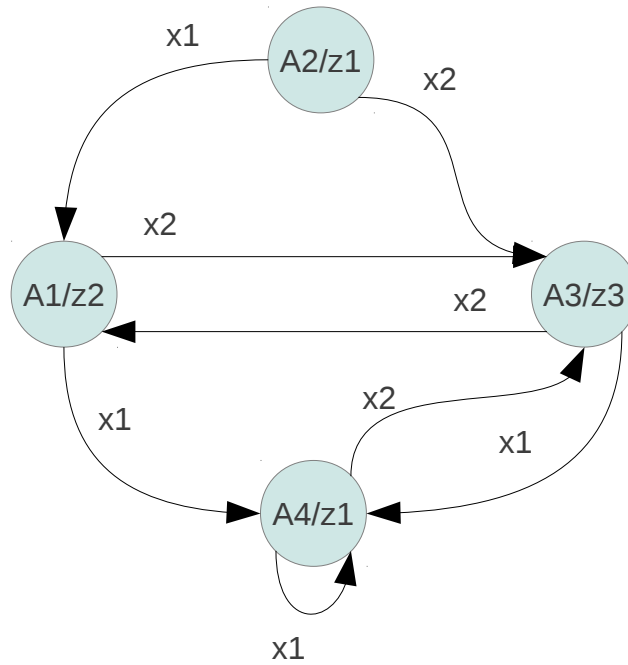


Рис. 3. Автомат Мура

Входной переменной для автомата является кортеж $I=(a_1, \dots, a_8)$, где $a_i \in \{0, 1\}$. Выходным воздействием автомата является $O \in \{F, L, R, N\}$, где

- F — сделать шаг вперед;
- L — повернуть налево;
- R — повернуть направо;
- N — ничего не делать.

2. Эволюционная стратегия

Для поиска оптимального управляющего автомата применяется эволюционная стратегия $(\mu+\lambda)$ [2, 3]. Генерация μ особей первого поколения происходит случайным образом. Далее выполняются следующие действия:

1. Для каждой особи из текущего поколения создать $\frac{\lambda}{\mu}$ «клонов».
2. Произвести операцию мутации над каждым из полученных «клонов».
3. Из объединения родителей и потомков выбрать μ особей, которые станут следующим поколением.
4. Если выполняются условия завершения алгоритма (найдена особь с максимальной возможной функцией приспособленности, либо превышен лимит времени), то завершить работу, иначе перейти к пункту 1.

2.1. Представление особей

Особью в данном алгоритме является автомат Мура, который задан с помощью сокращенных таблиц [4]. Хромосома состояния представлена на рис. 3.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
0	1	0	1	0	0	0	0

z
2

X ₁	X ₂	s
0	0	1
0	1	2
1	0	0
1	1	7

Рис. 4. Хромосома состояния автомата Мили

2.2. Мутация

Оператор мутации устроен таким образом, что особь может мутировать в нескольких различных точках. При этом точками мутации могут быть:

- действие в каком-либо состоянии;
- конечная вершина для любого ребра;
- начальное состояние автомата;
- бит в маске значимых переменных в каком-либо состоянии.

При мутации значение в одной из данных точек меняется на случайное, либо обменивается с соседней точкой (если наивное изменение значения на случайное не имеет смысла).

2.3. Функция приспособленности

Функция приспособленности эквивалентна количеству съеденных яблок, так как в отличие от задачи об «умном муравье» [1], в задаче об «умном муравье-3» невозможно заведомо построить четко определенный маршрут движения муравья из-за случайного заполнения поля.

3. Результаты

Для исследования использовались автоматы Мура с десятью состояниями и четырьмя значимыми переменными для каждого состояния. Было произведено несколько итераций исследования. На первой итерации функция приспособленности вычислялась на одном конкретном случайном поле. Было произведено 10 запусков по 30000 поколений для каждой комбинации μ и λ :

- 1+1;
- 1+5;
- 5+5;
- 5+10;
- 5+20;
- 8+20;
- 8+30.

Результаты представлены на рис. 4. По графику видно, что наилучшие результаты показали 5+20 и 8+20 эволюционные стратегии. Окрестности данных комбинаций стоит исследовать подробнее. Заметим также, что графики для 1+5 и 5+5 эволюционных стратегий почти совпадают. Данное замечание может послужить почвой для других работ.

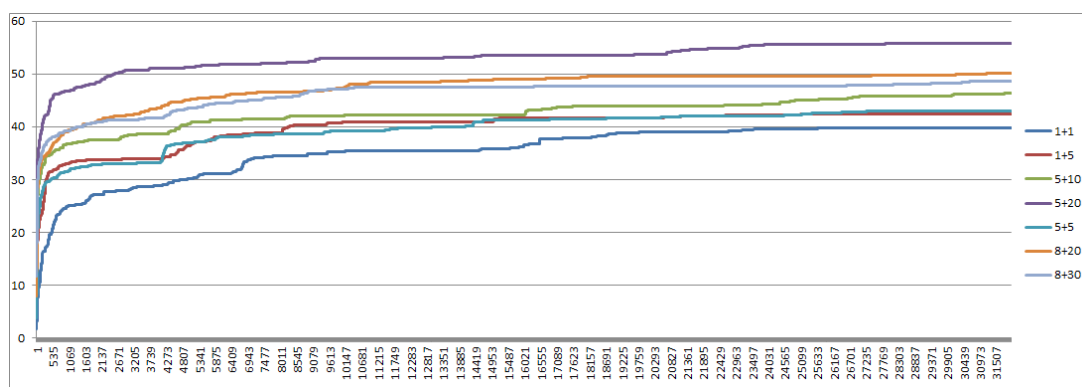


Рис. 5. Зависимость максимальной функции приспособленности от номера поколения (первая итерация)

Во второй и третьей итерациях функция приспособленности вычислялась по 25 различным случайным полям с количеством яблок равным 100. Как и в первой итерации было произведено 10 запусков, но на 65535 поколений. Использовались такие же комбинации параметров эволюционной стратегии. Результаты представлены на рис. 5.

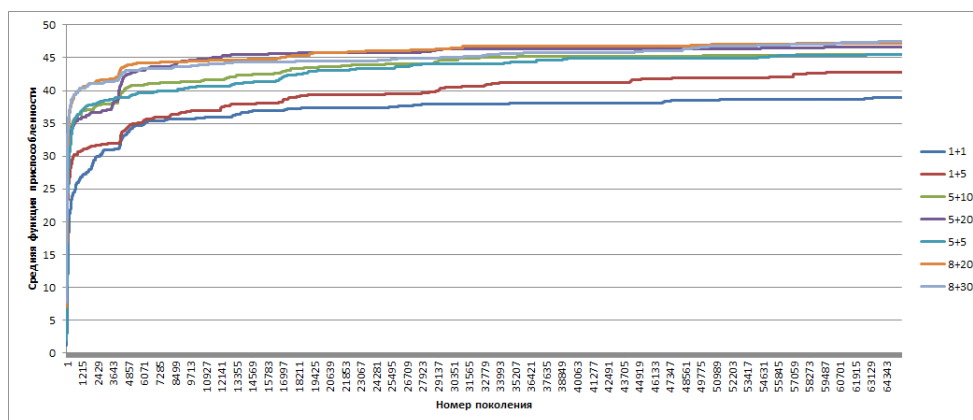


Рис. 6. Зависимость максимальной функции приспособленности от номера поколения (вторая итерация)

В третьей итерации производилось уточнение результатов первой и второй.

Результаты представлены на рис. 6. По полученным результатам можно сделать вывод, что повышение параметров эволюционной стратегии после (7,21) дает небольшой количественный прирост фитнес-функции, но качественно не изменяет ее. Стоит отметить, что 5+20 стратегия показывает лучшие результаты в первые 4000 поколений.

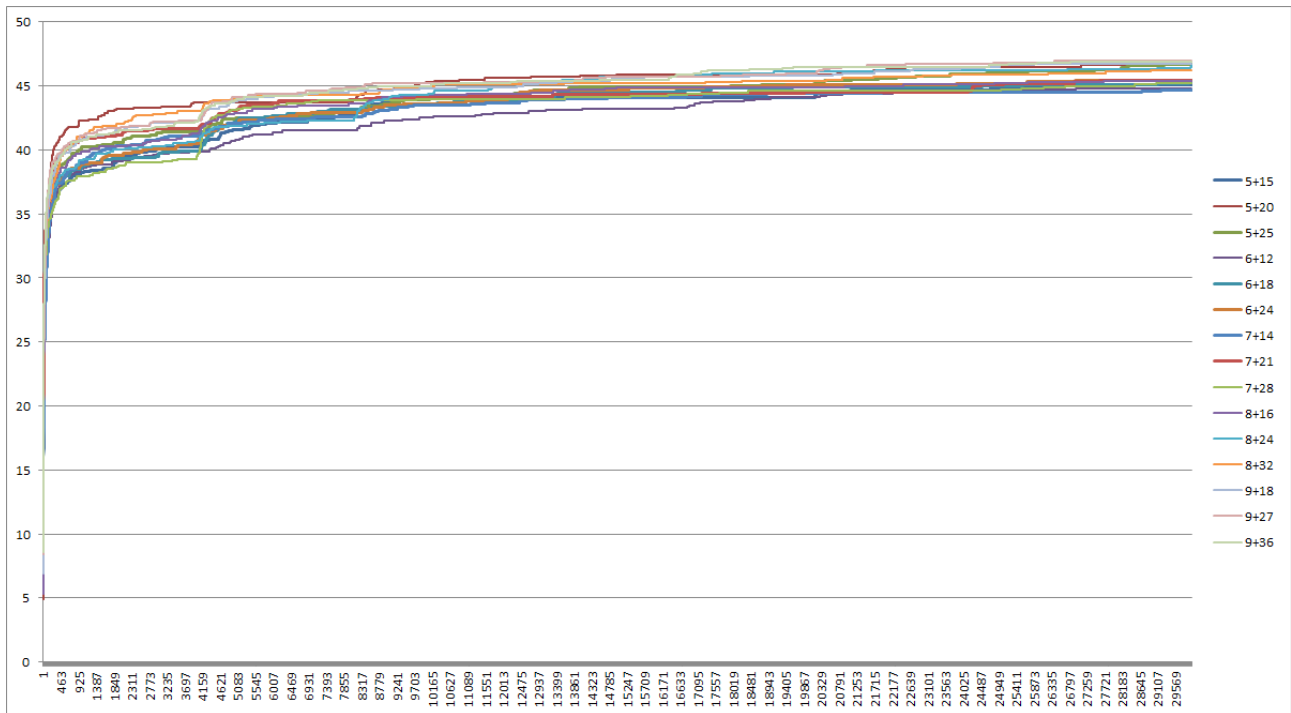


Рис. 7. Зависимость максимальной функции приспособленности от номера поколения (третья итерация)

Один из выращенных автоматов представлен в таблице.

Таблица — Выращенный автомат

	0 x1	x4	x5	x7	s	
F		0	0	0	0	0
		0	0	0	1	0
		0	0	1	0	6
		0	0	1	1	1
		0	1	0	0	5
		0	1	0	1	6
		0	1	1	0	5
		0	1	1	1	0
		1	0	0	0	3
		1	0	0	1	6
		1	0	1	0	0
		1	0	1	1	3
		1	1	0	0	9
		1	1	0	1	3
		1	1	1	0	9
		1	1	1	1	3
	1 x1	x2	x5	x7	s	
F		0	0	0	0	6
		0	0	0	1	1
		0	0	1	0	6
		0	0	1	1	2
		0	1	0	0	9
		0	1	0	1	9
		0	1	1	0	0
		0	1	1	1	3
		1	0	0	0	5
		1	0	0	1	3
		1	0	1	0	4
		1	0	1	1	6
		1	1	0	0	2
		1	1	0	1	5
		1	1	1	0	6
		1	1	1	1	0
	2 x1	x2	x5	x6	s	
F		0	0	0	0	7
		0	0	0	1	7
		0	0	1	0	3
		0	0	1	1	0
		0	1	0	0	2
		0	1	0	1	6
		0	1	1	0	2
		0	1	1	1	4
		1	0	0	0	8
		1	0	0	1	2
		1	0	1	0	6
		1	0	1	1	8
		1	1	0	0	9
		1	1	0	1	1
		1	1	1	0	1
		1	1	1	1	1

Таблица — Выращенный автомат (продолжение)

	3x1	x2	x4	x6	s	
F		0	0	0	0	8
*		0	0	0	1	8
		0	0	1	0	0
		0	0	1	1	9
		0	1	0	0	8
		0	1	0	1	9
		0	1	1	0	4
		0	1	1	1	1
		1	0	0	0	3
		1	0	0	1	1
		1	0	1	0	9
		1	0	1	1	9
		1	1	0	0	4
		1	1	0	1	5
		1	1	1	0	7
		1	1	1	1	9
	4x0	x3	x5	x6	s	
F		0	0	0	0	7
		0	0	0	1	0
		0	0	1	0	8
		0	0	1	1	2
		0	1	0	0	9
		0	1	0	1	8
		0	1	1	0	5
		0	1	1	1	9
		1	0	0	0	4
		1	0	0	1	0
		1	0	1	0	0
		1	0	1	1	5
		1	1	0	0	6
		1	1	0	1	2
		1	1	1	0	7
		1	1	1	1	6
	5x1	x2	x5	x6	s	
F		0	0	0	0	7
		0	0	0	1	4
		0	0	1	0	7
		0	0	1	1	6
		0	1	0	0	9
		0	1	0	1	7
		0	1	1	0	1
		0	1	1	1	2
		1	0	0	0	7
		1	0	0	1	2
		1	0	1	0	1
		1	0	1	1	7
		1	1	0	0	4
		1	1	0	1	4
		1	1	1	0	9
		1	1	1	1	1

Таблица — Выращенный автомат (продолжение)

	6x0	x1	x5	x7	s	
F		0	0	0	0	3
		0	0	0	1	2
		0	0	1	0	0
		0	0	1	1	5
		0	1	0	0	5
		0	1	0	1	2
		0	1	1	0	7
		0	1	1	1	9
		1	0	0	0	3
		1	0	0	1	4
		1	0	1	0	3
		1	0	1	1	1
		1	1	0	0	1
		1	1	0	1	0
		1	1	1	0	8
		1	1	1	1	6
	7x3	x4	x5	x7	s	
L		0	0	0	0	0
		0	0	0	1	0
		0	0	1	0	6
		0	0	1	1	6
		0	1	0	0	9
		0	1	0	1	5
		0	1	1	0	9
		0	1	1	1	5
		1	0	0	0	3
		1	0	0	1	8
		1	0	1	0	1
		1	0	1	1	0
		1	1	0	0	1
		1	1	0	1	9
		1	1	1	0	6
		1	1	1	1	3
	8x1	x3	x5	x6	s	
R		0	0	0	0	0
		0	0	0	1	5
		0	0	1	0	0
		0	0	1	1	3
		0	1	0	0	0
		0	1	0	1	3
		0	1	1	0	4
		0	1	1	1	5
		1	0	0	0	0
		1	0	0	1	0
		1	0	1	0	1
		1	0	1	1	1
		1	1	0	0	9
		1	1	0	1	0
		1	1	1	0	0
		1	1	1	1	6

Таблица — Выращенный автомат (окончание)

	9x0	x2	x6	x7	s	
F		0	0	0	0	7
		0	0	0	1	1
		0	0	1	0	2
		0	0	1	1	2
		0	1	0	0	2
		0	1	0	1	4
		0	1	1	0	9
		0	1	1	1	9
		1	0	0	0	7
		1	0	0	1	0
		1	0	1	0	7
		1	0	1	1	0
		1	1	0	0	7
		1	1	0	1	8
		1	1	1	0	0
		1	1	1	1	9

Заключение

Результаты работы показали теоретические оценки того, что эволюционная стратегия быстро достигает максимума, и после определенного момента фитнес-функция уже не растет. Следовательно, стоит выбрать стратегию с наименьшими параметрами среди лидеров исследования. Одной из таких стратегий является 5+20 стратегия, показавшая отличные результаты в 1 и 3 итерациях.

Исходные коды алгоритма выложены в свободный доступ по адресу <https://bitbucket.org/MAnyKey/genetic-algorithms-automations>.

Библиография

- [1] Буздалов М.В., Лабораторные работы по автоматному программированию.
- [2] Back T., Hoffmeister F., Schwefel H.-P. , A Survey of Evolutionary Strategies.
- [3] Luke S., Essentials of Metaheuristics.
- [4] Поликарпова Н.И., Точилин В.Н., Шалыто А.А., Метод сокращенных таблиц для генерации автоматов с большим числом входных переменных на основе генетического программирования.