

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

А.В. Буслаев

**Отчет по лабораторной работе**  
**«Применение генетических алгоритмов для построения**  
**автоматов в задаче об умном муравье»**

**Вариант № 4**

Санкт-Петербург

2011

## Оглавление

Введение .....	2
1. Постановка задачи .....	3
1.1.Задача об умном муравье .....	3
1.2.Автомат Мура.....	5
2.Эволюционная стратегия.....	6
2.1.Представление особи .....	7
2.2.Мутация .....	7
2.3.Функция приспособленности .....	7
3.Построенные автоматы .....	8
Заключение .....	10
Источники .....	11

## **Введение**

В данной лабораторной работе изучается применение эволюционной стратегии для генерации конечных автоматов в качестве решений выбранной задачи. В качестве примера взята задача об умном муравье. Результатом работы являются автоматы Мура, построенные с помощью эволюционной стратегии.

При выполнении лабораторной работы использовались исходные коды фреймворка для работы с эволюционными алгоритмами "Watchmaker" [1]. На основе примеров, содержащихся в этом пакете, был написан новый модуль, который решает поставленную задачу. Все исходные коды в данной работе написаны на языке программирования Java.

# 1. Постановка задачи

Задача лабораторной работы – построить близкий к оптимальному автомат Мура, решающий задачу об умном муравье. Оптимальность заключается в том, что муравей, управляемый данным автоматом, должен съесть всю еду. Из всех таких муравьев наиболее близким к оптимальному будет тот, который затратил на еду меньше шагов.

Для решения задачи используется  $(1+n)$ -эволюционная стратегия, где  $n$  выбирается вручную. Способ представления особи – конечный автомат Мура с его представлением в виде графа переходов.

## 1.1. *Задача об умном муравье*

В задаче об умном муравье [2] рассматривается игровое поле, состоящее из клеток (рис. 1).

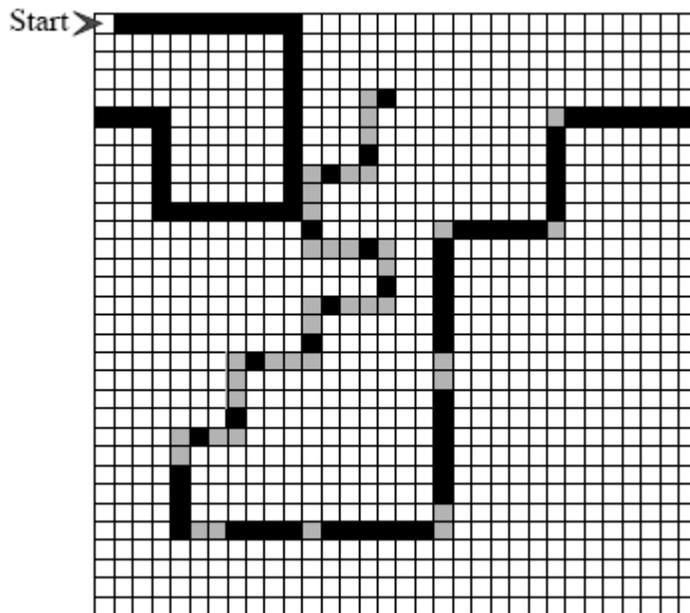


Рис. 1. Игровое поле

Поле имеет размеры 32 на 32 клетки и располагается на поверхности тора. Некоторые клетки поля пусты, некоторые – содержат по одному яблоку. Всего на поле 89 яблок.

Муравей начинает свое движение из клетки, помеченной как «Start». За один ход муравей может определить, есть ли в клетке перед ним яблоко, и выполнить одно из следующих действий: повернуть налево;

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

Максимальное число шагов – 200. Цель – создать муравья с фиксированным числом состояний, который за минимальное число шагов съест все яблоки.

## 1.2. Автомат Мура

Автомат, у которого выходное воздействие зависит только от состояния и не зависит от входного воздействия, называется автоматом Мура.

Существует два вида автоматов Мура: автомат первого рода и автомат второго рода. К первым относят автоматы, которые формируют выходные воздействия на основе текущих значений внутренних переменных. Ко вторым – автоматы, которые предварительно обновляют свое состояние, а затем на его основе формирует выходное воздействие. В задаче используется автомат Мура второго рода. Пример такого автомата изображен на рис. 2.

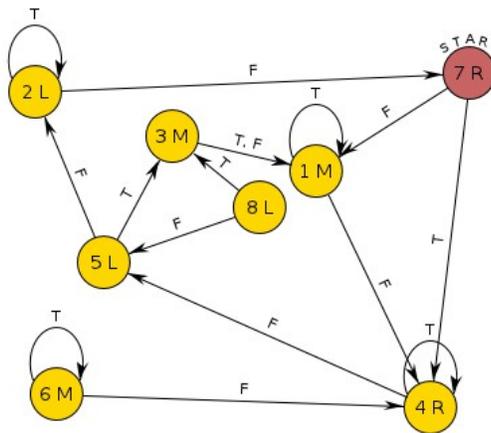


Рис. 2. Автомат Мура

Над каждой дугой расположено значение – входное воздействие, а в вершинах автомата находятся действия и номера состояний.

Входные воздействия обозначаются следующим образом:

- T – перед муравьем есть еда;
- F – перед муравьем нет еды.

Действия обозначаются так:

- M – сделать шаг вперед и съесть еду в новой клетке, если она была там;
- L – повернуть налево;
- R – повернуть направо.

## 2. Эволюционная стратегия.

Для задачи поиска оптимального автомата, управляющего муравьем, требуется построить эволюционную стратегию [3]. Работа эволюционной стратегии в общем случае состоит из нескольких фаз.

В начале происходит генерация первого поколения особей. Далее алгоритм начинает выполнение итеративного процесса – на каждой итерации алгоритм строит следующее поколение из предыдущего. При этом применяется операция мутации в нескольких точках.

После мутации к сгенерированному поколению добавляются предки и выполняется просеивание поколения путем удаления особей с одинаковыми функциями приспособленности. Это позволяет не терять прогресс и сохранять некое разнообразие в поколении, если число особей больше одной (однако исследования показали, что увеличение числа особей в поколении не дает выигрыша в эффективности и скорости алгоритма).

В данной работе эволюционная стратегия работает по правилу (1+5). Это означает, что для одной родительской особи строится пять особей. Далее идет выборка лучшей особи из шести. И новое поколение формируется из этой особи.

Характерной особенностью алгоритма является крайне быстрая сходимость, поэтому для построения автоматов с наибольшей функцией приспособленности следует много раз перезапускать алгоритм, если в течение некоторого времени функция приспособленности не изменяется.

## **2.1. *Представление особи***

Особями в данном алгоритме являются автоматы Мура. Автомат Мура представляется в виде графа переходов, который реализуется в виде массива вершин, в которых записаны действия и переходы.

## **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.

При мутации значение в одной из данных точек меняется на случайное.

## **2.3. *Функция приспособленности***

Функция приспособленности вычисляется по формуле  $Fitness = Apples + (200 - Steps/200)$ , где Apples – число яблок, съедаемых муравьем за 200 шагов, Steps – номер шага, на котором муравей съедает последнее яблоко.

Таким образом, муравей, съедающий большее число яблок за 200 шагов, чем другие, всегда будет иметь большее значение функции приспособленности, а из муравьев, съедающих одинаковое число яблок, большая функция приспособленности будет у того, кто потратил на поедание меньше шагов.

### 3. Построенные автоматы

В результате работы данной эволюционной стратегии были получены автоматы Мура, которые эффективно решают задачу об умном муравье.

Чтобы оценить эффективность алгоритма, было принято решение сравнить результаты работы данного алгоритма с результатами из работы [5]. В ней был построен автомат Мура из десяти состояний, который съедает всю еду за 198 шагов и автомат из девяти состояний, который съедает 86 единиц еды за 198 шагов. Причем автомат не должен содержать состояний, в который муравей поворачивает налево.

Первый построенный написанным алгоритмом автомат (рис. 4) состоит из девяти состояний и съедает все 89 единиц еды за 195 шагов, что чуть быстрее автомата, построенного в работе [5] и содержит на одно состояние меньше. Особое внимание можно уделить тому, что автомат построен из одной особи по правилу (1+5) за 44 поколения.

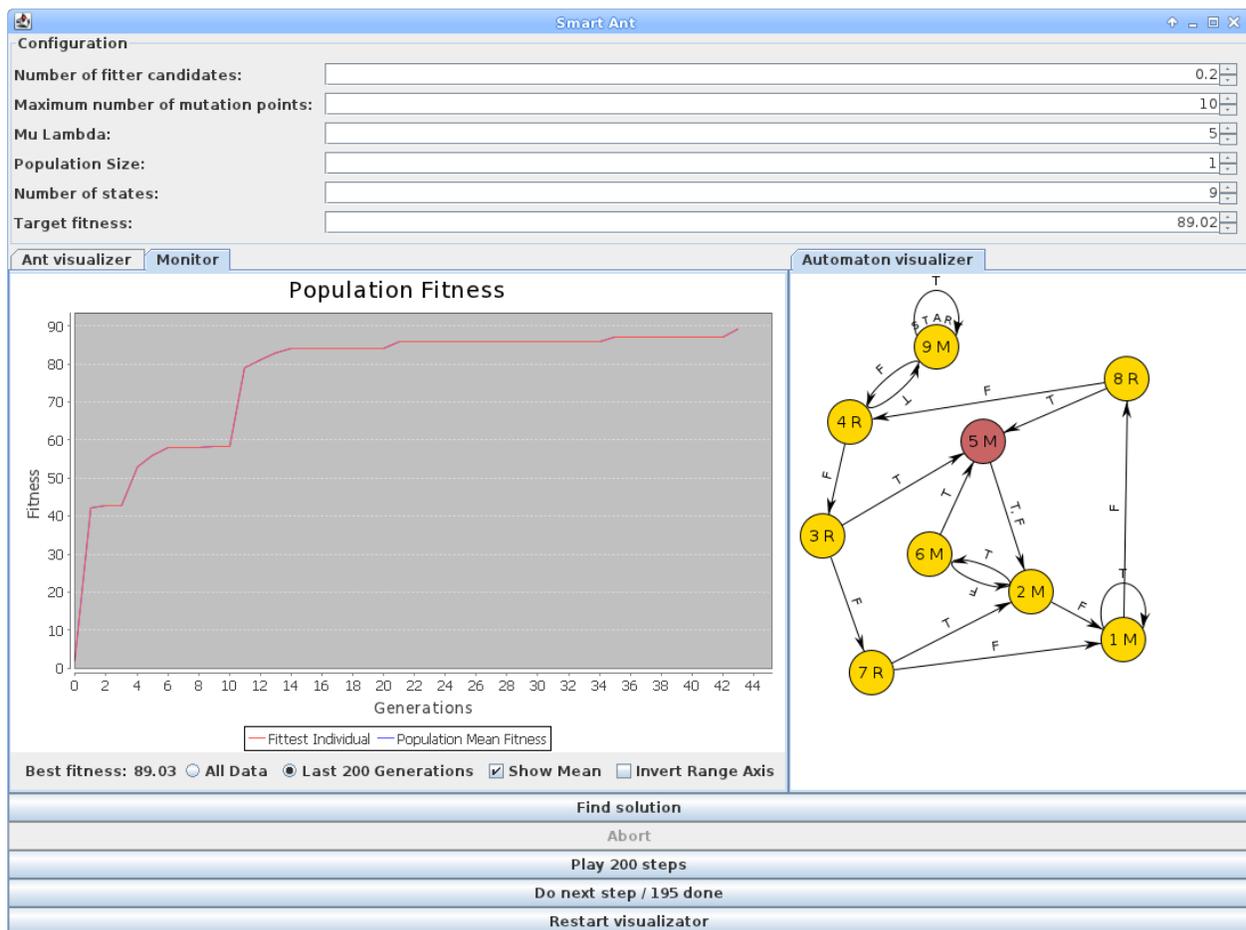


Рис. 4. Автомат из девяти состояний, решающий поставленную задачу за 195 шагов.

Далее был запущен алгоритм поиска автомата, состоящего из восьми состояний, который решал бы эту задачу. Через некоторое время был получен автомат, съедающий 87 единиц еды за 196 ходов. Автомат получен на 26 поколении.

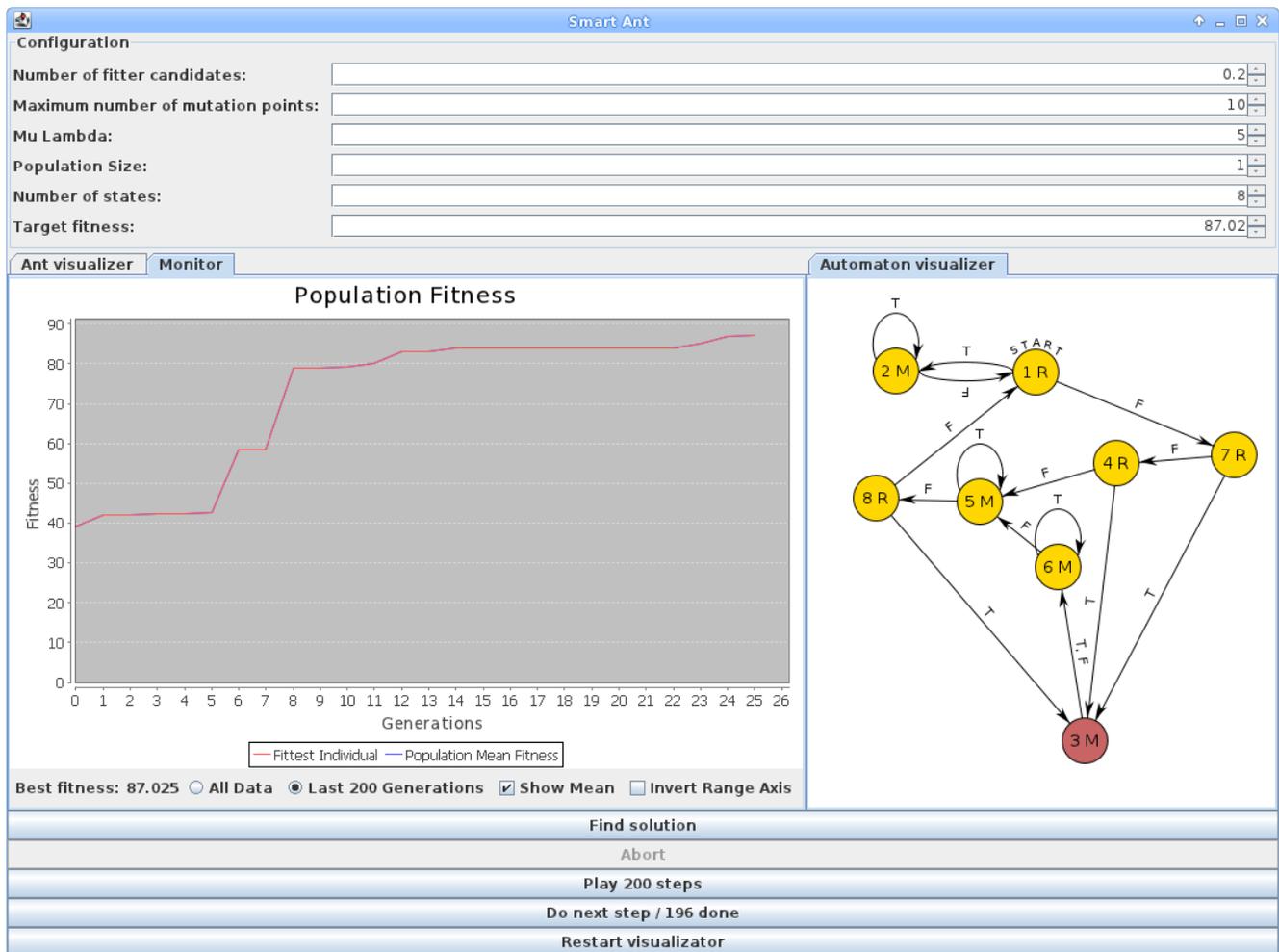


Рис. 5. Автомат из восьми состояний, съедающий 87 единиц еды за 196 шагов.

## **Заключение**

Результаты лабораторной работы показали, что построенная эволюционная стратегия достаточно эффективна для поиска оптимального решения задачи об умном муравье и имеет очень высокую скорость поиска локального оптимального решения.

Таким образом, построенные автоматы можно считать достаточно хорошими, так как они превосходят автоматы, построенные в работе, относительно которой проводилась оценка эффективности алгоритма.

Исходные коды алгоритма выложены в свободный доступ по адресу <https://bitbucket.org/albu/watchmaker>.

## Источники

1. Документация пакета "Watchmaker".

<http://watchmaker.uncommons.org/manual/index.html>

2. Бедный Ю. Д., Шалыто А. А. Применение генетических алгоритмов для построения автоматов в задаче «Умный муравей».

[http://is.ifmo.ru/works/\\_ant.pdf](http://is.ifmo.ru/works/_ant.pdf)

3. Back T., Hoffmeister F., Schwefel H.-P. A Survey of Evolutionary Strategies

<http://rain.ifmo.ru/~buzdalov/lab-2011/books/es-survey.pdf>

4. Царев Ф. Н., Шалыто А. А. Применение генетических алгоритмов для построения автоматов с минимальным числом состояний для задачи об «Умном муравье» / Тезисы научно-технической конференции «Научно-программное обеспечение в образовании и научных исследованиях». СПбГУ ПУ. 2008, с. 209–215.

[http://is.ifmo.ru/download/2008-02-25\\_tsarev\\_shalyto.pdf](http://is.ifmo.ru/download/2008-02-25_tsarev_shalyto.pdf)

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".

[http://is.ifmo.ru/genalg/\\_scm2008\\_sokolov.pdf](http://is.ifmo.ru/genalg/_scm2008_sokolov.pdf)