

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

Е.А. Долгих

**Отчет по лабораторной работе**  
**«Использование генетических алгоритмов для**  
**построения управляющих автоматов»**

Вариант № 12

Санкт-Петербург  
2009

## Оглавление

Введение .....	3
1. Постановка задачи .....	4
1.1. Задача об «Умном муравье».....	5
1.2. Автомат Мура .....	6
2. Реализация.....	7
2.1. Представление особи .....	7
2.2.Метод скрещивания .....	7
2.3. Метод мутации.....	7
2.4. Генетический алгоритм.....	8
2.5. Вычисление функции приспособленности .....	9
3. Результаты работы построенного модуля .....	10
3.1. Граф переходов .....	10
3.2. График максимального значения функции приспособленности ..	11
3.3. График среднего значения функции приспособленности .....	11
Заключение.....	132
Источники.....	133

## **Введение**

Цель работы – изучение генетических алгоритмов для генерации конечных автоматов. В данной работе рассматривается построение конечного автомата Мура, решающего задачу об «Умном муравье» [1].

При выполнении работы использовалась программа «Виртуальная лаборатория» [2], написанная студентами кафедры «Компьютерные технологии» СПбГУ ИТМО и позволяющая реализовывать генетические алгоритмы и особи для них в виде модулей.

## **1 Постановка задачи**

Построить с помощью генетического алгоритма автомат Мура, решающий задачу об «Умном муравье». При построении необходимо стремиться к тому, чтобы полученный автомат был близок к оптимальному. Критерий оценки оптимальности решения заключается в следующем – муравей, управляемый автоматом, который состоит из конечного числа состояний, съедает всю еду на поле за минимальное число шагов.

## 1.1 Задача об «Умном муравье»

Действие происходит на поверхности тора размером 32x32 клетки. В некоторых клетках тора находится еда. Клетки, в которых находится еда, не случайны, а строго фиксированы. Яблоки не восполняются, и их число равно 89. Муравей начинает движение из наперед заданной начальной клетки.

Муравей умеет определять находится ли непосредственно перед ним еда. За ход муравей может выполнить одно из следующих действий:

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

Игра длится 200 ходов, на каждом из которых муравей совершает одно действие. Цель игры – создать автомат, управляющий муравьем, с небольшим числом состояний, который съест как можно больше яблок.

На рис. 1 рассмотрен тор, представленный в лаборатории. Муравей изображается в виде стрелки, вначале расположенной в левом верхнем углу. Еда – черные прямоугольники, расположенные вдоль ломаной. Если муравей дойдет до края поля и двинется за границу, то появится с противоположной стороны (тор).

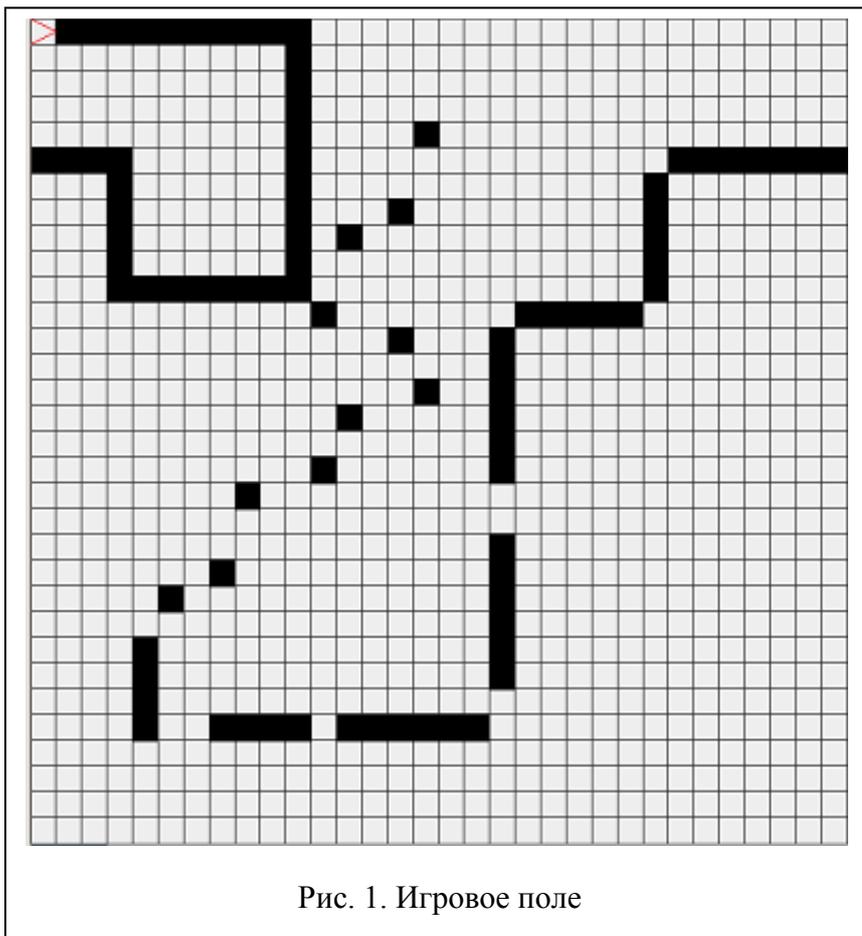
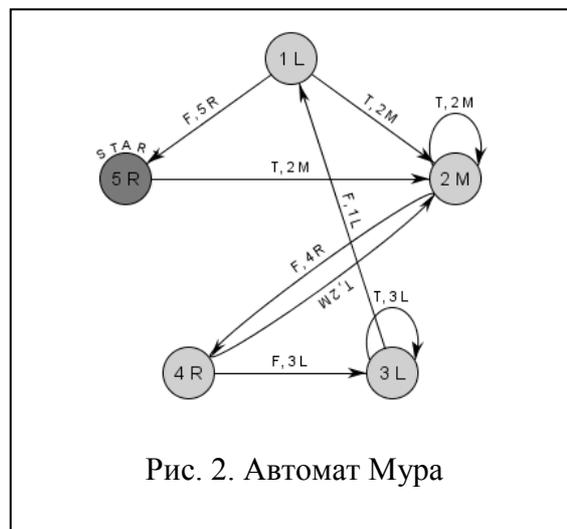


Рис. 1. Игровое поле

## 1.2 Автомат Мура

В рассматриваемом варианте автомат для управления муравьем является автоматом Мура, совокупностью пяти объектов  $A = \{S, X, Y, \delta, \mu\}$ , где  $S$  – множество вершин,  $X$  – множество входных воздействий,  $Y$  – множество выходных воздействий,  $\delta$  – отображение  $S \times X \rightarrow S$ ,  $\mu$  – отображение  $S \rightarrow Y$ .

Муравей получает входное воздействие: впереди есть яблоко или его там нет. Автомат, исходя из текущего состояния и воздействия, переходит в следующую вершину (отображение  $\delta$ ). На следующем этапе по отображению  $\mu$  выбирается действие муравья – его ход. В вершинах находятся их номера и результат отображения  $\mu$  (M – ход вперед, L – поворот налево, R – направо). Пример автомата Мура изображен на рис. 2.



## **2 Генетический алгоритм**

Виртуальная лаборатория состоит из ядра и подключаемых модулей. Для решения поставленной задачи требуется создать два модуля. Первый – для реализации клеточного генетического алгоритма. Второй – для реализации «особи» (конечного автомата Мура, решающего задачу об «Умном муравье»). Для «особи» необходимо реализовать операции мутации и скрещивания

### **2.1 Представление особи**

В данном алгоритме особи представляют собой автоматы Мура. Автомат Мура задается с помощью графа переходов. При реализации этого графа для его хранения используется матрица, в которой для каждой пары состояния автомата и входного воздействия указан переход (новое состояние и выходное действие). Под входным воздействием понимается содержимое клетки, которую видит перед собой муравей. Возможно два входных воздействия – наличие или отсутствие еды.

### **2.2 Метод скрещивания**

Метод скрещивания используется для создания по двум заданным «особям» их возможных «детей» – особей, которые наследуют свойства родителей и поэтому могут быть более «приспособленными». Для этого создаются два новых автомата с тем же числом состояний, что и у исходных. Начальные состояния детей задаются следующим образом: либо первый ребенок получает начальное состояние первого родителя, второй – второго, либо наоборот. Далее определяются переходы для детей. У каждого родителя есть два перехода из каждого состояния. Распределяя случайным образом эти четыре родительских перехода среди детей (четыре возможных случая) и повторяя данную операцию для всех состояний, получается пара новых особей.

### **2.3 Метода мутации**

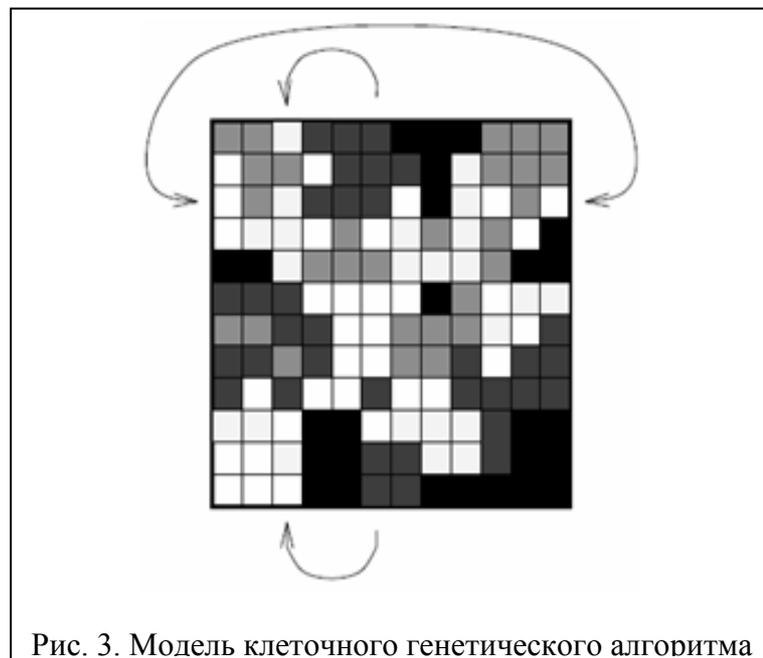
Метод мутации направлен на приобретение особями новых свойств. В данной работе при мутации произвольно выбирается состояние, и в нем случайно изменяется один из переходов. Также с вероятностью 50% изменяется начальное состояние автомата на произвольное.

## 2.4 Генетический алгоритм

Для генерации очередного поколения используется клеточный генетический алгоритм [3].

В каждой клетке тора  $N \times M$  располагается одна случайно сгенерированная особь. Процесс генерации поколений особей происходит итеративно. Во время итерации алгоритма каждая особь выбирает одну из четырех соседних и скрещивается с ней. Для этого используется аналог метода рулетки – вероятность выбора особи пропорциональна значению ее функции приспособленности. Скрещивание всех особей происходит одновременно. После скрещивания особь, содержащаяся в клетке, может заменить одна из дочерних особей. Вероятность «выживания» особи пропорциональна ее функции приспособленности. В финальной стадии итерации каждая особь популяции может мутировать с заранее заданной вероятностью.

На рис. 3 изображено состояние популяции во время работы генетического алгоритма. На этом рисунке для наглядности используется следующий подход: чем темнее клетка, тем выше значение функции приспособленности особи, расположенной в ней.



## 2.5 Вычисление функции приспособленности

Значение функции приспособленности рассчитывается по следующей формуле:

$$\mathbf{Fitness} = \mathbf{Food} - \mathbf{Steps} / 200,$$

где ***Food*** – число съеденных муравьем яблок за 200 шагов, ***Steps*** – ход, на котором муравей последний раз съел яблоко.

### 3 Результаты работы построенного модуля

В результате работы генетического алгоритма построен автомат Мура, имеющий шесть состояний. Значение функции приспособленности для данного автомата равно 82,02 – муравей, управляемый данным автоматом съедает 83 яблока за 196 хода.

#### 3.1 Граф переходов

На рис. 4 представлен граф переходов автомата с шестью состояниями, который задает поведение муравья. Этот муравей съедает 83 яблока за 196 ходов. Граф переходов построен с помощью визуализатора «Виртуальной лаборатории».

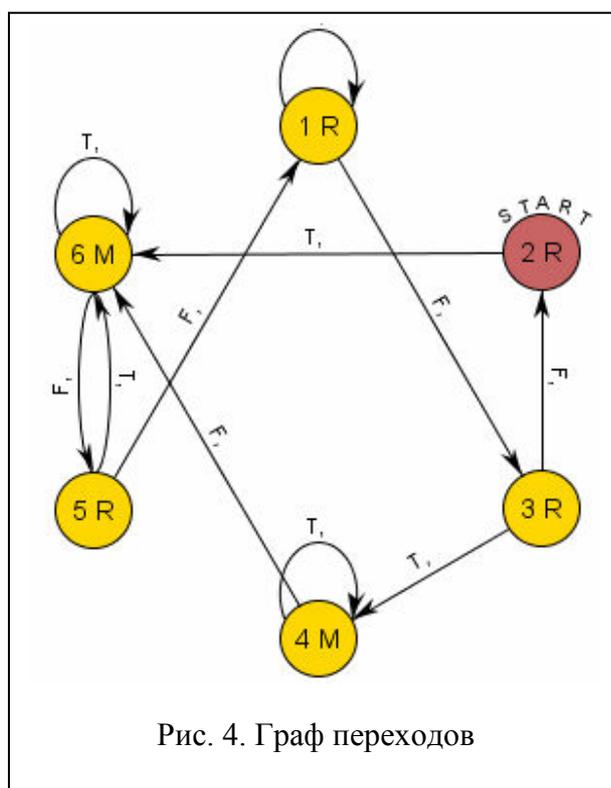


Рис. 4. Граф переходов

Вершины графа обозначают состояния автомата. Ребра графа – переходы между состояниями. На ребрах записано входное воздействие. В вершинах записано действие при переходе в данную вершину.

Используются следующие обозначения:

1. F – впереди пусто;
2. T – впереди есть еда;
3. L – действие при переходе (поворот налево);
4. R – действие при переходе (поворот направо);
5. M – действие при переходе (шаг вперед).

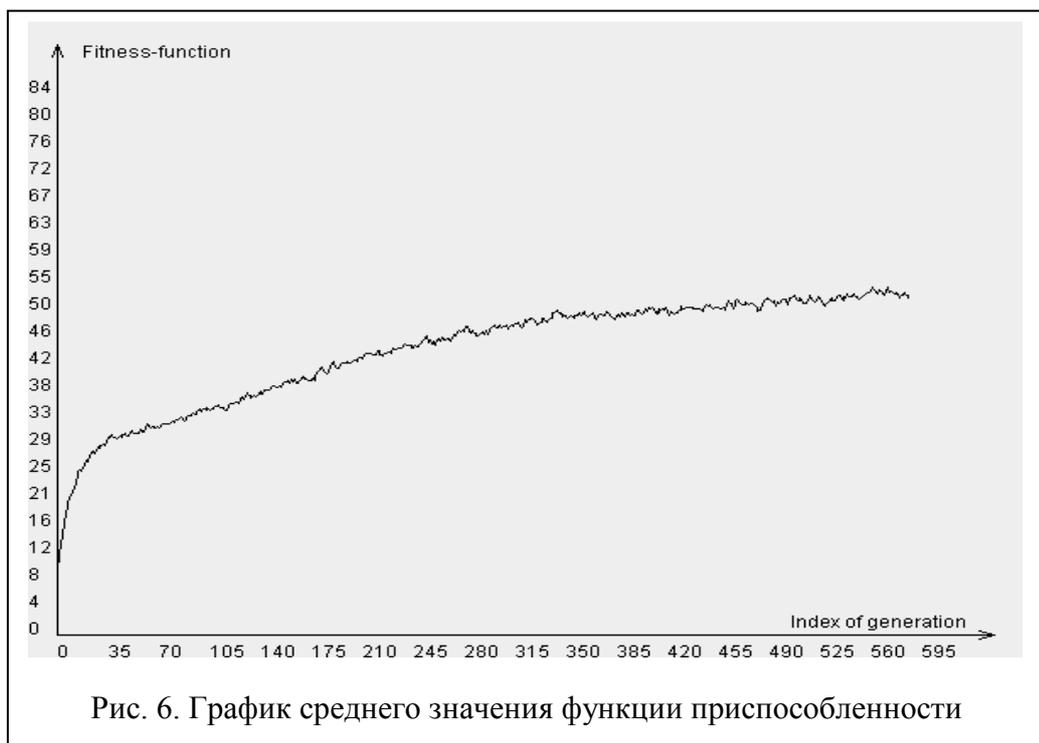
### 3.2 График максимального значения функции приспособленности

График (рис. 5) показывает максимум значения функции приспособленности среди особей данного поколения в зависимости от номера поколения.



### 3.3 График среднего значения функции приспособленности

График (рис. 6) показывает среднее значения функции приспособленности среди особей данного поколения в зависимости от номера поколения



## **Заключение**

В данной работе сгенерирован автомат Мура с шестью состояниями для задачи «Умный муравей». Результаты показали, что используемый метод достаточно эффективен, так как позволяют сгенерировать особь, съедающую 83 яблока. Заметим, что известен построенный вручную автомат, управляющий муравьем, съедающим 81 яблоко [1].

## Источники

1. *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)
2. Инструкция по созданию модулей к виртуальной лаборатории. [http://svn2.assembla.com/svn/not\\_instrumental\\_tool/docs/pdf/interface\\_manual.pdf](http://svn2.assembla.com/svn/not_instrumental_tool/docs/pdf/interface_manual.pdf)
3. *Яминов Б.* Генетические алгоритмы. <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/unsorted/genetic-2005>