

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

Ф.В. Славнейшев

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

Вариант 10

Санкт-Петербург
2009

Оглавление

Введение	4
1. Постановка задачи	5
1.1. Задача об «умном муравье»	5
1.2. Автомат Мура	6
2. Генетический алгоритм.....	7
2.1. Представление особи.....	7
2.2. Метод скрещивания.....	7
2.3. Метод мутации.....	7
2.4. Генетический алгоритм.....	7
2.5. Вычисление функции приспособленности	8
3. Результаты работы генетического алгоритма.....	9
3.1. Граф переходов.....	9
3.2. График максимального значения функции приспособленности	10
3.3. График среднего значения функции приспособленности	10
Заключение.....	11
Источники	12

Введение

Цель лабораторной работы – применение генетических алгоритмов для построения конечных автоматов. В качестве примера рассматривается построение конечного автомата Мура, решающего задачу об «Умном муравье».

При выполнении лабораторной работы использовалась программа «Виртуальная лаборатория» [1], написанная студентами кафедры «Компьютерные технологии» СПбГУ ИТМО и позволяющая реализовывать генетические алгоритмы и особи для них в виде модулей.

1. Постановка задачи

Задача данной лабораторной работы – построить автомат Мура, который решает задачу об «Умном муравье». При построении следует стремиться к тому, чтобы полученный автомат был наиболее близок к оптимальному. Критерий оценки оптимальности состоит в следующем: муравей, управляемый конечным автоматом, съедает всю еду на поле за минимальное число шагов.

1.1. Задача об «умном муравье»

Игра происходит на поверхности тора [2] размером 32 на 32 клетки (рис. 1).

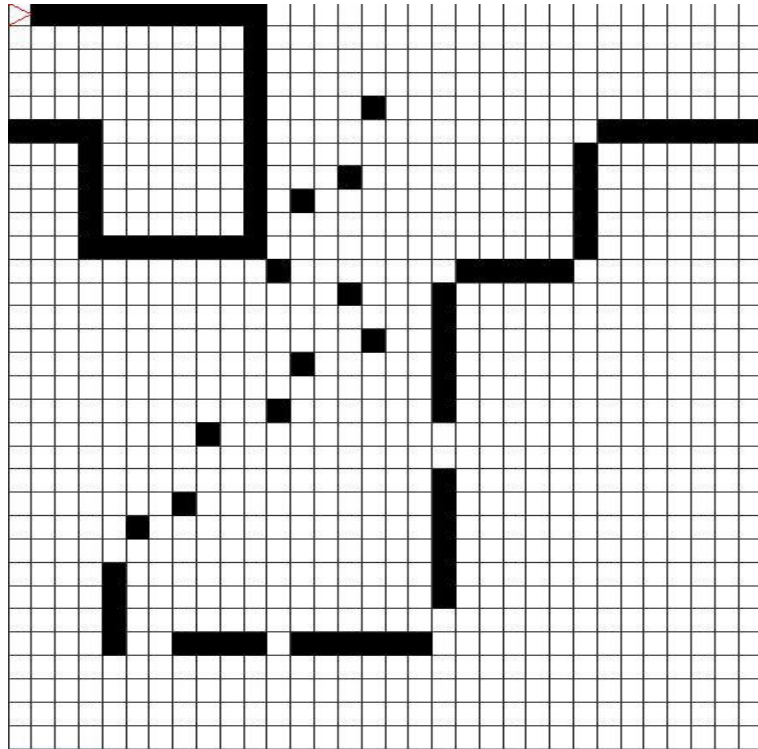


Рис. 1. Игровое поле

Черным цветом помечены клетки, в которых находятся яблоки. Муравей начинает движение из клетки, помеченной меткой *Start*.

За ход муравей может выполнить следующие действия:

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

Игра длится 200 шагов с фиксированным расположением яблок и начальной позиции муравья. Всего яблок на поле 89 штук. Цель игры – создать муравья «с минимальным числом состояний», который за минимальное число шагов съест как можно больше яблок.

1.2. Автомат Мура

Автомат Мура – конечный автомат, который генерирует выходные воздействия в зависимости от состояния, в которое делается переход. Пример представления автомата Мура в виде диаграммы переходов приведен на рисунке (рис. 2).

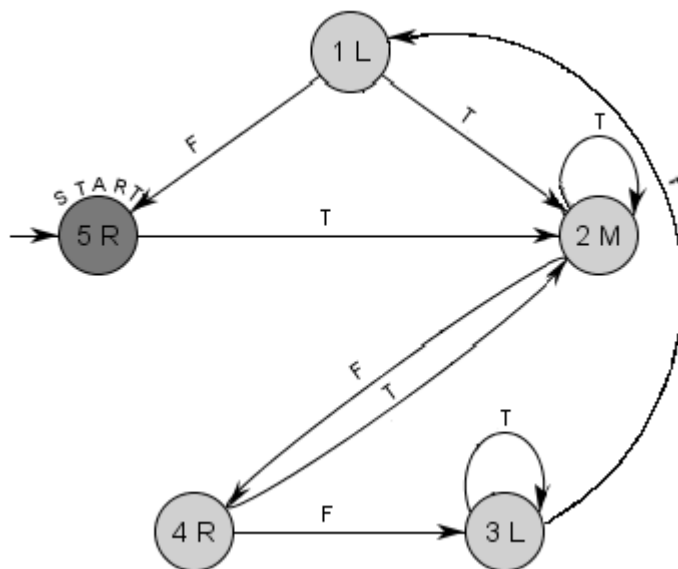


Рис. 2. Автомат Мура

Муравей получает входное воздействие: впереди есть яблоко или его там нет. Автомат, исходя из текущего состояния и воздействия, переходит в следующую вершину. На следующем этапе в зависимости от состояния, в котором находится муравей, выбирается действие муравья: М – ход вперед, L – поворот налево, R – направо.

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» являются автоматами 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 указано, в какую вершину осуществляется переход. Входным воздействием является наличие или отсутствие еды перед муравьем.

Помимо матрицы для хранения графа переходов требуется массив, в котором для каждой вершины указано, какое действие производится при переходе в нее.

2.2. Метод скрещивания

Метод скрещивания используется для создания по двум заданным «особям» их «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, а второй – второго, либо наоборот. Далее определяются переходы для детей. У каждого родителя имеются два перехода из каждого состояния. Эти четыре родительских перехода случайным образом распределяются среди детей (четыре возможных случая). Затем случайным образом распределяются родительские действия в этом состоянии. Это выполняется для каждого состояния. В итоге получаем две новые «особи».

2.3. Метод мутации

Метод мутации направлен на приобретение «особями» новых свойств. В данной работе при мутации случайным образом выбирается состояние, и в нем изменяется один из переходов или действие, производимое в этом состоянии. Также с вероятностью 50% изменяется начальное состояние автомата на случайное.

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», содержащуюся в клетке, заменяет одна из дочерних «особей». В финальной стадии итерации каждая «особь» популяции может мутировать с заранее заданной вероятностью.

Также используется принцип элитизма: в следующее поколение всегда попадает самая лучшая «особь».

На рис. 3 изображено состояние популяции во время работы генетического алгоритма.

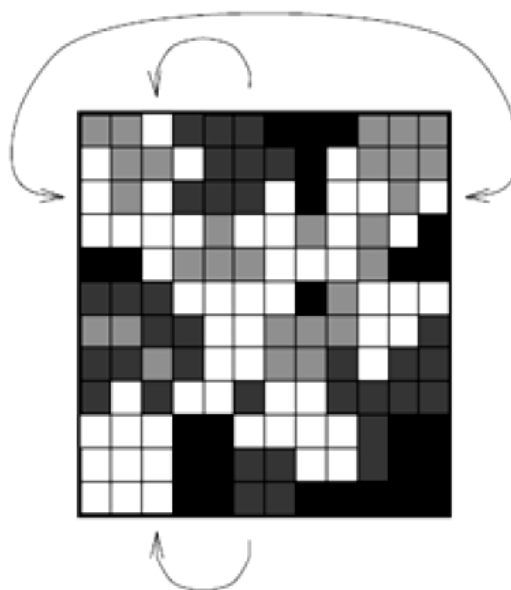


Рис. 3. Клеточный алгоритм

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:

$$Fitness = Food - Steps / 200,$$

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

3. Результаты работы генетического алгоритма

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

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.

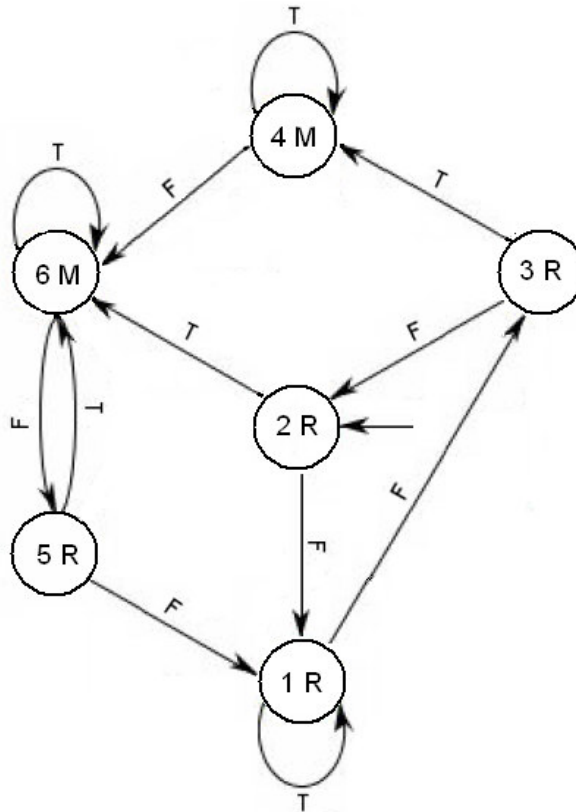


Рис. 4. Граф переходов автомата

Вершины графа обозначают состояния автомата. Ребра графа – переходы между состояниями. Возле каждого ребра записано входное воздействие. В каждой вершине записано действие при переходе в данную вершину.

Используются следующие обозначения:

- F – впереди пусто;
- T – впереди есть еда;
- R – действие при переходе (поворот направо);
- 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.

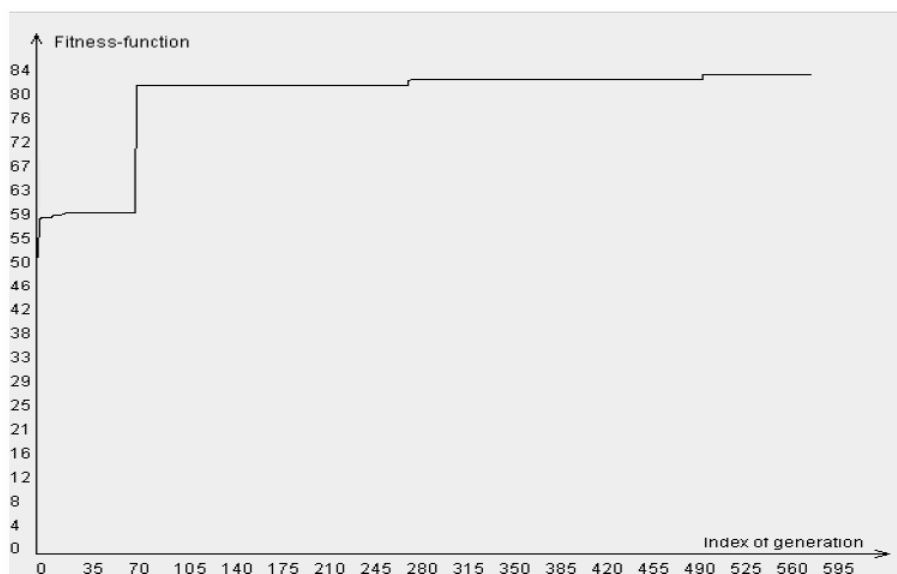


Рис. 5. График максимального значения функции приспособленности

3.3. График среднего значения функции приспособленности

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

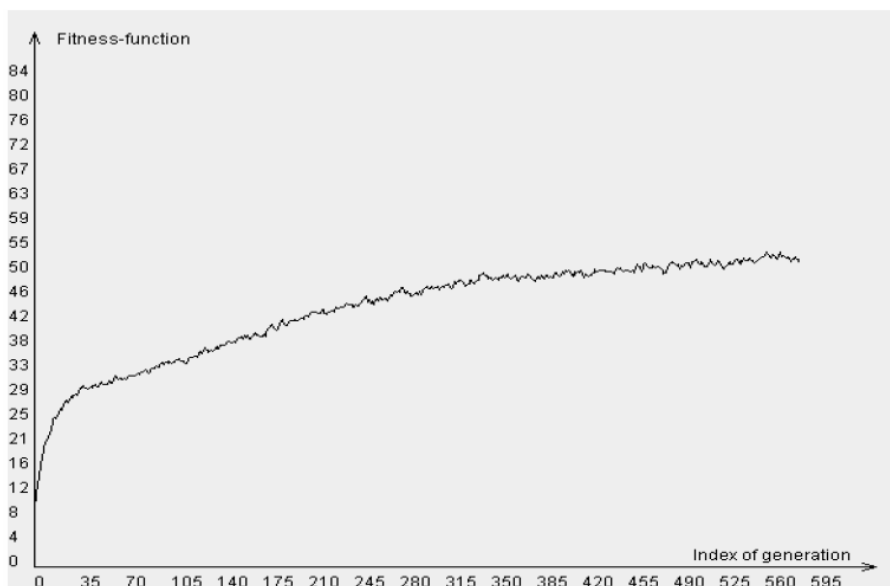


Рис. 6. График среднего значения функции приспособленности

Заключение

В данной работе сгенерирован автомат Мура с шестью состояниями для задачи «Умный муравей». Известен полученный при помощи островного генетического алгоритма автомат с девятью состояниями, который успевает съесть все яблоки [4]. Используемый метод достаточно эффективен, так как позволяют сгенерировать особь с меньшим количеством состояний, съедающую 83 яблока.

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>
2. Царев Ф. Н., Шалыто А. А. О построении автоматов с минимальным числом состояний об «умном муравье». http://is.ifmo.ru/download/ant_ga_min_number_of_state.pdf
3. Яминов Б. Генетические алгоритмы. <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/unsorted/genetic-2005>
4. 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>