

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

Головченко Д. Н.

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

Вариант 9

Санкт-Петербург  
2011

# Содержание

Содержание .....	2
1. Введение .....	3
1.1. Постановка задачи .....	3
1.2. Задача о роботе, обходящем препятствия .....	3
2. Реализация .....	4
2.1. Функция приспособленности .....	4
2.2. Алгоритм имитации отжига .....	4
2.3. Оператор мутации .....	4
2.3. Сверхбыстрый отжиг.....	4
2.3.1. Закон изменения температуры .....	4
2.3.2. Семейство распределений .....	5
2.4. Отжиг Xin Yao .....	5
2.4.1. Закон изменения температуры .....	5
2.4.2. Семейство распределений .....	5
3. Результаты .....	6
4. Заключение.....	6
5. Источники .....	8

# 1. Введение

В данной работе проведено сравнение эффективности работы сверхбыстрого отжига и метода Xin Yao на задаче о роботе с использованием виртуальной лаборатории GLOpt [1].

## 1.1. Постановка задачи

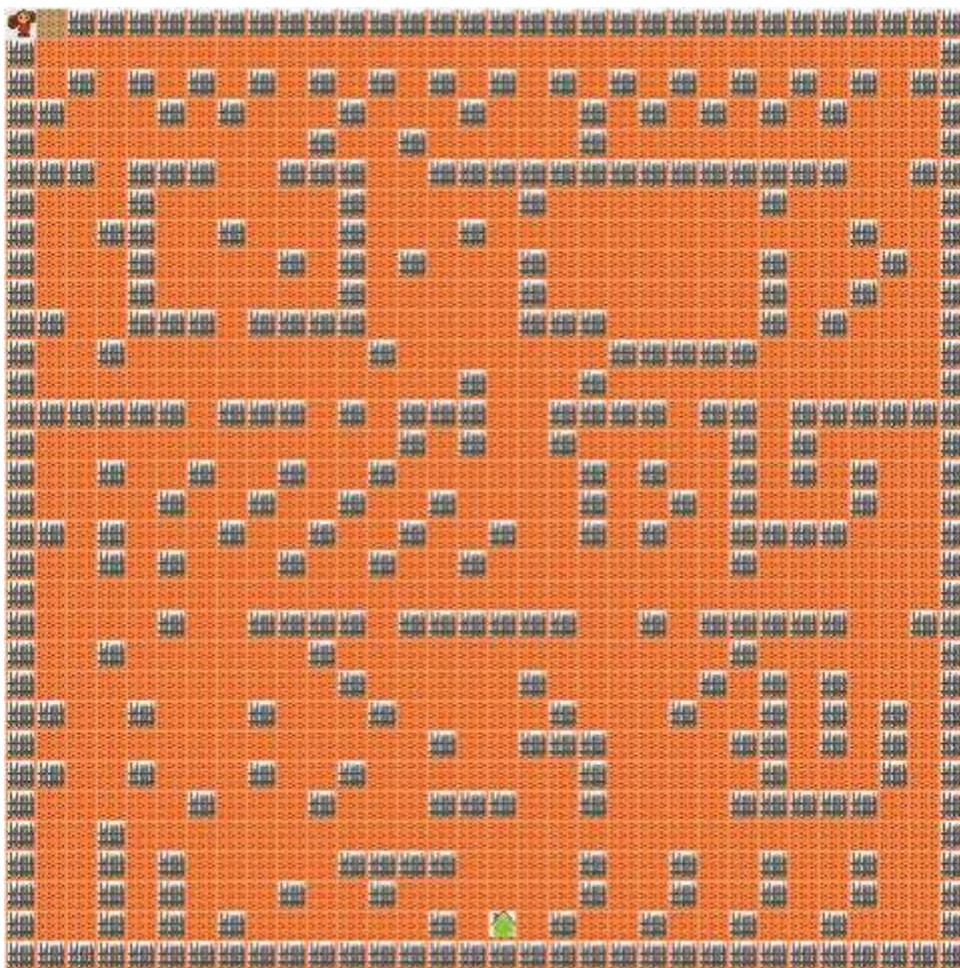
Необходимо сравнить скорость поиска автомата Мили из восьми состояний, наиболее эффективно решающего задачу о роботе, методом сверхбыстрого отжига и методом Xin Yao. Эффективность заключается в достижении роботом цели за как можно меньшее число шагов.

## 1.2. Задача о роботе, обходящем препятствия

Дано плоское ограниченное забором поле размером  $32 \times 32$  клетки. На клетках поля заранее определенным образом расставлены препятствия. Также на поле имеется робот, изначально расположенный в левой верхней клетке, лицом вправо. За один ход робот может:

- пойти вперед (если впереди препятствие, то робот останется на месте);
- повернуть налево;
- повернуть направо.

Задача робота — добраться до цели, также расположенной в фиксированном месте на карте, за не более чем 200 ходов.



## 2. Реализация

Для реализации поставленной задачи к виртуальной лаборатории потребовалось добавить два плагина, реализующие соответственно метод сверхбыстрого отжига и метод Хин Яо. Так как оба метода имеют общий алгоритм, оператор мутации и функцию вероятности принятия нового состояния  $h(\Delta E, T)$ , то их реализация свелась к написанию общего абстрактного класса и последующим наследованием от него с переопределением закона изменения температуры и функции распределения.

### 2.1. Функция приспособленности

Функция приспособленности, предоставляемая лабораторией, удовлетворяет поставленной задаче и не требует изменений.

$$fitness(A) = \begin{cases} 200 + \min_{path} (|x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|), & \text{при недостижении цели} \\ k, & \text{при достижении цели} \end{cases},$$

где  $k$  — число потраченных на достижение цели шагов.

### 2.2. Алгоритм имитации отжига

Метод имитации отжига служит для поиска глобального минимума некоторой функции  $fitness(x)$  на пространстве  $S$ . Элементы множества  $S$  представляют собой состояния физической системы, а значение функции в этих точках используется как энергия системы  $E = fitness(x)$ .

Схема алгоритма имитации отжига:

- 1) Случайным образом выбирается точка  $x = x_0$ , принадлежащая  $S$ ; текущим значением  $E$  устанавливается  $E = fitness(x)$ .
- 2)  $k$ -ая итерация алгоритма состоит из следующих операций:
  - i) Сгенерировать новую точку  $x'$  путем применения оператора мутации к текущей точке  $x$ .
  - ii) Вычислить значение функции в новой точке  $E' = fitness(x')$ .
  - iii) Если  $E' \leq E$ , то  $x = x'$ .
  - iv) Если  $E' > E$ , то сгенерировать случайное число  $\alpha$  из промежутка  $[0; 1]$ .
  - v) Если  $\alpha \leq \frac{1}{1 + \exp(\frac{E' - E}{T(k)})}$ , то  $x = x'$  и перейти к следующей итерации, иначе повторить итерацию [2].

### 2.3. Оператор мутации

Оператор мутации реализован следующим образом: для каждого перехода в автомате Мили действие и номер следующего состояния изменяются в соответствии с заданным для каждого из методов отжига порождающим семейством вероятностных распределений  $G(x, T)$ .

### 2.3. Сверхбыстрый отжиг

#### 2.3.1. Закон изменения температуры

Закон изменения температуры для сверхбыстрого отжига выглядит следующим образом:

$$T(k) = T_0 \cdot \exp(-c \cdot k^{1/D}),$$

где  $D$  — размерность пространства, а начальная температура и  $c$  — произвольно настраиваемые параметры [2].

### 2.3.2. Семейство распределений

Семейство распределений для сверхбыстрого отжига имеет плотность

$$g_T(x) = \frac{T}{(|x|^2 + T^2)^{(D+1)/2}},$$

которая моделируется с помощью функции

$$z(r, T) = \text{sign}(r - 0,5) \cdot T \cdot \left(1 + \frac{1}{T}\right)^{2 \cdot (0,5 + |r - 0,5| - 1)},$$

где  $r$  — равномерно распределенная на отрезке  $[0; 1]$  случайная величина [2].

## 2.4. Отжиг Xin Yao

### 2.4.1. Закон изменения температуры

В сверхбыстром отжиге используется следующий закон изменения температуры:

$$T(k) = T_0 \cdot \exp(-\exp(c \cdot k^{1/D})),$$

где  $D$  — размерность пространства, а начальная температура  $T_0$  и  $c$  — произвольно настраиваемые параметры [2].

### 2.4.2. Семейство распределений

Семейство распределений для отжига Xin Yao имеет плотность

$$g_T(x) = \prod_{i=1}^D g_{i,T}(x_i) = \prod_{i=1}^D \frac{1}{2 \left( |x_i| - \frac{1}{\ln(T_i)} \right) \cdot \ln(1 - \ln(T_i))},$$

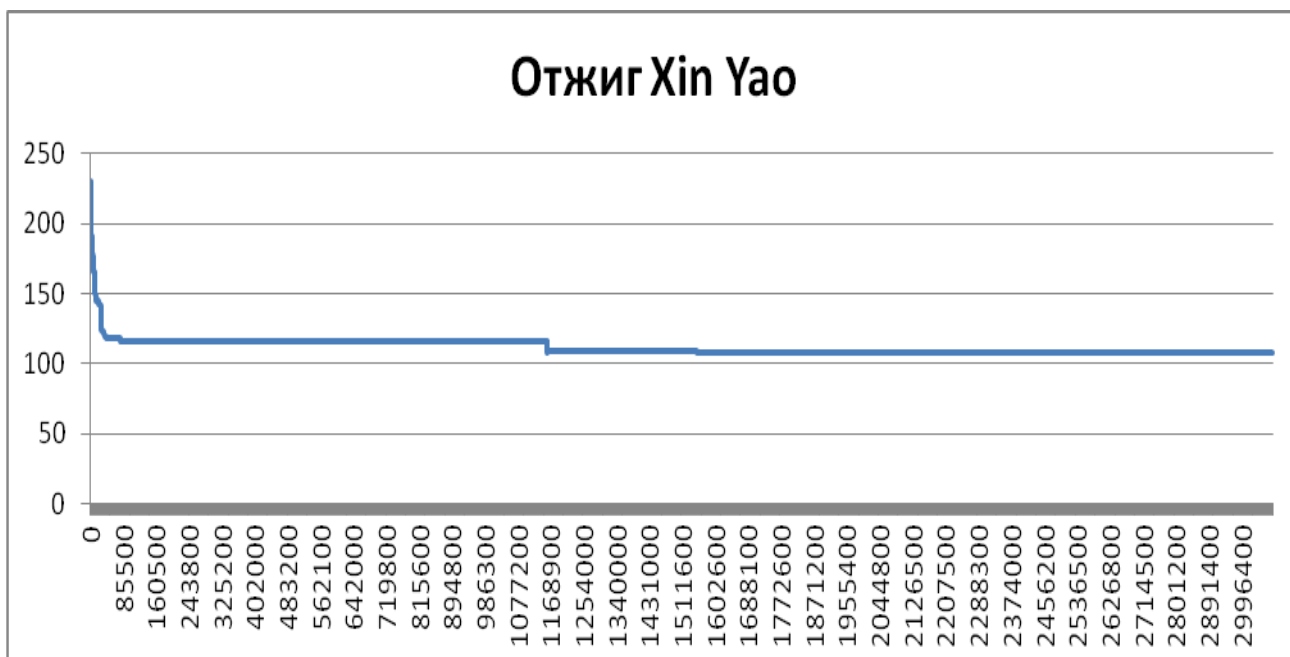
где  $g_{i,T}$  моделируется с помощью функции

$$z(r, T) = \text{sign}(r - 0,5) \cdot T \cdot \left(1 + \frac{1}{T}\right)^{|r - 0,5| - 1},$$

где  $r$  — равномерно распределенная на отрезке  $[0; 1]$  случайная величина [2].

### 3. Результаты

Путем запуска обоих методов отжига на декартовом произведении параметров  $c=\{0,01; 0,1; 0,5; 2; 4; 8; 16\}$  и  $T_0=\{0,2; 1; 10; 50, 500, 2000, 4000\}$  было выяснено, что сверхбыстрый отжиг дает наилучший результат при  $c=8$  и  $T_0=2000$ , а метод Хин Yao при  $c=2$  и  $T_0=1$ . Далее приведены усредненные графики запуска методов с этими параметрами.



## 4. Заключение

Полученные результаты показывают, то, что в рамках данной задачи большая, по сравнению со сверхбыстрым отжигом, скорость убывания температуры в методе Xin Yao, вовсе не означает большую скорость поиска ответа. Более того, можно видеть, что метод Xin Yao незначительно, но проигрывает сверхбыстрому отжигу.

## 5. Источники

1. Исходный код и документация к комплексу для изучения методов глобальной оптимизации G1Opt.  
[http://is.ifmo.ru/courses/\\_giopt-src.rar](http://is.ifmo.ru/courses/_giopt-src.rar)
2. Метод имитации отжига. Конспект лекций А. Лопатина.  
<http://rain.ifmo.ru/~buzdalov/lab-2011/books/annealing.pdf>