

Санкт-Петербургский национальный исследовательский  
университет информационных технологий, механики и оптики

Д. С. Шевченко

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

Вариант №14

Санкт-Петербург  
2011

Постановка задачи.....	3
Задача об умном муравье-3.....	3
Автомат Мура.....	4
Эволюционная стратегия.....	5
Функция приспособленности.....	5
Мутации.....	5
Результаты.....	6
Мутация номера следующего состояния.....	7
Мутация выходного воздействия.....	8
Мутация предиката.....	9
Мутация номера стартового состояния.....	10
Проверка результатов.....	11
Заключение.....	13
Источники.....	14

## Постановка задачи

Задача лабораторной работы — исследовать эффективность применения различных вероятностей мутации для генов различного типа при генерации автоматов, решающих задачу об умном муравье-3. Эффективность применения мутации определяется значением функции приспособленности, усредненным по нескольким опытам с одинаковыми условиями.

Для решения задачи используется **(1+1)-эволюционная стратегия**. Способ представления особи — автомат Мура, представленный сокращенными таблицами.

### Задача об умном муравье-3

В задаче используется квадратное поле размером 32 на 32 клетки, представляющее из себя поверхность тора. В каждой из клеток поля с вероятностью 5% перед запуском муравья располагается еда. Задача муравья — передвигаясь по соседним клеткам, собрать за **200** ходов как можно большую долю еды. За один ход муравей может совершить одно из следующих действий:

- перейти на одну клетку вперед и, если там находится еда, забрать ее;
- повернуться на 90 градусов по часовой стрелке;
- повернуться на 90 градусов против часовой стрелки.

Перед каждым ходом муравей видит перед собой восемь клеток, из которых **четыре** могут влиять на его действие (рис. 1).



Рис. 1 — Видимые поля и предикат. Фрагмент визуализатора

## Автомат Мура

Автомат Мура — детерминированный конечный автомат, выходные воздействия в котором зависят только от номера состояния. В задаче применяется автомат Мура первого рода (рис. 2): при переходе из одного состояния в другое выходное воздействие определяется старым состоянием. Переходы задаются сокращенными таблицами: среди восьми видимых клеток выделяются четыре, входящие в предикат, и для каждого возможного значения предиката из любого состояния существует ровно один переход.

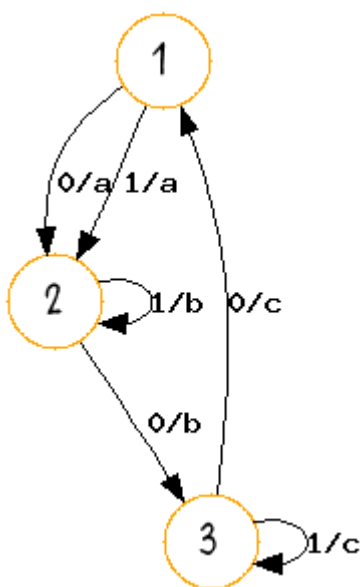


Рис. 2 — Пример автомата Мура с входными воздействиями {0, 1} и выходными воздействиями {a, b, c}

## **Эволюционная стратегия**

Алгоритм использует (1+1)-эволюционную стратегию. Первая особь-автомат генерируется случайно. В каждом последующем поколении существующая особь дублируется, и к дублю с некоторыми вероятностями последовательно применяются четыре мутации. После этого автоматы тестируются на 50 одинаковых для всех поколений случайных полях с вероятностью еды 5% в каждой клетке. Лучшая по функции приспособленности особь переходит в следующее поколение. В случае стагнации на протяжении 200 поколений, если функция приспособленности менее 40%, процесс повторяется с самого начала.

### **Функция приспособленности**

Функция приспособленности, или fitness-функция, — мера успешности особи при прохождении испытаний. В данной задаче функция бралась равной усредненной по 50 полям доле еды, собираемой автоматом за 200 ходов.

### **Мутации**

В работе исследуется зависимость эффективности алгоритма от четырех видов мутации.

1. Мутация номера следующего состояния: переход из каждого состояния по каждой возможной маске предиката с некоторой вероятностью заменяется на случайное состояние.
2. Мутация выходного воздействия: выходное воздействие для каждого состояния с некоторой вероятностью заменяется на случайное.
3. Мутация предиката: с некоторой вероятностью множество значимых полей заменяется случайным.
4. Мутация номера стартового состояния: стартовое состояние с некоторой вероятностью меняется на случайное.

## **Результаты**

Для определения зависимости эффективности алгоритма от вероятностей различных видов мутации проводилась серия опытов. В каждом из опытов значение вероятности тестируемой мутации являлось равным одному из следующих значений: 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, — а для оставшихся видов мутации — 2%. Таким образом, предполагалось, что на зависимость эффективности алгоритма от вероятности конкретной мутации не влияют другие мутации.

## Мутация номера следующего состояния

Применение мутации номера следующего состояния оказывает наибольшее влияние на функцию приспособленности, так как количество генов велико (рис. 3). Лучший результат дает 10% мутация.

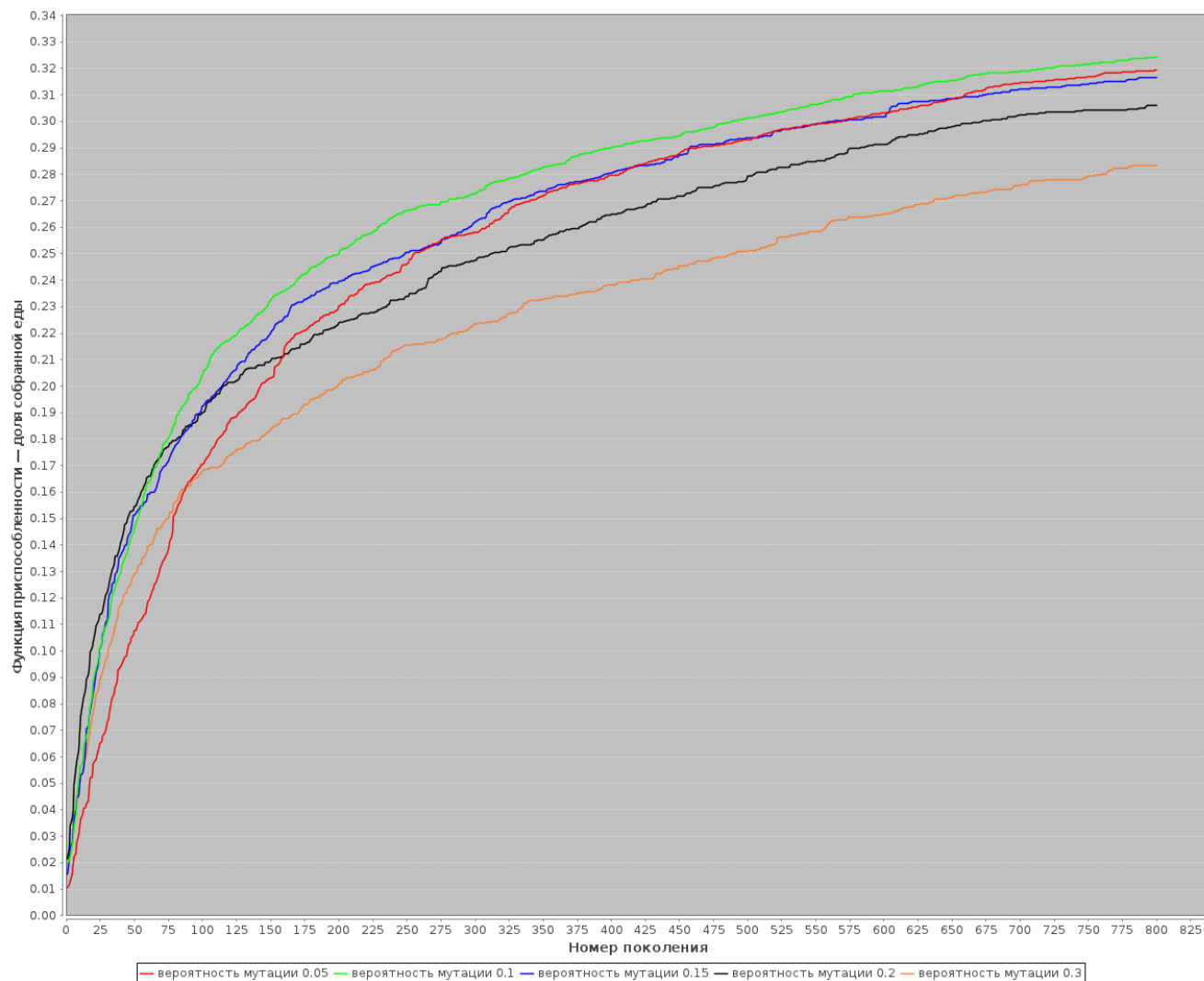


Рис. 3 — Зависимость функции приспособленности, усредненной по 50 запускам, от вероятности мутации номера следующего состояния

## Мутация выходного воздействия

Здесь десятипроцентная мутация также наиболее эффективна (рис. 4).

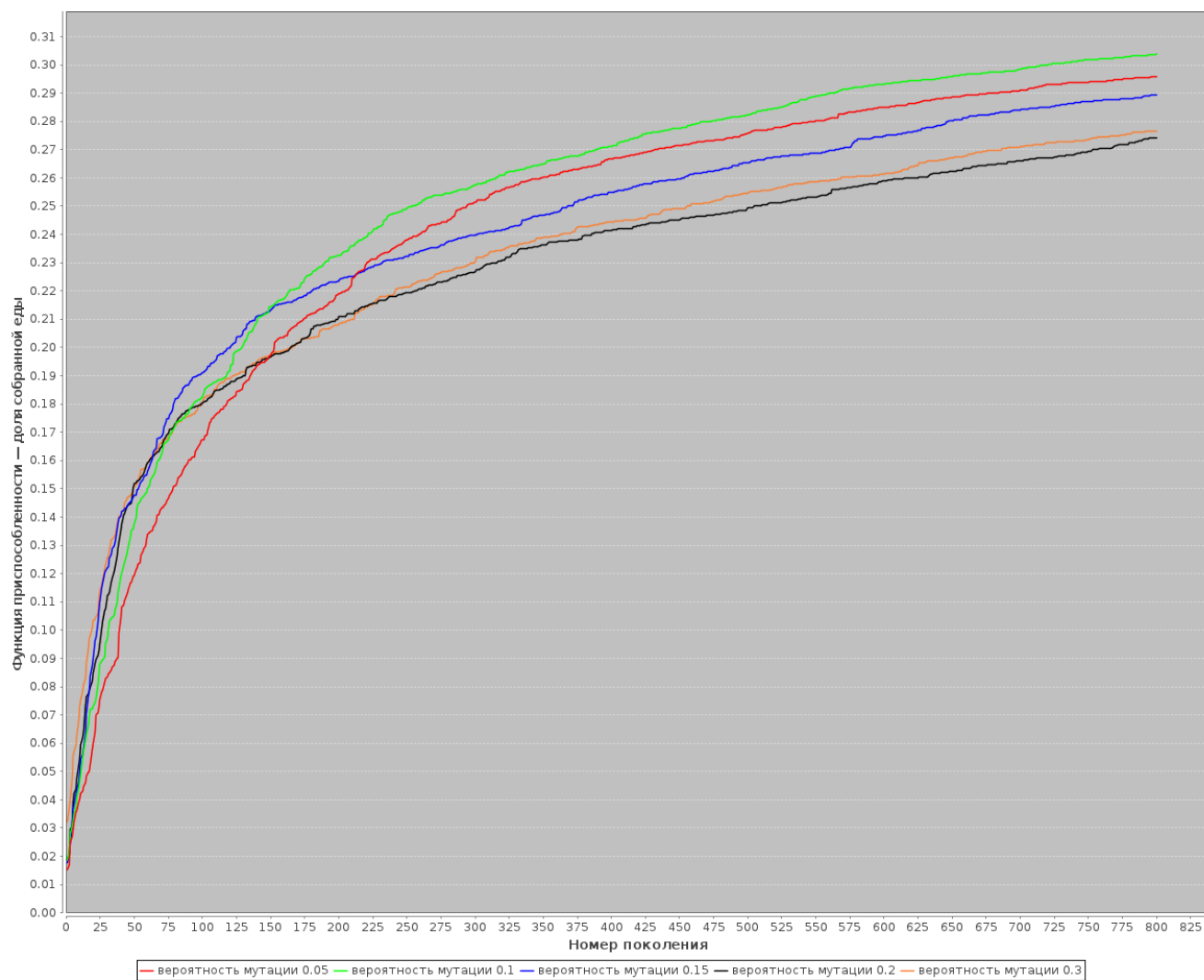


Рис. 4 — Зависимость функции приспособленности, усредненной по 50 запускам, от вероятности мутации выходного воздействия



## Мутация предиката

Влияние мутаций с вероятностями от 5% до 20% отличается слабо (рис. 5). Чуть лучший прогресс отмечается при 15%.

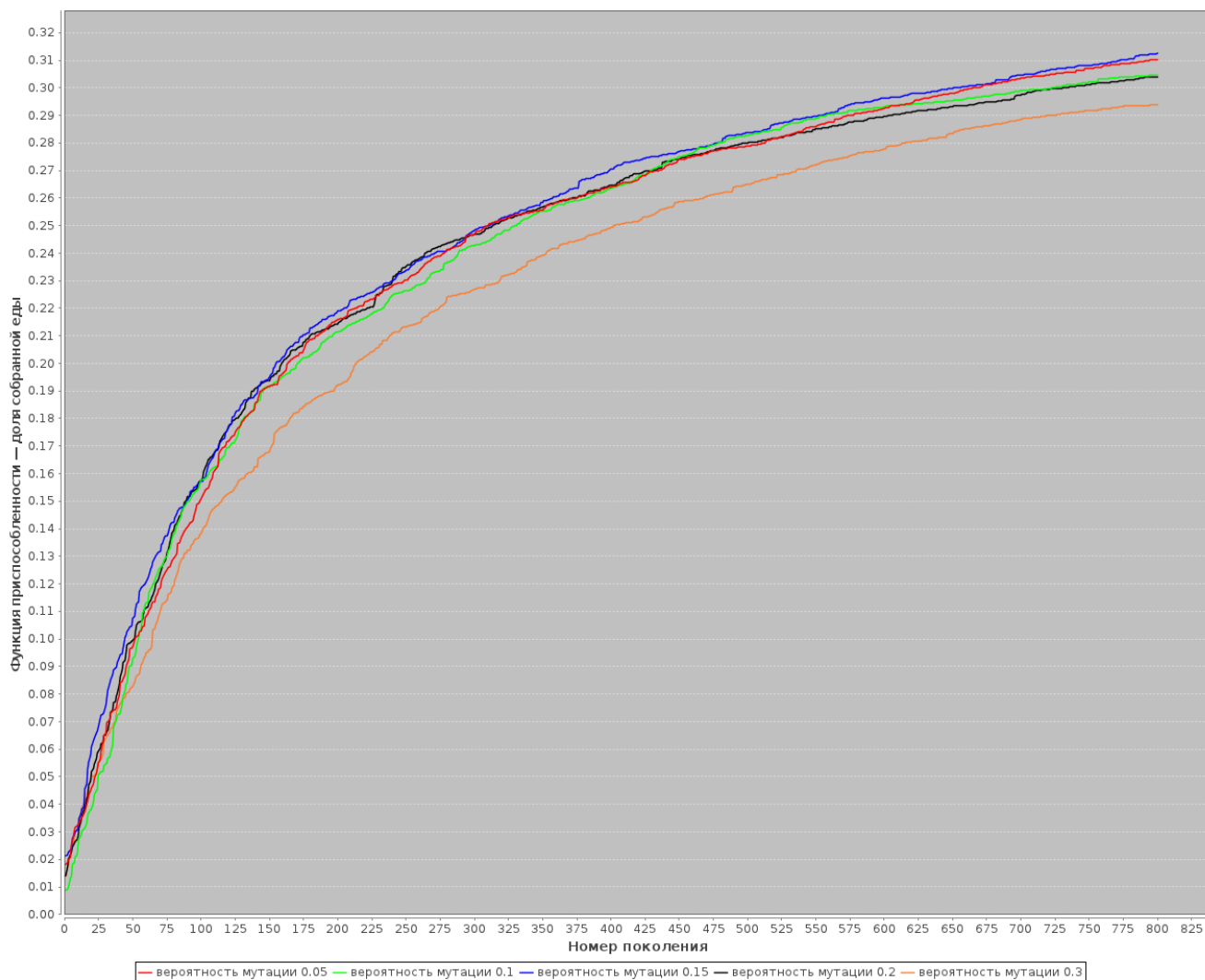


Рис. 5 — Зависимость функции приспособленности, усредненной по 50 запускам, от вероятности мутации предиката

## Мутация номера стартового состояния

Здесь плотность еще больше (рис. 6). Неудачные результаты при 15% мутации можно списать на случайность.

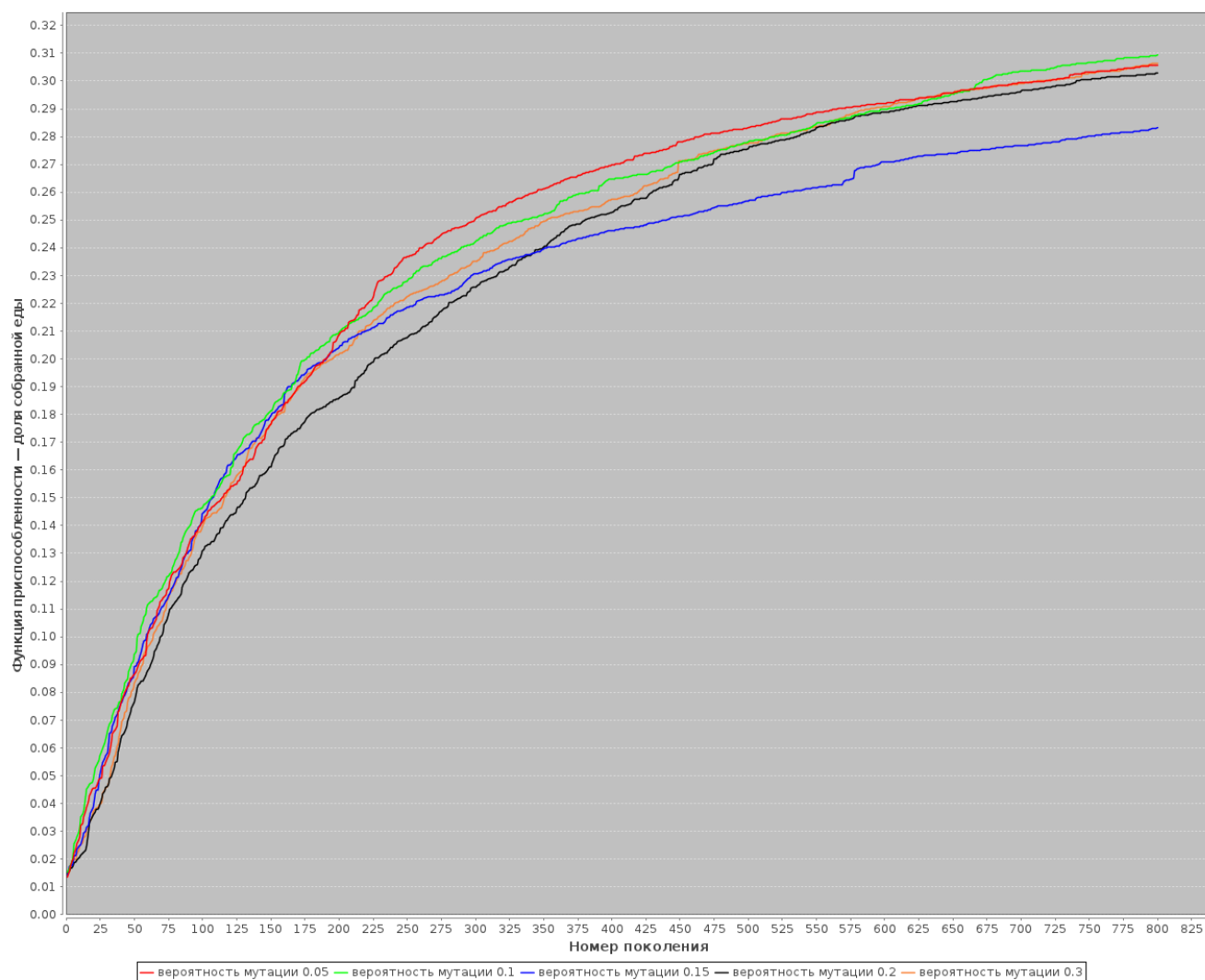


Рис. 6 — Зависимость функции приспособленности, усредненной по 50 запускам, от вероятности мутации номера стартового состояния

# Проверка результатов

После получения результатов алгоритм был запущен с лучшими вероятностями мутаций. Был получен автомат (рис. 7), в среднем за 200 ходов успевающий собрать около 45,3% еды.

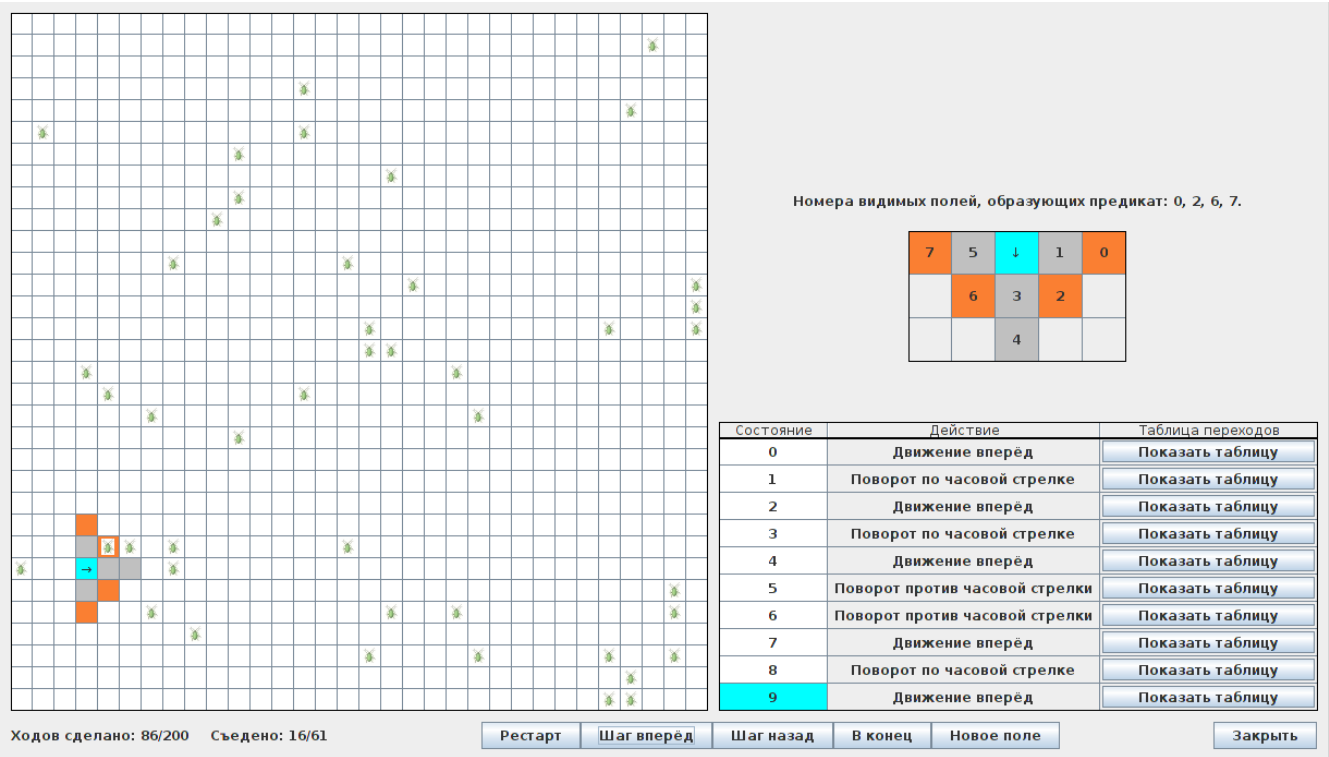


Рис. 7 — Визуализатор поля и лучшего из сгенерированных автоматов

В общем и целом, применение четырех мутаций с оптимальными вероятностями положительно сказывается на эффективности алгоритма (рис. 8).

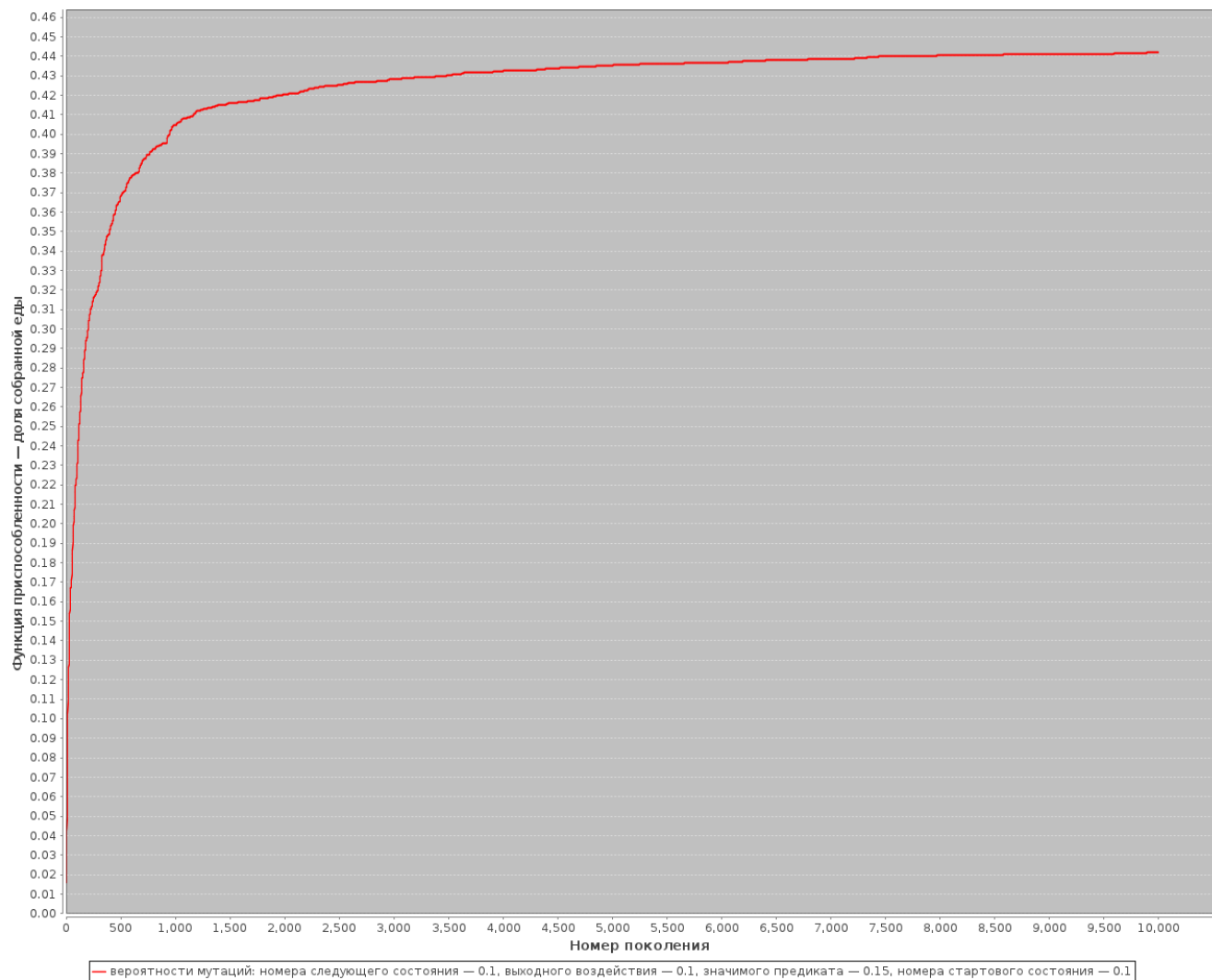


Рис. 8 — Зависимость функции приспособленности, усредненной по 20 запускам, от номера поколения при применении всех видов мутации с оптимальными вероятностями

## Заключение

По итогам серии опытов была получена зависимость эффективности эволюционной стратегии от вероятностей мутации различных генов. В качестве лучших значений можно порекомендовать:

- для мутации номера следующего состояния — 10%;
- для мутации выходного воздействия — 10%;
- для мутации предиката — 15%;
- для мутации номера стартового состояния — 10%.

Исходный код эволюционной стратегии, а также визуализатора графиков, поля и автомата можно найти в репозитории: <https://github.com/shevchen/CleverAnt3>.

## Источники

1. Царев Ф. Н. Методы представления конечных автоматов в генетических алгоритмах .

<http://rain.ifmo.ru/~buzdalov/lab-2011/presentations/automata-representation.pdf>

2. Evolution Strategies.

[http://www.scholarpedia.org/article/Evolution\\_strategies](http://www.scholarpedia.org/article/Evolution_strategies)

3. Sean Luke. The Mersenne Twister in Java.

<http://www.cs.gmu.edu/~sean/research/>

4. JfreeChart — Java chart library.

<http://www.jfree.org/jfreechart/>