

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

В. С. Гречко

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

Вариант №5

Санкт-Петербург  
2011 г.

## Оглавление

Введение .....	3
1. Постановка задачи .....	4
1.1. Задача об умном муравье-3 .....	4
2. Автомат Мили .....	5
3. Эволюционная стратегия .....	5
3.1. Мутация и кроссовер .....	5
3.2. Функция приспособленности .....	5
4. Результаты.....	5
4.1. Тестирование на произвольных полях .....	8
5. Заключение .....	12
Источники.....	12

## **Введение**

В данной работе исследуется эффективность эволюционной стратегии при задании автомата Мили полными и сокращенными таблицами для решения задачи об умном муравье-3.

При выполнении работы использовался фреймворк Watchmaker [1] для работы с генетическими алгоритмами. Весь исходный код, используемый в данной работе, написан на языке Java.

## 1. Постановка задачи

Задача данной лабораторной работы — сравнить эффективность работы эволюционной стратегии, строящей автомат Мили, который решает задачу об умном муравье-3, при задании автомата полными и сокращенными таблицами.

### 1.1. Задача об умном муравье-3

Дано поле размером 32×32 клетки, расположенное на поверхности тора (рис. 1). На поле случайно расположено 89 яблок. Муравей видит восемь клеток (рис. 2).

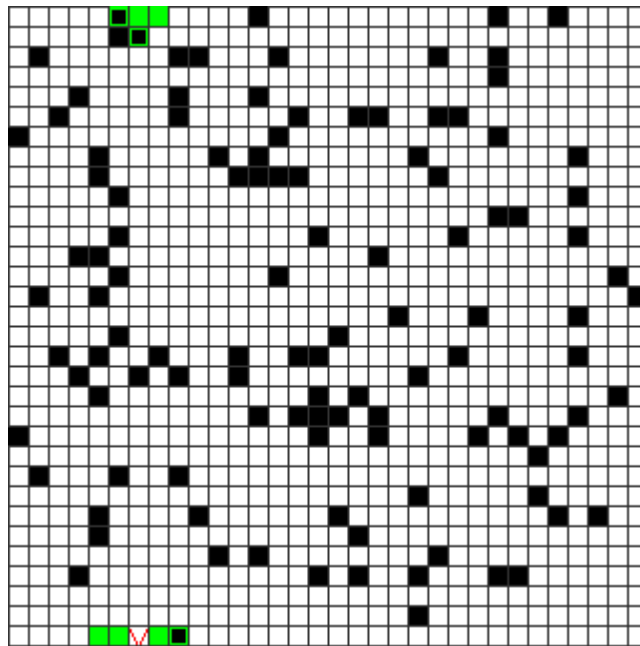


Рис. 1 — Игровое поле



Рис. 2 — Область видимости муравья

У муравья три варианта действий: повернуть налево, повернуть направо, пойти вперед (и съесть еду, если она там есть). Задача: съесть как можно больше еды за 200 ходов.

## 2. Автомат Мили

Автомат Мили — пятерка  $A = \langle S, q_0 \in S, X, Y, \delta \rangle$

$S$  — множество состояний

$q_0$  — стартовое состояние

$X$  — множество входных воздействий

$Y$  — множество выходных воздействий

$\delta: S \times X \rightarrow S \times Y$  — функция переходов

## 3. Эволюционная стратегия

Для реализации эволюционной стратегии [2] использован фреймворк watchmaker [1], реализованы операторы мутации и кроссовера, и класс вычисляющий функцию приспособленности.

### 3.1. Мутация и кроссовер

Для мутации и кроссовера автоматов, представленных полными или сокращенными таблицами, использованы методы, описанные в работе [3].

### 3.2. Функция приспособленности

Для построения автомата, эффективно решающего задачу об умном муравье-3, генерируется 50 случайных полей (каждое содержит 89 яблок), и функция приспособленности (ФП) автомата определяется как усредненное по всем полям число яблок, которое автомат съедает за 200 шагов.

## 4. Результаты

Используем эволюционную стратегию (10 + 20) для построения автомата Мили с семью состояниями, и сравним результаты, которые дает представление полными и сокращенными таблицами с различным числом значимых предикатов.

Усредним по 10 запускам (каждый по 15 минут) среднее и максимальное значение ФП. Построим графики зависимости ФП от времени (рис. 3—4).

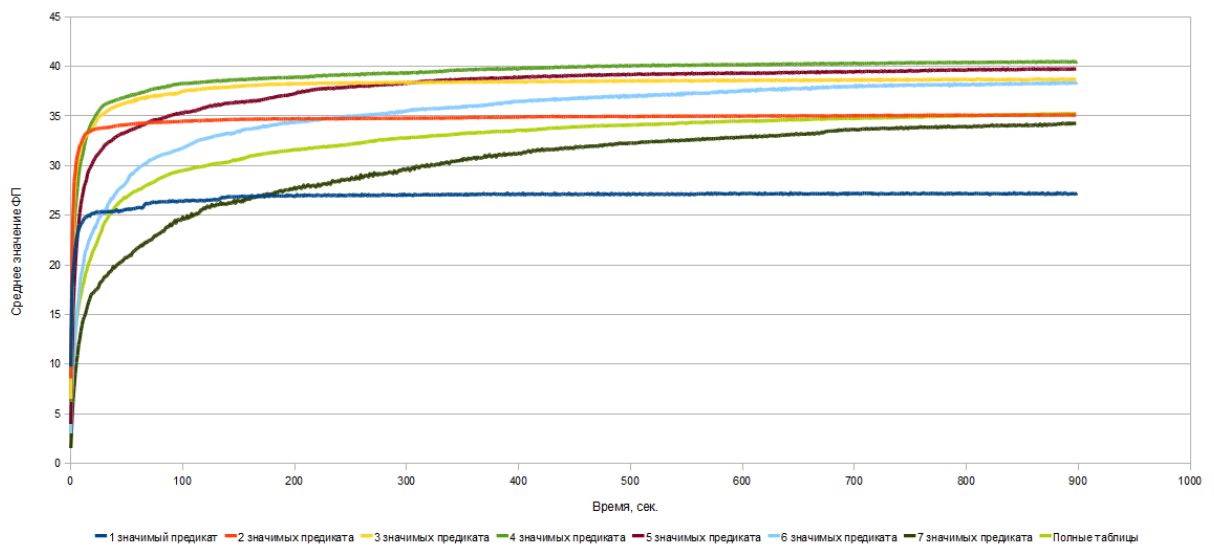


Рис. 3 — Графики зависимости среднего значения ФП от времени

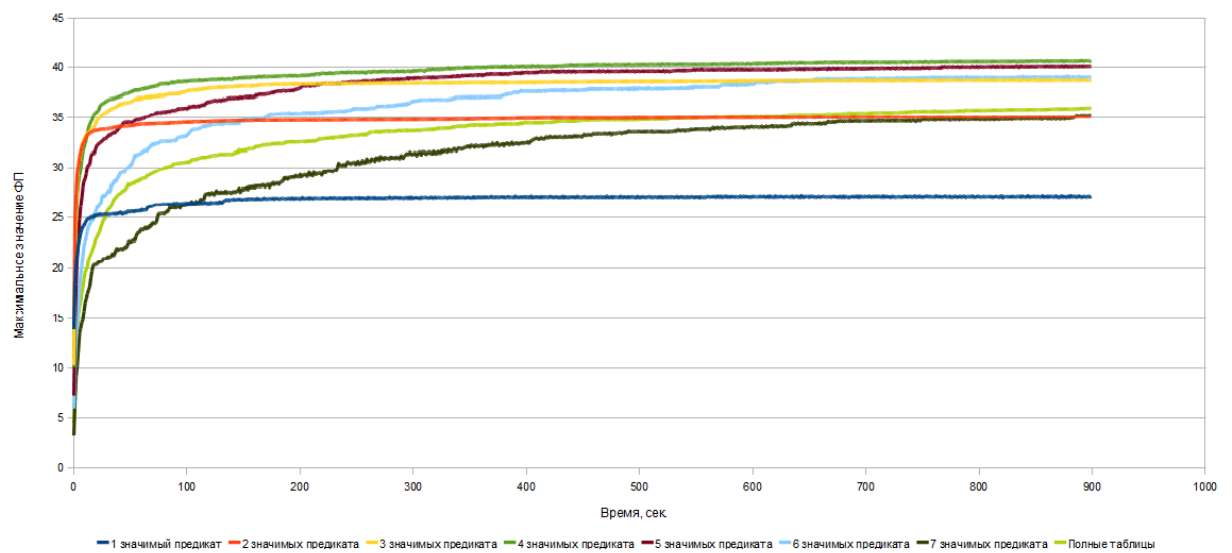


Рис. 4 — Графики зависимости максимального значения ФП от времени

Построим график зависимости достигаемой ФП (средней и максимальной) от числа значимых предикатов (рис. 5–6).

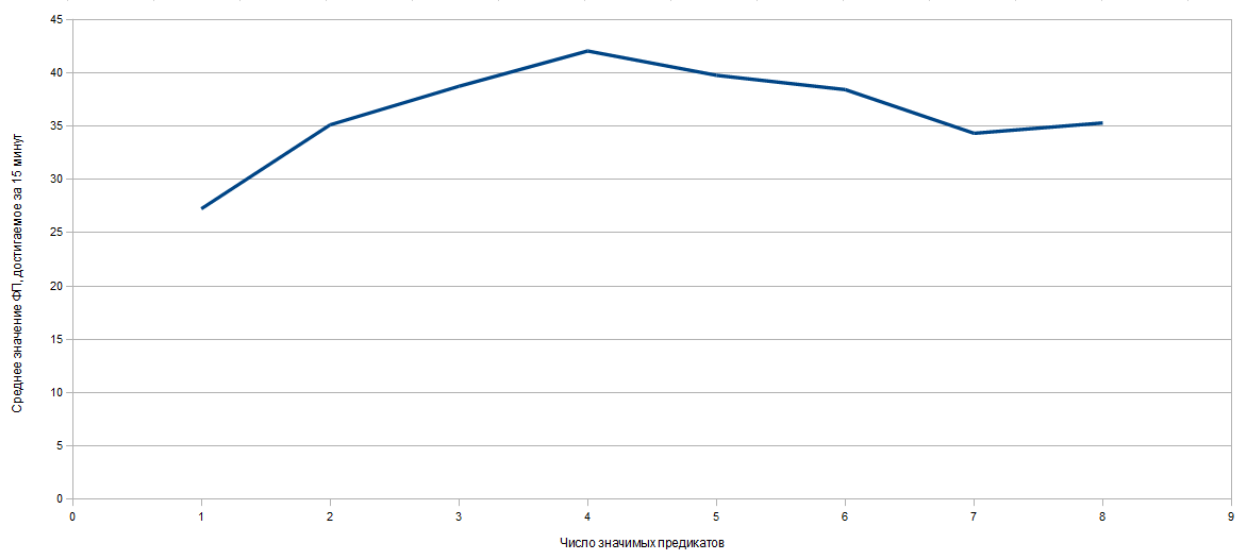


Рис. 5 — График зависимости среднего значения ФП от числа значимых предикатов

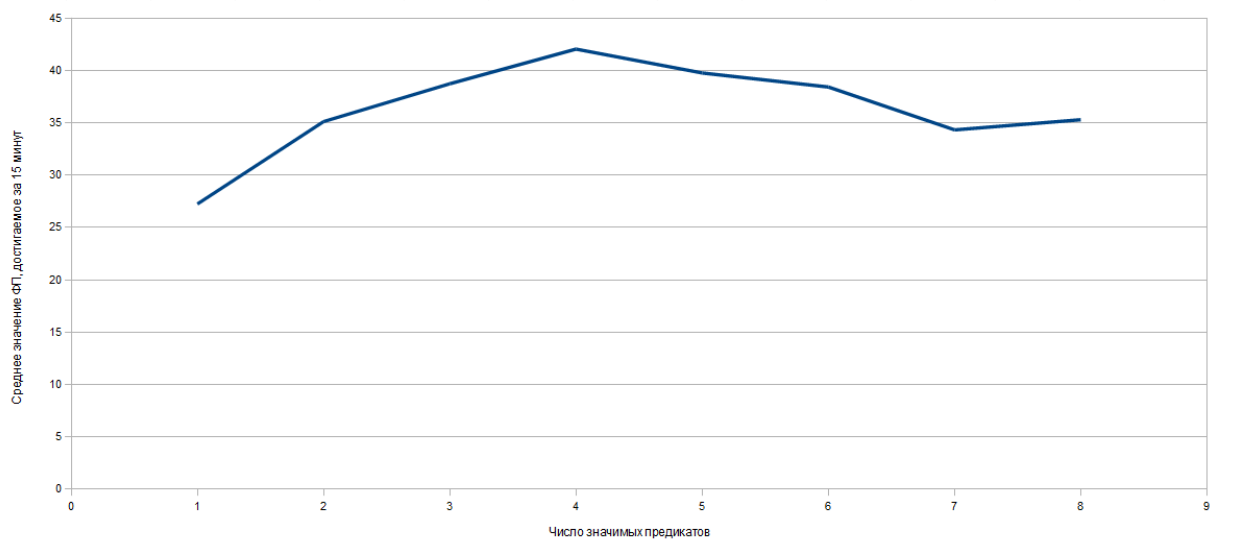


Рис. 6 — График зависимости максимального значения ФП от числа значимых предикатов

Для оценки эффективности реализации эволюционной стратегии представим график зависимости количества вычислений ФП от числа значимых предикатов (рис. 7).

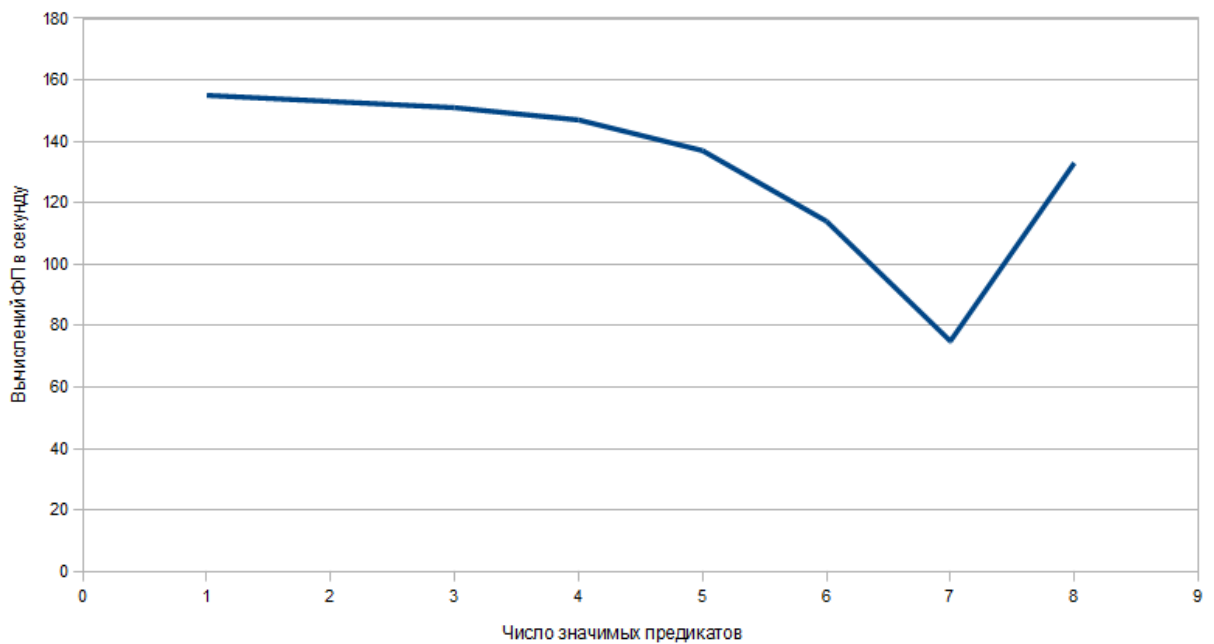


Рис. 7 — График зависимости количества вычислений ФП за секунду от числа значимых предикатов

Из графиков можно видеть, что представление автоматов сокращенными таблицами с числом значимых предикатов от трех до шести дает лучшие результаты по сравнению с представлением полными таблицами.

#### 4.1. Тестирование на произвольных полях

Исследуем поведение автоматов, выращенных на полях с 89 яблоками, на полях с другим числом яблок. Для этого вырастим некоторый автомат, для каждого числа яблок (от 1 до 1023) сгенерируем 50 полей, найдем минимальное, среднее, и максимальное число съеденных автоматом яблок. Усредним полученные данные по 20 автоматам. Построим график зависимости съеденных яблок от их общего числа (рис. 8—15).

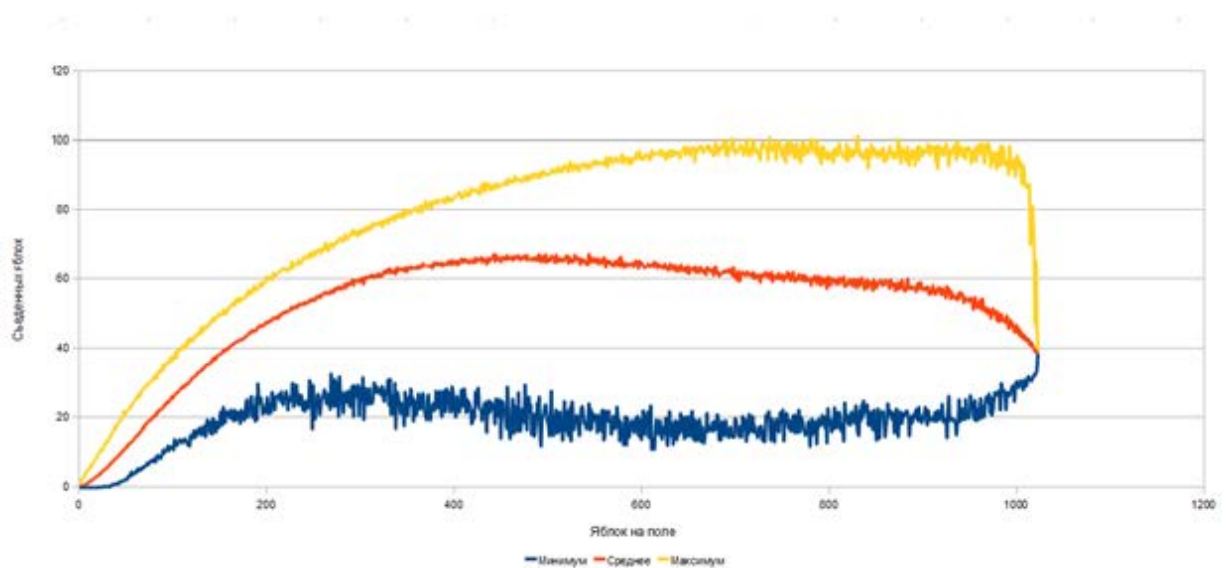


Рис. 8 — График зависимости числа съеденных яблок от числа яблок на поле для автомата, представленного сокращенными таблицами с одним значимым предикатом



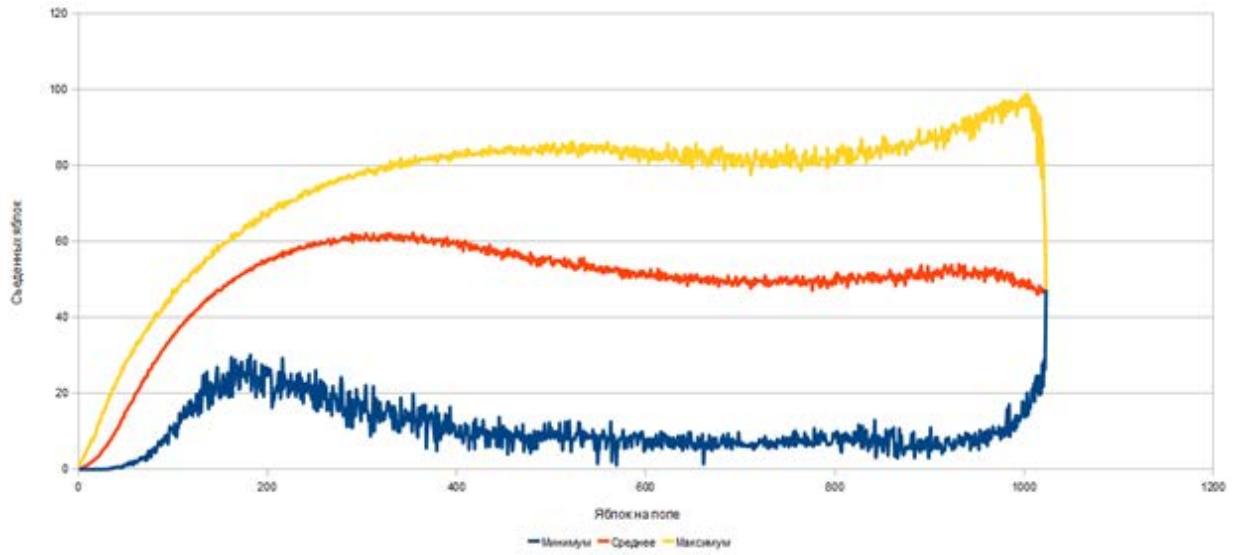


Рис. 9 — График зависимости числа съеденных яблок от числа яблок на поле для автомата, представленного сокращенными таблицами с двумя значимыми предикатами

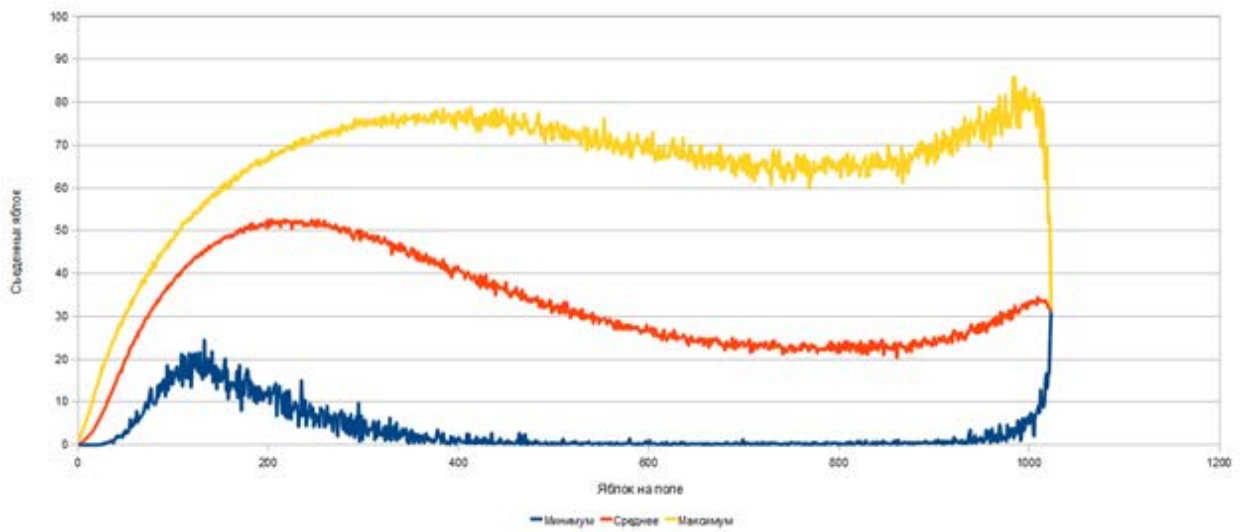


Рис. 10 — График зависимости числа съеденных яблок от числа яблок на поле для автомата, представленного сокращенными таблицами с тремя значимыми предикатами

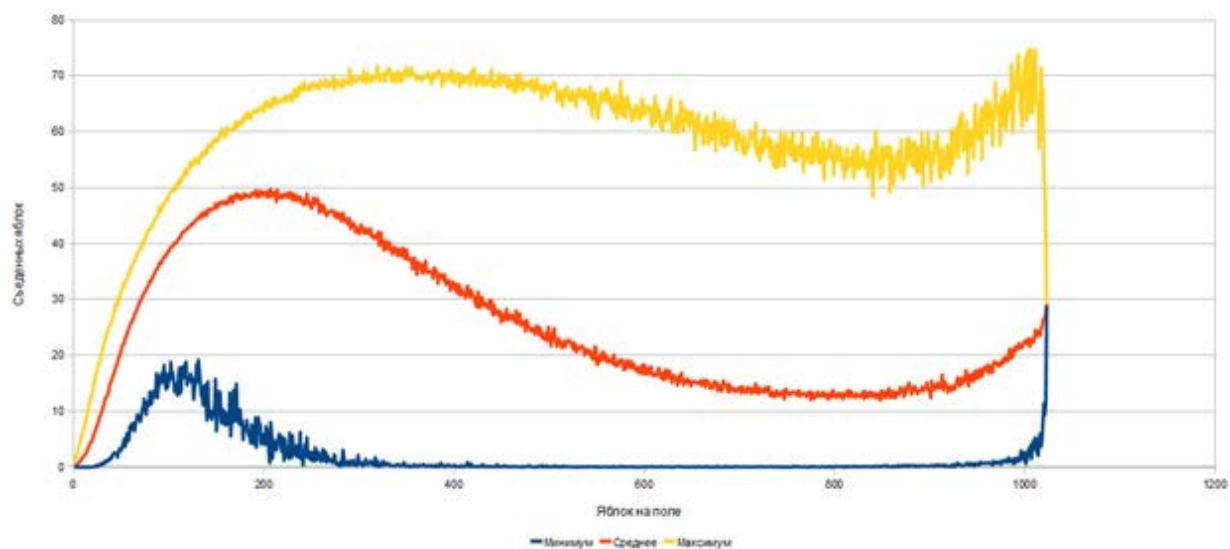


Рис. 11 — График зависимости числа съеденных яблок от числа яблок на поле для автомата, представленного сокращенными таблицами с четырьмя значимыми предикатами

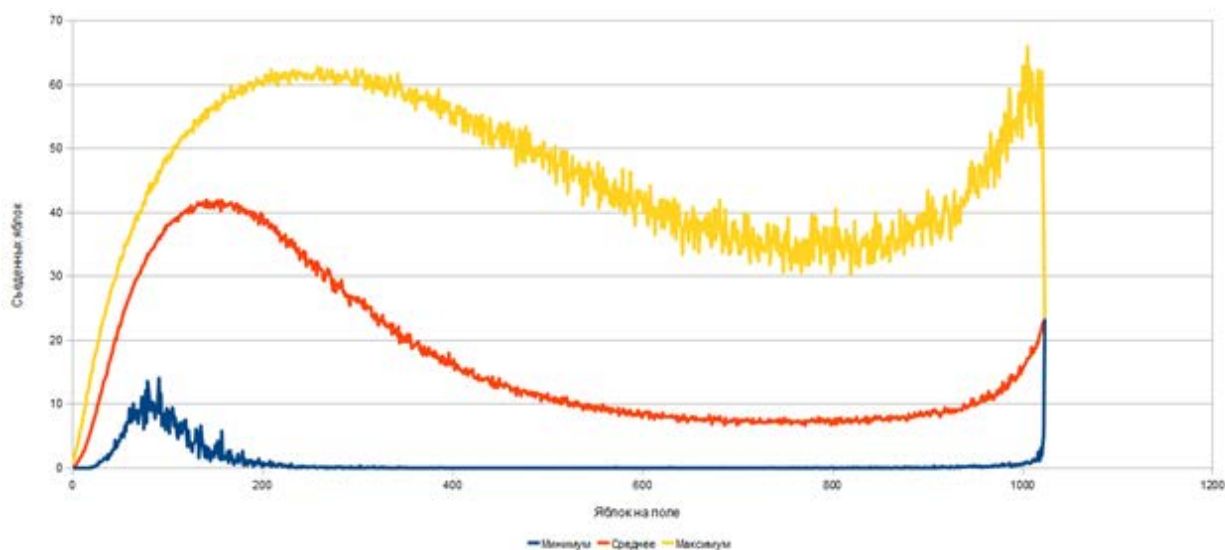


Рис. 12 — График зависимости числа съеденных яблок от числа яблок на поле для автомата, представленного сокращенными таблицами с пятью значимыми предикатами

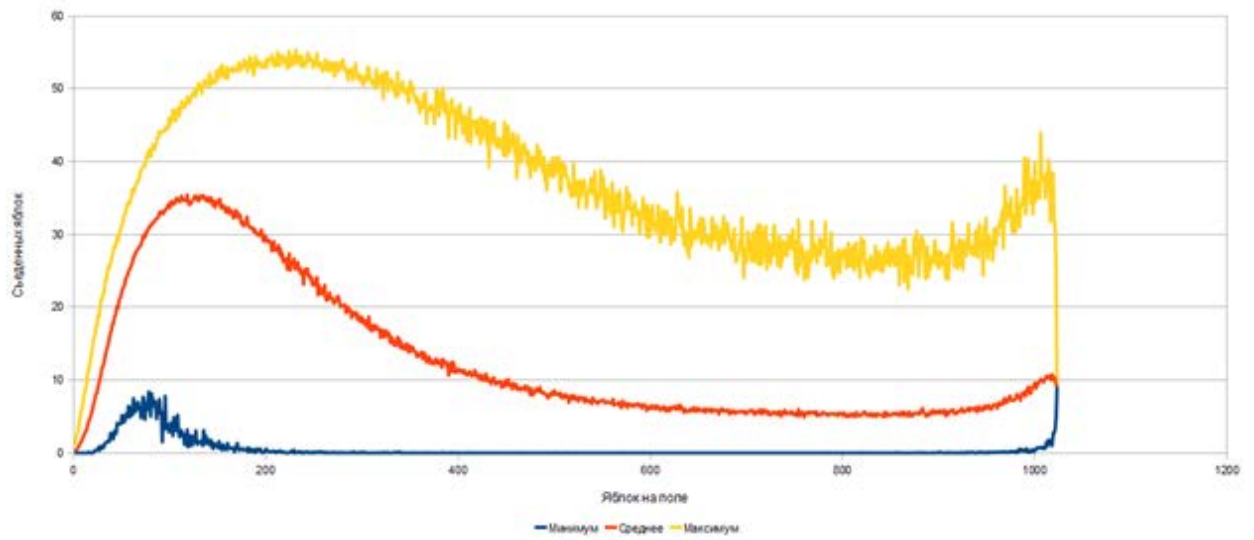


Рис. 13 — График зависимости числа съеденных яблок от числа яблок на поле для автомата, представленного сокращенными таблицами с шестью значимыми предикатами

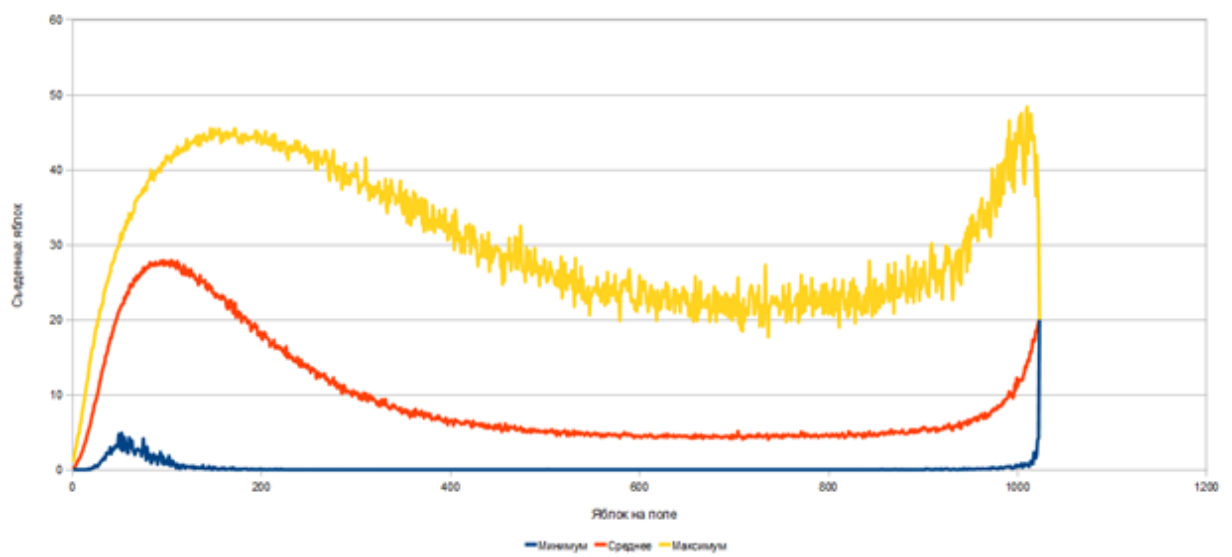


Рис. 14 — График зависимости числа съеденных яблок от числа яблок на поле для автомата, представленного сокращенными таблицами с семью значимыми предикатами

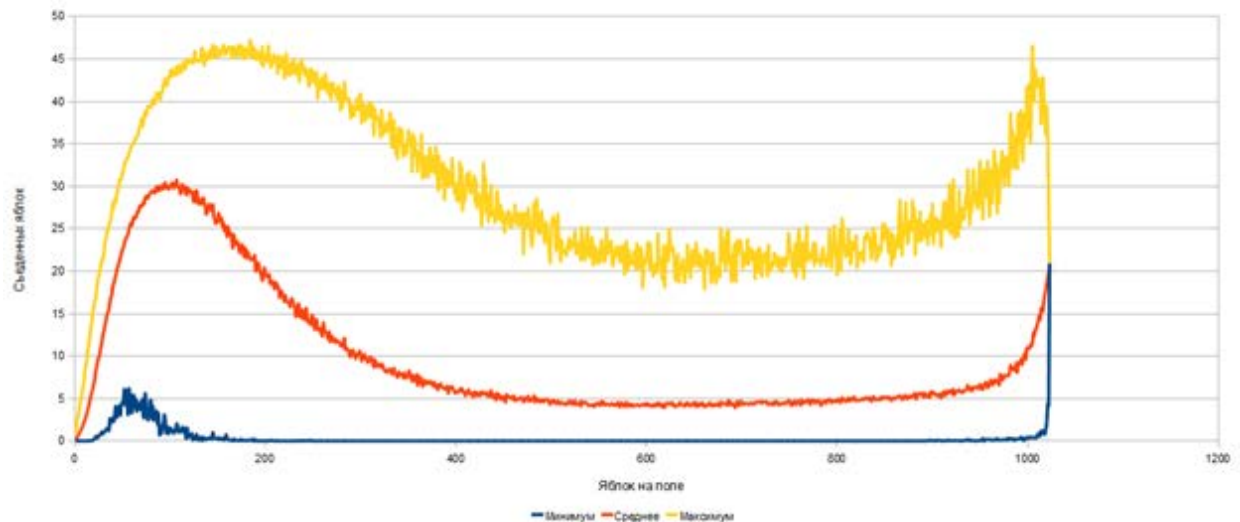


Рис. 15 — График зависимости числа съеденных яблок от числа яблок на поле для автомата, представленного полными таблицами

Как можно видеть из графиков, на случайных полях автоматы в среднем показывают достаточно хорошие результаты при числе яблок в некоторой окрестности 89, но ухудшают эти результаты, если число яблок достаточно далеко от 89. Можно также заметить, что автоматы, представленные сокращенным таблицам с меньшим числом предикатов, оказываются более приспособленными к варьированию числа яблок на поле.

## 5. Заключение

Представление автоматов сокращенными таблицами при использовании эволюционной стратегии оправдано: оно дает лучшие результаты по сравнению с полными таблицами и сокращает размер используемой памяти. При решении задачи об умном муравье-3 и использовании автомата Мили, оптимальное число значимых предикатов равно четырем. При тестировании автоматов на случайных полях, автоматы, представленные сокращенными таблицами с меньшим числом значимых предикатов, оказываются менее восприимчивыми к варьированию числа яблок на поле.

## Источники

1. The Watchmaker Framework for Evolutionary Computation. <http://watchmaker.uncommons.org/>.
2. Back T., Hoffmeister F., Schwefel H.-P. A Survey of Evolutionary Strategies. University of Dortmund. <http://rain.ifmo.ru/~buzdalov/lab-2011/books/es-survey.pdf>.
3. Точилин, В.Н. Метод сокращенных таблиц для генерации автоматов с большим числом входных воздействий на основе генетического программирования. СПбГУ ИТМО. 2008. <http://is.ifmo.ru/papers/tochilin/doc.pdf>.