

УДК 004.91

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИМИТАЦИИ ОТЖИГА

С. А. Савельев, А. И. Томила
Научный руководитель – М. Н. Фаворская

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31
E-mail: nastomila@gmail.com, alxsave@gmail.com

Произведено исследование алгоритма имитации отжига путем изменения параметров, сделаны выводы по работе алгоритма, все тесты произведены с помощью специально написанного авторами приложения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, алгоритм имитации отжига, задача о рюкзаке.

SIMULATED ANNEALING ALGORITHM RESEARCH

S. A. Savelev, A. I. Tomilina
Scientific Supervisor – M. N. Favorskaya

Reshetnev Siberian State Aerospace University
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: nastomila@gmail.com, alxsave@gmail.com

In this work it was researched the algorithm of simulated annealing by changing the parameters, made some conclusions about the work of the algorithm, all tests are made with a specially realized application by the authors of this paper.

Keywords: artificial intelligence, simulated annealing algorithm, knapsack problem.

Искусственный интеллект появился с рождением компьютеров, однако значимые с практической точки зрения результаты были получены лишь в конце 1960-х годов. Из-за практической значимости сегодня искусственный интеллект продолжает активно изучаться. Можно выделить следующие основные методики искусственного интеллекта: нейронные сети, генетические алгоритмы, алгоритм имитации отжига, муравьиные алгоритмы и другие. В данной работе будет рассмотрен алгоритм имитации отжига.

Алгоритм имитации отжига представляет собой метод решения задачи глобальной оптимизации, в особенности дискретной и комбинаторной оптимизации. Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решётку, но ещё допустимы переходы отдельных атомов из одной ячейки в другую. Предполагается, что процесс протекает при постепенно понижающейся температуре. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причём вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решётка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остаётся на месте [1].

Данный алгоритм был программно реализован и протестирован на задаче о рюкзаке [3]. Формулировка задачи о рюкзаке: «Пусть имеется набор предметов, каждый из которых имеет два параметра – вес и ценность. И есть рюкзак, определенной вместимости. Задача заключается в том, чтобы собрать рюкзак с максимальной ценностью предметов внутри, соблюдая при этом весовое ограничение рюкзака» [2].

Основные параметры при проведении исследований были установлены следующим образом:

– В качестве **исходного состояния (Initialstate)** использовался пустой рюкзак, в котором не лежит ни одной вещи.

– Если полученное на текущей итерации решение получается хуже чем на предыдущей, проверяем можем ли мы принять его, с помощью следующей функции (*Acceptfunction*): $\text{random}() < e^{-\Delta C/t}$, значение которой полностью зависит от текущей температуры.

– Функция «заморозки» (*Frozenfunction*): было использовано константное значение конечной температуры.

– Ограничение внутреннего цикла (*Innerloopend*): было использовано число, выражающее максимальное число итераций.

– Функция остужения (*Coolfunction*): было использовано геометрическое остужение $t = \alpha * t$, где $\alpha = 0,8 \dots 0,99$.

Эксперименты:

Для всех экспериментов использовался тестовый набор данных состоящий из 30 предметов. Тестирование проводилось на следующей конфигурации аппаратного обеспечения: процессор – Intel Core i7 4700 HQ 2.4 GHz (x64), ОЗУ – 1600 Mhz 8 Gb.

Эксперимент 1. Начальная температура = 4000.0, конечная температура = 0.1, Альфа = 0.995, Внутренний цикл N = 50.

Время выполнения: 8.49 с. Относительная погрешность: 0,0172.

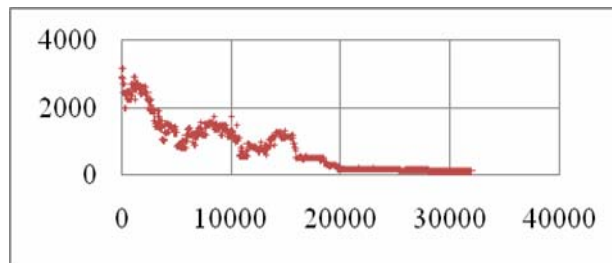


Рис. 1. Эксперимент 1 (по вертикали графика – разность стоимости рюкзака, по горизонтали – итерации)

На рис. 1 можно увидеть некоторое количество «безрезультатно потраченного» времени в конце вычислений, но относительная погрешность низкая. Лишняя трата времени может означать, что установленное значение конечной температуры было слишком низким.

Эксперимент 2.

Начальная температура = 4000.0, конечная температура = 1.0, Альфа = 0.995, Внутренний цикл N = 50.

Время выполнения: 6.49 с. Относительная погрешность: 0,0473.

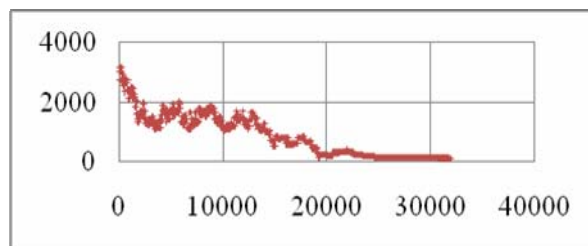


Рис. 2. Эксперимент 2 (по вертикали графика – разность стоимости рюкзака, по горизонтали – итерации)

Увеличение значения конечной температуры дало свой эффект, в этом случае область интенсификации короче, но область диверсификации слишком большая.

Эксперимент 3. Начальная температура = 4000.0, конечная температура = 0.1, Альфа = 0.995, Внутренний цикл N = 25.

Во время выполнения = 2.68. Относительная погрешность: 0,0739.

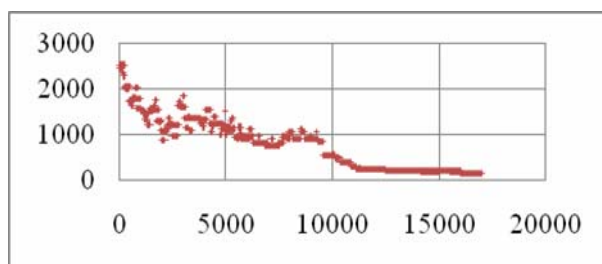


Рис. 3. Эксперимент 3 (по вертикали графика – разность стоимости рюкзака, по горизонтали – итерации)

В этом эксперименте была совершена попытка урезать конечную сумму итераций путем урезания количества итераций во внутреннем цикле. Результат получился хуже, чем в предыдущих опытах, но вычисление заняло гораздо меньшее времени.

Эксперимент 4. Начальная температура = 4000.0, конечная температура = 0.1, Альфа = 0.95, Внутренний цикл N = 50.

Время выполнения: 0.97. Относительная погрешность: 0,492.

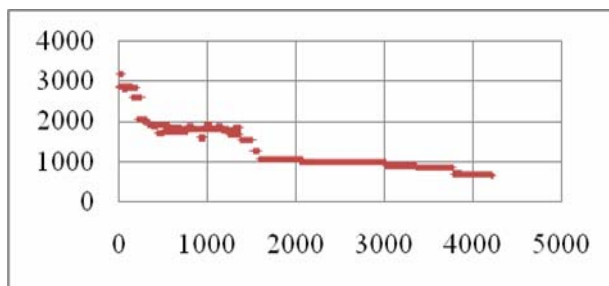


Рис. 4. Эксперимент 4 (по вертикали графика – разность стоимости рюкзака, по горизонтали – итерации)

В этом эксперименте был уменьшен коэффициент Альфа, время выполнения этого эксперимента является самым низким из всех, но относительная погрешность – самая высокая. Охлаждение происходит слишком быстро.

Таким образом, лучшим является результат, полученный в эксперименте 1: с времен выполнения 6.49 с. При этом простым перебором точного результата можно добиться за 8 минут 29,64 секунды, а эвристическим алгоритмом – 0,055 за 1,93 секунды.

Алгоритм имитации отжига имеет свои преимущества и недостатки по сравнению с другими методами глобальной оптимизации. Его преимуществами являются относительная простота реализации и универсальность применения для многих комбинаторных задач. К недостаткам можно отнести необходимость многократных тестов для верного подбора параметров алгоритма, результат работы данного алгоритма сильно зависит от выбранных значений параметров, что доказали проведенные эксперименты. Для каждой задачи и реализации параметры могут существенно варьироваться, что делает проведение тестов неотъемлемым этапом метода.

Библиографические ссылки

1. Алгоритм имитации отжига [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_имитации_отжига (дата обращения: 30.01.2016).
2. Задача о ранце [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Задача_о_ранце (дата обращения: 30.01.2016).
3. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. М. : ДМК Пресс, 2004. 312 с. ISBN 5-94074-275-0. С. 25–42.