

К.т.н., доцент Білостоцький А.І., студентка Іванишина Т.Д.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЇ ВІДПАЛУ ЯК МЕТОД ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ВХОДУ НА БІРЖОВИЙ РИНОК

Abstract

*Anatoliy I. Bilostotskiy, assoc. prof., PhD; Tetyana Ivanyshyna, student
Simulated annealing as a method of finding an optimal strategy for entering
exchange stock*

Simulated annealing is a propablistic metod for finding global minimum of a cost function. It works by emulating the physical process whereby a solid slowly cooled so that when eventually it's structure is frozen, this happens at a minimum energy configuration.

This review considers a way of using simulated annealing method for finding the optimal rules and it's parameters for making deals at a stock exchange.

Вступ

Щоб вважатися повними механічні торгові системи повинні мати методики входу і виходу. Методика входу повинна визначати слушні моменти для входу на ринок, коли висока ймовірність угод з високим співвідношенням ризику і прибутку. Тому побудова закінченої моделі інвестора є досить важливою, адже дозволяє вибрати найкращий підхід серед необроблених ідей [1].

Багато американських авторів [1] розглядають різноманітні підходи до торгівлі на біржовому ринку, але далеко не всі розглядають способи поєднання розглянутих підходів у єдину модель. З цією метою використовуються оптимізатори, які дозволяють не просто знайти оптимальні параметри правил, якими керується інвестор, але і дозволяє обрати найкращий підхід серед необроблених ідей. Найбільшого поширення набули оптимізатори на основі генетичних алгоритмів [1, 2], адже вони використовують в роботі випадкові числа, що дозволяє їм частіше уникати локальних екстремумів. Алгоритм імітації відпалу також відноситься до категорії стохастичних методів, тому може бути використаний в якості алгоритму вибору оптимальних правил торгівлі на

фондовому ринку. Алгоритм базується на імітації фізичного процесу, який відбувається при кристалізації речовини з рідкого стану у твердий, в тому числі при відпалі металу. Кінцевий стан після кристалізації відповідає мінімуму енергії конфігурації решітки. Дослідження використання недетермінованих методів у сфері біржової торгівлі сконцентрувалися на генетичних алгоритмах, тому вибраний саме цей метод.

Постановка задачі

Задача полягає в адаптації вхідних даних існуючого алгоритму імітації відпалу для створення закінченої моделі поведінки інвестора, що базується на правилах, та дослідженні доцільності використання даного методу.

Вимоги до вибірки даних для оптимізації

Перш ніж застосовувати будь-який алгоритм оптимізації дані, на основі яких буде формуватися модель, обираються за певними вимогами, а саме[2]:

1. Об'єм та репрезентативність, тобто дані повинні бути максимально свіжими, а вибірка – великою в залежності від кількості параметрів, що оптимізуються.
2. Мінімум правил і параметрів, адже із збільшенням параметрів, які оптимізуються збільшується ймовірність підгонки моделі під історичні дані, а не відображення реальних закономірностей поведінки ринку.
3. Вибірка мусить бути поділена на дві частини. Одна частина даних для створення моделі, інша – для тестування створеної моделі.

Всі можливі стратегії входу інвестора на ринок формулюються у вигляді шаблонів правил «якщо – то». Шаблон правила – це частковий опис правила з залишеними пропусками, які необхідно заповнити. Прикладом правила може бути: вхід на ринок при пробої (перетині) рівня змінної середньої. В такому випадку пропусками будуть значення періодів усереднення, порогів та інші параметри. Шаблони правил, визначені таким чином, не важко пронумерувати, поставивши у відповідність кожному шаблону набір правил. Перше число використовується як індекс в таблиці шаблонів правил. Решта чисел набору використовуються для заповнення пробілів в шаблоні правил, в результаті чого буде отримане чітко визначене правило [1].

Таким чином, при створенні шаблонів правил, їх нумерації, визначенні параметрів шаблонів необхідно, щоб область визначення відповідних параметрів кожного з шаблонів правил співпадала. Для цього

необхідно провести нормалізацію всіх параметрів для кожного шаблону окремо. В ролі цільової функції візьмемо значення прибутку від спекуляцій цінними паперами за певний період, при чому на відміну від традиційних функцій це значення буде визначатися шляхом проходження часового ряду, який відображає значення цін акцій за певний період.

Після знаходження оптимального вектора, для отримання чітко сформульованого правила необхідно, в залежності від першої компоненти отриманого вектора, провести обернені дії до раніше виконаної нормалізації.

Опис алгоритму

Основними елементами імітації відпалу є [3]:

1. Обмежена множина S .
2. Дійсна цінова функція J , визначена на множині S . Позначимо $S^* \subset S$, як множину глобального мінімуму функції J .
3. Для кожного $i \in S$, множину $S(i) \subset S - \{i\}$ назовемо множиною сусідніх вузлів i .
4. Для кожного i , сукупність додатних коефіцієнтів q_{ij} , $j \in S(i)$ таких, що $\sum_{j \in S(i)} q_{ij} = 1$. Припустимо, що $j \in S(i)$ тоді і лише тоді, коли $i \in S(j)$.
5. Незростаюча функція $T: N \rightarrow (0, \infty)$, що називається графіком замерзання, а $T(t)$ – температурою в момент t .
6. Початкові умови $x(0) \in S$.

Алгоритм базується на дискретному по часу неоднорідному ланцюзі Маркова $x(t)$, розвиток якого наступний:

1. Якщо поточний стан $x(t)$ еквівалентний i , обираємо сусідній вузол j для i випадковим чином, ймовірність вибору окремого $j \in S(i)$ складає q_{ij} .

2. Наступний стан $x(t+1)$ визначається наступним чином:

2.1. Якщо $J(j) \leq J(i)$, тоді $x(t+1) = j$.

2.2. Якщо $J(j) \geq J(i)$, тоді $x(t+1) = j$ з ймовірністю $\exp[-(J(j) - J(i))/T(t)]$, інакше $x(t+1) = i$.

Формально, $P[x(t+1) = j | x(t) = i] = q_{ij} \cdot \exp\left[-\frac{1}{T(t)} \max\{0, J(j) - J(i)\}\right]$,

якщо $j \neq i, j \in S(i)$.

Якщо $j \neq i, j \notin S(i)$, тоді $P[x(t+1) = j | x(t) = i] = 0$.

Обґрунтувати описаний метод можна розглянувши неоднорідний ланцюг Маркова $x_T(t)$, для якого температура $T(t)$ утримується на

постійному рівні T . Припустимо, що ланцюг Маркова незвідний і аперіодичний, що $q_{ij}=q_{ji}$ для всіх i, j . Тоді $x_T(t)$ – оборотний ланцюг Маркова з його інваріантною ймовірністю розподілу

$$\pi_T(i) = \frac{1}{Z_T} \exp\left[-\frac{J(i)}{T}\right], i \in S,$$

де Z_T – нормалізуюча константа. При $T \rightarrow 0$, ймовірносний розподіл π_T сконцентрується на множині S^* глобального мінімуму.

Умови збіжності алгоритму сформульовані Хаєком наступною теоремою 1 [3]:

Теорема 1. Стан i комунікує з S^* з мірою h , якщо існує шлях в S , що починається в i і закінчується у деякому елементі множини S^* , де h визначається з умови, що максимальним значенням функції J на шляху від i до елемента множини S^* було $J(i)+h$. Нехай d^* – це найменше значення міри комунікації кожного i з S^* . Тоді, алгоритм імітації відпалу збігається

тоді і лише тоді, коли $\lim_{t \rightarrow 0} T(t) = 0$ і $\sum_{t=1}^{\infty} \exp[-d^*/T(t)] = \infty$.

Висновки

При власному тестуванні алгоритму імітації відпалу на базі чотирьох шаблонів правил та даних про ціни звичайних акцій на ВАТ «Газпром» за період з 2005 по 2009 рік тривалість пошуку оптимального правила складала близько 3-х годин, але враховуючи, що прийняття рішення щодо обрання стратегії торгівлі може бути зроблено до початку відкриття біржі – це не стає на заваді використання методу. При тестуванні, отримане алгоритмом правило співпало зі стратегією, отриманою повним перебором всіх правил з різними параметрами.

В подальшому було б доцільно узагальнити цей алгоритм, послабивши умову на рівність ймовірності переходів між станами i та j .

Література

1. *Кац Дж., Маккормик Д.Л.* Энциклопедия торговых стратегий. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 400 с.
2. *Пардо Р.* Разработка, тестирование, оптимизация торговых систем для биржевого трейдера. – М.: Минакс, 2002. – 224 с.
3. *Bertsimas D., Tsitsiklis J.* Simulated Annealing// Statistical Science. – 1993. – Vol. 8, № 1. – P. 10-15.