

# Základný algoritmus simulovaného žihania Simulated annealing – the basic algorithm

Zuzana Krivá

The paper deals with the basic version of the simulated annealing – the so called Boltzmann annealing – the stochastic algorithm to solve the global optimization problems of applied mathematics, namely locating a good approximation to the global minimum of a given function in a large search space. At the beginning we present the sample problem, then the paper introduces the particular steps of the solution and the problems we must face when we use the Boltzmann annealing. The paper represents the complementary text for the lecture for which several macros in Visual Basic have been created aiming to help the students understand the algorithm and the way how we interpret the results. The paper is accompanied with the images showing these program tools.

Článok sa zaoberá základnou verziou simulovaného žihania, tzv. boltzmannovským žiháním, ktorý sa používa v aplikovanej matematike na hľadanie dobrých aproximácií globálnych miním alebo maxím v rozľahlom prehľadávacom priestore. Na začiatku článku sa predstaví vzorová úloha: Je zadaných  $N$  bodov v rovine. Budeme zostrojovať lomenú čiaru, ktorá prechádza každým bodom práve raz a je otvorená. Budeme sa pýtať, ktorá lomená čiara má najmenšiu dĺžku. V teórii grafov budeme hľadať minimálnu hamiltonovskú cestu v grafe, v tomto prípade špeciálnom, kde ohodnotenie hrán je dané vzdialenosťou vrcholov. Slabou modifikáciou – spojením prvého a posledného segmentu by sme dostali úlohu hľadania minimálnej hamiltonovskej kružnice. O týchto úlohách je známe, že nie sú ekvivalentné, ale majú rovnakú zložitosť riešenia. Všeobecná úloha hľadania minimálnej hamiltonovskej kružnice je špeciálnym prípadom problému obchodného cestujúceho, ktorý býva vzorovým príkladom tzv. NP-úplného problému, t.j. problému riešeného nedeterministickými Turingovými strojmi v polynomiálnom čase (t.j. prakticky exponenciálne), a teda nie v reálnom čase pre väčšie úlohy.

Článok nás postupne prevádza problémami, ktoré nastávajú pri riešení úlohy a podrobne sa zaoberá jednotlivými krokmi jej riešenia pomocou boltzmannovského žihania. Článok predstavuje sprievodný text k prednáške, pre ktorú bolo vytvorených niekoľko makier vo Visual Basicu v Exceli, ktoré si kladli za cieľ pomôcť študentom k pochopeniu algoritmu a spôsobu, akým treba interpretovať jeho výsledky. Článok je doprevádzaný obrázkami z vývojového prostredia.

**Key words:** Monte Carlo optimization, stochastic algorithm, combinatorial optimization, hill climbing algorithm, Metropolis algorithm, simulated annealing.

**Kľúčové slová:** metóda Monte Carlo, stochastický algoritmus, kombinatorický problém, horolezecký algoritmus, Metropolisov algoritmus, simulované žihanie.

**JEL classification:** C02, C15, C63.

## Literatúra

[1] KIRKPATRICK, S. – GELATTI, C. D. – VECCHI, M. P.: Optimization by simulating annealing. In: Science, Vol.220, No 4598, 1983, s. 671-680.

[2] ČERNÝ, V.: Thermodynamical Approach to the Traveling Salesman Problem: An Efficient Simulation Algorithm. In Journal of Optimization Theory and Application:, Vol.45, No 1, 1985, s. 41-51.

[3] KVASNIČKA, V. – POSPÍCHAL, J. – TIŇO, P.: Evolučné algoritmy, STU Bratislava 2000, kap.6

[4] INGBER, L.: Simulated annealing: Practice versus theory, J Mathl. Comput. Modelling, Volume 18, No 11,1993, s. 29-57

[5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Simulated\\_annealing](http://en.wikipedia.org/wiki/Simulated_annealing)