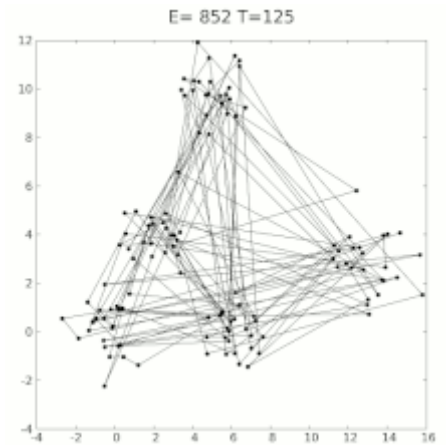


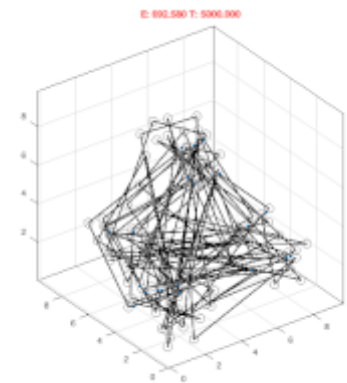
模拟退火

维基百科，自由的百科全书

模拟退火（英語：Simulated annealing，缩写作SA）是一種通用概率演算法，常用來在一定時間內尋找在一個很大搜尋空間中的近似最優解。模拟退火在1983年为S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt和M. P. Vecchi所發明，V. Černý也在1985年獨立發明此演算法。



模拟退火1.



模拟退火2.

目录

简介

演算步驟

[初始化](#)

[迭代过程](#)

[停止准则](#)

[退火方案](#)

虛擬碼（偽代碼）

延伸閱讀

參閱

外部链接

简介

模拟退火來自治金學的專有名詞退火。退火是將材料加熱後再經特定速率冷卻，目的是增大晶粒的體積，並且減少晶格中的缺陷。材料中的原子原來會停留在使內能有局部最小值的位置，加熱使能量變大，原子會離開原來位置，而隨機在其他位置中移動。退火冷卻時速度較慢，使得原子有較多可能可以找到內能比原先更低的位置。

模拟退火的原理也和金屬退火的原理近似：我們將熱力學的理论套用到統計學上，將搜尋空間內每一點想像成空氣內的分子；分子的能量，就是它本身的動能；而搜尋空間內的每一點，也像空氣分子一樣帶有“能量”，以表示該點對命題的合適程度。演算法先以搜尋空間內一個任意點作起始：每一步先選擇一個“鄰居”，然後再計算從現有位置到達“鄰居”的概率。

可以证明，模拟退火算法所得解依概率收敛到全局最优解。

演算步驟

初始化

由一个产生函数从当前解产生一个位于解空间的新解，并定义一个足够大的数值作为初始温度。

迭代过程

迭代过程是模拟退火算法的核心步骤，分为新解的产生和接受新解两部分：

1. 由一个产生函数从当前解产生一个位于解空间的新解；为便于后续的计算和接受，减少算法耗时，通常选择由当前新解经过简单地变换即可产生新解的方法，如对构成新解的全部或部分元素进行置换、互换等，注意到产生新解的变换方法决定了当前新解的邻域结构，因而对冷却进度表的选取有一定的影响。
2. 计算与新解所对应的目标函数差。因为目标函数差仅由变换部分产生，所以目标函数差的计算最好按增量计算。事实表明，对大多数应用而言，这是计算目标函数差的最快方法。
3. 判断新解是否被接受，判断的依据是一个接受准则，最常用的接受准则是Metropolis准则：若 $\Delta f < 0$ 则接受 S' 作为新的当前解 S ，否则以概率 $\exp(-\Delta f/T)$ 接受 S' 作为新的当前解 S 。
4. 当新解被确定接受时，用新解代替当前解，这只需将当前解中对应于产生新解时的变换部分予以实现，同时修正目标函数值即可。此时，当前解实现了一次迭代。可在此基础上开始下一轮试验。而当新解被判定为舍弃时，则在原当前解的基础上继续下一轮试验。

模拟退火算法与初始值无关，算法求得的解与初始解状态 S （是算法迭代的起点）无关；模拟退火算法具有渐近收敛性，已在理论上被证明是一种以概率1收敛于全局最优解的全局优化算法；模拟退火算法具有并行性。

停止准则

迭代过程的一般停止准则：温度 T 降低至某阈值时，或连续若干次迭代均未接受新解时，停止迭代，接受当前寻找的最优解为最终解。

退火方案

在某个温度状态 T 下，当一定数量的迭代操作完成后，降低温度 T ，在新的温度状态下执行下一个批次的迭代操作。

虛擬碼（偽代碼）

尋找能量 $E(s)$ 最低的狀態 s

```

s := s0; e := E(s)           // 設定目前狀態為s0，其能量E (s0)
k := 0                       // 評估次數k
while k < kmax and e > emin  // 若還有時間（評估次數k還不到kmax）且結果還不夠好（能量e不
夠低）則：
    sn := neighbour(s)       // 隨機選取一鄰近狀態sn
    en := E(sn)              // sn的能量為E (sn)
    if random() < P(e, en, temp(k/kmax)) // 決定是否移至鄰近狀態sn
        s := sn; e := en     // 移至鄰近狀態sn
    k := k + 1               // 評估完成，次數k加一
return s                     // 回傳狀態s

```

延伸閱讀

- A. Das and B. K. Chakrabarti (Eds.), *Quantum Annealing and Related Optimization Methods* ([ftp://nozdr.ru/biblio/kolxoz/M/MP/Das%20A.,%20Chakrabarti%20B.K.%20\(eds.\)%20Quantum%20Annealing%20and%20Related%20Optimization%20Methods%20\(LNP0679,%20Springer,%202005\)\(384s\)_MP_.pdf](ftp://nozdr.ru/biblio/kolxoz/M/MP/Das%20A.,%20Chakrabarti%20B.K.%20(eds.)%20Quantum%20Annealing%20and%20Related%20Optimization%20Methods%20(LNP0679,%20Springer,%202005)(384s)_MP_.pdf)), Lecture Note in Physics, Vol. 679, Springer, Heidelberg (2005)
- Weinberger, E. Correlated and uncorrelated fitness landscapes and how to tell the difference. *Biological Cybernetics*. 1990, **63** (5): 325–336. S2CID 851736. doi:10.1007/BF00202749.
- Press, WH; Teukolsky, SA; Vetterling, WT; Flannery, BP. Section 10.12. *Simulated Annealing Methods*. *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing* 3rd. New York: Cambridge University Press. 2007 [2021-09-02]. ISBN 978-0-521-88068-8. (原始内容存档于2011-08-11) .
- Strobl, M.A.R.; Barker, D. *On simulated annealing phase transitions in phylogeny reconstruction*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2016, **101**: 46–55. PMC 4912009 . PMID 27150349. doi:10.1016/j.ympev.2016.05.001.
- V.Vassilev, A.Prahova: "The Use of Simulated Annealing in the Control of Flexible Manufacturing Systems", *International Journal INFORMATION THEORIES & APPLICATIONS, VOLUME 6/1999* (<http://www.foibg.com/ijita/vol01-09/ijita-fv06.htm>) (页面存档备份(<https://web.archive.org/web/20210902232623/http://www.foibg.com/ijita/vol01-09/ijita-fv06.htm>), 存于互联网档案馆)

参閱

- [演算法](#)
- [旅行推銷員問題](#)
- [蚁群算法](#)
- [遗传算法](#)

外部链接

- [基于MATLAB实现的全局优化算法](https://web.archive.org/web/20090319230318/http://biomath.ugent.be/~brecht/downloads.html) (<https://web.archive.org/web/20090319230318/http://biomath.ugent.be/~brecht/downloads.html>)：SIMPSA（SA和单纯的组合），洗牌复杂的演化（SCA）和粒子群优化（PSO）。
- [Simulated Annealing](http://www.heatonresearch.com/aifh/vol1/tsp_anneal.html) (http://www.heatonresearch.com/aifh/vol1/tsp_anneal.html) (页面存档备份(https://web.archive.org/web/20210626212745/http://www.heatonresearch.com/aifh/vol1/tsp_anneal.html))

- [1/tsp_anneal.html](#)), 存于互联网档案馆) A Javascript app that allows you to experiment with simulated annealing. Source code included.
- "General Simulated Annealing Algorithm" (<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/loadFile.do?objectId=10548&objectType=file>) (页面存档备份 (<https://web.archive.org/web/20080923163834/http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/loadFile.do?objectId=10548&objectType=file>), 存于互联网档案馆) An open-source MATLAB program for general simulated annealing exercises.
 - Self-Guided Lesson on Simulated Annealing A Wikiversity project.
 - Google in superposition of using, not using quantum computer (<https://arstechnica.com/science/news/2009/12/uncertainty-hovers-over-claim-googles-using-quantum-computer.ars>) (页面存档备份 (<https://web.archive.org/web/20120112021754/https://arstechnica.com/science/news/2009/12/uncertainty-hovers-over-claim-googles-using-quantum-computer.ars>), 存于互联网档案馆) Ars Technica discusses the possibility that the D-Wave computer being used by Google may, in fact, be an efficient simulated annealing co-processor.
 - [1] (<https://ieeexplore.ieee.org/document/4358775>) (页面存档备份 (<https://web.archive.org/web/20210710224156/https://ieeexplore.ieee.org/document/4358775>), 存于互联网档案馆) A Simulated Annealing-Based Multiobjective Optimization Algorithm: AMOSA.

template:Major subfields of optimization

取自“<https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=模拟退火&oldid=70629531>”

本页面最后修订于2022年3月14日 (星期一) 22:09。

本站的全部文字在知识共享 署名-相同方式共享 3.0协议之条款下提供，附加条款亦可能应用。（请参阅使用条款）
Wikipedia®和维基百科标志是维基媒体基金会的注册商标；维基™是维基媒体基金会的商标。
维基媒体基金会是按美国国内稅收法501(c)(3)登记的非营利慈善机构。