

# 关于布谷鸟算法的报告

作者：段麟飞 学号：1300012213 指导老师：陈斌  
(北京大学生命科学学院 2013 级本科 1 班)

[摘要] 布谷鸟搜索算法是一种结合了布谷鸟巢寄生性和莱维飞行模式的元启发式群体智能搜索技术。以其参数少、操作简单、易实现、随机搜索路径优和寻优能力强等优点，备受学者关注。本文就将以查阅文献为基础，系统地介绍布谷鸟搜索算法的原理和算法流程，以及其应用研究情况。

[关键词] 布谷鸟算法 莱维飞行 群体智能 元启发式算法

布谷鸟搜索算法(cuckoo search, CS)，是由剑桥大学 YANG [1] 等提出的一种群智能优化算法，它也是一种新型元启发式搜索算法。其思想主要基于两个策略：布谷鸟的巢寄生性和莱维飞行(Levy flights)机制。通过随机游走的方式搜索得到一个最优的鸟窝来孵化自己的鸟蛋，这种方式可以达到一种高效的寻优模式。

CS 算法主要优点是参数少、操作简单、易实现、随机搜索路径优和寻优能力强等，备受学者关注。目前，王凡、贺兴时等[2]已通过建立 CS 算法的 Markov 链模型理论证明了该算法可收敛于全局最优。CS 算法的衍生算法以及应用研究也已得到了快速的发展。

## 一、布谷鸟算法的原理

### 1.1 布谷鸟的生物学特点

布谷鸟具有孵卵寄生性，本身没有孵化行为，这就促使它通过寻找质优的巢窝，依靠养父母孵化和育雏。巢寄生行为主要表现在宿主的选择，繁殖期间，大布谷鸟寻找在孵化和育雏时间上基本相似、雏鸟饮食习性基本相同的、卵形状和颜色相当的宿主，通常表现为雀形目鸟类。确定寄生的宿主后，大布谷鸟要选择适当的时机，一般要在宿主即将孵化之前，趁宿主外出觅食时迅速寄生产卵。春末夏初，便向北飞，它自己不会做窝，不会育雏，也不会孵化，它每次飞到一个巢窝里只产一个鸟蛋。通常情况下，大布谷鸟在产卵前，为了不被宿主察觉，会把宿主一枚或数枚卵移走，使得巢穴中的卵数量相等或相近。而一旦靠养母孵化的雏鸟孵出，它有将养母本身的雏鸟推出巢外的本性，从而独享养母抚养，这样自己成活的概率大大增加。

### 1.2 莱维飞行

自然界中，动物以随机或拟随机的方式来觅食。许多飞行动物像信天翁、蜘蛛猴等，其飞行间隔服从幂率分布，比较其飞行轨迹发现，较长线段出现的频率与无标度的负二次方 Levy 分布相像，都具有莱维飞行的特征。

莱维飞行是一类非高斯随机过程，其平稳增量服从 Levy 稳定分布，其飞行步长满足一个重尾的莱维稳定分布。在飞行过程中，步长较小的短距离行走与偶尔较大步长的长距离行走相互交替。M. F [3] 将该飞行方式植入到群智能搜索算

法中, 搜索前期大步长用于探索发现, 有利于增加种群多样性、并扩大搜索范围, 不至于陷入局部最优。搜索后期, 小步长使得群体在小范围内收敛于全局最优解。当目标位置呈现随机特征, 并且无规律地稀疏排布时, 对于 M 个相互独立的寻优者来说, 莱维飞行是最有效、最理想的搜索策略。

## 二、布谷鸟算法的实现过程

为了模拟布谷鸟这种寻窝寄生的习性, YANG 等 [1] 将 CS 算法假设以下 3 种理想状态:

- (1) 每只布谷鸟一次只产一枚卵, 并且随机选择一个鸟巢存放。
- (2) 在寻窝的过程中, 卵最好的鸟巢将会被保留到下一代。
- (3) 可用鸟巢的数量是固定的, 并且设鸟巢中外来卵被发现的概率是  $P$ ,  $P \in [0, 1]$ 。如果发现外来鸟蛋, 则鸟窝主人重新建立一个鸟窝。

通过以上 3 种理想状态的假设, 布谷鸟寻优搜索的位置和路径的更新公式如下:

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + a \oplus L(\lambda), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$x_i^{(t+1)}$ ——第  $i$  个鸟窝在第  $t$  代的鸟窝位置,  $\oplus$ ——点对点乘法,  $a$ ——步长控制量, 用于控制步长的搜索范围, 其值服从正态分布。

随机步长为 Levy 分布:

$$L(s, \lambda) \sim s^{-\lambda}, \quad (1 < \lambda \leq 3) \quad (2)$$

根据布谷鸟的孵化鸟蛋的过程, CS 算法的算法描述如下:

步骤 1 定义目标函数,  $f(X), X = (x_1, \dots, x_d)^T$ , 函数初始化, 并随机生成  $n$  个鸟窝的初始位置  $X_i$ , 设置种群规模、问题维数、最大发现概率  $P$  和最大迭代次数等参数;

步骤 2 选择适应度函数并计算每个鸟窝位置的目标函数值, 得到当前的最优函数值;

步骤 3 记录上一代最优函数值, 利用式(1)对其他鸟窝的位置和状态进行更新;

步骤 4 现有位置函数值与上一代最优函数值进行比较, 若较好, 则改变当前最优值;

步骤 5 通过位置更新后, 用随机数  $r \in [0, 1]$  与  $P$  对比, 若  $r > P$ , 则对进行随机改变, 反之则不变。最后保留最好的一组鸟窝位置;

步骤 6 若未达到最大迭代次数或最小误差要求, 则返回步骤 2, 否则继续下一步;

步骤 7 输出全局最优位置。

## 三、布谷鸟算法应用

CS 算法具有较强的优越性, 一经提出, 便得到了迅速的发展。CS 算法的应用已经涉及到多目标优化、软件测试数据自动生成、神经网络训练、工程设计优

化、交通流量预测、人脸识别、函数优化、计算机网络等理论与应用领域。

例如,文献[4]采用CS算法找到BP神经网络最优参数,建立了短时交通的预测模型,仿真结果表明,该方法更好的反应了短时交通的变化趋势。文献[5]CS将算法运用到人脸识别中,结果显示该算法优于PSO算法和ACO算法。文献[6]利用基本CS算法求解整数规划问题,实验结果表明该算法具有比PSO算法拥有更好的性能和更强的全局寻优能力。

因此,可以看出,布谷鸟搜索算法是一种新型元启发式搜索算法,具有十分广阔的研究前景。与其他群智能算法相比,其优越性已被众多学者认可,不仅表现出鲁棒性强、通用性好等优点,还具有可移植性、平台无关性等强大的活力。

#### [参考文献]

[1] Yang XS. Cuckoo search via Levy flights [C]. Nature & Biologically Inspired Computing. World Congresson IEEE, 2009: 210—214.

[2]WANG Fan. Markov model and convergence analysis based on cuckoo search algorithm [J]. Computer Engineering, 2012, 38(11): 180—182(in Chinese).

[3] Michael F Shlesinger. Mathematical physics: Search research [J]. Nature, 2006, 443(7109):281—282.

[4] GAO Shutao. Short time traffic flow prediction model based on neural network and cuckoo search algorithm [J].Computer Engineering and Applications, 2013, 49(9): 106—109(in Chinese).

[5] Tiwari V. Face recognition based on cuckoo search algorithm [J]. Indian Journal of Computer Science and Engineering, 2012, 7(8): 401—405.

[6] WU Jiong. Cuckoo search algorithm for solving integer programming [J]. Mathematical Theory and Applications, 2013, 33(3): 99-106 (in Chinese).