

简析布谷鸟算法的原理、应用与改进

作者：石浩正

学号：1300010730

指导教师：陈斌

【摘要】布谷鸟算法，来源于自然界中一些种类布谷鸟的“寄生育雏”行为。布谷鸟的蛋占据原有亲鸟的巢穴并完成孵化，也有可能被发现而被剔除出去。这一算法则模仿这一现象，通过确定目标函数，并通过Lévy Flight机制进行迭代更新，将生成的新值与原有值进行比较，淘汰劣解、保留优解，从而达到优化的效果。这一算法具有高效、准确的特点。在被提出之后，这一算法经历了许多改良，并在工业生产中发挥了很好的效果。

【关键词】仿生；寄生育雏；迭代；优化；改良算法。

一、引言

近年来，以观察并模仿自然界动植物行为而产生的自然模拟算法，越来越得到世界范围内研究人员的重视。其原因就在于，自然界的动植物行为，是经历了数百万甚至数千万年的进化与自然选择而形成的最优策略。所谓“最优”，主要指的是两个方面：聚集性与多样性。聚集性，就是在附近的范围内能搜索到最优结果；而多样性，则是能在空间中搜索尽可能多的范围。这样的特点，如果应用在算法当中，就能尽可能高效且充分的解决我们面临的问题。

布谷鸟算法（Cuckoo Search），顾名思义就是模拟布谷鸟的习性进行搜索的算法。这一算法由剑桥大学的Xinshe Yang教授与S.Deb在2009年提出，通过模拟布谷鸟寄生育雏的策略，利用Lévy Flights搜索机制来求解最优化问题。这一算法的效果，也得到了充分的检验。

二、布谷鸟算法的基本原理

一些种类的布谷鸟，在繁殖期会采用寄生育雏的方式。亲鸟会选择其他鸟类的巢穴（通常为其他种类），将蛋产在里面。巢穴的主人会在不知情的情况下将布谷鸟的蛋孵化并哺育雏鸟。通常情况下，布谷鸟会找到最合适的时机产下后代，使得雏鸟能更早孵化并破坏原有鸟蛋，得到更充分的食物等资源。同时，一些种类的布谷鸟也会使自己的蛋的花纹更有迷惑性，以降低寄生育雏行为被发现的概率。而被寄生的鸟类一旦发现了布谷鸟的蛋并非自己的后代，就会将蛋摔碎或者到别处另建一个巢穴繁衍后代，布谷鸟的寄生行为则宣告失败。布谷鸟算法正是模仿了这一行为，找到最优解并淘汰可能出现的劣解。

而布谷鸟算法中还用到了Lévy Flights搜索机制。这一机制则是模仿了鸟类与果蝇的飞行策略，是一种随机游走的机制。Lévy Flights的平稳增量服从Lévy稳定分布，且其二阶矩发散。因此，这一运动具有在较小聚集情境下发生很大跳跃的特点。因此，在布谷鸟算法中，Lévy Flights运动被用于更新解，以便达到上文中提到的“多样性”特点，能够满足大范围搜索的要求。

三、布谷鸟算法的三条假设

布谷鸟算法是建立在三条重要假设之上的：

1.每只布谷鸟每次之下一枚蛋，并随机下在一个鸟巢里。

2.最优的鸟巢和最优的蛋能成功流传到下一代。

3.可利用的鸟巢数量是固定的，且被寄生的鸟有 p 的概率发现这一情况。发现之后，假定该鸟巢即被新鸟巢替换。

在这三条假设之下，鸟巢中原有的蛋代表一种旧有解决方案，而布谷鸟的寄生蛋则代表新的方案；在 $1-p$ 的概率下，新方案将取代旧方案并延续下去；而剩下的情况则表示新方案为劣解，无法传递下去。

四、布谷鸟算法的实现步骤

布谷鸟算法的操作步骤如下：

第一步：随机生成 n 个初始值，并确定目标函数。同时生成 n 个位置，用于存放之前生成的 n 个初值。

第二步：利用Lévy Flights机制随机生成一组新的值并代入目标函数，并随机选择之前生成的值的目标函数进行比较。若更优，则保留新值。

第三步：丢弃劣解（ p ），并筛选保留最优解

第四步：重复上述步骤，直到达到终止条件。

从上面的步骤我们能看出，布谷鸟算法本质上是一个迭代的过程。先随机生成一组解，再根据目标函数，以概率 p 抛弃劣解，保留最优解。同时，通过Lévy Flights机制，该算法能搜索较大范围的数据，通过迭代找到最优的结果。

五、布谷鸟算法的现实应用

在提出这一算法的时候，Xinshe Yang与S.Deb就对该算法进行了简单的验证。将常用的Michaelwicz方程作为目标函数，利用Matlab进行检验。结果发现，相比于过往应用较广的PSO与GA算法，布谷鸟算法在实际应用领域更加有效率，且成功率更高。这为该算法的推广应用打下了理论基础。之后，该模型在较短的时间内得到了较为广泛的应用，尤其是在工业生产中。例如，车间流水线的调度问题，水库的优化调度问题，神经网络模型等方面，都可以应用布谷鸟算法进行系统优化。

例如在置换流水区间调度问题中，可以通过布谷鸟算法，将算法中的位置向量对应机器上一个工件的加工顺序。这样求解时，可以通过自身进化，不断改进生产流程，从而得到在现有状况（资源、机器等有限）的条件下，最小化最大加工时间的方案。经计算，相比于FA与PSO算法，其得到的结果质量更高，而且占用资源较少，因此证明了其在工业生产中的有效性

六、布谷鸟算法的改良举例

当然，布谷鸟算法作为一种2009年才被提出的新型算法，自然存在一定的问题。研究相关领域的学者也一直在针对其问题进行改进与创新。从原理而言，将原有的“鸟蛋”每巢中仅有一个的设计改为可以有多个，或者改良转移的算法从而避免局部优化问题，都是可以改进或创新研究的方向。下文将对目前布谷鸟算法的改良算法进行举例。

2011年，Valian等人提出了可变参数的布谷鸟算法，提高了收敛速度；同年，A.Layeb将量子算法与布谷鸟算法相结合，提出QICSA算法并证明其在一些问题上优于布谷鸟算法。

2012年，H.Salimi等人将改进的布谷鸟算法与共轭梯度算法结合，得到的新算法能选择权重；同年，Y.Zhang等人则提出修正调适布谷鸟搜索算法，提高了算法性能。

2013年，X.Yang等人则引入了多目标布谷鸟搜索，广泛应用于工程优化领域。

我们可以看到，在不同的应用领域，布谷鸟算法得到了不同方向的改进与优化，最终都被证实取得了更高的效率与更好的结果。目前工业中的很多应用，基于的都是改良布谷鸟算法。

七、参考文献

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Cuckoo_search

[2] X. S. Yang and S. Deb, Cuckoo search via Lévy flights, in: World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC 2009), IEEE Publications, pp. 210-214.

[3] 布谷鸟算法的应用研究及算法性能度量. 刘延龙. 东北林业大学. 2016

[4] 布谷鸟算法的改进及其应用研究. 黄继达. 华中科技大学. 2014

[5] 求解置换流水车间调度问题的布谷鸟算法[J]. 刘长平,叶春明. 上海理工大学学报. 2013(01)