

多群体云人口迁移算法*

廉侃超,孟朝霞,王琴竹

(运城学院 公共计算机教学部,山西 运城 044000)

摘要: 在原人口迁移算法的基础上,提出一种多群体云人口迁移算法(CMPMA)。利用云模型云滴的随机性和稳定倾向性的特点,通过改变云发生器的参数,由基本云发生器分别实现初始群体的生成和改进的人口流动操作,同时,增加了群最优记录,由多个种群同时进化寻优,显著提高了算法的运行效率和求解质量。通过典型函数和实例测试验证,算法是可行、有效的。

关键词: 云模型;人口迁移算法;多群体;最优优化

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)07-0071-03

Cloud-model-based multi-colony population migration algorithm

Lian Kanchao, Meng Zhaoxia, Wang Qinzhu

(Department of Public Computer Teaching, Yuncheng University, Yuncheng 044000, China)

Abstract: Based on traditional population migration algorithm (PMA), a novel algorithm, cloud-model-based multi-colony population migration algorithm (CMPMA) is proposed. CMPMA is based on both the idea of improved population flow and the properties of randomness and stable tendency of a normal cloud model, and a basic normal cloud generator by changing the parameters is used as the generation of initial population and the population flow operator. At the same time, a group of optimal records is increased because multi-population are entirely optimized. Therefore, the efficiency of the algorithm and the solving quality was significantly improved. Finally, several optimization function and practical problem is tested and the experimental results show that the proposed algorithm is feasible and effective.

Key words: cloud model; population migration algorithm; multi colony; optimization

人口迁移算法 PMA (Population Migration Algorithm)^[1,2] 是我国学者周永华、毛宗源于 2003 年提出的一类模拟人口迁移机理的全局优化算法,已应用于多个领域。但对复杂的优化问题, PMA 存在着搜索速度慢、易陷入局部最优等缺点。云模型 (Cloud model) 是我国学者李德毅教授提出的定性和定量转换模型,已成功应用于众多领域。

提出一种多群体云人口迁移算法 CMPMA (Cloud-model-based Multi-colony Population Migration Algorithm), 将云模型和人口迁移算法相结合,增加了群最优记录,进化过程中多个群体协作寻优。典型的测试函数和应用实例的仿真结果表明, CMPMA 是可行、高效、稳定的。

1 人口迁移算法和云模型

1.1 基本人口迁移算法原理

原人口迁移算法的基本框架^[1]如下:

(1)人们在原籍进行人口流动;(2)受优惠地区吸引出现人口迁移;(3)人口在优惠地区进行流动直到人口压力达到一定限度;(4)人口从优惠地区迁出,向外扩散,寻找新的机会。

在这个持续不断的过程中,人口一方面经迁移而聚集到优惠区域,另一方面又因人口压力的增加而迁离优惠区域向外扩散。可见,人口迁移是人口在不断的聚集和扩散的矛盾运动中寻找优惠区域的过程。

1.2 云模型^[3]

定义 设 U 是一个用精确数值表示的论域 (一维的或多维的), U 上对应着定性概念 \tilde{A} , 对于论域中的任意一个元素 x , 都存在一个有稳定倾向的随机数 $y = \mu_{\tilde{A}}(x)$,

* 基金项目: 运城学院院级科研项目 (YQ-2011027)

技术与方法 Technique and Method

叫作 x 对概念 \tilde{A} 的确定度, $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 在 U 上的分布称为云模型, 简称云。当 $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 服从正态分布时, 称为正态云模型。

云的数字特征用期望 Ex 、熵 En 和超熵 He 来表征, 如图 1 所示。它们反映了定性概念 \tilde{A} 整体上的定量特征。生成云滴的算法或硬件称为云发生器。

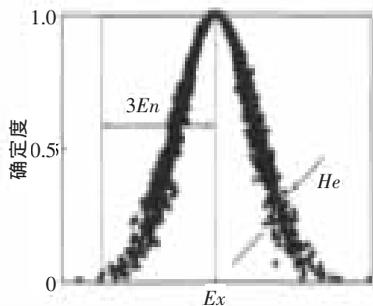


图 1 正态云模型的 3 个数字特征示意图

基本云发生器的算法步骤如下:

输入: 表示定性概念 \tilde{A} 的 3 个数字特征值 Ex 、 En 、 He 和云滴数 n 。

输出: n 个云滴的定量值以及每个云滴代表概念 \tilde{A} 的确定度。

(1) 生成以 En 为期望值, He 为标准差的一个正态随机数 En' ;

(2) 生成以 Ex 为期望值, En' 为标准差的正态随机数 x ;

(3) 令 x 为定性概念 \tilde{A} 的一次具体量化值, 称为云滴;

(4) 计算 $y = e^{-\frac{(x-Ex)^2}{2(En')^2}}$;

(5) 令 y 为 x 属于定性概念 \tilde{A} 的确定度;

(6) (x, y) 完整地反映了这一次定性定量转换的全部内容;

(7) 重复步骤(1)~步骤(6)直到产生 n 个云滴为止。

2 多群体云人口迁移算法

2.1 人口流动思想的改进

在人口迁移算法中, 人口流动是“人们在原籍进行人口流动”, 即每一次迭代过程中, 人口的多次流动都是在初始人口的邻域范围内流动。本文提出一种改进的人口流动方法, 人口在其邻域范围流动后, 再次流动的邻域范围以新人口为中心重新构建。实验结果表明, 改进的人口流动提高了算法效率。

2.2 云模型与人口迁移算法的结合

人口迁移算法初始群体的随机性和人口流动的漫无目的性, 在一定程度上影响了算法的寻优性能。云模型具有随机性和稳定倾向性的特点, 随机性可以避免搜索陷入局部极值, 而稳定倾向性又可以很好地定位全局最值。分别用不同参数的基本云发生器来产生初始群体和实现人口流动操作, 同时增加了群最优记录, 提出 CMPMA 算法。

2.3 多群体云人口迁移算法 (CMPMA)

设 R^n 表示搜索空间, 人及其所在地用点表示, $x^i = (x_1^i, \dots, x_n^i)$ 表示第 i 个人口, $x^i \in R^n$, x_j^i 表示第 i 个人口的第 j 个分量; $\delta^i = (\delta_1^i, \dots, \delta_n^i)$ 表示第 i 个人口的邻域半径, $\delta^i \in R^n$, δ_j^i 表示 δ^i 的第 j 个分量, $\delta_j^i > 0$; $i = 1, 2, \dots, N$, N 表示人口规模; $j = 1, 2, \dots, n$, 表示 R^n 的维数。

多群体云人口迁移算法的具体步骤如下:

(1) 设定 Ex 为搜索空间中心点, En 为寻优空间的 $1/6$, $He = 1$, 用基本云发生器在寻优空间产生 N 个点, x^1, x^2, \dots, x^N 。以每一个点 x^i 为中心确定其邻域上下界 $x^i \pm \delta^i$, 其中取 $\delta_j^i = (b_j - a_j) / (2N)$ 。计算 N 个点的值, 并按其初始化最优记录和群最优记录。

(2) 人口流动 (由基本云发生器实现): 对每一个 x^i 都执行的操作有: ① $Ex = x^i$; ② $En = \delta^i$; ③ $He = En/10$; (式中的参数 10 是实验中的经验取值。) ④ 由基本云发生器生成一个云滴更新 x^i 。若 $x_j^i > b_j$, 则令 $x_j^i = b_j$; 若 $x_j^i < a_j$, 则令 $x_j^i = a_j$ 。更新群最优记录。以更新后的每个 x^i 为中心重新构建邻域空间, 构建方法同步步骤(1)。人口流动次数若小于预先指定的次数则重复步骤(2)。

(3) 群体迁移: 对群最优记录中的每个人口执行: 以其为中心, 按 δ 各分量的大小确定优惠区域, 在该区域内均匀随机产生 N 个点, 更新群最优记录, 收缩优惠区域: $\delta = (1 - \Delta)\delta$ 。若 $\max_j \delta_j > \alpha$ (α 为人口压力参数), 则重复步骤(3)。以群最优记录更新最优记录。

(4) 人口扩散: 用基本云发生器重新产生初始群体并确定人口流动区域, 更新最优记录, 清空群最优记录。迭代次数 m 加 1, 若迭代次数不大于指定次数则转步骤(2)。

(5) 输出最优记录。

3 多群体云人口迁移算法 (CMPMA) 性能分析

3.1 函数测试

本文选取了 3 个典型的基准测试函数^[4]进行仿真实验, 仿真均在 Matlab2006a 下编程运行。

$$(1) f_1(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2 \quad -5 \leq x_1, x_2 \leq 5$$

DeJong 函数, 单峰函数, 在 (x_1, x_2) 处, 有最小值 0。

$$(2) f_2(x_1, x_2) = 100(x_1^2 + x_2^2)^2 + (1 - x_1)^2 \quad -5 \leq x_1, x_2 \leq 5$$

Rosenbrock 函数: 二维非凸、病态函数, 在 $(x_1, x_2) = (1, 1)$ 处, 有最小值 0。

$$(3) f_3(x_1, x_2) = \frac{\sin x_1}{x_1} \times \frac{\sin x_2}{x_2}, \quad -10 \leq x_1, x_2 \leq 10$$

Sinc 函数, 多峰函数, 在 $(x_1, x_2) = (0, 0)$ 处, 有最大值 1。

算法参数为: 人口规模 $N=3$, 人口流动次数 $l=10$,

迭代次数 $m=2$ 。收缩系数 Δ 和人口压力参数 α 的设置如表 1 所示。

表 1 参数 Δ 和 α 设置表

	f_1	f_2	f_3
Δ	0.1	0.01	0.01
α	1e-166	1e-15	1e-7

表2 本文算法 CMPMA 与参考文献[4]比较

函数	算法	30次实验中最优值的最好值	30次实验中最优值的最差值	30次实验后最优值的平均值
f_1	CAFSA	4.142 971 995 829 746E-008	4.135 139 876 603 173E-006	1.788 768 002 099 770E-006
	CMPMA	0	0	0
f_2	CAFSA	7.095 055 350 768 990E-011	7.262 583 065 160 229E-006	4.007 272 114 721 605E-007
	CMPMA	0	0	0
f_3	CAFSA	0.999 999 998 663 73	0.999 996 822 894 19	0.999 999 514 914 53
	CMPMA	1	1	1

为便于比较,对函数 $f_1 \sim f_3$ 独立运行30次,统计30次中搜索到的最优值中的最好值、最差值、平均值作为评价指标,与参考文献[4]比较,结果如表2所示。

从表2可知,对函数 $f_1 \sim f_3$,参考文献[4]的CAFSA算法的搜索结果只是接近理论最优,本文算法CMPMA可以稳定收敛到理论上的最优值,且参考文献[4]的CAFSA算法设定的迭代次数为50,而本文算法CMPMA设定的迭代次数为2。可见,CMPMA算法对复杂函数的寻优效率和精度都较高,搜索结果令人满意。

3.2 实例测试

为进一步验证算法的有效性,将CMPMA应用到最小推力滚珠导轨优化设计模型^[5-6]中,该实例设计要求在外载荷一定时,推力最小,即运动最灵敏。优化数学模型描述如下:

$$\min T(\alpha, \beta, \varepsilon, p_0) = \frac{2k(K\varepsilon)^{\frac{1}{2}}}{\left[\left(\frac{p_0 + p \cos \alpha}{\sin \beta} + \frac{p \sin \alpha}{2 \cos \beta} \right) \frac{1}{z} \right]^{\frac{1}{2}} \times \sin \beta} \times \left[2p_0 \varepsilon + p \left(\frac{\cos \alpha}{\sin \beta} + \frac{\sin \alpha}{\cos \beta} \right) \right]$$

s.t. $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ, 30^\circ \leq \beta \leq 60^\circ, 0.3 \leq \varepsilon \leq 1, 40 \leq p_0 \leq 80$ 式中, α 是负荷 p 与水平轴夹角; β 是导轨V形槽半角; ε 是表面硬度系数; p_0 是初安装负荷; k 是滚动摩擦系数; K 是许用应力; p 是运动件上全部负荷; z 是滚珠个数。

各参数采用参考文献[5-6]的取值: $p=50\text{ N}, k=0.01\text{ mm}, K=0.5\text{ N/mm}^2, z=4$ 。CMPMA各参数设置为:人口规模 $N=3$,人口流动次数 $l=10$,收缩系数 $\Delta=0.01$,人口压力参数 $\alpha=0.1$,迭代次数 $m=2$ 。进行20次独立实验,每次得到的最优推力值 $T=0.682\ 487\ 076\ 199\ 12(\text{N})$,优化参数 $\alpha=30.000\ 000\ 000\ 000^\circ, \beta=60.000\ 000\ 000\ 000^\circ, \varepsilon=0.300\ 000\ 000\ 000, p_0=40.000\ 000\ 000\ 000$ 。参考文献[6]的复合形法得到的最优值 $T=0.68\ 428(\text{N})$,参考文献[5]的最优结果为 $T=0.682\ 5(\text{N})$,优化参数 $\alpha=30.052\ 8^\circ, \beta=59.998\ 4^\circ, \varepsilon=0.3, p_0=40.000\ 5$ 。可见,与参考文献[5-6]相比,本文的寻优结果精度更高。实例测试表明,CMPMA在工程设计领域是可行、有效的。

基于原人口迁移算法,增加了群最优记录,由多个群体协作寻优,并改进了人口流动的思想。借鉴正态云模型的随机性和稳定倾向性,提出用不同参数设置的基

本云发生器分别产生初始群体和实现人口流动。多群体云人口迁移算法通过利用人口迁移算法的进化体制保留了其寻优性能,又通过多群体合作,并结合正态云模型的稳定倾向性、随机性特点进一步提高了算法的搜索效率。经典函数和实例测试结果证明了CMPMA算法的寻优高效性和稳定性。算法在其他领域的进一步拓展和其理论证明是下一步要做的工作。

参考文献

- [1] 周永华,毛宗源.一种新的全局优化搜索算法-人口迁移算法(I)[J].华南理工大学学报(自然科学版),2003,31(3):1-5.
- [2] 周永华,毛宗源.一种新的全局优化搜索算法-人口迁移算法(II)[J].华南理工大学学报(自然科学版),2003,31(4):41-43.
- [3] 戴朝华,朱云芳,陈维荣,等.云遗传算法及其应用[J].电子学报,2007,35(7):1419-1424.
- [4] 曲良东,何登旭.一种混沌人工鱼群优化算法[J].计算机工程与应用,2010,46(22):40-42.
- [5] 张梅凤,邵诚,甘勇,等.基于变异算子与模拟退火混合的人工鱼群优化算法[J].电子学报,2006,34(8):1381-1385.
- [6] 何献忠,李萍,黄航汗,等.优化技术及其应用(第二版)[M].北京:北京理工大学出版社,1995.

(收稿日期:2011-12-05)

作者简介:

廉侃超,女,1974年生,助教,硕士,主要研究方向:智能算法及其应用。