

基于高斯优化的精英鱼群算法研究

刘丽丽, 陈 玮

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 针对鱼群算法迭代后期易陷入局部最优解的缺点, 提出一种基于淘汰赛体制的改进型鱼群算法——精英鱼群算法(LOAFSA). 该算法包含基于巴莱多法则的淘汰赛体制和基于高斯优化的种群动态管理策略, 在保持种群数量平衡的基础上在迭代初期就具有较优秀的精英鱼群. 实验表明: 对于多元函数求解极值问题, 该算法具有很好的全局最优值搜索能力. 将其应用于 RAN 架构无线接入网的数学优化模型中, 利用鱼群算法寻找最优的一组发射功率使得系统容量功率最优.

关键词: 鱼群算法; 淘汰赛; 高斯优化; RAN 架构

中图分类号: TP 273 **文献标志码:** A

Elite Fish Swarm Algorithm Based on Gauss Optimization

LIU Li-li, CHEN Wei

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Aiming at improving the atifical fish swarm algorithm which is easy to fall into local optimal result in late iterative search, an improved fish swarm algorithm was proposed based on knockout rules——elite fish swarm algorithm(LOAFSA). LOAFSA involves a knockout system based on pareto principle and a population dynamics management strategy based on Gauss optimization. The experiments show that, for the extremal problems of multi-variable function, it has a good global search ability. The algorithm was applied to solve the mathematical optimization model of RAN architecture of the wireless access network to find out the optimal set and to get the maximum capacity.

Key words: fish swarm algorithm; knockout rules; Gauss optimization; RAN architecture

鱼群算法作为一种高效的智能算法具有对于初始值选择不敏感、鲁棒性强、适用范围广等诸多优点, 因此得到了广泛的应用. 在当今社会, 随着科学技术与工业工程的迅猛发展, 对于优化问题的复杂

度和精度要求日益增加. 为了克服鱼群算法所具有的收敛速度慢、易陷入局部极值等问题, 本文提出一种基于淘汰赛体制的精英鱼群算法(LOAFSA). 在绿色网络建设的需求下, RAN 架构无线接入网技术

收稿日期: 2013-07-14

基金项目: 上海市教委科研创新重点资助项目(12zz137); 国家自然科学基金资助项目(61170277); 上海市一流学科建设资助项目(S1201YLXK)

第一作者: 刘丽丽(1987-), 女, 硕士研究生. 研究方向: 智能控制、智能算法. E-mail: liuli19891227@126.com

通讯作者: 陈 玮(1964-), 女, 副教授. 研究方向: 计算机控制. E-mail: chenw@126.com

在成本、性能以及能源的损耗各方面都具有优势,由基带资源池集中对网络资源进行监督和管理.在满足用户网络要求的情况下,寻找最优的一组发射功率,以实现系统容量的最大化^[1].

1 基本人工鱼群算法

鱼能够在一片水域中,自行或尾随其它个体鱼找到食物浓度高的地方.根据这一个特点,李晓磊等^[2]提出的通过模拟鱼类的觅食、聚群、追尾、随机等行为在搜索范围内寻找目标函数的最优值.

基本人工鱼群算法模型的相关定义:个体鱼的当前位置表示为 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$,其中 x_i ($i = 1, 2, \dots, n$)为需要寻优的变量; X_v 表示为个体鱼在某时刻的视点所在的位置; X_{next} 表示为个体鱼下一时刻所在的位置;任意两条鱼之间的距离 $d_{ij} = \|X_i - X_j\|$; $visual$ 表示个体鱼的视觉感知范围; $Step$ 表示个体鱼的移动步长; δ 表示拥挤度因子; N 表示个体鱼群中鱼的数目; $Maxgen$ 表示最大的迭代次数; M_try 表示最大尝试次数.

在每次迭代过程中,人工鱼通过觅食、聚群、追尾及随机等行为来更新自身.

2 精英鱼群算法

对于复杂的优化问题,基本人工鱼群算法容易陷入局部极值.通过改进的基于Tent映射的混沌优化方法和基于淘汰赛体制的精英鱼群保留策略,增强全局的全局搜索能力.

2.1 自适应Tent映射的混沌特性

混沌现象具有随机性、遍历性、规律性等特点,采用混沌初始化,能得到质量较好的初始解集,且在一定范围内不重复地遍历所有状态.鱼群在执行完觅食、追尾、随机行为时,对 X_i 的各分量进行一次 $[-visual, visual]$ 内的混沌搜索得到 X_{best} ,如果其位置优于 X_i 则取代它,否则 X_i 保持不变.这样的混沌搜索可以有效地摆脱局部最优值的束缚,并且提高搜索效率.李兵等^[3]将Logistic混沌序列引入连续函数优化中.Logistic映射式为

$$Z(k+1) = \mu(1 - Z(k)) \quad (1)$$

s.t. $Z(k) \in [0, 1], \mu \in (2, 4], k = 0, 1, \dots, n$ 式中, μ 为控制参量,当 μ 取值为4时,系统处于完全的混沌状态.Logistic映射在多次迭加产生随机数时存在着分布不均匀的缺点.对此,王瑞琪等^[4-7]

用改进Tent映射进行混沌优化搜索,迭代的过程中,若进入不动点或者小周期点则对其进行扰动,使其重新进入混沌状态.本文采用自适应功能的Tent映射来进行混沌优化.Tent映射式(2)为

$$g(x) = \begin{cases} 2x, & 0 \leq x \leq 0.5 \\ 2(1-x), & 0.5 < x \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

在迭代过程中增加对于 X_i ($i = 1, 2, \dots, n$)的判断.在 X_i 值连续两次不变时,对它重新赋值,有的文献将 X_i 赋值 $X_i + \beta$,其中 β 为0到1内的随机数,以便于程序跳出不动点^[6]. $0 \leq X_i + \beta \leq 2$,会出现跳出取值范围的情况,对它进行进一步处理, $0 \leq \frac{X_i + \beta}{2} \leq 1$,符合要求.自适应Tent映射产生的随机数分布的遍历性和鲁棒性较好.

2.2 精英保留策略

产生初始鱼群的同时,采用淘汰赛体制剔除鱼群中适应度较差的个体鱼,并在优秀鱼群附近利用高斯分布产生新个体鱼,以保证初始鱼群的动态平衡.

巴莱多定律又名二八定律,不论是在企业管理,还是在经济发展中,不要平均地分析、处理和看待问题.在每一个整体中,重要的因子通常只占少数(20%),而不重要的因子则占多数(80%).因此只要能控制具有重要性的少数因子即能控制全局.因此在每次迭代产生初始鱼群时,只有20%的个体鱼是对算法求解极值有效的,定义为精英鱼群,淘汰初始鱼群中80%的非精英鱼群.

高斯分布又名正态分布,若随机变量 x 服从一个位置参数为 μ 、尺度参数为 σ 的概率分布,且其概率密度函数式为

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

则这个随机变量就称为正态随机变量,正态随机变量服从的分布就称为正态分布.服从正态分布的变量的频数分布完全由 μ, σ 决定.特征为高斯曲线的高峰位于正中央,即均数所在的位置;高斯曲线以均数为中心,左右对称;正态曲线由均数所在处开始,分别向左右两侧逐渐均匀下降.

为保持鱼群数量的动态平衡和种群的多样性,在进行鱼群淘汰的同时动态补充新的鱼群.为保证新生成鱼群的随机性和有效性,等概率的在精英鱼群中选择,并在其附近生成新的个体鱼.例如鱼群总数为100,淘汰的个体鱼数目为80.利用计算机等概率随机选择剩下的20条鱼,以当前鱼所在位置为二维正态分布的期望位置,设定一个方差 σ ,然后按二

维正态分布生成新个体.那么要生成 80 条新个体鱼,就需要选 80 次.高斯分布本身具有的特征,保证了新鱼群产生在最优值附近的可能性,距离期望距离越近,产生新鱼群的可能性就越大. σ 描述高斯分布资料数据分布的离散程度, σ 越大,曲线越扁平,数据分布越分散; σ 越小,曲线越瘦高,数据分布越集中.标准高斯分布 $\mu(0,1)$ 在概率分布的使用时具有良好的通用性,因此方差设定为 1. LOAFSA 的寻优流程如图 1 所示.

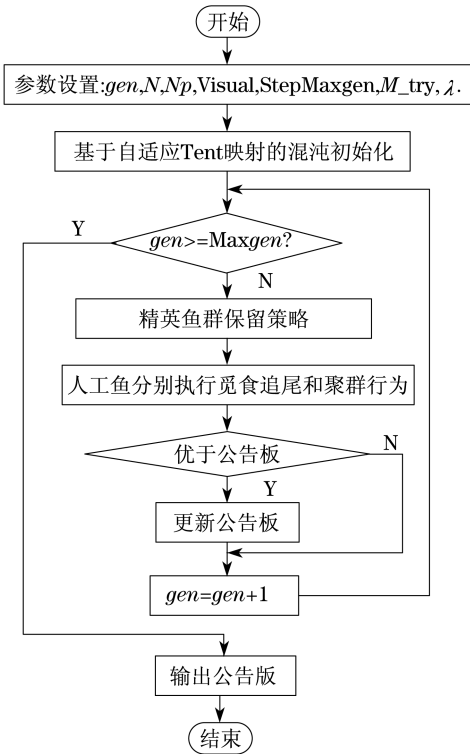


图1 LOAFSA 的寻优流程图
Fig.1 Optimization flow chart of LOAFSA

3 仿真实例及分析

- a. 仿真环境为 Matlab R2010a
- d. LOAFSA 算法参数见表 1.

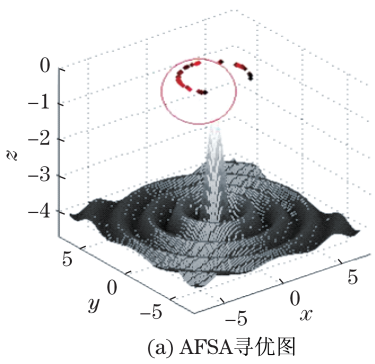
表 1 算法参数
Tab.1 Parameters of the algorithm

N	N _P	δ	λ / %	M _{axgen}	M _{try}	S _{tep(0)}	V _{isual(0)}
120	100	0.618	80	50	100	1	2.5

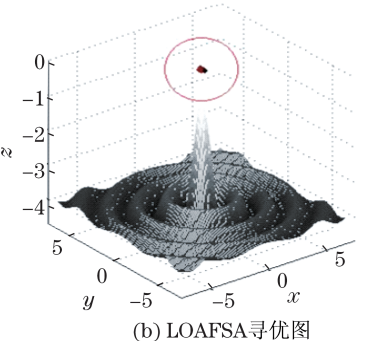
c. 仿真函数

$$\begin{aligned} \max f_1 &= \frac{\sin(\pi \sqrt{(x_1^2 + x_2^2)})}{\sqrt{(x_1^2 + x_2^2)}} \\ \text{s. t. } & -10 \leq x_1, x_2 \leq 10 \end{aligned} \tag{4}$$

图 2 为 f_1 函数的寻优结果仿真图像.



(a) AFSA寻优图

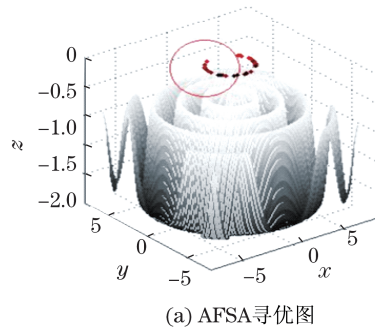


(b) LOAFSA寻优图

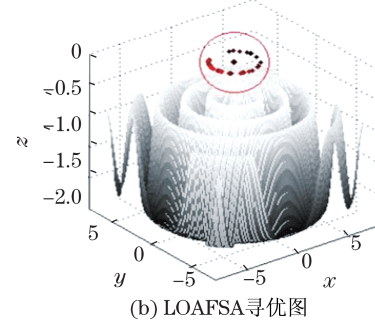
图 2 f_1 函数的寻优结果
Fig.2 Optimal results of f_1 function

$$\begin{aligned} \max f_2 &= \cos(\pi \sqrt{(x_1^2 + x_2^2)}) e^{-\frac{(x_1^2 + x_2^2)}{100}} \\ \text{s. t. } & -10 \leq x_1, x_2 \leq 10 \end{aligned} \tag{5}$$

图 3 为 f_2 函数的寻优结果仿真图像.



(a) AFSA寻优图



(b) LOAFSA寻优图

图 3 f_2 函数的寻优结果
Fig.3 Optimal results of f_2 function

d. 仿真实验数据

固定迭代次数为 50, 分别对仿真函数独立运行 AFSA 和 LOAFSA 各 50 次. 实验数据见表 2.

表 2 实验数据
Tab.2 Experimental data

函数	算法	平均值	最优值	最劣值	期望值
f_1	AFSA	2.405	3.020	0.489	3.141
	LOAFSA	3.080	3.141	3.012	3.141
f_2	AFSA	0.782	0.981	0.268	1.000
	LOAFSA	0.968	1.000	0.869	1.000

e. 仿真结论

由以上实验数据可以得到, 精英鱼群算法与基本人工鱼群算法相比, 全局寻优能力强, 准确度高.

4 应用案例

RAN 架构无线接入网技术引入最优化理论方法, 建立固定发射功率, 优化系统容量功率的模型^[7]. 第 i 个移动台位置为 (x_i, y_i) , 第 j 个基站位置为 (x_j, y_j) , 建立数学模型^[8]为

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^n B \log_2(1 + SIR_i) \\ \text{s. t.} \quad & (0 \leq p_i \leq p_{\max}) \end{aligned} \quad (7)$$

其中

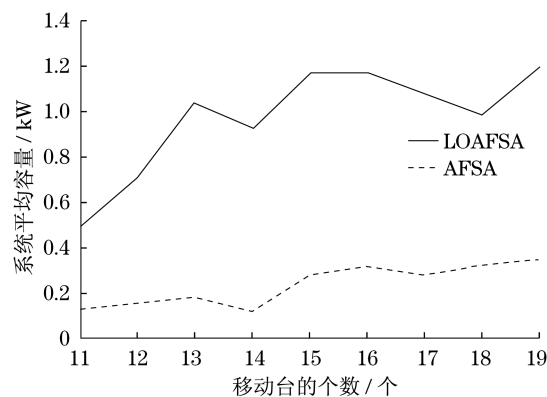
$$\begin{aligned} d_{ij} &= \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \\ h_{ij} &= 0.097 d_{ij}^{-4} \end{aligned}$$

$$SIR_i = \frac{p_i h_{ij}}{1/G \left(\sum_{k=1, k \neq i}^N p_k h_{kj} + \sum_{l=1, l \neq j}^M p_l h_{lj} + \sigma^2 \right)}$$

利用鱼群算法寻找最优的一组发射功率 $\{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ 使得式 (7) 成立. 扩频增益 G 为 100, 高斯噪声 σ^2 为 0.05, 移动台的数量分别选取 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 不同的数量值分别随机随取 5 次, 求得系统的平均容量. 利用精英鱼群算法和鱼群算法求得系统的平均值比较, 如图 4 所示. 鱼群算法在最优值寻找中会陷入局部极值, 偏离最优解, 精英鱼群算法全局寻优能力较强.

5 结 论

提出的精英鱼群算法, 通过对初始鱼群的优胜



4 图 4 不同用户下系统平均容量比较

Fig.4 Comparison of average system capacity under different user

劣汰以及采用高斯分布随机产生新的鱼群来保持鱼群的动态平衡和多样性, 使得算法在寻优过程中可以很好地跳出局部极值, 找到全局最优值, 保证了寻优的准确性.

参考文献:

- [1] 陈俊, 彭木根, 王文博. TD-LTE 系统功率控制技术的研究[J]. 数据通信, 2010, 21(4): 28-31.
- [2] 李晓磊. 一种新型的智能优化方法——人工鱼群算法[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [3] 李兵, 蒋慰孙. 混沌优化方法及其应用[J]. 控制理论与应用, 1997, 14(4): 613-615.
- [4] 王瑞琪, 张承慧, 李珂. 基于改进混沌优化的多目标遗传算法[J]. 控制与决策, 2011, 26(9): 1391-1397.
- [5] 张劲松, 李岐强, 王朝霞. 基于混沌搜索的混合粒子群优化算法[J]. 山东大学学报, 2007, 37(1): 1391-1397.
- [6] 单梁, 强浩, 李军, 等. 基于 Tent 映射的混沌优化算法[J]. 控制与决策, 2005, 20(2): 179-182.
- [7] Hao B L. Speaking of parabola [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technological Education Publishing House, 1993.
- [8] 刘占军, 朱志超, 邓欢, 等. 一种基于 RAN 架构无线接入网系统容量最大化的功率分配算法[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(5): 1486-1488.

(编辑: 金 虹)