

# 一种新的群智能算法:狮群算法

张聪明 刘立群 马立群

(太原科技大学电子信息工程学院 太原 030024)

**摘要** 随着优化对象变得非线性化、高维化、多目标化,传统的优化方法越来越难以得到理想的优化结果。群智能算法能够很好地弥补传统优化方法的缺陷。文中提出了一种新的群智能算法——狮群算法。狮群算法对初值的要求不高,算法的寻优速度较快,有较强的全局寻优能力。给出了狮群算法的原理和详细描述,对算法的收敛性能进行了分析,并将其与人工蜂群算法做了对比。最后,将所提算法应用到光伏最大功率跟踪中,通过实验和仿真验证了其实际寻优能力。

**关键词** 狮群算法,收敛性,优化,最优值,最大功率跟踪

**中图分类号** TP301.6 **文献标识码** A

## New Swarm Intelligent Algorithms:Lions Algorithm

ZHANG Cong-ming LIU Li-qun MA Li-qun

(College of Electronic Information Engineering,Taiyuan Science and Technology University,Taiyuan 030024,China)

**Abstract** As the optimization object becomes nonlinear,high dimensional and multi target,the ideal result can not be obtained by using the traditional optimization method. Intelligent algorithm is a good solution to the shortcomings of the traditional optimization methods. This paper proposed a new intelligent algorithm, called lions algorithm. Lions algorithm's request on the initial value is not high. It has faster optimization speed and strong global convergence ability. In this paper,the principle of the lions algorithm was given,the convergence performance of the algorithm and the influence of the parameters on the convergence of the algorithm were analyzed,and it was compared with artificial bee colony algorithm. Finally,the algorithm was applied to the maximum power tracking of the PV,and the practical ability of the algorithm was verified by experiment and simulation.

**Keywords** Lions algorithm,Convergence,Optimization,Optimal value,Maximum power tracking

## 1 引言

在人类赖以生存的地球上,生活着多种多样的生物,它们看似无目的的活动是经历了长时间的优胜劣汰,成为了一个种群的生存本能被保留下来。生物所具有的各种行为和生存技能给我们带来了一些启发以解决某些问题。研究人员根据一些生物的行为发明了一些群体智能算法。

狮子通常群居生活,一个狮群通常由 4~12 个有亲缘关系的母狮、它们的孩子以及 1~2 只雄狮组成。雌狮构成了狮群的核心,它们极少离开出生地。成年雄狮在领地四周游走,以保卫整个领地。狮群中的母狮基本是稳定的,它们一般都待在同一个狮群。在狮群中 70%~80% 的幼狮活不过两岁,这主要取决于食物情况,也取决于雄狮杀手。狮群中,雌狮是主要的狩猎者,它们往往集体围猎,即分散开围成一个扇型以包围一群猎物,把捕猎对象围在中间,然后从各个方向接近。

本文通过分析狮群的构成、不同的狮子在狮群中的地位和相应的行为以及狮群中的群体特点,提出了一种新的群智能算法——狮群算法,并将该算法应用到光伏最大功率跟踪中。

目前,有很多群体智能算法被提出,如文献[1]介绍了粒

子群算法;文献[2]介绍了蚁群算法;文献[3-4]介绍了人工蜂群算法;文献[5-6]介绍了萤火虫算法;文献[7]介绍了基于神经网络的改进增量电导算法,用于部分遮蔽下光伏系统中的最大功率点跟踪;文献[8]介绍了一种在部分阴影条件下光伏系统的最大功率点跟踪方法。

## 2 算法描述

在狮群算法(LSA)中,狮子按照一定的比例被分为 3 部分:幼狮、雌狮和雄狮。由于雄狮的地位最高,雌狮次之,幼狮的地位最低,因此在算法迭代中按照狮群比例把适应度最好的一部分定义为雄狮,最差的部分定义为幼狮,剩下的部分定义为雌狮。在用 LSA 算法求解优化问题时,每个食物源的位置代表待优化问题的一个可行解,适应值的大小代表解的质量。LSA 算法随机生成含有  $N$  个解的初始种群,每个解  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) 用一个  $d$  维向量  $x_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id})$  来表示, $d$  表示待优化问题的维数。

$$m_i = n_o * \frac{f(x_i)}{\sum_1^{n_i} f(x_i)} \quad (1)$$

$$x_o(t+1) = (\text{rand}(1, d) - 0.5) * r + x_i(t) \quad (2)$$

本文受山西省应用基础研究项目:高渗透光伏电力交直流混合微电网分布式能量管理(201601D011058)资助。

张聪明(1992-),男,硕士生,主要研究领域为群智能算法及其应用,E-mail:1138027487@qq.com;刘立群(1976-),男,博士,硕士生导师,主要研究领域为新能源发电;马立群(1990-),男,硕士生,主要研究领域为微电网继电保护。

$$x_l(t+1) = x_l(t) + rand() * (x_l(t) - x(t)) \quad (3)$$

$$x_s(t+1) = x_s(t) + rand() * (x_s(t) - x_l(t)) \quad (4)$$

其中,  $m_l$  为分布在第  $l$  只雄狮周围的幼狮数量;  $n_o, n_s, n_l$  分别为幼狮、雌狮、雄狮的数量;  $r$  为分布半径;  $x_o(t), x_s(t), x_l(t)$  分别代表幼狮、雌狮、雄狮,  $x(t)$  为随机选择的一个狮子。算法流程如下:

- 1) 初始化种群,并计算每只狮子的适应度函数值;
- 2) 按照比例和适应度函数值把狮群分成 3 部分,并根据式(1)计算分布在每只雄狮周围的幼狮数量;
- 3) 幼狮按照式(2)重新分布在雄狮周围,执行局部搜索;
- 4) 雄狮和雌狮按照式(3)和式(4)搜索新的食物源,并计算新的适应度函数值;
- 5) 对更新前后雄狮和雌狮的位置采用贪婪法则进行选择,并更新全局最优;
- 6) 判断是否满足算法终止条件,若满足则输出全局最优,否则转步骤 2)。

### 3 算法的收敛性分析

一种算法的收敛性往往是人们最关心的问题。在狮群算法中,雌狮的捕食行为奠定了算法全局收敛的基础,幼狮行为增强了算法的局部寻优能力,而雄狮的随机行为则增强了算法跳出局部最优的能力。算法的行为评价原则也对算法的收敛稳定性提供了保障。为了验证狮群算法的收敛性,设置狮子个数为 100,最大迭代次数为 50,狮群比例为 1:6:3(雄狮:雌狮:幼狮),分布半径为 1。选取 6 个典型的测试函数对狮群算法的全局收敛性进行验证。测试函数如表 1 所列。函数收敛图曲线如图 1 所示。

表 1 测试函数

测试函数	表达式	变量范围	最优值
F1	$f(x) = \sum_i^n x_i^2$	$x_i \in [-5, 5]$	0
F2	$f(x) = (x_1^2 + x_2 - 11) + (x_1 + x_2^2 - 7)^2$	$x_1, x_2 \in [-5, 5]$	0
F3	$f(x) = (x_1 + 2x_2 - 7)^2 + (2x_1 + x_2 - 5)^2$	$x_1, x_2 \in [-5, 5]$	0
F4	$f(x) = \sum_i^n i x_i^2$	$x_i \in [-5, 5]$	0
F5	$f(x) = 100 * (x_2 - x_1^2)^2 + (1 - x_1)^2$	$x_i \in [-5, 5]$	0
F6	$f(x) = (\sin(x_1)/x_1) * (\sin(x_2)/x_2)$	$x_1, x_2 \in [-5, 5]$	1

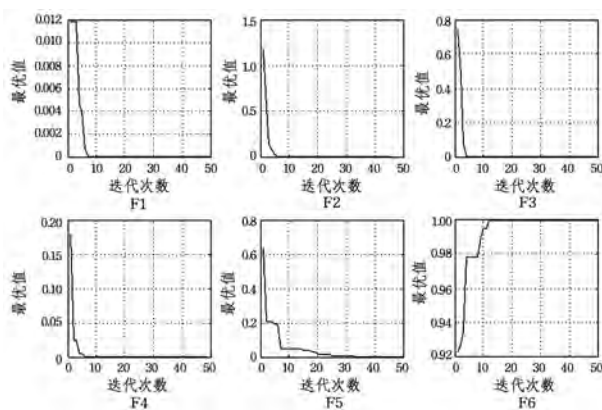


图 1 函数收敛曲线

从图 1 可以看出,狮群算法在经过 50 次迭代后,6 个测试函数均可以达到其最优值或者可以接受的一个近似最优值。表 2 列出了函数测试结果,其中平均值为算法运行 20 次

的平均值。从表 2 可以看出,狮群算法的收敛精度可以达到一个较高的水平。仿真实验结果表明,狮群算法确实能够快速收敛于全局最优值或者一个可以被接受的值。

表 2 函数测试结果

函数	最优值	最差值	平均值
F1	1.20E-17	1.10E-15	1.20E-16
F2	3.60E-18	1.00E-14	2.70E-16
F3	1.50E-19	8.40E-15	4.90E-16
F4	1.50E-18	1.40E-14	1.40E-15
F5	5.70E-14	1.40E-08	3.20E-09
F6	1	1	1

### 4 算法对比

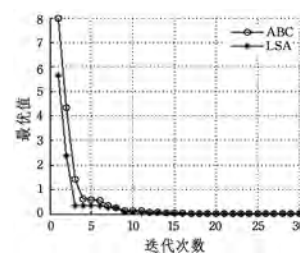
人工蜂群算法是 2005 年由土耳其学者 Karaboga 根据蜜蜂采蜜机制提出的一种新型群智能优化算法。人工蜂群算法(ABC)模拟实际蜜蜂采蜜机制来处理函数优化问题。该算法通过不断地迭代计算,保留优良个体,淘汰劣质个体,向全局最优解靠近。TSABC 是一种改进的人工蜂群算法,相比于原始算法,TSABC 有更好的收敛速度和收敛精度。

设置蜂群和狮群的种群规模为 30,迭代次数为 30,limit=5,狮群比例为 1:6:3,分布半径为 1。以 F1 和 F2 为测试函数进行实验(以 E-04 为收敛精度)。

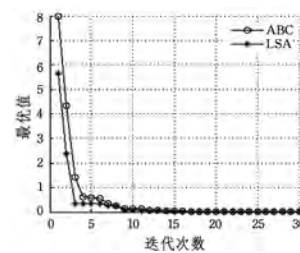
测试结果如表 3 和图 2 所示。与改进的人工蜂群算法相比,在同等条件下,狮群算法无论在收敛精度还是收敛次数上,都要优于改进的人工蜂群算法,这说明狮群算法的性能优于改进的人工蜂群算法。

表 3 测试结果

函数	算法	最优值	最差值	平均值	收敛次数
F1	ABC	8.0E-06	3.3E-03	2.5E-04	15/20
	LSA	7.0E-10	2.6E-03	1.4E-04	17/20
F2	ABC	8.7E-04	9.3E-03	8.1E-03	11/20
	LSA	8.8E-09	4.5E-03	1.2E-03	14/20



(a)F1 收敛曲线



(b)F2 收敛曲线

图 2 竖着排

### 5 实验验证

太阳能发电作为一种新兴的绿色能源,以其无污染、无噪

声、可再生、不受地域限制等特点,得到了迅速的推广应用,并发展成为了世界能源的重要组成部分。光伏发电技术中的主要问题是如何提高光伏电池的输出功率。最大功率跟踪控制技术是提高光伏电池的输出功率的有效方法。在光伏发电的实际应用中,周边的环境使太阳能电池的光照不均匀,从而产生阴影,局部阴影会使光伏电池的输出生下降。在局部阴影条件下,光伏阵列的输出功率曲线会包含多个极值点,可以从图3中看出,当光伏阵列处于局部阴影条件下时,其输出曲线包含多个极值点(局部阴影1和2代表的是两种不同的阴影条件)。而传统的MPPT算法(电导增量法、固定电压法等)易陷入局部最优,无法有效跟踪最大功率点。为了验证所提算法的实际寻优能力,在局部遮阴条件下,采用狮群算法跟踪光伏最大功率点。

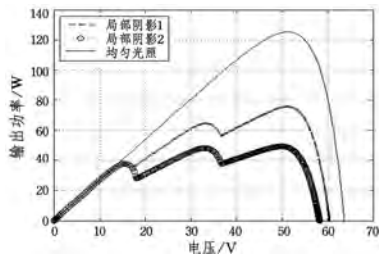


图3 光伏输出曲线

基于狮群算法的MPPT算法被分成两部分:1)是狮群搜索全局最优解;2)最大功率跟踪。在狮群算法中,将光伏阵列输出的电压和电流作为算法的输入;取适应度函数为光伏阵列总的输出功率,解的质量的好坏由适应度函数值决定;将占空比 $D$ 作为算法的输出,并通过DC-DC电路来调整光伏阵列的输出,从而实现光伏阵列的最大功率跟踪控制。

图4为实验原理图。实验所用的光伏系统是一个由6块光伏组件组成的光伏阵列。6块光伏阵列分被为2串,每串由3块串联而成。在太阳辐射强度 $1000\text{ W/m}^2$ 和环境温度 $25^\circ\text{C}$ 的条件下,每块光伏组件的输出参数如表4所列。在实验中,有3个组件被人工遮蔽,第一串组件中有一个,第二串组件中有两个,speedgoat设备实时采集光伏阵列的输出,经过MPPT算法运算,输出相对应的PWM波来控制DC-DC电路,使光伏阵列输出最大功率。

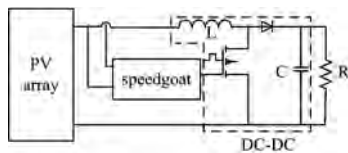


图4 实验原理框图

表4 实验参数

最大功率	20 W	最大功率-电压	17.3 V
开路电压	21 V	开关频率	10 kHz
短路电流	1.28 A	电容	470 $\mu\text{F}$
最大功率-电流	1.2 A	电感	1.8 mH

从表5和图5可以看出,基于狮群算法的光伏MPPT,在光伏阵列两种不同的局部遮阴的条件下,都能够很好地追踪光伏最大功率点,光伏阵列输出的实际输出功率接近于光伏

最大功率点,算法追踪时间较短。这说明本文算法的实际寻优能力较好。

表5 实验和仿真结果

	局部遮阴	输出功率/W	跟踪时间/s	最大功率/W	跟踪效率/%
仿真	2	48.87	3.64	49.26	99.21
	1	75.16	3.44	75.67	99.33
实验	2	48.71	3.72	49.26	98.84
	1	74.92	3.53	75.67	98.98

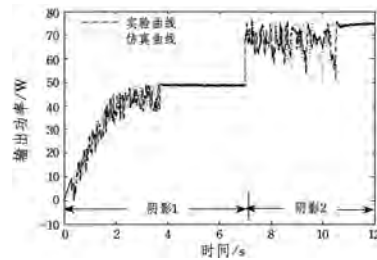


图5 实验和仿真曲线

**结束语** 本文对提出算法的收敛性和算法参数对算法的影响进行了分析。经过分析得出算法的收敛性和鲁棒性较好,且算法参数的选择空间较大。与人工蜂群算法相比,在同等条件下,狮群算法无论是在收敛精度还是收敛速度上,都要优于人工蜂群算法。最后,通过光伏最大功率跟踪实验证明了基于狮群算法的MPPT能够很好地追踪光伏最大功率点,验证了算法的实际寻优能力。

### 参考文献

- [1] KENNEDY J, EBERHART R. Particle swarm optimization[C] // Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks. Piscataway, NJ, IEEE Press, 1995: 1942-1948.
- [2] DORIGO M, GAMBARDILLA L M. Ant colony system; a cooperative learning approach to the traveling salesman problem[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 1997, 1(1): 53-66.
- [3] KARABOGA D. An idea based on honey bee swarm for numerical optimization[R]. Technical Report TR06, Erciyes University, 2005.
- [4] 葛宇, 梁静, 王学平, 等. 改进人工蜂群算法求解多目标连续优化问题[J]. 计算机科学, 2014, 41(6): 254-259.
- [5] YANG X S. Firefly algorithm, stochastic test functions and design Optimization[J]. Bio-Inspired Computation, 2010, 2(2): 78-84.
- [6] 程美英, 倪志伟, 朱旭辉. 萤火虫优化算法理论研究综述[J]. 计算机科学, 2015, 42(4): 19-24.
- [7] PUNITHA K, DEVARAJ D, SAKTHIVEL S. Artificial neural network based modified incremental conductance algorithm for maximum power point tracking in photovoltaic system under partial shading conditions[J]. Energy, 2013(62): 330-340.
- [8] HIREN P, VIVEK A. Maximum Power Point Tracking Scheme for PV Systems Operating Under Partially Shaded Conditions[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2008, 55(4): 1689-1698.