

猫群算法研究综述

马知也¹ 施秋红²

(1. 甘肃政法学院 公安技术学院, 甘肃 兰州 730070;

2. 甘肃农业大学 信息科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

[摘要]猫群算法是近几年来提出的又一种新型的群体智能优化计算方法。在介绍基本猫群算法的基础上,从算法的改进技术研究、并行结构设计、与其他优化算法的混合模式、算法的应用研究 4 个方面对国内外猫群算法的研究进展进行综述,最后通过总结已有的研究成果,对猫群算法未来的研究工作进行展望。

[关键词]猫群算法; 群体智能; 优化计算

[中图分类号]TP18

[文献标志码]A

[文章编号]1008-4630(2014)02-0041-05

1 引言

计算智能是近年来比较热门的研究课题,因此,产生了很多群体智能(Swarm Intelligence)^[1-2]算法,例如蚁群算法^[3]、粒子群优化算法^[4]、人工鱼群算法^[5]、混合蛙跳算法^[6-7]、细菌觅食算法^[8]和猫群算法^[9-10]。这些算法具有一个共同特性,就是利用若干个体来搜索满足基准的最优解。对于大规模优化问题,群体智能算法在计算速度、收敛性及初值敏感性方面具有明显优势,已成功应用于组合优化、图像处理、多目标优化、模式识别、数据分类、数据聚类、流程规划、系统辨识、潮流计算、信号处理、机器人控制等方面。

猫群算法(Cat Swarm Optimization,缩写为CSO)是由Shu-An Chu等人在2006年首次提出的一种基于猫的行的全局优化算法^[9]。根据生物学分类,猫科动物大约有32种,例如:狮子、老虎、豹子、猫等。尽管生存环境不同,但是猫科动物的很多生活习性非常相似。猫的警觉性非常高,即使在休息的时候也处于一种高度的警惕状态,时刻保持对周围环境的警戒搜寻;它们对于活动的目标具有强烈的好奇心,一旦发现目标便进行跟踪,并且能够迅速地捕获到猎物。猫群算法正是通过将猫的搜寻和跟踪两种行为结合起来,提出的一种解决复杂优化问题的方法。

2 基本猫群算法

在猫群算法中,猫即待求优化问题的可行解。猫群算法将猫的行为分为两种模式,一种就是猫在懒散、环顾四周状态时的模式称之为搜寻模式;另一种是在跟踪动态目标时的状态称之为跟踪模式。猫群算法中,一部分猫执行搜寻模式,剩下的则执行跟踪模式,两种模式通过结合率 MR (Mixture Ratio)进行交互, MR 表示执行跟踪模式下的猫的数量在整个猫群中所占的比例,在程序中 MR 应为一个较小的值。利用猫群算法解决优化问题,首先需要确定参与优化计算的个体数,即猫的数量。每只猫的属性(包括由 M 维组成的自身位置)、每一维的速度、对基准函数的适应值及表示猫是处于搜寻模式或者跟踪模式的标识值。当猫进行完搜寻模式和跟踪模式后,根据适应度函数计算它们的适应度并保留当前群体中最好的解。之后再根据结合率随机地将猫群分为搜寻部分和跟踪部分的猫,以此方法进行迭代计算直到达到预设的迭代次数。

2.1 数学描述

搜寻模式用来模拟猫的当前状态,分别为休息、四处查看、搜寻下一个移动位置。在搜寻模式中,定义了4个基本要素:记忆池(SMP)、变化域(SRD)、变化数(CDC)、自身位置判断(SPC)。 SMP 定义了每一只猫的搜寻记忆大小,表示猫所

收稿日期:2013-12-24

作者简介:马知也(1983-)男,辽宁昌图人,讲师,主要从事计算机网络维护和研究。

搜寻到的位置点,猫将根据适应度大小从记忆池中选择一个最好的位置点。 SRD 表示选择域的变异率,搜寻模式中,每一维的改变范围由变化域决定,根据经验一般取值为 0.2。 CDC 指每一只猫将要变异的维数的个数,其值是一个从 0 到总维数之间的随机值。 SPC 是一个布尔值,表示猫是否将已经过的位置作为将要移动到的候选位置之一,其值不影响 SMP 的取值。

2.1.1 搜寻模式过程描述

(1) 将当前位置复制 j 份副本放在记忆池中, $j = SMP$, 即记忆池的大小为 j ; 如果 SPC 的值为真, 令 $j = (SMP - 1)$ 将当前位置保留为候选解。

(2) 对记忆池中的每个个体副本, 根据 CDC 的大小, 随机地对当前值加上或者减去 $SRD\%$ (变化域由百分率表示), 并用更新后的值来代替原来的值。

(3) 分别计算记忆池中所有候选解的适应度值。

(4) 从记忆池中选择适应度值最高的候选点来代替当前猫的位置, 完成猫的位置更新。

2.1.2 跟踪模式过程描述

跟踪模式用来模拟猫跟踪目标时的情况。通过改变猫的每一维的速度 (即特征值) 来更新猫的位置, 速度的改变是通过增加一个随机的扰动来实现的。

(1) 速度更新。整个猫群经历过的最好位置, 即目前搜索到的最优解, 记做 X_{best} 。每只猫的速度记做 $v_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id}\}$, 每只猫根据公式 (1) 来更新自己的速度。

$$v_{id}(t+1) = v_{id}^*(t) + r * c * (X_{best,d}(t) - x_{id}(t)), \quad d=1, 2, \dots, M \quad (1)$$

$v_{id}(t+1)$ 表示更新后第 i 只猫在第 d 维的速度值, M 为维数大小; $X_{best,d}(t)$ 表示猫群中当前具有最好适应度值的猫的位置; $x_{id}(t)$ 指当前第 i 只猫在第 d 维的位置, c 是个常量, 其值需要根据不同的问题而定。 r 是一个 $[0, 1]$ 之间的随机值。

(2) 判断每一维的速度变化是否都在 SRD 内。给每一维的变异加一个限制范围, 是为了防止其变化过大, 造成算法在解空间的盲目随机搜索。 SRD 在算法执行之前给定, 如果每一维改变后的值超出了 SRD 的限制范围, 则将其设定为给定的边界值。

(3) 位置更新。根据公式 (2) 利用更新后的速度来更新猫的位置。

$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1), \quad d=1, 2, \dots, M \quad (2)$$

式中 $x_{id}(t+1)$ 表示第 i 只猫更新后的位置。

2.2 算法流程

图 1 所示为猫群算法的流程。

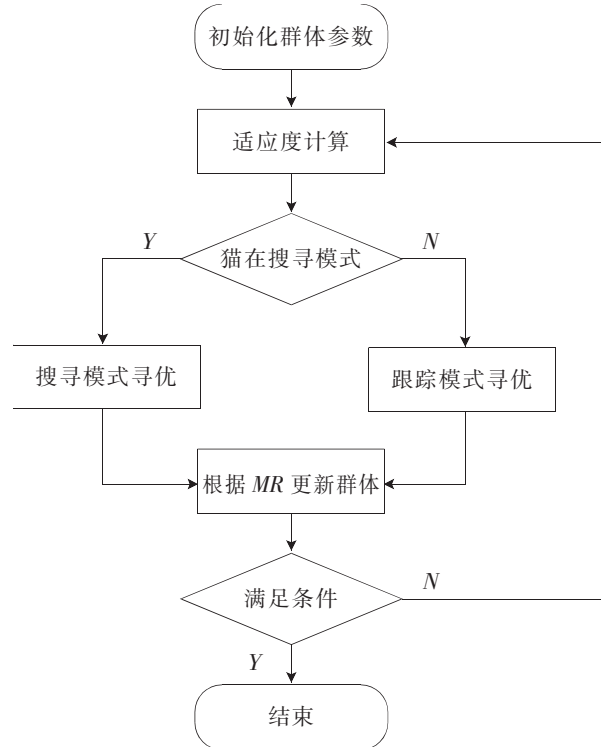


图 1 猫群算法流程

3 国内外研究进展

猫群算法由 Shu - An Chu 等人^[9] 在 2006 年首次提出, 国外学者从该算法的改进和应用方面做了初步研究, 国内对该算法的研究始于近两年, 因此相关的研究成果很少。但是作为一种新型的群体智能优化算法, 猫群算法的研究在国内外必将受到广泛关注。

3.1 算法改进研究

Santosa Budi 等 (2009 年)^[11] 提出一种基于聚类问题的猫群算法, 对猫群优化公式进行修正, 提高了猫群算法优化聚类问题的优化性能。Yong - Guo Liu 等 (2010 年)^[12] 引入最新的元启发式方法到猫群算法中, 用以寻找最优的数据集聚类方法。利用搜寻模型和追踪模型开发和探索解空间, 引入 K - Harmonic 均值操作改善种群并促进聚类算法的收敛, 提出了 2 种基于猫群算法的聚类方法, 分别为猫群优化聚类法、K - harmonic 均值猫群优化聚类法。范凯波 (2011 年)^[13] 通过研究群体智能计算, 提出了基于猫群算法优化的 $k -$

均值聚类算法,实现了车辆目标的分类。Orouskhani Maysam 等(2011 年)^[14]为提高猫群算法的收敛性,在位置更新方程内增加一个新的参数作为惯性加权,在算法的追踪模型中使用新的速率更新方程,提出一种加权平均惯性猫群算法。Pradhan Pyari Mohan 等(2012 年)^[15]通过扩展已有的猫群算法提出一种新的多目标进化算法。该算法利用 Pareto 支配的概念沿着寻优过程找到非支配解,并将这些非支配解外置存档。仿真结果表明该方法是解决多目标问题的一种较好途径。Shi - DaYang 等(2013 年)^[16]针对全局优化问题提出一种改进的混沌猫群算法。利用不同混沌映射改进搜寻模型的步长,研究 7 种不同的混沌映射,找到最佳的物流与正弦图。

3.2 并行算法结构研究

Pei - Wei Tsai 等(2008 年)^[17]研究了猫群算法的并行结构,设计了并行猫群算法。在种群规模较小和总迭代次数较少的情况下,并行猫群算法能有效提高收敛速度。Pei - Wei Tsai 等(2012 年)^[18]为了在较小种群规模和较少迭代次数条件下解决数值优化问题,在并行猫群算法的追踪过程中引入田口方法,提出了一种优化精度高、计算速度快的强化并行猫群算法,并将其应用于解决飞机计划恢复问题,取得了较好的应用效果。

3.3 混合算法研究

Pei - Wei Tsai 等(2010 年)^[19]提出一种基于猫群算法和人工蜂群算法的混合优化算法,通过测试 5 种基准函数,证明了混合算法的精确性、收敛性、快速性和稳定性。Li Ming 等(2013 年)^[20]针对粒子群优化算法在整个迭代过程中易陷入局部最优、在迭代后期收敛速度慢的缺点,提出一种基于猫图的粒子群优化算法。基于猫图的遍历性和规律性,粒子可以被均匀地分散到整个寻优空间,增加了粒子的多样性。同时,使用粒子的局部浓度策略适应性地调整惯性权重,从而提高收敛速度。粒子浓度较大时,利用较小的惯性权重来增强局部搜索能力,粒子浓度较小时,利用较大的惯性权重来增强算法的全局搜索能力。Shi - DaYang 等(2013 年)^[21]为解决全局优化问题,基于同伦算法的概念,提出一种受同伦算法启发的猫群算法。根据优化函数的因变量,跟踪一条从简单问题解到由同伦算法给出的问题解的路径。这种策略能提高猫群算法的寻优效率。

3.4 算法应用研究

王光彪等(2011 年)^[22]针对传统进化算法在图像分类中存在的收敛速度慢、易陷入局部最优等问题,提出用猫群算法求解图像分类问题,将求解组合优化问题转化为猫群的位置寻优过程,并分析了猫群算法及其两种行为模式下的算法模型。验证了猫群算法在图像分类中的准确性和有效性。Panda Ganapati 等(2011 年)^[23]将 IIR 系统识别任务描述为一种优化问题,引入猫群算法改进此模型的以新种群为基础的学习规则。Kalaiselvan G 等(2011 年)^[24]尝试使用猫群优化技术将水印恢复至原始状态。通过修正转换系数的最少有效位可以获取频域中的嵌入式水印。应用四舍五入方法将图像中隐藏的水印从原始水印中恢复出来,引入群体智能技术来消除由简单方法将图像从频域转移到空间域时产生的舍入误差。Zhi - Hui Wang 等(2012 年)^[25]针对最低有效位替换方法解决隐秘图像问题时运行时间长的问题,通过改进猫群优化策略来获取解决隐秘图像质量问题的最优解或次优解。Pradhan Pyari Mohan 等(2012 年)^[26]将各个无线认知机的质量和决策阈值的选择描述为一个约束误报和检测概率互为矛盾的多目标优化问题,将多目标猫群算法应用于协作频谱感知领域。Long Xu 等(2012 年)^[27]针对资源受限项目调度问题提出一种基于猫群算法的方法。通过猫的多维位置提供解决资源受限项目调度问题的潜在方案,包括 3 个步骤:先随机初始化猫的参数,然后迭代位置,通过串行 SGS 方法计算适应度,最后如果条件满足则终止程序。Deivaseelan. A 等(2012 年)^[28]引入改进的猫群算法改进 IIR 系统识别模型的以新种群为基础的学习规则。Shi - Yu Cui 等(2013 年)^[29]针对原始块截断编码方法的复杂性难以找到有效的常用点阵图,利用猫群算法进行块截断编码,提出一种基于此种编码方式的图像压缩技术。

4 研究工作总结及展望

4.1 总结

猫群算法的研究刚刚起步,一些思想处于萌芽阶段,严格的理论基础尚不成熟。对于算法本身的思想、原理、参数设置以及种群多样性的研究,仍停留在实验探索阶段,并未有更深入的分析与讨论。关于算法收敛性的分析与证明的研究还未出现。对猫群算法的改进技术主要集中于常态的增加参数、加入部分操作算子等方面,对于算法

框架、迭代进化方式等的改进的研究较少。

部分学者将粒子群算法以及混沌搜索等算法或思想引入猫群算法,在一定程度上提高了算法的优化性能,但仍然存在易陷入“早熟”、运行速度慢等缺陷,并且被引入算法仅执行猫群算法的单个行为。针对猫群算法优化组合优化问题的离散模型的研究还未出现。

目前猫群算法主要在图像处理、数据挖掘领域的实际问题中得到了较多的应用,在其它领域中的应用仍处于初级阶段,尚不成熟,甚至尚未涉及,尤其是在农业工程领域的应用研究尚未出现。

4.2 展望

针对猫群算法已有研究成果的不足和算法本身存在的问题,今后的研究工作将重点集中在以下几个方面。

(1) 通过分析证明算法的收敛性,研究探讨猫群算法的改进技术。

(2) 研究猫群算法与其它智能算法(如量子进化算法、多智能体算法、模拟退火算法、差分进化算法等)在整体框架上的融合技术和混合模式。

(3) 进一步完善算法,加强猫群算法的理论基础研究,增加种群多样性,提高算法求解各类优化问题的适应性,拓展猫群算法的应用领域。

【参考文献】

- [1] Bonabeau E, Dorigo M, Theraulaz G. Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems [M]. New York: Oxford University Press, 1999.
- [2] 高尚, 杨静宇. 群智能算法及其应用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [3] Colomi A, Dorigo M and Maniezzo V et al. Ant system for job scheduling [J]. Belgian J. of Operations Research Statistics and computer science, 1994, 34(1): 39-53.
- [4] Eberhart R C, Kennedy J. A new optimizer using particles swarm Theory [C]. Proc. Sixth International Symposium on Micro Machine and Human science (Nagoya, Japan), IEEE Service Center, Piscataway, NJ, 1995: 39-43.
- [5] 李晓磊, 邵之江, 钱积新. 一种基于动物自治体的寻优模式: 鱼群算法 [J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(11): 32-38.
- [6] Eusuff M M, Lansey K E. Shuffled frog leaping algorithm: a memetic meta-heuristic for combinatorial optimization [M]. Heuristics J in press 2000.
- [7] Eusuff M M, Lansey K E. Optimization of water distribution network design using the shuffled frog leaping algorithm [J]. Water Resources Planning and Management, 2003, 129(3): 210-225.
- [8] Passino K M. Biomimicry of bacterial foraging for distributed optimization and control [J]. IEEE Control Systems Magazine, 2002(22): 52-67.
- [9] Shu-An Chu, Pei-Wei Tsai, Jeng-Shyang Pan. Cat swarm optimization [A]. 9th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence [C]. Berlin, Germany: Springer Verlag, 2006, 854-858.
- [10] Shu-chuan Chu. Computational intelligence based on the behavior of cats [J]. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 2007, 3(1): 163-173.
- [11] Santosa Budi, Ningrum Mirsa Kencana. Cat swarm optimization for clustering [A]. International Conference on Soft Computing and Pattern Recognition, SoCPaR 2009 [C]. Piscataway, USA: IEEE Computer Society, 2009, 54-59.
- [12] Liu Yongguo, Shen Yidong. Data clustering with cat swarm optimization [J]. Journal of Convergence Information Technology, 2010, 5(8): 2.
- [13] 范凯波. 基于几何特征的车辆目标分类研究 [D]. 天津: 天津理工大学, 2011.
- [14] Orouskhani Maysam, Mansouri Mohammad, Teshnehlab Mohammad. Average-inertia weighted cat swarm optimization [A]. 2nd International Conference on Swarm Intelligence, ICSI 2011 [C]. Berlin, Germany: Springer Verlag, 2011, 321-328.
- [15] Pradhan Pyari Mohan, Panda Ganapati. Solving multiobjective problems using cat swarm optimization [J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(3): 2956-2964.
- [16] Yang Shi-Da, Yi Ya-Lin, Shan Zhi-Yong. Chaotic cat swarm algorithms for global numerical optimization [A]. 2nd International Conference on Materials and Products Manufacturing Technology, ICMPMT 2012 [C]. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications, 2013, 1782-1786.
- [17] Tsai, Pei-Wei, Pan Jeng-Shyang, Chen Shyi-Ming, Liao Bin-Yih, Hao Szu-Ping. Parallel cat swarm optimization [A]. 7th International Conference on Machine Learning and Cybernetics, ICMLC [C]. Piscataway, USA: IEEE Computer Society, 2008, 3328-3333.
- [18] Tsai Pei-Wei, Pan Jeng-Shyang, Chen Shyi-Ming, Liao Bin-Yin. Enhanced parallel cat swarm optimization based on the Taguchi method [J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(7): 6309-6319.
- [19] Pei-Wei Tsai, Jeng-Shyang Pan, Peng Shi, Bin-Yih Liao. A New Framework for Optimization Based-on

- Hybrid Swarm Intelligence [J]. Adaptation , Learning , and Optimization , 2010(8) : 421 – 449.
- [20] Li Ming , Nian Fuzhong , Zhao Huiya. An adaptive particle swarm optimization algorithm based on Cat map [J]. Journal of Computational Information Systems , 2013 , 9 (1) : 97 – 104.
- [21] Yang Shi – Da , Yi Ya – Lin , Lu Yan – Ping. Homotopy – inspired cat swarm algorithm for global optimization [A]. 2nd International Conference on Materials and Products Manufacturing Technology , ICMPMT 2012 [C]. Clausthal – Zellerfeld , Germany: Trans Tech Publications , 2013 , 1793 – 1797.
- [22] 王光彪 杨淑莹 冯帆 等. 基于猫群算法的图像分类研究 [J]. 天津理工大学学报 2011 27(5/6) : 35 – 39.
- [23] Panda Ganapati , Pradhan Pyari Mohan , Majhi Babita. IIR system identification using cat swarm optimization [J]. Expert Systems with Applications , 2011 , 38(10) : 12671 – 12683.
- [24] Kalaiselvan G , Lavanya A , Natrajan V. Enhancing the performance of watermarking based on Cat Swarm Optimization method [A]. International Conference on Recent Trends in information Technology , ICRTIT 2011 [C]. Piscataway , USA: IEEE Computer Society , 2011 , 1081 – 1086.
- [25] Wang Zhi – Hui , Chang Chin – Chen , Li Ming – Chu. Optimizing least – significant – bit substitution using cat swarm optimization strategy [J]. Information Sciences , 2012 , 192(1) : 98 – 108.
- [26] Pradhan Pyari Mohan , Panda Ganapati , Majhi Babita. Multiobjective cooperative spectrum sensing in cognitive radio using cat swarm optimization [A]. 2012 Wireless Advanced , WiAd 2012 [C]. Piscataway , USA: IEEE Computer Society , 2012 , 44 – 48.
- [27] Xu Long , Hu Wenbin. Cat swarm optimization – based schemes for resource – constrained project scheduling [A]. 2nd International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering , ADME 2012 [C]. Clausthal – Zellerfeld , Germany: Trans Tech Publications , 2012 , 251 – 258.
- [28] Deivaseelan. A , PG Student , P. Babu. Modified Cat Swarm Optimization For Iir System Identification [J]. Advances in Natural and Applied Sciences , 2012 , 6(6) : 731 – 740.
- [29] Cui Shi – yu , Wang Zhi – hui , Tsai Pei – wei , Chang Chin – chen , Yue Shuai. Single bitmap Block Truncation Coding of Color Images Using Cat Swarm Optimization [J]. Intelligent Systems Reference Library , 2013(40) : 119 – 138.

A Survey of Cat Swarm Algorithm

MA Zhi – ye , SHI Qiu – hong

[责任编辑 宁雅丽]