

仿生智能算法研究现状及军事应用综述

彭业飞, 冯智鑫, 张维继

(海军工程大学电子工程学院, 湖北 武汉 430033)

摘要: 对仿生智能算法的运行机制和特点进行了叙述, 分析遗传算法、狼群算法和蝙蝠算法这三种仿生算法的基本原理和优缺点; 通过对近几年研究文献的统计分析, 探讨了三种仿生算法的研究热点和成果; 基于仿生智能算法研究现状, 针对信息系统安全、目标识别、优化问题和火力分配四个方面讨论了该类算法在军事领域的应用; 最后, 对今后仿生智能算法的研究方向提出几点展望。

关键词: 仿生; 遗传; 狼群; 蝙蝠; 军事领域

中图分类号: TP312 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-7241(2017)02-0005-05

Bionic Intelligent Algorithm Research Status and Military Applications Review

PENG Ye-fei, FENG Zhi-xin, ZHANG Wei-ji

(College of Electronic Engineering Naval University of Engineering, Wuhan 430033 China)

Abstract: The operation mechanism and characteristic of the Bionic Intelligent Algorithm are narrated in this paper. Take Genetic algorithm, Wolf Colony Algorithm and Bat Algorithm as example, the basic principle and the advantage and disadvantage are analyzed. The research hot spot and achievement of the three kinds are discussed basing on the statistical analysis of the research literature in recent years. As to the four aspects of information system security, target recognition, optimization, and fire distribution, they are researched by this kind of algorithm. Lastly, the research direction of the Bionic Intelligent Algorithm is put forward in the paper.

Key words: bionic; genetic; wolf colony; bat; military field

1 引言

科学家通过借鉴自然界中的各种生物现象, 模拟各类生物的行为及活动, 设计了基于仿生的智能优化算法。这类算法的基本原理是通过模拟自然界中生物的行为机制, 依靠生物自身的调节功能来优化生物的生存状态, 按照设计的进化规则实施迭代计算, 输出最优化的结果。与传统优化方法不同的是, 仿生算法不仅提高了算法的鲁棒性, 而且大大减少了针对大规模问题的搜索次数和时间。遗传算法是智能算法的一个重要的组成部分^[1], 是一类借鉴生物界自然选择和自然遗传机制的随机搜索算法, 同时也是仿生智能算法的鼻祖。应用研究表明, 以遗传算法为代表的仿生智能算法能够被用于解决大多

数优化问题或者能够转化为优化求解的问题。随着人工智能理论的不断深入发展, 近年来各类新兴的仿生算法层出不穷, 如狼群算法、蝙蝠算法、萤火虫算法、猴群算法等等。现在其应用领域已扩展到多目标优化、聚类分析、模式识别、生物系统建模、流程规划、信号处理、机器人控制、决策支持以及仿真和系统辨识等方面^[2], 特别是在军事领域也得到了较为广泛的应用。本文主要针对遗传算法、狼群算法和蝙蝠算法三种较为典型的仿生算法进行讨论, 分析其研究现状及军事应用。

2 算法原理及其适用条件

2.1 遗传算法

2.1.1 基本原理

收稿日期: 2015-12-30

遗传算法 (Genetic algorithm, GA) 将生命进化的原理转变为参数所形成的编码串的群体机制, 将染色体视为个体, 同时染色体又由很多基因组成。通过基因型与表现型之间的关系, 算法按着适应值函数及一系列遗传操作对种群和个体进行筛选。由初始种群开始, 重复进行选择、交叉和变异等操作, 使适应值函数高的个体保留下来, 并组成新的群体。新群体不仅保留上一代的信息, 而且加入了新的优于上一代的个体, 使得整个群体越来越接近最优结果。遗传算法具有较好的全局搜索能力和鲁棒性^[3]。

遗传算法具有选择、交叉和变异三个基本操作, 算法实现原理如图 1 所示。

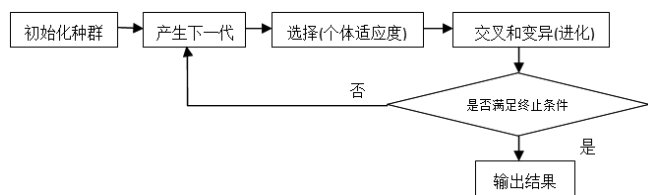


图 1 遗传算法原理

2.1.2 算法特点

遗传算法有如下特点:

(1) 初始种群的设置对算法有重要影响。种群数过少, 算法可能会忽略最优解; 种群数过多, 算法会占用大量系统资源。

(2) 每次变异的编码长度影响算法效率。若变异代码过长, 变异的多样性受限制; 反之, 则会降低算法效率。

(3) 参数设置应针对具体的优化问题。对于任何一个具体的优化问题, 调节算法的参数可能会有利于更好的更快的收敛, 包括个体数目、交叉率和变异率。例如, 变异率过大, 将导致丢失最优解; 变异率过小, 则导致算法过早收敛于局部最优点。

2.1.3 算法适用条件

与传统优化算法直接利用决策变量值本身进行优化计算不同, 遗传算法以决策变量的编码为运算对象, 编码后, 遗传算法实际上通过对模式的选择、交叉和变异等操作起作用。算法对各种模式处理能力的大小决定了算法的寻优能力。

通过模式定理和积木假设可分析出, 遗传算法模式处理能力与模式阶数、定义距大小的有关, 且阶数越高, 定义距越大, 模式出现在某一代群体中的相对数目也越小, 因而遗传算法对其处理的能力也越弱。因此, 遗传算法更适合处理低阶、短定义距模式的问题, 而不是一

般地对所有模式的都有较好的处理能力。

2.2 狼群算法

2.2.1 基本原理

狼群算法 (Wolf Colony Algorithm, WCA) 是由 Liu 等人基于狼群捕食行为提出的一种仿生算法^[4]。大量仿真对比实验验证了 WCA 算法的有效性。狼是由几匹狼组成小分队进行扑食行动, 当一部分狼寻找到食物后随即召来同伴, 并根据狼的强弱分配食物。WCA 算法有着良好的收敛速度和精度。

基本狼群系统分为头狼、探狼和猛狼。头狼是狼群的首领; 探狼负责搜寻猎物; 猛狼负责围攻猎物。狼群的整个捕猎活动抽象为 3 种智能行为: 游走行为、召唤行为、围攻行为以及“胜者为王”的头狼产生规则和“强者生存”的狼群更新机制。算法实现原理如图 2 所示。

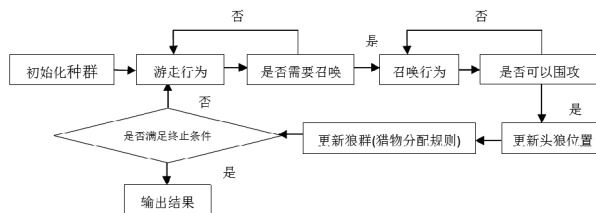


图 2 狼群算法原理

2.2.2 算法特点

WCA 算法有如下特点:

(1) 游走行为表示算法随机地进行初步搜索。

(2) 召唤行为体现了狼群的信息传递与共享机制, 并融入了社会认知观点, 通过狼群中其他个体对群体优秀者的“追随”与“响应”, 充分显示出算法的社会性和智能性。

(3) 经过奔袭的猛狼已离猎物较近, 这时猛狼要联合探狼对猎物进行紧密地围攻以期将其捕获。若实施围攻行为后人工狼感知到的猎物气味浓度大于其原位置状态所感知的猎物气味浓度, 则更新此人工狼的位置; 否则, 人工狼位置不变。

2.2.3 算法适用条件

WCA 算法实际上是把搜索结果进行分类 (头狼、探狼和猛狼), 类与类之间通过设定的规则 (猎物分配原则) 进行信息的交换, 而每一类都具有上述三种智能行为, 使其能随着迭代的进行而不断向最优解靠近。因此, WCA 算法更适合解决组合优化问题, 例如投资组合、车间作业调度、0-1 背包问题以及三维传感器优化布置等。此外, WCA 算法对解决多个复杂函数寻优问题尤其对于高维多峰的复杂函数也有较好的效果。

2.3 蝙蝠算法

2.3.1 基本原理

蝙蝠算法 (Bat Algorithm, BA) 是模拟自然界中蝙蝠通过超声波搜索、捕食猎物的生物学特性发展而来的一种新颖的群智能优化算法,最早由 Yang X.S 提出^[5]。该算法具有模型简单、收敛速度快、具有潜在并行性和分布式等特点,其仿生原理是:将蝙蝠个体映射为搜索空间中的点,将搜索和优化过程模拟成蝙蝠个体搜寻猎物和移动过程,将求解问题的目标函数度量成蝙蝠所处位置的优劣,将个体的优胜劣汰过程类比为搜索和优化过程中用好的可行解取代较差可行解的迭代过程。每个个体通过频率脉冲和脉冲强度调整自身速度。该算法流程图如图 3 所示。

2.3.2 算法特点

BA 算法有如下特点:

(1) 据生物学知识可知,蝙蝠在捕食时发出的脉冲,在初始阶段频度低且音强大,这样有助于在大范围内搜索目标,发现猎物后,应该逐渐使脉冲音强变小并增加脉冲发射次数,以利于精确掌握猎物的空间位置。

(2) 根据 BA 算法原理,可以看出,BA 算法缺乏有力的变异机制,个体极易陷入局部极值导致算法早熟收敛。脉冲频度和脉冲强度只决定算法以一定概率接受更新后的位置,但实际上对克服局部极值效果并不理想^[6]。

2.3.3 算法适用条件

作为新提出的一种群体智能的随机搜索算法,在适当的条件下,BA 算法可看作是粒子群算法和和声搜索算法两者的结合^[6]。文献[7]基于随机搜索算法的全局收敛性判断准则对算法收敛性进行了分析,指出:BA 算法并不完全满足随机搜索优化算法的两个全局收敛准则,无

法确保全局收敛。因此,BA 算法属于局部搜索优化算法,对解决单峰函数问题有较高的精度,而求解复杂多峰函数时,其求解精度依赖于蝙蝠种群的初始位置。

3 仿生智能算法研究现状

作为求解问题的一类自组织与自适应的人工智能技术,仿生智能算法已被广泛研究和应用。随着应用领域不断扩大和实际问题趋向复杂,这类算法也显现出了一些不足和缺点。针对这些问题,学者们相继提出了一些改进算法。

(1) 遗传算法。文献[8]提出了一种基于熵的双群体遗传算法,通过提高初始化群体的熵值和保持进化过程群体的熵值,有效地保持了遗传群体的个体多样性;文献[9]在非劣分层遗传算法的基础上,提出了基于模拟退火算法跳转准的多目标遗传算法,弥补了遗传算法中局部搜索能力差、易早熟的缺点;文献[10]提出了一种面向多模态函数优化的自适应小生境遗传算法,通过引入小生境熵来度量种群多样性,并利用小生境熵自适应调整进化参数取值,在识别出的小生境范围内进行境外、境内交叉,提高了算法的全局搜索能力和局部收敛速度。除此之外,量子力学、混沌理论等也被应用于遗传算法的改进当中。

(2) 狼群算法。狼群算法刚提出不久,就已被广泛应用于科学研究中。文献[11]提出了一种基于领导者策略的狼群搜索算法,在狼群个体之间存在相互竞争基础上,推选出狼群中最为精壮的狼作为狼群的领导者,然后在领导者的带领下获取猎物,以使狼群能够更加有效地捕获到猎物;文献[12]针对算法存在的收敛速度慢、人工狼交互性不理想等缺陷,提出了一种基于改进搜索

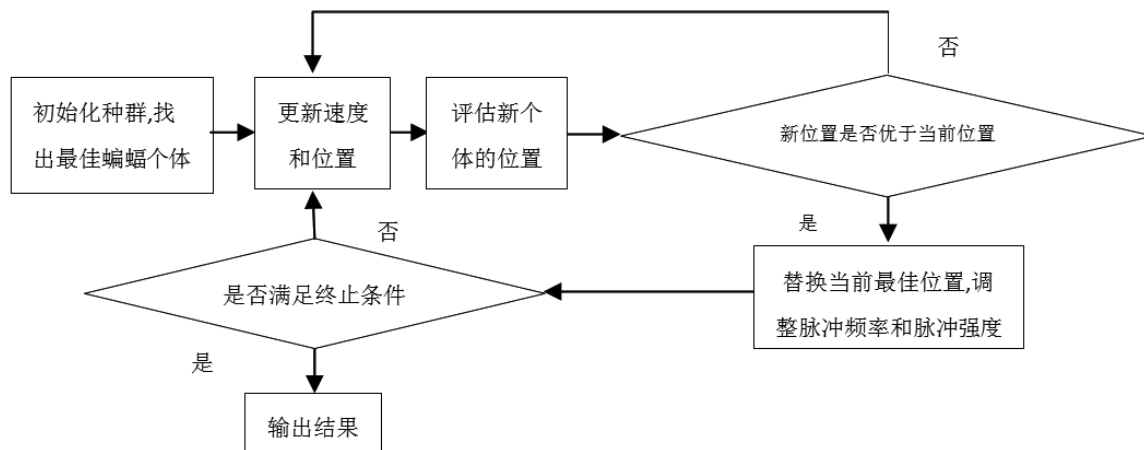


图 3 蝙蝠算法原理

策略的狼群算法(MWPA),通过在游走行为以及召唤行为中引入交互策略,促使人工狼之间进行信息交流,提升狼群对全局信息的掌握,增强狼群的探索能力。

(3) 蝙蝠算法。针对算法易出现早熟收敛等缺陷,文献[13]将微分进化算法中的变异机制引入到蝙蝠算法中,提出了BAM(Bat Algorithm with Mutation)算法,并将其用于解决路径规划问题,较好地提高了原算法的求解能力;文献[14]提出了一种基于膜计算的蝙蝠算法,将膜系统内部分解为主膜和辅助膜,在辅助膜内进行蝙蝠的个体局部寻优,将优化后的个体传送到主膜间进行全局优化,从而达到了云计算资源优化分配要求。

4 仿生智能算法在军事领域的应用

(1) 信息系统安全:军用信息系统安全是当前信息化战争条件下军队面临的棘手问题,如何维护军用信息系统安全对打赢未来战争起着至关重要的作用。军用信息系统需要在不断变化的环境中应对各种非法入侵、病毒攻击以及敌方的恶意干扰和破坏,以维持自身安全与稳定。生命系统具有较强的环境适应能力,而仿生智能算法正具有这方面的特性。目前,已有较多将仿生智能算法应用于网络安全的研究。

(2) 目标识别:及时准确的识别敌我目标,并对敌方目标实施快速准确打击,对取得作战行动的胜利至关重要。基于生命系统的仿生智能算法具有准确识别自体和非自体的能力,我们可以借鉴仿生算法的这种特性研究并构建军事目标识别系统。

(3) 优化问题:优化问题是研究某些数学上定义的问题的最优解,即对于给出的实际问题,从众多的方案中选出最优方案,这类问题普遍存在于国防军事、工农业生产、交通运输、金融、贸易、管理以及科学研究当中。仿生智能算法具有传统优化算法以及一般智能算法所没有的优势,已经广泛应用于作战装备保障车辆的优化调度、军用物流系统的优化、作战行动的优化、作战效能的评估与优化等问题。

(4) 火力分配:军事作战中的打击火力分配,是按分层次、分阶段的方法将各来袭目标或者要打击的目标进行处理,按循主次、重缓急的方针将抗击的火力单元或打击火力进行分配。仿生智能算法可以很好地利用自身行为机制模拟火力分配的场景实现对目标合理分配。

5 结束语

本文选取了遗传、狼群和蝙蝠三种具有代表性的仿生智能算法进行综述,先简单介绍其基本原理,其次深入分析当前的研究现状与发展趋势,最后简要叙述了仿生智能算法在军事领域的应用。仿生智能算法作为一种非确定性的拟自然算法,为复杂系统的优化提供了一种新的方法,在许多学科领域具有广泛的应用价值。综观仿生智能算法在算法改进及应用方面的研究现状,它已经成为目前计算智能领域的热点之一。但是还有一些不足,总体而言,以下几方面的工作尤其值得进一步探讨:

(1) 算法与其他理论的融合。将量子力学、混沌、小生境等理论融入算法的进化过程,从而产生有效的全局优化方法。这种策略可以较好地提高算法计算性能,对此可以进行大量的理论分析和实验。

(2) 算法的并行化研究。仿生智能算法的群体适应度评价、随机搜索等特征使其具有明显的并行性。因此,设计各种并行执行策略、建立相应的并行化仿生智能算法的数学基础,是一项具有重要意义的工作。

参考文献:

- [1] 李敏强,寇纪淞,林丹等.遗传算法的基本理论与应用[M].北京:科学出版社,2002:11-16.
- [2] EBERHART R C,SHI Y.Particle swarm optimization:developments,applications and resources[A].Pro.congress on evolutionary computation[C].IEEE service center,Piscataway,NJ,Seoul,Korea,27-30,May,2001:81-86.
- [3] 玄光男,程润伟.遗传算法与工程优化[M].北京:清华大学出版社,2004:82-89.
- [4] LIU C,YAN X,LIU C.The wolf colony algorithm and its application[J].Chinese Journal of Electronics,2011,20(2):212-216.
- [5] X.S.YANG,A.H.GANDOMI.Bat ALGORITHM:a novel approach for global engineering optimization[J].Engineering Computations,2012,29(5):464-483.
- [6] S.KIRKPATRICK,C.D.GELATT Jr,M.P.VECCHI.Optimization by simulated annealing[J].Science,1983,220(4598):671-680.
- [7] 盛孟龙,贺兴时,丁文静.蝙蝠算法的全局收敛性分析[J].纺织高校基础科学学报,2013,26(4):542-546.
- [8] 杨小芹,黎明,周琳霞.基于熵的双群体遗传算法研究[J].模式识别与人工智能,2005,18(3):286-290.
- [9] 王小刚,梁仕贤,王福利.加入局部搜索的非劣分层多目标遗传算法[J].东北大学学报:自然科学版,2007,28(7):921-924.

(下转第 14 页)

[7] ZHU R G,JIANG C S,FENG B.Adaptive Flight Control System of Armed Helicopter using Wavelet Neural Network Method[J].Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics,2004,21(2):157-162.

[8] BESNARD L,SHTESSEL Y B,LANDRUM B.Control of a quadrotor vehicle using sliding mode disturbance observer[C]//American Control Conference,2007. ACC' 07.IEEE,2007:5230-5235.

[9] SALIH A L,MOGHAVVEMI M,MOHAMED HAF,et.al.Flight PID controller design for a UAV quadrotor[J].Scientific Research and Essays,2010,5(23):3660-3667.

[10] 郑健.基于无模型自适应控制方法的四旋翼飞行器姿态调整[D].北京:北京交通大学,2015.

[11] 刘金琨.先进PID控制MATLAB仿真[M].北京:电子工业出版社,2004.

[12] 徐振,孙首群.基于B/S数控机床远程监测系统设计与实现[J].信息技术,2016,(8):18-21.

作者简介:高庆吉(1966-),男,教授,研究方向:机器人环境感知认知、机器人建模与控制、机器人自主导航及自主机器人体系结构。

(上接第4页)

较。对于目标1,对100个时刻的RMSE求和进行直观的统计,PSOJPDA的RMSE总和为3.5476m,chaosPSOJPDA的RMSE总和为3.4943m;对于目标2,对100个时刻的RMSE求和进行直观的统计,PSOJPDA的RMSE总和为16.6380m,chaosPSOJPDA的RMSE总和为16.5924m。从整体的角度可以看出chaosPSOJPDA在准确性上对PSOJPDA有所提高。

5 结束语

本文在PSO算法基础上利用混沌算法提供良好的初始值,通过双传感器双目标杂波密集环境下的仿真实例证明了粒子群以及混沌算法的优化效果,从RMSE、RMSE直方图及错误跟踪率三个方面进行了分析,最终得出:混沌算法与PSO的结合能够更好的优化JPDA,提高其准确性^[6]。

参考文献:

[1] 张琳,王建华,朱志宇.一种混沌遗传混合算法及其在机动多目标数据关联中的应用[J].华东船舶工业学院学报(自然科学版),2005,19(1):49-53.

[2] 徐青鹤.改进粒子群算法及其应用研究[D].杭州:杭州电子科技大学,2009.

[3] 胡炜薇,杨雷.粒子群算法在多传感器多目标跟踪系统中的应用[J].哈尔滨工程大学学报,2007,28(1):102-107.

[4] 郭志辉.粒子群优化算法的若干改进及应用[D].兰州:兰州理工大学,2009.

[5] 王诗斌.混沌理论及混沌振荡器的研究[D].湖南:湖南大学,2004.

[6] 余周等.一种改进的联合概率数据关联算法[J].火力与指挥控制,2010,35(4):106-111.

作者简介:吴德君(1982-),男,讲师,研究方向:电气自动化。

(上接第8页)

[10] 陆青,梁昌勇,杨善林.面向多模态函数优化的自适应小生境遗传算法[J].模式识别与人工智能,2009,22(1):91-100.

[11] 周强,周永权.一种基于领导者策略的狼群搜索算法[J].计算机应用研,2013,22(9):13-16.

[12] 李国亮,魏振华,徐蕾.基于改进搜索策略的狼群算法[J].计算机应用,2015,23(6):58-60.

[13] G.WANG,L.GUO,H.DUAN,et.al.Path planning for UCAV using bat algorithm with mutation[J].The Scientific World Journal,2012,2012(6):418946.

[14] 宁彬,谷琼等.基于膜计算的蝙蝠算法在云计算资源调度的研究[J].计算机应用研究,2015(4):53-56.

作者简介:彭业飞(1992-),男,本科,研究方向:人工智能及其应用、混沌理论与应用。