

# A Survey of Artificial Electric Field Algorithms

Yongqing Tian

Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056038, China

## Abstract

Artificial electric field algorithm (AEFA) is a new heuristic algorithm developed from Coulomb's law and law of motion, this paper reviews the different applications of artificial electric field algorithm, and puts forward the next research direction according to the existing research.

## Keywords

artificial electric field algorithm; oppositional learning strategy; chaos strategy; Kalman filtering

## 人工电场算法研究综述

田永庆

河北工程大学土木工程学院, 中国·河北 邯郸 056038

## 摘要

人工电场算法(AEFA)是受库仑定律和运动定律发展起来的一种新型启发式算法, 论文对人工电场算法不同的运用的研究进行了综述, 并针对现有的研究, 提出下一步的研究方向。

## 关键词

人工电场算法; 对立学习策略; 混沌策略; 卡尔曼滤波

## 1 基本人工电场算法

人工电场算法(AEFA)是2019年由学者 Anita 提出的一种新型启发式算法, AEFA 是一种群体智能优化算法, 受库仑静电力启发, 将电荷定义为候选解的适应度值和群体的适应度函数。AEFA 算法中只考虑静电引力, 使具有最大电荷的电荷粒子(“最佳个体”)吸引其他较低电荷粒子, 并在搜索空间内缓慢移动。经过统计验证和与最新优化算法的比较, 建立了算法的理论收敛值。研究结果表明, AEFA 算法是一个杰出的非线性优化算法, 性能优于大部分智能算法。由于算法本身存在易陷入局部最优解(早熟)的缺陷, 学者们对其进行了改进和优化。

## 2 人工电场算法的改进

Anita<sup>[1-3]</sup> 等人通过引入新的速度和位置的约束条件, 扩展了约束优化问题的 AEFA 算法, 边界的存在让粒子们在问题的范围内相互作用, 并且在问题空间中相互学习, 引进的策略对算法的探索和开发有更好的平衡效果。在后续研究中, Anita 扩展了组合高阶图匹配问题的人工电场算法, 引入了离散人工电场算法。该框架结合了重新定义位置和速度表示方式, 加减运用, 速度和位置更新规则以及使用启发式

信息的特定问题初始化, 经过验证该算法在匹配度和准确性都优于其他现有算法。

Aysen<sup>[4]</sup> 等人提出基于对立的人工电场算法(OBAEFA), 用于调整分数阶 PID(FOPID) 控制器用于磁悬浮球系统。OBAEFA 算法是 AEFA 算法的改进版本, 利用对立的学习策略来增强 AEFA 算法的探索能力。通过实验证明 OBAEFA 的优越性, OBAEFA 还用来调试 FOPID, 以通过最小化具有简单结构的新目标函数来改善磁悬浮系统的瞬态响应。通过频率响应分析进一步研究了 OBAEFA-FOPID 控制器的有效性和优越性。

李晓瑜通过引入混沌策略计算库仑常数, 对整个搜索过程进行扰动, 使 AEFA 算法能够较好地平衡算法的探索和开采能力, 实验证明改进的人工电场算法较之前的算法性能有明显提升。

## 3 人工电场算法的应用

Janjanam<sup>[5]</sup> 利用卡尔曼滤波器(KF)提高非线性系统的辨识能力, 使用人工电场算法对卡尔曼滤波器进行了优化。传统的卡尔曼滤波器受到其参数的影响, 会导致发散问题。元启发式 AEFA 算法辅助卡尔曼滤波器(AEFA-KF)在很大程度上解决了这个问题。这个系统的三个步骤分别是: 首先, 将辨识模型转换为测量问题; 其次, AEFA 算法通过考虑 KF 方程的适应度函数来优化 KF 参数, 最后, 使

【作者简介】田永庆(1996-), 男, 中国重庆人, 硕士, 从事工程智能优化研究。

用具有优化的 KF 参数的常规 KF 算法来识别模型实验证明,所提出的识别方法在收敛速度,计算时间和各种性能度量方面的有效性和鲁棒性。

Minh-Tu Cao 等人提出 meta-learner 来识别抗剪强度特性,并生成土壤极限抗剪强度的可靠估计,该模型被称为元启发式优化元集成学习模型旨在帮助岩土工程师准确预测感兴趣的参数,该模型将人工电场算法(AEFA)与径向基函数神经网络(RBFNN)和多元自适应回归样条(MARS)动态融合,建立了多模型神经网络参数。在形成的 MOMEM 的框架内,AEFA 通过优化控制参数,包括神经元数目,高斯分布,正则化系数和核函数参数,持续监控径向基函数神经网络和 MARS 在挖掘土壤抗剪强度特性中的学习阶段。同时,径向基函数神经网络和 MARS 通过线性组合的方式堆叠,动态权重由 AEFA 元启发式算法优化。结果分析表明, MOMEM 是一种精确计算土壤抗剪强度的创新工具。为岩土工程师提供了可靠的数据,显著地增加与土壤相关的工程设计。

王彤<sup>[6]</sup>等人了解决城市供水泵运行效率不高、能源浪费等问题,以离心泵机组能耗最小为目标函数,建立了计及变频器和电机损耗的城市供水泵站优化调度模型,运用寻优能力较强的人工电场算法(AEFA)求解最优的水泵运行组合,在满足用户用水需求的基础上,使水泵运行在高效区内,降低水泵运行中的能量浪费,并以 T 市供水泵站为例,按时段对其进行优化调度,对比优化前后的能量损耗。结果表明,各个时间段得到的优化调度方案能有效降低离心泵机组能耗。

#### 4 结语

论文主要就人工电场算法的改进方式和应用进行了分析,近几年,算法自身的性能得以提升,应用领域不断拓展,涌现出大量先进的成果。然而,随着信息科学和计算技术的高速发展,人工电场算法在优化效果上任具有一定的提升空间,今后的研究工作,可以从一下几个方面开展:

①人工电场算法基础理论的研究,目前的研究大多集中于算法性能的改善以及应用范围的推广,相关数学理论,算法相关的收敛性、稳定性、参数与鲁棒性以及计算复杂程

度等研究有待深入开展。

②种群个体自学习、自组织能力的提高,作为元启发算法,随机性有利于种群多样性而不利于后期收敛,而快速收敛容易陷入局部最优解(早熟),难以保证稳定的优化效果。为了处理算法中的不稳定因素的影响,取得精确并且高效的优化结果,大多数是对种群中个体加以引导,改进的策略大多数是人为规定且基于主观偏好,缺乏客观性。因此,基于机器学习、深度学习、强化学习等理论的种群个体自学习,自组织能力的算法需要进一步探究

③自适应方法的拓展。优化过程中不同阶段对探索能力和挖掘能力的需求有所不同,不同的改进算法在收敛速度和多样性的表现也各有利弊,单一策略或者固定的算法融合很难解决所有优化问题。因此,为了促进算法对优化问题的适应性,自适应调整机制任需要不断优化。

#### 参考文献

- [1] Anita, Anupam Yadav. AEFA: Artificial electric field algorithm for global optimization[J]. Swarm and Evolutionary Computation,2019(3):48.
- [2] Anita, Anupam Yadav. Discrete artificial electric field algorithm for high-order graph matching[J]. Applied Soft Computing Journal,2020(7):92.
- [3] Anita, Anupam Yadav. Artificial electric field algorithm for engineering optimization problems[J].Expert Systems with Applications,2020(7):149.
- [4] Demirren A, Ekinici S, Hekimolu B, et al. Opposition-based artificial electric field algorithm and its application to FOPID controller design for unstable magnetic ball suspension system[J]. Engineering Science and Technology an International Journal,2020,24(2):469-479.
- [5] L Janjanam, S K Saha. Volterra filter modelling of non-linear system using Artificial Electric Field algorithm assisted Kalman filter and its experimental evaluation[J].ISA Transactions,2020(9):87.
- [6] 王彤,刘嘉祥,韦彪,等.T市供水泵站优化运行调度[J].水电能源科学,2021,39(8):120-123+132.