

基于帝国竞争思想的粒子群算法改进

摘要：粒子群算法与帝国竞争算法是两种经典的优化算法。两者在“探索”与“挖掘”上都达到了一个较好的平衡，可以快速找到待解决问题的全局最优点。本文在两者的基础上，各取所长，利用帝国竞争算法的同化思想完善粒子群算法，加强了粒子群算法的全局搜索能力。本文提出的基于帝国竞争算法中竞争思想的粒子群优化算法，舍弃了帝国竞争算法中的吸收殖民地策略，而吸收了其同化思想，即加快了其收敛速度，又因为“分封而治”的策略，保证了粒子群的分散性，具有较优的全局搜索能力与局部搜索能力。而自适应的非线性步长变化，方便粒子在全局搜索与局部搜索之间切换。本文使用了大量的验证函数来测试算法的性能，经过实验结果检验，该算法在高维单峰，高维多峰的函数上都有相当出色的表现。

关键词：“粒子群算法”，“帝国竞争算法”，“混合算法”，“非线性步长”，“表现出色”

1、介绍

从上个世纪以来，针对优化问题，人们提出了许多关于解决该类问题的方法。启发式优化算法就是其中比较重要的一类方法。启发式优化算法大多都受到自然界某种现象或者生物行为方式启发灵感得来。比如J.Holland教授受达尔文进化理论自然选择和遗传机理启发在1975年提出的遗传算法（GA）。受到鸟群飞行行为启发而提出的粒子群算法（PSO）。蜂群算法是受到蜂群中的采蜜行为的启发(ABC)。细菌优化算法是基于细菌的觅食行为行为等等(BFO)。根据人类活动启发而产生的算法帝国竞争算法(ICA)。根据“天下没有免费的午餐”这一定理，一个算法不可能满足所有优化条件的需要，它可能在某种问题上表现优异却在另一些上差强人意。比如粒子群算法和蜂群算法在高维优化问题上表现相对较差，存在陷入局部最优的问题。一般来讲一个好的算法，需在“exploration”和“exploitation”上达到较好的平衡，也就是所谓的全局搜索与局部搜索能力。全局搜索需要算法有较好的分散性，便于摆脱局部极值点。而局部搜索能力则需要算法有较好的“聚合”过程，并在“聚合”的过程中仔细搜索从而找到全局最优值。

作为一个经典的启发式优化算法，粒子群算法具有参数少，收敛效果好等优点，但是他也具有一些缺点比如容易早熟，对参数敏感并且在

高纬度的时候搜索能力差，收敛慢。对于解决这些问题，研究人员提出了许多对粒子群的改进方法，总结起来主要分为两种类型：1) 参数选择，2) 算法杂交。对于参数选择，一般分为参数调试，和参数控制。参数调试是通过大量的实验训练找到合适的参数值，这些数字在算法运行中一般不变。而参数控制会在算法运行中随着迭代不断的变化。两种方法一般后者运用的更多，比如SHI和Eberhart在1998年提出的带有线性递减权重的粒子群算法，Chatterjee 和Siarry在2006年提出的非线性递减惯性权重的粒子群算法。Yasuda 和Iwasak提出的自适应动态参数的粒子群优化算法。对于算法杂交，正如字面描述的那样，通过两种算法同有的一些特点，将一种算法的思想或者优秀特征运用于另一种算法上从而使在全局搜索与局部搜索上达到更好的平衡。比如遗传 算法与粒子群算法杂交的算法，基于模拟退火的粒子群算法。本文提出的算法是一种新颖的帝国竞争算法与粒子群算法杂交算法，通过帝国竞争算法的帝国与殖民地划分策略将粒子群划分成几个部分，相当于一种分层优化，这与之前提出的利用粒子群算法优化帝国竞争算法的杂交帝国竞争粒子群算法不一样。

文章的第二节和第三节描述粒子群算法与帝国竞争算法，第四节描述本文提出的新型帝国竞争算法与粒子群算法杂交算法，第五节展示本文提出的算法经过大量实验后的表现，第六节给与结论。

2、粒子群算法

粒子群算法是Kennedy 和 Eberhat于1995年提出的一种优化算法，灵感来源于鸟群飞行的捕食行为。粒子群算法属于进化算法的一种，从随机值出发，经过多次迭代找出最优值，并且通过评价函数的值判断解的优劣。多年的实验研究表明，粒子群算法可以处理非线性，多峰等类型的优化问题。

粒子群算法将种群中的个体近似等于一个粒子 N_i ，只考虑粒子的位置 $x = (x_1, x_2, \dots, x_D)$ 与速度 $v = (v_1, v_2, \dots, v_D)$ ，其中D表示粒子的搜索空间的维度，同时种群中的个体可以自由的进行信息交流。每个个

体在搜索空间中的飞行轨迹根据它自身的飞行经验(自身影响) $pBest_{ij}$ 和种群中其他粒子给它带来的影响(社会影响) $gBest_j$, 自身影响使得粒子沿着自身最好的结果方向飞行(exploitation), 社会影响使得粒子向其他粒子的最好的方向飞行(exploration)。两者的共同作用使得粒子在迭代中调整自己的位置。

算法开始需要初始化随机生成N个粒子, 每个粒子的位置为

$$x_i = (x_1, x_2 \dots x_D),$$