

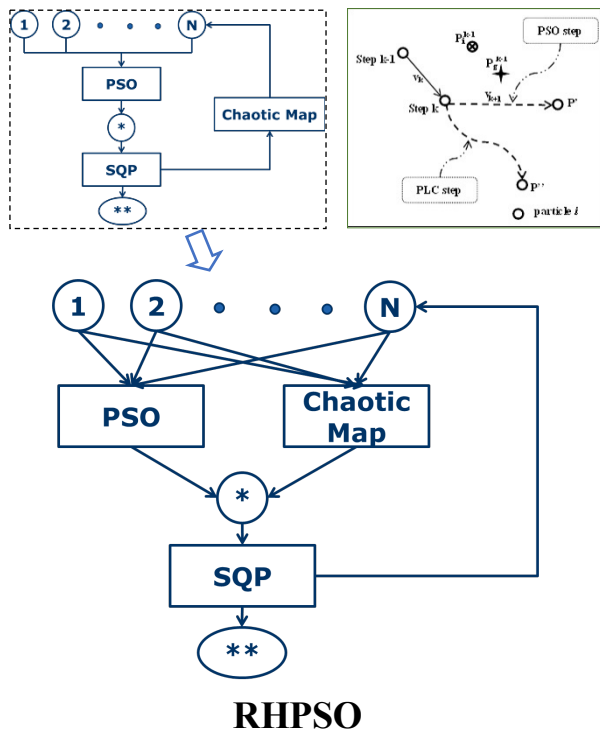
基于混合演化计算的过程工业优化技术

1 背景及意义

美国工程院院士哈佛大学何毓琦教授曾指出：“**任何控制与决策问题本质上均可归结为最优化问题**”。现实世界中需要解决的工程问题：过程工业节能降耗、机械设计、软测量模型参数设置、生产过程调度、仓储布局、路径选择等等，都可以归结为相应的优化问题。在实际问题中通常需要寻找全局最优解，而这非常困难。使用传统的确定性优化算法依赖于问题本身，易于陷入局部最优，而且对初始点要求高。为此，一类随机性启发式智能算法产生并发展。例如遗传算法 (EAs)、粒子群优化算法(PSO)等。这种启发式智能算法不依赖于问题本身性质，易于实现、适应性强，且被证明在一定条件下，可以较大概率收敛到问题的全局最优解。但是由于没有利用已知的优化问题信息，这类算法的收敛速度不如传统方法，而且其全局搜索能力依赖于针对目标函数的参数的选取。因此，**提出基于传统梯度算法和进化计算相结合的鲁棒混合演化计算智能优化算法**，并将其应用于过程工业节能降耗、软测量建模、牌号切换等问题。

2 技术方案

将融合了混沌映射的 PSO 算法作为全局收敛器，而 SQP 算法作为局部搜索器，算法根据每个粒子的收敛情况判断是否对该粒子进行混沌映射，使得粒子在全局和局部搜索之间切换，形成混沌混合粒子群优化算法。由于该算法鲁棒性好，被称作鲁棒混合粒子群优化算法 (RHPSO)。



Algorithm 1: Piecewise linear chaotic map and SQP based robust hybrid particle swarm algorithm(RHP SO)

Input parameters: swarm size M , max function evaluations Max_FEs .

for each particle i **do**
 $X_i = X_{min} + (X_{max} - X_{min}) \cdot U(0,1)$
 $P_i = X_i$
end for
 $P_g = \arg \min_{i=1, \dots, M} \{f(X_i)\}$ // global best particle of PWLCP SO
 $P_g = P_g$ // global best solution derived by RHP SO
repeat
for each particle i **do**
if stagnation_interval[j] = 0 **then**
Update the position X_i according to (1) and (2). // PSO
else
Update position X_i according to (3-6)
stagnation_interval[j] = 0 // reset the stagnation interval
end if
if $f(X_i) < f(P_i)$ **then** // update personal best
 $P_i = X_i$
else
stagnation_interval[j] += 1 // increase the stagnation interval by one
end if // no improvement of the fitness
if $f(P_i) < f(P_g)$ **then** // update the global best particle
 $f(P_g) = f(P_i)$
 $f_{flag} = 1$ // arouse the SQP local search
if $f(P_g) < f(P_o)$ **then** // update optimal function value derived by RHP SO
 $P_o = P_g$
end if
end for
if $f_{flag} = 1$ **then** // use the SQP local search to update P_{g_sqp}
Update P_{g_sqp} by solving (7)
if $f(P_{g_sqp}) < f(P_g)$ **then**
 $f(P_g) = f(P_{g_sqp})$ // update optimal function value derived by RHP SO
end if
 $f_{flag} = 1$ // arouse the SQP local search
end if
until termination condition met
Output variable: $P_g; f(P_g)$ // global best solution and optimal function value derived by RHP SO

图 1 鲁棒混合粒子群优化算法 (RHP SO)

Fig.1 Robust hybrid particle swarm optimization (RHP SO)

对 10-100 维的五个无约束 Benchmark 函数(Sphere、Rosenbrock、Rastrigin、Griewank 和 Ackley) 和 10-30 维 18 个约束 Benchmark 优化问题 (C01-C18) 进行测试 , 验证了算法在精确度、收敛速度、鲁棒性方面的优越性。

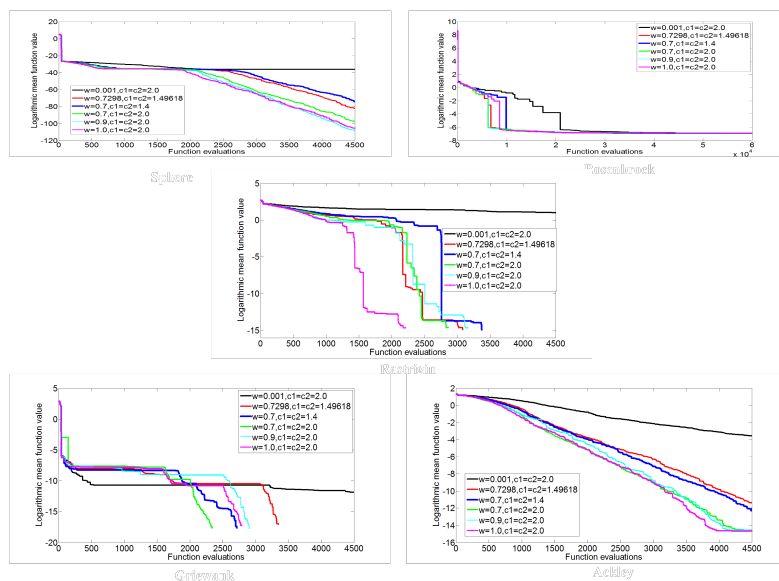


图 2 鲁棒性测试

Fig. 2 Robustness testing

3 技术创新

(1) 将传统梯度算法和进化计算相结合, 提出了鲁棒混合粒子群优化算法, 对无约束 (界约束) Benchmark 函数的仿真结果表明了算法在精确度、收敛速度、鲁棒性方面的优越性, 在混合演化计算智能优化领域处于领先水平。

(2) 引入约束处理机制, 进一步拓展了所提鲁棒混合粒子群优化算法, 对约束 Benchmark 函数的仿真结果证明了算法的有效性。

(3) 算法应用范围广泛, 已在经典机械设计问题、高密度聚乙烯 (HDPE) 装置串级反应过程的乙烯单耗优化、产品质量软测量模型参数优化、牌号切换过程优化中得到了有效应用。

4 推广应用

(1) 研发 RHPSO 算法原型软件;

(2) 实现中国石油天然气股份有限公司研究开发项目《聚乙烯厂高密度聚乙烯装置串级反应优化操作改造》中乙烯单耗优化、MI 软测量建模、牌号切换过程优化。

5 对接联系

联系人: 徐文星 (信息工程学院副教授)

邮 箱: xuwenxing@bipt.edu.cn