

# PID

## PSO Based Optimization of PID Parameters

杨 诚<sup>1,2</sup> 杨传启<sup>3</sup>

(西门子工厂自动化工程有限公司<sup>1</sup>, 上海 200030; 同济大学<sup>2</sup>, 上海 200092; 浙江工业大学<sup>3</sup>, 杭州 310014)

**摘 要:** 粒子群优化 PSO 算法是近几年出现的一种新型演化算法,对连续函数的优化效果良好。通过采用 PSO 算法对 PID 参数进行了优化,使用实数编码方法,用局部版粒子群算法取得了良好的优化结果,说明了粒子群算法寻优简单、鲁棒性强、易于并行化,是一种效率很高的寻优方法,是 PID 参数优化的理想方法。

**关键词:** 粒子群算法 函数 优化设计

**中图分类号:** TP29

**文献标识码:** A

**Abstract:** Particle swarm optimization (PSO) has been a novel evolutionary algorithm in recent years. It offers excellent effects of optimization for continuous functions. In this paper, PSO is used to optimize the PID parameters. By using real number encoding method, good optimizing result is obtained with local PSO. The method is simple for optimization, robust, easy to concurrent operation. It is an ideal method for optimizing PID parameters.

**Keywords:** PSO Function Optimization design

### 0 引言

在工业过程控制的发展史上, PID 控制是历史最悠久、生命力最强的控制方式。国内外 90% 以上的回路仍然采用 PID 控制器, PID 控制器在工程控制中占重要的地位。PID 控制器被广泛应用主要是因为其结构简单、实际中容易被理解和实现,而且许多高级控制都是以 PID 控制为基础的。但 PID 参数的整定一般需要经验丰富的工程技术人员来完成,既耗时又耗力,加之实际系统千差万别,使 PID 参数的整定有一定的难度。粒子群算法是模仿生物社会性行为而得出的一种全局优化算法。它对所优化目标的先验知识要求甚少,一般只需要知道其数值关系即可。粒子群算法在多元函数优化<sup>[1]</sup>、神经网络参数优化<sup>[2]</sup>、电气设备的功率反馈和电压控制<sup>[3]</sup>等方面都得到了成功应用。

### 1 粒子群算法

粒子群算法是一种由 Kennedy 和 Eberhart<sup>[4]</sup>等于 1995 年提出的演化计算技术。其核心思想是对生物社会性行为的模拟。在粒子群算法中,每个粒子表示  $D$  维空间的一个解,则第  $i$  个粒子的状态  $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$ , 每个粒子的速度向量  $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$ 。每个粒子经历过的最优状态记做  $P_i$ , 群体经历过的最优状态用  $P_g$  表示,在  $t+1$  时刻状态更新方程如下所示:

$$\begin{cases} V_{i,t+1} = c_1 V_{i,t} + c_2 (P_{i,t} - X_{i,t}) + c_3 (P_{g,t} - X_{i,t}) \\ X_{i,t+1} = X_{i,t} + V_{i,t+1} \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $c_1$  是惯性权重;  $c_2$ 、 $c_3$  是加速度常数。从社会心理学的角度解释,  $c_1$  表示粒子对自身当前情况的依赖情况;  $c_2$  表示粒子对自身经验的依赖情况;  $c_3$  表示粒子对社群信息的依赖情况。标准的粒子群算法分为两个版本,一个是全局版的,一个是局部版的。上述算法就是全局版的情况,局部版与全局版的差别在于:  $P_g$  是局部领域内最优邻居的状态,而非整个群体的最优状态。在连续问题中,全局版的收敛速度比较快,但容易陷入局部极值点,而局部版搜索到的解可能更优,但速度较慢。此外,对速度  $V_i$ , 算法中有最大速度  $V_{\max}$  作为限制。粒子群算法自出现以来,在连续问题的优化方面取得了很大的进展,以收敛速度快、解的质量高而引起人们极大关注。关于算法中各种参数的设置,可以引用参考文献<sup>[5]</sup>的论述。

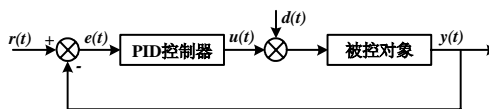


图1 PID控制系统图

### 2 粒子群算法在 PID 参数调节中的应用

典型的 PID 控制系统如图 1 所示。在计算机控制系统中,控制量  $u$  与偏差  $e = (R-y)$  之间满足以下差分方程

$$u(n) = K_p \left[ e(n) + \frac{1}{T_i} \sum_{k=0}^n e(k)T + T_d \frac{e(n) - e(n-1)}{T} \right] \quad (2)$$

PID 控制器就是通过调整  $K_p$ 、 $T_i$ 、 $T_d$ , 这 3 个参数来使系统的控制性能达到给定的要求。从优化的角度来说就是在这 3 个变量的参数空间,寻找最优值使系统的控制性能达到最优。无疑这 3 个变量的参数空间是很大的。手工整定法建立在经验的基础上,从根本上来说是一种试凑法,对较大的参数空间它往往难以找到较优的

结果,而基于其它优化方法的一些解析法也常常因对象模型的不确定而难以得到全局最优解。为优化 PID 参数,本文选取如下函数作为评价的性能指标:

$$Q = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt \quad (3)$$

## 2.1 编码与初始种群

早期的粒子群算法使用二进制编码,二进制编码存在码位长,转化为浮点数的精确等问题,现在一般都采用实数编码在本文,三维空间的一个粒子表示 PID 的三个参数。在初始群体的生成上,首先根据经验估计出 PID 三个参数的取值范围,在此范围内采用随机生成的方式,以使粒子群算法在整可行解空间进行搜索。

## 2.2 适应度函数

由于 PID 参数优化是求目标函数  $Q$  的极小值问题,因而需对目标函数进行改造,将极小值问题转换为极大值问题,则适应度函数取为

$$F = \frac{1}{\int_0^{\infty} t |e(t)| dt} \quad (4)$$

## 2.3 粒子群算法流程

粒子群算法的流程如图 2 所示。

## 3 算例

采用 PID 控制器对被控对象进行控制,假定控制对象具有二阶惯性加延滞的模型,其传递函数为

$$H(s) = \frac{e^{-0.4s}}{(0.3s+1)^2} \quad (5)$$

假定采样周期选择为 0.1 s,根据经验  $K_p$  参数范围为 (0, 4),  $T_i$  参数范围为 (0, 1),  $T_d$  参数范围为 (0, 1),粒子种群规模为 20,迭代次数为 50,  $c_1$  的取值根据迭代的次数线性减小,初始值为 1.5,最终值 0.4。  $c_2=c_3=2$ 。

PID 参数粒子群算法寻优结果如表 1 所示。表 1 同时也给出了用单纯形法的寻优结果。两者结果相比,表明本文所提方法的有效性。

表1 优化结果表

方法	$K_p$	$T_i$	$T_d$	$Q$
粒子群算法	0.62932	0.59349	0.23715	4.84232
单纯形法	0.63057	0.59481	0.23703	4.86818

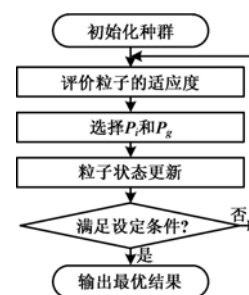


图2 粒子群算法流程图

## 4 结束语

粒子群算法寻优简单、鲁棒性强、易于并行化,是一种效率很高的寻优方法,是 PID 参数优化的理想方法。为保证粒子群的高效高速地寻优,须合理确定粒子群算法的控制参数。对粒子群算法的进一步改进,可实现基于粒子群的自适应 PID 控制器。

## 参考文献

- 1 Ray, T. and Liew, K. M. A swarm with an effective information sharing mechanism for unconstrained and constrained single objective optimization problem[C]. Seoul, Korea: Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2001), 2001: 75-80.
- 2 Engelbrecht, A. P., Ismail, A. Training product unit neural networks[J]. Stability and Control: Theory and Applications, 2002, 2(2): 59-74.
- 3 Abido, M. A. Particle swarm optimization for multimachine power system stabilizer design[J]. Power Engineering Society Summer Meeting, 2001, 3:1346.
- 4 Kennedy, J. and Eberhart, R. C. Particle swarm optimization[C]. Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Piscataway-N: IEEE. 1995, 1942-1948.
- 5 Shi, Y. and Eberhart, R. C. Parameter selection in particle swarm optimization[C]. Evolutionary Programming VII: Proceedings of the Seventh Annual Conference on Evolutionary Programming, New York. 1998: 591-600.
- 6 郑立新, 周凯汀, 王永初. PID 进化设计法[J]. 仪器仪表学报, 2001, 22(4): 340-343.

收稿日期: 2006-01-06。

第一作者杨诚, 男, 1979 年生, 现为同济大学机械学院在读工程硕士研究生, 工程师; 主要研究方向为机电控制自动化。