

带压缩因子的粒子群算法在汽包压力控制系统中的应用^①

刘长良, 高亚龙

(华北电力大学 控制与计算机工程学院, 保定 071003)

摘要: 针对基本粒子群算法的原理, 阐述了一种改进算法(带压缩因子的粒子群算法), 简述了PID控制器的工作原理、粒子群参数优化方法的实现, 并举例说明此改进算法在某汽包压力控制系统中的应用, 利用matlab进行仿真优化, 证明此改进算法优化的性能优于基本的粒子群优化算法, 有很好的工程应用前景。

关键词: 压缩因子; 粒子群算法; 汽包压力; PID 整定

Application of PSO with Compression Factor in the Drum Pressure Control System

LIU Chang-Liang, GAO Ya-Long

(Department of Control Theory and Control Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: In this paper, the principle of particle swarm algorithm, describes an improved algorithm which with compression factor of PSO, outlines the working principle of PID controllers, particle swarm optimization method implementation, and examples of the improved algorithm A drum pressure control system, optimize the use of matlab simulation show that the improved optimization algorithm outperforms the basic PSO, there are certain engineering applications in future.

Key words: compression factor; PSO; drum pressure; PID tuning

1 引言

粒子群优化算法(Particle Swarm Optimizatio, 简称 PSO), 是1995年由Eberhart博士和Kennedy博士提出的一种基于群体智能理论的演化计算方法, 通过种群粒子间的合作与竞争, 产生群体智能指导优化搜索。由于它的计算速度快以及算法本身的易实现性, 引起了国际上众多学者的广泛关注和研究。

2 基本粒子群优化算法原理

粒子群优化算法首先初始化一群随机粒子, 然后通过叠代找到最优解。在每一次叠代中, 粒子通过跟踪两个“极值”来更新自己。假设在一个D维的目标搜索空间中, 有m个粒子组成一个群体, 其中第i个粒子的位置表示为向量 $x_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$, $i=1, 2, \dots, m$, 其速度也是一个D维的向量, 记 $v_i=(v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$ 。第i个粒子迄今位置搜索到的最优位置为: $p_i=(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$, 整个粒子群搜索到的最优位置为:

$pg=(pg_1, pg_2, \dots, pg_D)$, 粒子在找到上述两个最优位置后, 就根据下面两个公式来更新自己的速度与位置:

$$v_{id}(t+1) = w * v_{id}(t) + c_1 r_1 (p_{id} - x_{id}(t)) + c_2 r_2 (p_{gd} - x_{id}(t))$$
$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1)$$

当 $vid > Vmax$ 时, 取 $vid = Vmax$

当 $vid < -Vmax$ 时, 取 $vid = -Vmax$, 式中, $i=1, 2, \dots, m$, $d=1, 2, \dots, D$, 加速常数 c_1, c_2 为非负常数; r_1, r_2 服从 $[0,1]$ 上的均匀分布随机数。 $Xid(t)$ 是第i个粒子的当前位置, Pid 是第i个粒子迄今为止搜索到的最优位置, Pgd 是整个粒子群搜索到的最优位置, vid 是第i个粒子当前的速度, $vid \in [-Vmax, Vmax]$, $Vmax$ 为最大限制速度, 是非负数。

3 改进的粒子群优化算法

在基本粒子群优化算法的基础上, 经过学者的研究, 提出了两种改进算法, 带惯性权重的粒子群优化算法和带收缩因子的粒子群优化算法。其中, 刘娇等

^① 收稿时间:2011-04-27;收到修改稿时间:2011-09-07

利用粒子群 (PSO) 算法整定优化了电厂锅炉主汽温的 PID 控制器参数^[1], 金翠云等利用粒子群算法对啤酒发酵过程温度段 PID 控制器进行了参数优化^[2], 实际应用中粒子群优化算法应用很广泛^[3-5]。但是基本的粒子群优化算法还有一些缺点, 如当 W 取值较大时, 粒子速度比较大, 粒子的位置跨度增大, 搜索空间也相应地加大, 算法具有全局收敛性, 但此时粒子在搜索过程中就可能将一些空间忽略掉, 从而影响到最优解的出现; 当 W 取值较小时, 粒子搜索的空间不够广泛, 算法容易收敛, 但易陷入局部最优^[6]。为了有效的控制粒子的飞行速度是算法达到全局探测与局部开发两者间的有效平衡, Clerc 构造了引入收缩因子的 PSO 算法^[7], 该方法描述了一种选择 w, c1, c2 的值的方法, 方程如下:

$$v_{id}(t+1) = \chi(v_{id}(t) + c_1 r_1(p_{id} - x_{id}(t)) + c_2 r_2(p_{gd} - x_{id}(t)))$$

$$\chi = \frac{2}{|2 - \phi - \sqrt{\phi^2 + 4\phi}|}$$

且 $\phi = c_1 + c_2$, $\phi > 4$, 经过仿真验证, 此方法有很好的收敛性。

4 PID 控制器参数优化的实现

4.1 PID 控制器的优点

PID 是工程中最常见的控制器算法, 由于其具有算法简单、鲁棒性强和可靠性高的特点, 在工业控制系统中得到广泛应用。其原理如下图所示:

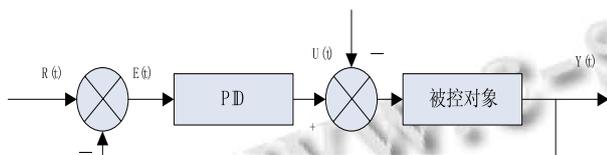


图 1 PID 控制原理

本文着重从一个单回路系统对 PID 参数进行优化, 最终优化确定 PID 控制器的各参数, 显示优化算法的有效性。

4.2 PID 参数优化算法的实现

PID 参数整定就是利用改进的粒子群优化算法对 PID 的 Kp、Ti 和 Td 进行整定和优化, 进行参数优化, 基本步骤流程:

第一步 迭代次数 n=1, 在搜索空间随机初始化粒

子群。第 i 个粒子的位置向量为 xi, 速度向量为 vi;

第二步 将每个粒子的位置向量依次作为 PID 控制器参数, 然后对系统进行仿真后计算其适应度;

第三步 用每个粒子的当前适应度与其本身最好适应度值 pbesti 进行比较, 若当前适应度 fitness < Pbest, 则 fitness = Pbest;

第四步 用每个粒子的当前适应度值与粒子群的最好适应度值 gbest 进行比较, 若 fitness < gbest, 则 gbest = fitness;

第五步 按式(1)和(2)更新每个粒子的速度 vi 和位置向量 xi;

第六步 n=n+1, 返回第二步, 直至最大迭代次数或者满足收敛性。

基本流程图如图 2 所示。

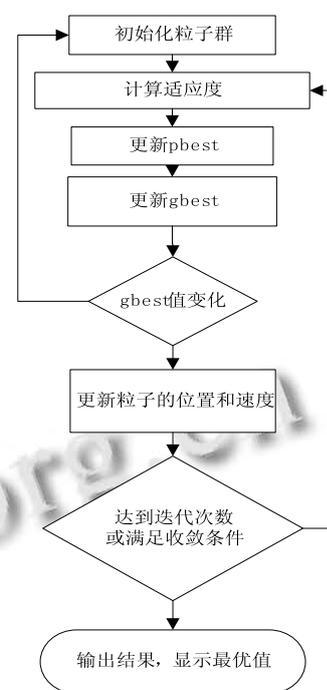


图 2 改进粒子群算法流程图

5 Matlab 仿真研究

本文重点利用带压缩因子的改进粒子群算法对某汽包压力控制系统进行了优化, 其原理框图如图 1 所示, 图中 PID 控制器选用 PI (比例积分) 控制, 整定 PI 调节器的两个参数 δ , T_i 。其中, 被控对象的传递函数为:

$$\frac{0.6369}{(1 + 54s)(1 + 53.6s)}$$

根据经验,选取粒子群初始种群为 40 个,待优化参数为 δ , T_i ,用 matlab 优化 PID 的两个参数,由带压缩因子的粒子群理论,应取 $c>2$ 的值,故分别选取 $c_1=2.05$, $c_2=2.05$,得:

$$\chi = \frac{2}{2 - \phi - \sqrt{\phi^2 - 4\phi}} = 0.729843788$$

$\phi = c_1 + c_2 = 4.1$,计算寻优误差,选取适应度函数为:

$$\min \int t^2 |e| dt$$

仿真步距为 2s,最大迭代次数为 1200 次,初始化和速度均为[0,1]上的随机数,即:

$$x(i,j)=randn; v(i,j)=randn;$$

计算适应度,找到局部最优解和全局最优解。利用 matlab 仿真,仿真结果如图:

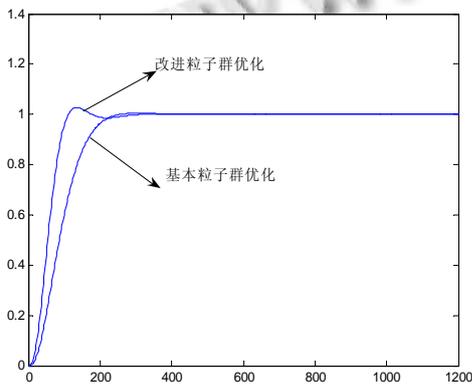


图 3 系统响应曲线

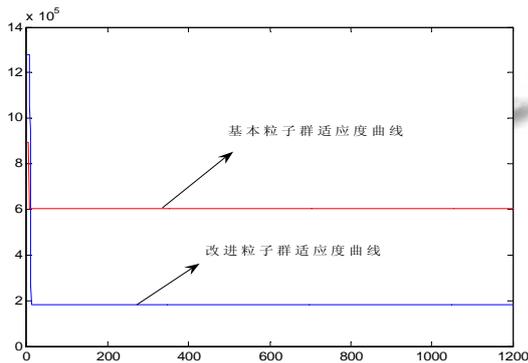


图 4 适应度曲线

图 3 和图 4 分别是基本粒子群算法和改进粒子群算法对系统的响应曲线及其适应度曲线,程序运行结果为:

基本粒子群优化的参数为:

$\delta=4.1726$, $T_i=25.2761$,

经改进后的粒子群优化后的参数为:

$\delta=1.5924$, $T_i=39.4152$,

改变惯性因子的大小:

当惯性因子 $\chi=1.5$ 时,

仿真结果如下:

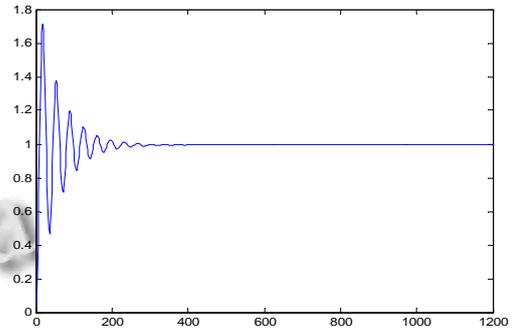


图 5 基本粒子群优化结果

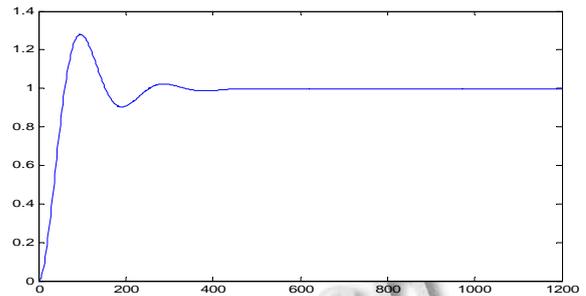


图 6 改进粒子群算法优化结果

基本粒子群的优化结果为:

$\delta=0.2080$, $T_i=77.8643$,

改进的粒子群算法结果为:

$\delta=1.2139$, $T_i=76.3684$,

基本粒子群优化结果比例带小,增益较大,容易引起震荡。改进粒子群优化效果较好。

仿真结果表明:利用改进的 PSO 优化算法整定的 PID 控制器控制性能较好,响应速度快,且超调较小,仿真曲线表明改进 PSO 算法具有很好的稳定性。

6 结论

本文在基本粒子群算法的基础上,阐述了一种带压缩因子的粒子群算法,能够快速找到全局最优解,解决了基本粒子群易于陷入局部极值的缺点。列出了算法优化的程序流程图,整定参数,并利用 matlab 进

行了仿真,结果表明,利用该算法整定的 PID 控制器调整时间短,响应速度快,超调小,系统鲁棒性较强。总之,该算法具有较高的实用价值和现实意义。

参考文献

- 1 刘娇.改进 PSO 算法在主汽温系统 PID 参数优化中的应用.计算机与现代化,2009,12:29-32.
- 2 金翠云等.改进的 PSO 算法及其在 PID 控制器参数整定中的应用.电子测量与仪器学报,2010,24(2):141-146.
- 3 邵会峰.改进粒子群算法在 PID 参数整定中的应用.电气传动自动化,2010,32(2):22-24.
- 4 邓伟林,胡桂武.粒子群算法研究与展望.现代计算机(专业版),2006,(11):12-15.
- 5 徐春梅,等.火电厂主汽温控制系统的自抗扰控制仿真研究.华北电力大学学报,2006,33(3):4145.
- 6 Arumugam Senthil M, Rao MVC On the Improved Performances of the Particle Swarm Optimization algorithms with Adaptive Parameters, Crossover Operators and Root

- Mean Square (RMS) Variants for Computing Optimal Control of a Class of Hybrid Systems. Applied Soft Computing, 2007, (2):324-336.
- 7 龚纯等.精通 PID 最优化计算.北京:电子工业出版社,2009.
- 8 韩璞,等.控制系统数字仿真技术.北京:中国电力出版社,2008.
- 9 任子武,等.改进 PSO 算法及在 PID 参数整定中应用研究.系统仿真学报,2006:2870-2873.
- 10 吕振肃,候志荣,等.自适应变异的粒子群优化算法.电子学报,2004,32(3):416-420.
- 11 王伟,张晶涛,柴天佑.PID 参数先进整定方法综述.自动化学报,2000,26(3):347-355.
- 12 王凌,李文峰.非最小相位系统控制器的优化设计.自动化学报,2003,29(1):135-141.
- 13 陶永华.新型 PID 控制及其应用.北京:机械工业出版社,2003.
- 14 谢晓锋,张文俊,杨之廉.微粒群算法综述.控制与决策,2003,18(2):129-134.

(上接第 151 页)

(3) 象限Ⅲ中的风险发生的可能性和严重性都较低,如校园网络管理、网络应用与服务等,通常这类风险不需要立即采取措施应对,但需要定期的监控以确定该类风险是否已经转化为其它象限的风险。

(4) 象限Ⅳ中的风险发生频率高,但后果并不严重,如软件系统建设,这类风险通常可以通过改进管理方法或采取一些控制手段来降低其发生频率。

4 结语

本文对一种改进的风险矩阵法在校园网络系统风险评估中的应用进行了探讨,研究表明运用风险矩阵法对校园网络系统的评估从风险影响程度和风险概率两个维度来进行,克服了层次分析法等评估方法仅从单方面评估的缺点。该方法较好地综合了群体的意见,增加了评估结果的客观性,而受到越来越更广泛的重视。

参考文献

- 1 付沙.高校校园网信息安全策略的探索.中国教育信息

- 化,2008,(1):63-65.
- 2 陈志敏.高技术计划项目的风险评价体系.西安交通大学学报(社会科学版),2008,28(3):49-52.
- 3 熊杰,张善从.基于 AHP 和风险矩阵的航天研制项目风险评估.科技进步与对策,2010,27(11):124-126.
- 4 孙强.信息安全风险评估模型的定性定量对比研究.微电子学与计算机,2010,27(6):92-96.
- 5 付钰,吴晓平,叶清,彭熙.基于模糊集与熵权理论的信息系统安全风险评估研究.电子学报,2010,38(7):1489-1494.
- 6 李聪波,刘飞,谭显春,李彩贞.基于风险矩阵和模糊集的绿色制造实施风险评估方法.计算机集成制造系统,2010,16(1):209-214.
- 7 张弢,慕德俊,任帅,姚磊.一种基于风险矩阵法的信息安全风险评估模型.计算机工程与应用,2010,46(5):93-95.
- 8 党兴华,黄正超,赵巧艳.基于风险矩阵的风险投资项目风险评估.科技进步与对策,2006,(1):140-143.