

一种基于实数编码的自适应遗传算法^①

An Self - Adaptive Genetic Algorithm Based On Real - Coded

韩瑞峰 胡志军 (忻州师范学院 山西忻州 034000)

摘要: 自适应遗传算法的主要思想是根据具体优化问题的不同,在适宜的范围内,自动调整遗传算法的控制参数(群体规模、杂交率、变异率),以找到优化相应问题的最佳参数值,进而得到适应性较强的最优解。通过对相关实验函数的优化比较试验,结果表明自适应遗传算法比传统遗传算法具有更好的收敛性和更高的精度。

关键词: 自适应遗传算法 杂交率 变异率 控制参数

1 关于自适应遗传算法的讨论

遗传算法^[1]GA (Genetic Algorithm) 是一种模拟生物群体遗传和进化机理的启发式优化算法,其引导搜索的主要依据是个体的适应度值和个体间的基因相似性,达尔文的“适者生存,优胜劣汰”是其基本的优化思想。具体来说,它是从任一初始解群体出发,通过群体中个体基因的遗传和变异,有效地达到一种稳定优化状态的繁殖和选择过程,可使群体进化到搜索空间中越来越好的区域。在传统遗传算法^[2,3]中,杂交率和变异率是根据经验选取的固定值。一般认为,当杂交率太低时,由于群体规模进化过程中缺乏多样性而极易陷入局部最优,导致群体过早收敛;当杂交率太高时,虽可保证群体的多样性,但当优化到最优点附近时,会使个体难以接近最优点,导致群体收敛速度显著放慢。关于变异算子有两种不同的观点,一种观点认为变异算子是遗传算法中不太重要的辅助算子,而另一种则恰恰相反。设置变异算子的目的主要是为保持群体的多样性,避免进化的停滞。对于传统遗传算法变异率取固定值的情况,经过多次迭代后,群体的素质会逐渐趋于一致,这样就形成了“近亲繁殖”;但近亲繁殖对后代的质量不利。目前许多学者认识到杂交率和变异率需要随着遗传进程而自适应调整变化,这种有组织性能的自适应遗传算法具有更高的健壮性、全局最优性和效率。自适应遗传算法的必要工作内容和基本步骤如下:

① 根据预定的实数编码方案,将解空间和编码空

间对应;

② 选取适当的试验函数;

③ 随机产生初始群体;

④ 按照编码来计算群体中个体的适应度值,以此判断求解方向;

⑤ 制定遗传策略,通过固定群体规模,自动调整杂交率和变异率;

⑥ 根据确定的遗传策略来产生新个体,对群体性能进行判断,以此来决定算法运行与否。

自适应地调整杂交率和变异率,一般有两种思路:一种是让它们随着进化过程同时自动调整;另一种是在前 M 代,固定变异率,自动调整杂交率,而对于后 N 代,根据前 M 代实验自动选取的杂交率,进一步自动调整变异率。因为在进化前期,群体中个体的差异较大,所以杂交操作的作用比较明显,进化速度较快。但到了进化后期,群体中个体的差异已变得很小,因此变异操作变得非常重要。本实验采取第二种思路(经实验证明,它具有更快的收敛速度和更高的精度)。

2 自适应遗传算法程序

我们编制的实数编码自适应遗传算法程序可以用下面的伪码描述:

Procedure Genetic Algorithm

begin

① 基金项目:山西省教育厅“高校科技研究开发项目”(200358)

```

初始化部分 { 打开输入文件和输出文件, 从
gafit. dat 中读入观测数据}
    call ga_options(); { 从 g. in 中读入控制参
数}
    call ga_initialize(); { 从 g_data. in 中读入
维数及参数搜索范围}
    it: = 0; { it 为群体代数}
    call ga_random(); { 产生初始群体}
    while ( it < > itmax) do { itmax 为预置最
大迭代次数}
        begin
            it: = it + 1;
            call calcmisfit(); { 计算目标函数值}
            call ga_misfit(); { 寻找本代最
优最差个体模型并完成选择和淘汰}
            call summary(); { 每代优化结果输
出}
            if ( it < = M ) then { M 为预置自动调
整分界点}
                call incross()
                { 自动调整杂交率}
            else call incmamte()
                { 自动调整变异率}
            if ( it = itmax) then { 输出优化结果}
        end
        call ga_main() { 杂交和变异算子作
用, 产生新群体}
    end
end

```

3 实验设计

在系统运行的界面内输入各组实验条件: 群体规模、杂交率、变异率(根据参考文献^[2])和待优化函数的维数值, 然后选择实验函数进入记录数据界面。

根据选择输入的遗传算法的控制参数值, 利用取小数法产生的随机函数 $Rnd()$ ^[4] 在待优化实验函数本身的参数取值范围内产生初始群体, 作为遗传算法进化的初始群体。对初始群体进行复制、杂交、变异等遗传算子作用, 得到下一代群体(群体规模不变), 在复制(轮盘赌方法)过程中, 上一代的最优解强行进入

到下一代, 代替下一代的最差个体, 对杂交算子和变异算子而言, 分别采用了改进的算术杂交算子^[2,3]和非均匀变异算子^[1,2,3]。以实验函数本身作为目标函数, 并把每一代群体中的个体逐个代入到实验函数中, 求出相应的函数值作为目标函数值与实验函数的理论值进行比较, 绝对误差最小的目标函数对应的群体中的个体即为本代群体中的最优解。进化若干代以后, 可得到近似的全局最优解。遗传算法的进化终止一般有两种方式, 一种是按照误差控制, 另一种是根据实验经验指定进化代数。本实验系统采取指定进化代数的方式。

4 算法运行实验及结果分析

我们选取复杂的多峰函数作为实验优化对象, 分别在低维和高维情况下进行与传统遗传算法的优化比较实验。

4.1 低维函数优化实验

对遗传算法而言, 群体规模一般不宜太小, 因为这样可以导致群体过早地收敛。但群体规模的增加将带来计算量的急剧增加和群体收敛速度的显著放慢, 因此群体规模也不宜取得太大^[2,4]。资料数据显示: 群体规模在 100 左右时优化效果较好, 但并未显示出与群体规模的比例关系或一致关系, 这表明优化效果与目标函数的空间结构有关。对于维数 $N = 2$ 时, 在总进化代数为 10 万代的前提下, 我们对群体规模分别为 90、100、110、120 的进化行为, 分别在低杂交率 0.45, 高变异率 0.03; 高杂交率 0.95, 高变异率 0.01; 高杂交率 0.9, 低变异率 0.001; 中等杂交率 0.6, 低变异率 0.001 四组实验条件下进行了大量的优化试验, 取得了丰富的数据资料(表 1)。

表 1 2 维实验函数优化结果对照表

实验函数	自适应遗传算法			传统遗传算法
	最优个体解	杂交率	变异率	最优个体解
F_2 群体规模 100	2.655049e-071	0.991978	0.001000	6.997331e-007
F_3 群体规模 120	0.000000 (第 8000 代)	0.999242	0.001000	1.857705e-003

实验数据表明: 自适应遗传算法总体上比传统遗传算法具有更快的收敛性和更高的精度, 对于多峰实验函数 F_1 和 F_2 , 在各组实验条件下, 自适应遗传算法

都能在较短的时间内搜索到较高精度的最优解。遗传算法的特长就是跳出局部最优,找到全局最优点,优化单峰函数不是遗传算法的特长。另外,不同实验函数的优化结果表明控制参数的选取与目标函数的问题解空间结构有一定的关系。

4.2 高维函数优化实验^[2,5]

在上述大量实验的基础上,选取优化相应问题最佳的参数组合,分别对实验函数 F1、F2 进行多维优化试验研究(取 N=5 和 N=10 进行优化试验)。结果如表 1:

表 2 高维实验函数优化结果对照表

实验函数	维数 N=5		维数 N=10	
	自适应遗传算法	传统遗传算法	自适应遗传算法	传统遗传算法
函数 F ₁ 群体规模为 90 pcross=0.8 pmutation=0.00	1.164008e-007	1.077739e-002	4.316469e-023	1.822853
函数 F ₂ 群体规模为 110 pcross=0.6 pmutation=0.001	0.000000 (第 32000 代)	1.585332	0.000000 (第 50000 代)	25.07187

从实验结果可以看出,自适应遗传算法程序的优化效果明显,对于不同解空间结构的高维多峰实验函数,总能自动选取得到一组比较合适的算法控制参数,从而得到令人满意的优化结果。由于遗传算法的性能与待优化目标函数的问题解空间结构有一定的依赖关系,通过自适应遗传算法来自动调整遗传算法的控制参数,可以对不同解空间结构的待优化对象进行比传统遗传算法更精确、更高效的优化搜索。

成更合理、效率更高的算法,是今后值得进一步研究的工作。

附录 A 实验函数

(1) 实验函数 1: $f_1(x) = \sum_{i=1}^m x_i^2$, 其中 $-5.12 \leq x_i \leq 5.12$, 该函数是简单的平方求和函数,在 $x_i = 0$ 处有全局最小值 0。

(2) 实验函数 2: $f_2(x) = \sum_{i=1}^m x_i^2 / 4000 - \prod_{i=1}^m \cos(x_i / \sqrt{i}) + 1$, 其中 $-600 \leq x_i \leq 600$, 函数在 $x_i = 0$ 处有全局最小值 0。

5 结束语

通过对实验函数的优化证明,自适应遗传算法比传统的实数编码遗传算法,能够在较合适的时间内求得令人满意的优化结果。通过对优化实验结果的分析表明,遗传算法控制参数的选取对目标函数的优化性能和收敛速度有很大影响,本文提出的自适应遗传算法,在保证群体规模稳定的基础上,实现了对杂交率和变异率算子的自动调整,对于不同的优化对象,具有求解问题时间短、成功率高的优点,同时在进化过程中也表现出了很好的鲁棒性。经对复杂化学反应动力学模型参数估算的应用^[5],证明其优化性能好于其他传统的算法如 LM 算法的优化结果^[6],所得到的参数值更为合理,也更符合实际意义。

综合考虑适应度函数和初始群体的分布,选取合适的控制参数初始值,在稳定收敛的前提下,实现对群体规模、杂交率和变异率等参数的全部自动调整,以形

参考文献

- 1 刘勇、康立山、陈毓屏,《非数值并行算法——遗传算法》[M],北京:科学出版社,2000.
- 2 韩瑞峰,基于遗传算法的化学反应动力学模型参数优化研究[D],山西大学,2001.
- 3 韩瑞峰、张永奎,一种改进的实数编码遗传算法[J],计算机工程与应用,2002,38(13):78-80.
- 4 韩瑞峰、张永奎,改进遗传算法与其他算法的比较实验研究[J],电脑开发与应用,2002,15(11):4-5.
- 5 韩瑞峰、张永奎,遗传算法用于费托合成反应动力学参数优化[J],化学通报,2004,67(5):w041.
- 6 王逸凝,固定床费托合成动力学和反应器的模拟研究[D],中国科学院山西煤炭化学研究所,2001.