

用遗传算法求解多参量函数优化问题

郑宣耀¹ 张帆²

(1.2 浙江大学宁波理工学院信息科学与工程分院, 浙江 宁波 315100)

摘要: 针对简单遗传算法(SGA)的编码方式不适用于优化多参量函数的弱点, 介绍了一种基于多参级联编码方式的遗传算法, 详细描述了该算法的各主要组成部分和工作原理, 并通过仿真实验证明了该算法的有效性。

关键词: 遗传算法; 多参函数优化; 多参级联编码

中图分类号: O174

文献标识码: A

1. 引言

在科学研究与工程实践中, 许多设计与决策问题的数学模型中都含有多个参量, 在各个参量的共同作用下, 形成了一个优化模型。在模型中, 各参量通常是独立的, 即参量间的取值互不影响, 它们对模型的优化方向和影响程度也各不相同, 一个参量不能用其它任一参量的函数表达式代替, 于是就形成了一个多参量的优化模型。一个简单的例子如设计标枪的最佳飞行轨迹时, 为了使其飞得更远, 必须综合考虑重力、投掷力、空气阻力等因素对其的影响(忽略空气浮力、风力等其它微弱影响)。由这三者组成的一个飞行轨迹优化模型就是一个多参量函数优化模型。又如飞行涡轮的叶片形状设计更是涉及到了上百个参量。一般, 求解多参量函数优化问题是比较复杂和困难的, 一种常用的方法是拉格朗日乘子法, 函数的可导性和多峰性常常成为求解过程中的难题。遗传算法以其全局搜索能力, 较强的鲁棒性和计算的并行性显示出了其强大的应用潜力。但是简单遗传算法由于仅对一个解空间进行编码, 因此只能适用于单参量函数的优化。为了解决这一问题, 本文介绍了一种基于多参级联编码的遗传算法, 该算法能够有效地优化多参函数。

2. 多参级联编码遗传算法

2.1 编码方式

收稿日期: 2005-11-29

第一作者简介: 郑宣耀, 男, 浙江大学宁波理工学院信息科学与工程分院讲师。

基金项目: 浙江大学宁波理工学院青年创新基金项目。

简单遗传算法的编码是对一个解空间的编码,因而只适用于求解单参量函数的优化。如在优化函数 $\text{Max}: f(x)=x^2, x \in [0,31]$ 时,将 x 的解空间映射到编码空间可得一个码长为5的二十进制编码串,如 $x=19$ 时对应编码10011,用这种编码方式可以解决 $\text{Max}: f(x)=x^2$ 的优化问题。但若函数有两个或两个以上参量组成如: $\text{Min}: f(x_1, x_2)=100-x_1^2-(x_2-1)^2, -5.012 \leq x_1 \leq 5.012$, 这时该编码方式在单种群下就无法优化此函数。

一个有效的解决办法是利用多参级联编码方式。首先设某个参量 x_i 的定义域上限为 $\text{Max_}x_i$, 下限为 $\text{Min_}x_i$, 要求编码精度为 e_i (如 $e_i=0.01$ 等), 则可以计算得到对该变量 x_i 的编码长度 $l_i = \log_2 \frac{\text{Max_}x_i - \text{Min_}x_i}{e_i} + 1$ 。各参量间编码精度可以相同也可以不同。则同理可得 x_2, \dots, x_n 的编码长度 $l_2 = \log_2 \frac{\text{Max_}x_2 - \text{Min_}x_2}{e_2} + 1, \dots, l_n = \log_2 \frac{\text{Max_}x_n - \text{Min_}x_n}{e_n} + 1$, 各参量的编码长度取得后, 将其按参量次序拼接起来, 得到一个总的编码串 $l=l_1 l_2 \dots l_n$ 。

若参量的定义域跨度不同, 或编码精度不同, 计算得各参量的编码子串长度也不同。因此各子串在总串中的位置一旦确定则不能改变, 以免在进化计算中出错。当个体编码总串得到后 (这里的得到是指总串长度确定, 各子串长度及其在总串中的位置也确定), 便可以初始化种群, 以后的遗传操作便对该总串施加。

2.2 遗传算子

2.2.1 杂交算子

在遗传算法中, 杂交算子起着全局搜索的作用, 它能够开拓新的并且可能是更优的解空间。多参量函数优化由于存在多个解空间, 在进化时计算量将会有所增加。因此所使用的杂交算子应能最大限度地实现并行性, 以在较短的时间内扩大搜索空间。由于多参函数遗传算法的个体编码串是由多个子串拼接而成, 故单点杂交算子显然不适合在多参级联遗传算法中使用。

为了能在一次杂交操作中以均等的概率对每个子串即每个参量的解空间均进行全局搜索, 可使用均匀模板杂交算子。首先从种群中随机选出两个个体进入母体等待杂交, 然后随机产生一个与个体串长相等的编码串作为模板。并规定, 若模板中某个基因位为1, 则母体中的两个个体的相应位基因进行杂交互换, 反之, 若模板中某个基因位为0, 则母体中个体相应位基因不变。这种杂交算子由于对个体串中的每个基因位都以相同的概率进行杂交, 从而保证了以相等的概率对每个解空间进行搜索, 提高了并行性与计算效率。

2.2.2 变异算子

使用变异算子的主要目的是防止早熟收敛。它能够以大于0的概率发现更优良的基因或找回在选择中丢失的优良基因。尽管在遗传算法中它常常被看作是一种背景操作或辅助操作, 但它对改善解的性能所起到的作用是不可或缺的。

针对不同类型和特征的问题, 许多学者在研究中提出了多种各不相同的变异算子。其中比较常见的有单点变异算子, 均匀变异算子, 转置变异算子及换位变异算子等等。对于多参函数的优化问题, 本文提出了一种新的变异算子, 级联单点变异算子。具体操作步骤如下:

首先根据每个参量在个体串中的位置将个体串拆分成每个参量子串, 再分别对各子串进行单点变异操作, 随后再将子串拼接成总个体串。

这种变异算子的优点在于能使每个解空间都能获得相同的变异概率, 而不易造成参量解之

间的精度差异过大。同时，对每个解的变异只限于一位，也不易因随机变异面积过大而造成个体适值振荡，具有较好的稳定性。

2.3 适值计算

计算适值主要是为每一代种群的个体选择作准备，同时也有些遗传算法根据适值判断算法是否结束。计算适值时应注意对个体串的拆分。拆分成每个子串后计算各子串对应的参量实数，然后根据优化函数模型计算函数值。在计算中应注意保持适值始终为正实数，否则应采取措施（如定义某种目标函数到适值函数的映射）来保证适值为正。

2.4 选择算子

选择算子起到启发种群进化方向的作用。选择算子中最重要的参数之一是其选择压。选择压力过大容易造成早熟收敛，过小则导致搜索随机化，收敛速度过慢。在简单遗传算法中选择算子为比例选择法。一般的，种群在进化初期个体间差异较大，为了保持种群多样性，防止早熟收敛，选择压力应适度降低，而在进化后期，个体差异减小，收敛速度缓慢，于是应将选择压力适度增大以刺激收敛。在这种指导思想下，本文采用自适应选择算子，根据前后代间适值变化幅度来实时调整选择压力。

2.5 算法描述

多参级联编码的遗传算法的操作步骤可以概括地描述如下：

STEP1：根据用户设置的编码精度和定义域跨度，计算每个参量的编码长度，并确定其在个体中的位置；

STEP2：初始化种群；

STEP3：计算适值并记录；

STEP4：WHILE（不满足结束条件）

STEP5：根据计算得的选择策略选择产生新一代种群；

STEP6：均匀模板杂交算子；

STEP7：级联单点变异算子；

STEP8：END WHILE

STEP9：输入结果。

3. 数值实验分析

在数值实验中我们使用函数。目测该函数就可以看出该函数具有全局最大值点（0，5），最大值为100。

使用编码长度为20位，其中每个参量编码长度各为10位，编码精度为0.0058651。初始种群规模设置为40，最大进化代数数为800代。若间隔几代的种群平均适值保持稳定则结束算法。

经过运行算法10次取得平均数据，得到满意解（0.001793，5.012974），函数值99.999829。

4. 结束语

多参量函数模型是在各种科学研究和工程实践中经常遇到的，由于函数的优化涉及设计和

决策问题,对于该类问题的优化方法的性能就显得非常重要。

本文所涉及的优化模型仅是带上下限约束的最优化问题。此外,还有线性(或非线性)多约束优化问题可以看作是本文所讨论模型的扩展,对于该模型优化问题的研究也仍在进行中。

参考文献

- [1] 张颖,刘艳秋. 软计算方法[M]. 北京:科学出版社, 2002.
- [2] 简炜,钱积新. 约束优化问题的多参量遗传算法[J]. 湖北汽车工业学院学报, 2003.(4)
- [3] 玄光男,程润伟 著. 于歆杰,周根贵 译. 遗传算法与工程优化[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
- [4] 王小平,曹立明. 遗传算法理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社, 2002.

Solution to the Problem of Multiple Parameters function Optimization with Genetic Algorithm

Jia Xuanyao¹ Zhang Fan²

(1.2.College of Information, Ningbo Institution of Technology, Zhejiang University, Ningbo,
315100, China)

Abstract: The encoding mode of SGA is not suitable to optimize the multiple parameters functions, aimed at this weakness, this paper presents a genetic algorithm with multiple parameters unitive encoding (MPUE) mode, describes its main parts and the working principle detailedly, and proves the efficiency of the algorithm by the emulational experiment.

Key words: genetic algorithm; multiple parameters function optimization; multiple parameters unitive encoding

(责任编辑 常勤毅)