

精英自适应混合遗传算法及其实现

江 建

JIANG Jian

湖南文理学院 计算机学院, 湖南 常德 415000

School of Computer Sciences, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan 415000, China

E-mail: sixsquadeshuangxi@163.com

JIANG Jian. Elite adaptive hybrid genetic algorithm and its realization. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(27): 34-35.

Abstract: Traditional basic genetic algorithm has deficiencies in global search and convergence speed, but adaptive genetic algorithm can better control algorithm global search ability and convergence speed. Propose the elite algorithm, fathers and multiple sub-group will be composed of "family", select the family of outstanding individuals into the genetic groups. Combine adaptive thinking with elite selection algorithm, and propose the elite mixed adaptive hybrid genetic algorithm to ensure that the samples of diversity, at the same time greatly accelerate the convergence speed, using a multi-peak function to verify the performance of the hybrid algorithm.

Key words: genetic algorithm; adaptive; elite choice

摘 要: 传统的基本遗传算法在全局搜索和收敛速度上存在不足, 而自适应遗传算法可以较好地控制算法的全局搜索能力和收敛速度。提出精英选择算法, 将父辈和多个子辈组成“家庭”, 选择家庭中的优秀个体进入遗传群体。将自适应思想与精英选择算法结合起来提出精英自适应混合遗传算法, 保证了样本多样性, 同时大大加快了收敛速度, 采用一个多峰值函数验证了混合算法的性能。

关键词: 遗传算法; 自适应; 精英选择

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.27.011 **文章编号:** 1002-8331(2009)27-0034-02 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP18

1 引言

遗传算法是进化算法中产生最早、影响最大、应用比较广泛的一个研究方向和领域, 是一种借鉴生物界自然选择和自然遗传机制的随机搜索算法。遗传算法群体搜索的本质使其突破了一般启发式算法邻域搜索的限制, 可以实现整个解空间上的分布式信息采集和搜索。

同时, 遗传算法作为一种新兴技术, 还有许多地方需要研究、发展和充实。基本遗传算法在收敛速度和求全局最优解之间存在矛盾, 表现出容易产生早熟现象、局部寻优能力较差等缺点^[1]。应用研究表明, 将遗传算法与问题特有的知识集成到一起所构成的混合遗传算法, 有可能产生出求解性能更好的方法^[2]。

针对基本遗传算法的不足, 对基本遗传算法进行改进, 形成精英自适应混合遗传算法, 混合算法大大改善了基本算法的不足。

2 精英自适应混合遗传算法

2.1 基本遗传算法简介

不同的编码方法和不同的遗传算子构成了各种不同的遗传算法。但这些遗传算法都有一个共同的特点, 即通过对生物遗传和进化过程中的选择、交叉、变异机理的模仿, 来完成最优解的自适应搜索过程。基于这个共同点, Goldberg 总结出一种

统一的最基本的遗传算法: 基本遗传算法^[3](Simple Genetic Algorithms, 简称 SGA)。

基本遗传算法的种群进化过程如图 1 所示。其遗传过程由三种遗传算子构成: 选择算子、交叉算子和变异算子; 遗传算法还必须有编码、解码和个体评价的过程。

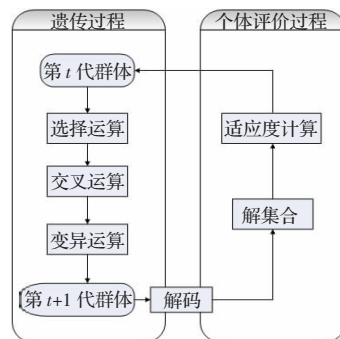


图 1 遗传算法种群进化过程

最基本和最常用的选择算子是比例选择算子。比例选择算子是指个体被选中并遗传到下一代群体中的概率与该个体的适应度大小成正比。

基本的交叉算子是单点交叉算子。对每一对相互配对的个体, 随机设置某一基因座后的位置为交叉点。两个体交叉点后

面的基因依设定的概率 P_c 进行交换,从而产生出两个新的个体。

基本位变异算子是常用的变异操作。对于用二进制串编码的染色体,对个体的每个基因座,依变异概率值 P_m 得其为变异点,被指定为变异点的基因座进行 0、1 翻转即可。

2.2 精英选择遗传算法

基本遗传算法模仿了自然界中的遗传和进化机理,反复将遗传算子作用于群体,最终可以得到问题的最优解或近似最优解。但从 2.1 节对遗传算子的分析可以看出,遗传算子作用于群体,并不能保证子辈的性能总是好于父辈,因此群体的进化过程会出现反复,甚至是暂时的倒退现象,这样会延缓算法的收敛速度^[4]。

为保证子辈的性能不差于父辈,提出精英选择遗传算法。精英选择对基本遗传算法的改进主要体现在两点上:

(1)基本遗传算法一对父辈只产生 2 个子辈,精英遗传算法使一对父辈遗传出多个子辈(子辈个数可进行设定),如果设定一对父辈遗传出 N_s 个子辈,则这个“家庭”就会有 N_s+2 个成员。

(2)基本遗传算法中所有子辈都进入了遗传群体,虽然这样保持了样本多样性,但很多较差的基因也混入了群体;精英遗传算法则是从每一个“家庭”中挑选 2 个“精英”进入遗传群体,即从 N_s+2 个“家庭成员”中选择最优的 2 个个体进入遗传群体。

一对父辈产生多个子辈,保证了群体的样本多样性;选择“精英”进入遗传群体,保证子辈性能不差于父辈,使群体总是在向最优解靠近。

2.3 自适应遗传算法

基本遗传算法中,交叉概率 P_c ,变异概率 P_m 等遗传参数与种群进化过程无关,从始至终都保持定值。研究表明,用不变的遗传参数来控制遗传进化,很容易导致“早熟”,降低算法的搜索效率^[5]。根据种群进化情况自适应地调整遗传参数 P_c 和 P_m ,有助于提高遗传算法的性能。

这里定义种群的成熟度为:

$$\Delta = \frac{\bar{f}_{\max}}{f_{\max}} \quad (1)$$

式中, f_{\max} 为个体最大适应度值, \bar{f}_{\max} 为大于平均适应度的个体的平均适应度值。将适应度规定为正值时,有 $0 < \Delta \leq 1$, 越接近于 1 表明群体的成熟度越高,另外,分子 \bar{f}_{\max} 取大于群体平均适应度的个体平均适应度,去除了较差个体带来的不利影响,这样的定义更合理,计算量也很小。

一种 P_c 和 P_m 的定义可表示为:

$$\begin{cases} P_c = \frac{1}{\exp(k_1 \cdot \Delta)} \\ P_m = 1 - \exp(-k_2 \cdot \Delta) \end{cases} \quad (2)$$

这里, $k_1, k_2 > 0$, k_1, k_2 的值可根据实际问题进行设置。

经过以上自适应处理后,当种群趋于收敛时,交叉概率 P_c 会降低,变异概率 P_m 会提高,从而可以保持种群的多样性,避免“早熟”;当种群个体发散时,交叉概率 P_c 会提高,变异概率 P_m 会降低,从而使种群趋于收敛,增加算法的收敛速度。

2.4 精英自适应混合遗传算法

将 2.2、2.3 节提出的精英遗传算法和自适应遗传算法以恰当的方式组合起来,形成精英自适应混合遗传算法。这里形成混合算法时,由于精英过程已经保证子辈个体必然会不差于父辈,因此基本遗传算法中的依比例概率选择过程已经没有意

义,所以混合算法中将这一步骤除去,以减少计算量。混合算法的遗传过程流程图如图 2 所示。

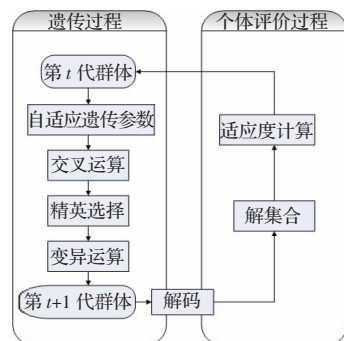


图2 精英自适应混合遗传算法流程图

3 算法实现

为验证精英自适应混合遗传算法的性能,这里实现一个测试函数的最大值问题:

$$f(x) = \exp[-2 \times \ln 2 \times (\frac{x-0.1}{0.8})^2] \times \sin^6[5\pi(x^{\frac{3}{4}} - 0.05)] \quad (3)$$

该函数在 $x \in [0, 1]$ 范围内存在 5 个极大值点,且 5 个极大值点不等距、不等高。该函数可以很好地测试遗传算法的全局搜索能力。函数曲线如图 3 所示。函数最大值 $f_{\max} = 0.999 1$, 最大位置 $x^* = 0.079 7$ 。

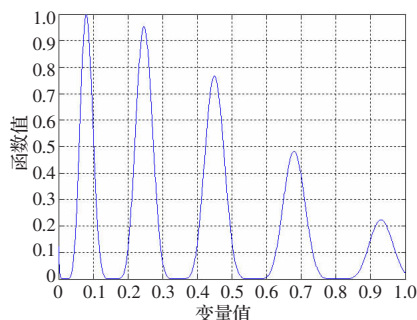


图3 测试函数曲线

基本遗传算法主要控制参数设为:种群规模 $M=20$,交叉概率 $P_c=0.6$,变异概率 $P_m=0.08$,选择运算使用比例选择算子。

对自适应遗传算法,采用式(2)的自适应规则, P_c 和 P_m 的自适应参数分别取为 $k_1=2, k_2=0.2$;精英遗传算法中,每一对父辈产生的子辈个数 $N_s=10$ 。自适应和精英遗传算法的其他参数都与基本遗传算法相同,精英自适应混合遗传算法的参数也与混合前参数相同。规定与最优值距离 $\varepsilon \leq 10^{-4}$ 时停止进化。每种算法仿真 200 次,每种算法需要的平均进化代数如表 1 所示,基本遗传算法与混合遗传算法的函数值随进化代数的收敛情况如图 4 所示。

表1 算法收敛速度比较

算法	平均收敛代数
基本 GA	156.66
自适应 GA	118.47
精英 GA	25.43
混合 GA	14.40

由以上结果可以看出,对基本遗传算法的改进很大程度上提高了算法的收敛速度,特别是混合遗传算法,它的性能比混

(下转 101 页)