

遗传算法的改进

袁慧梅^① 郭喜庆

(中国农业大学电子电力工程学院)

摘要 简单遗传算法存在着收敛速度慢、易陷入局部极小等缺陷。针对这2点,对遗传算法的各个环节作了改进;对初始方案集的产生做了改进,提出了更加适合自然规律的竞争选择法,设计出与迭代次数成反比、与父串间的距离成正比的自适应变异率。实例验证表明,改进的遗传算法的收敛速度和获得全局最优解的概率都有很大的提高。

关键词 遗传算法;改进;选择;变异

分类号 TP 393

Improvement of Genetic Algorithms

Yuan Huimei Guo Xiqing

(College of Electronic and Electric Power Engineering, CAU)

Abstract Simple genetic algorithms gets local minimization too easily and converges slowly. To solve these problems, the improvement to the generation of initial population, the indication in the compete selection and the design of adaptive mutation rate that has inverse proportion to the numbers of iteration and direct proportion to the distance of parents are put forward. The practical simulation results show that the improved genetic algorithms has greater converge speed and larger probability of getting the best solution.

Key words genetic algorithms; improvement; selection; mutation

遗传算法(简称GA)是一种参数搜索算法^[1],其特点见文献[2]。采用适应度比例选择、单点交叉和单点变异的遗传算法称为简单遗传算法,它的缺陷是收敛速度慢、易陷入局部极小等。为便于应用,笔者对此加以改进,提出了改进的遗传算法。

1 产生初始方案集的改进

生成初始染色体群最简单的方法,就是利用随机数发生器随机地产生一系列方案,然后以此为基础进行迭代。此方法简单方便,但是产生的初始方案杂乱无章,良莠并存。只有经过若干次迭代后,那些生命力强的染色体才会被遗传或产生出来,进而提高染色体的品质,得到满意的解。如果产生的初始方案集接近于最优方案,迭代次数就会减少很多,从而加快收敛。有些文献根据工程的具体情况设定若干组变量值,并添入相应的编码,由于考虑了工程人员的经验,所以产生的这些初始染色体的适应度值不会很低,这样无形中就减少了多次无必要的迭代,从而加快了收敛速度;但是这种方法在很大程度上取决于工程人员的经验,而且并不是对

收稿日期:1998-11-03

^①袁慧梅,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)213信箱,100083

所有的问题都可以由实际情况给出几个适应值较高的方案,所以这种方法有一定的局限性。

为了保证遗传算法搜索的全局性和稀疏性,笔者对初始方案集的产生采用如下改进措施:首先在解空间均匀产生若干个小区域,然后再在每个小区域内随机产生1个原始解以构成初始解群。这样能够扩大GA初始解群的多样性,减小了陷入局部最小解的可能性。

2 选择方法的改进

从群体中选择优胜的个体,淘汰劣质个体的操作叫选择,其目的是把优化的个体直接遗传到下一代或通过配对交叉产生新的个体再遗传到下一代。选择的基础是对群体中个体的适应度的评估。到目前为止,选择方法有适应度比例法、最优串保留法、期望值法、排序选择法、联赛选择法、排挤选择法和适合度自适应变化法等10多种,详见文献[3]。

适应度比例法是目前遗传算法中最基本也最常用的选择方法,也叫赌轮或蒙特卡罗选择法。在该方法中,各个个体的选择概率与其适应度值成比例。其选择概率公式如下:

$$P_i = f_i \left(\sum_{i=1}^N f_i \right)^{-1}$$

式中: P_i 为选择概率; i 为染色体序号; f_i 为个体 i 的适应度值; N 为染色体群体数。

显然,概率 P_i 反映了个体 i 的适应度在整个群体的个体适应度总和中所占的比例:个体适应度越大,其被选中的概率就越高,反之亦然。按上式计算出群体中各个个体选择概率后,就可以决定那些个体被选出;但是,这种方法容易引起过早收敛,同时由于该方法是基于概率的选择,存在统计误差。

最佳个体保存法的思想是把群体中适应度值最高的个体不进行配对交叉而直接复制到下一代中,这种选择方法又称复制。其优点是,进化过程中某一代的最优解可不被交叉和变异操作所破坏,但是,这也隐含了一种危机,即局部最优个体的遗传基因会急速增加而使进化有可能陷入局部解。也就是说,该方法的全局搜索能力差,更适合单峰性质的搜索空间搜索,而不适合多峰性质的搜索空间搜索,所以此方法一般要与其他选择方法结合使用。

以上2种选择方法都没有顾及染色体群的特点,这势必造成选择压力不足或波动,引起遗传的延迟或振荡。在自然界中,当一种群中的个体大量繁殖生存时,为争夺有限的资源,群体中个体之间的竞争压力必然加剧,所以个体的寿命和出生率也因此而降低。基于这种竞争机制,并结合上述2种选择方法,笔者提出了竞争选择法,即先用适合度比例法进行选择,经配对交叉后产生下一代,再利用最佳个体保存法将上一代的最佳个体复制下来,为了保持群体规模不变,需要从这个新群体中淘汰1个个体(该个体与最佳个体的欧氏距离最短)。显然,这种方法可以适当地加大竞争压力,较好地体现了自然界优胜劣汰的规律,并且能够避免适应度高的个体被淘汰的可能性。

3 交叉方式的改进

到目前为止,交叉方式有单点交叉、双点交叉、均匀交叉和序号交叉等近10种方式^[4]。进行交叉的2个个体,何时采用哪种方式,是一个值得研究的问题。

采用多点交叉容易破坏原有的基因块,但可以产生较多新的基因块;因而在迭代初期优秀个体不多时,为了扩大搜索的解空间,采用这种方式比较合适。采用单点交叉不易破坏原有的

基因块,因而在迭代后期优秀个体较多时,其中肯定有一些优良基因块,不宜采用多点交叉,可以以较大的概率发生单点交叉。

要进行交叉的2个个体,根据不同的情况进行不同的交叉,经分析,各种交叉方式的发生概率大致分配如表1^[5]所示。

表1 各种交叉方式发生概率分配表

进行交叉的双亲		分配比例/%		
第1个	第2个	单点交叉	双点交叉	多点交叉
优	优	80	20	0
优(差)	差(优)	50	45	5
差	差	20	50	30

本文中以个体质量的好坏作为采用哪一种交叉方式的标准,即个体适应度小于一定值时采用多点交叉,而当个体适应度大于一定值时采用单点交叉。根据表1,选取这一定值为群体的适应度平均值。

4 自适应变异率的设计

在简单遗传算法(SGA)或标准遗传算法(CGA)中,变异率是个常数。通常,对于变异率是一常量的情况,经过多次迭代后,群体的素质会趋于一致,这样就形成了“近亲繁殖”;但近亲繁殖对后代的质量不利。同样,如果双亲的基因码链非常接近,其后代对于双亲,素质提高也极少。因此,群体基因的多样性变差不仅会减慢进化历程,而且可能导致进化停滞,过早收敛于非最优解。目前许多学者都认识到变异率需要随着遗传进程而自适应变化,这种有组织性能的遗传算法具有更高的鲁棒性、全局最优性和效率。文献[6]提出一种交叉率 P_c 和变异率 P_m 随基因操作的在线性能自适应变化的有效方法,性能提高则 P_c 增加,反之则 P_m 增加;文献[4]研究了 P_m 随迭代次数变化的效果,实例证明 P_m 随指数下降有较好性能,文献[7]的自适应有效基因突变也有类似结果;文献[8]提出一种自适应变异方式, P_m 与1对父串间的海明距离成反比,结果显示能有效保持基因的多样性;文献[9]提出一种 P_c 和 P_m 随父串的适合度自适应变化的新方法,进行了详细的理论分析和广泛的实验研究,结果显示该方法在非线性和多模型问题的优化中性能优异。可见,在今后的研究中,遗传算法结构、基因操作和参数都会向自组织的形式发展并将进行系统的综合。

笔者借鉴文献[4]和[8]的思想,提出一种 P_m 与父串间相对距离成反比、随迭代率(迭代次数与最大迭代次数的比值)指数下降的自适应变化的方式。具体公式设计如下:

$$P_m = \begin{cases} P_{\max} \exp(-t/t_{\max}) \cdot (1 - R/R_{\max}) & P_m > P_{\min} \\ P_{\min} & P_m \leq P_{\min} \end{cases}$$

式中: P_{\max} , P_{\min} 分别为最大和最小变异率; t , t_{\max} 分别为迭代次数和最大迭代次数; R , R_{\max} 分别为父串间的欧氏距离和最大欧氏距离。

这种方法在群体中各个个体过分趋于一致时,会使变异的可能性增加,从而提高群体的多样性,增强算法维持搜索的能力;而在群体的多样性已经很强时,则减小变异率,以免破坏优良个体。这种方法同样能够保证在迭代初期,对劣质个体赋予较大的变异率,以造成足够的扰动,扩大解空间,而随着迭代次数的增加,该变异率逐步减小至一常量,从而保证平滑收敛。这是符

合优胜劣汰规律的;同时,为了防止发生局部收敛和出现随机搜索,在整个迭代过程中,将变异率控制在 $0.01\sim 0.45$ 之间^[6],即选取 $P_{\max}=0.45, P_{\min}=0.01$ 。

变异率分别随迭代次数和父串间距离变化的示意图见图1。

5 实例验证

为了验证改进的遗传算法是否有效,对多个例子进行了验算。现示出其中的1个如下。

设有这样一个数学问题: $\max f=x+y+z, s. t. 1\leq x\leq 20, 0<y, z<1$,且 x, y 均为实数。

对于该问题,可设定适应度函数为 $F=x+y+z$,收敛条件为 $F_{\max}\geq 21.9$,最大迭代次数为1000。分别采用简单遗传算法和本文改进的遗传算法进行了10次计算,结果如表2所示。

表2 简单遗传算法与改进遗传算法的计算结果比较

遗传算法(GA)	参数选取	收敛概率/%	平均迭代次数	平均收敛时间 ¹⁾ /s
简单遗传算法	$P_c=0.9, P_m=0.01$	70	783	35.82
改进初始解群的GA	$P_c=0.9, P_m=0.01$	100	516	23.89
改进交叉方式和变异率的GA	$P_c=0.9, P_{\max}=0.45, P_{\min}=0.01$	80	346	16.97
改进初始解群,选择、交叉和变异方式的GA	$P_c=0.9, P_{\max}=0.45, P_{\min}=0.01$	100	49	2.46

1)平均收敛时间是在同一机器上进行比较的。

针对简单遗传算法收敛速度慢、易陷入局部极小等缺陷,对遗传算法的各个环节做了改进。实例证明,改进的遗传算法的收敛速度和获得全局最优解的概率都有了很大的提高。

参 考 文 献

- 1 焦李成,保铮.进化计算与遗传算法——计算智能的新方向.系统工程与电子技术,1995(6):20~32
- 2 张晓绩,戴冠中,徐乃平.一种新的优化搜索算法——遗传算法.控制理论与应用,1992,12(3):265~272
- 3 席裕庚,柴天佑,恽为民.遗传算法综述.控制理论与应用,1996,13(12):697~708
- 4 Fogarty T C. Varying the probability of mutation in genetic algorithms. In: Proceedings of the 3th International Conference on Genetic Algorithms. Boc, 1989. 104~109
- 5 韩新阳.用改进的遗传算法进行输电网网架优化规划的研究:[学位论文].北京:中国农业大学,1996
- 6 Davis L. Adapting operator probabilities in genetic algorithms. In: Proceedings of the 3th International Conference on Genetic Algorithms. Boc, 1989. 61~69
- 7 恽为民.基于遗传的机器人运动规划:[学位论文].上海:上海交通大学,1995
- 8 Whitley D. Genitor II: A distributed genetic algorithms. J Expt Ther Intell, 1990(2):189~214
- 9 Scrivas M, Patanaik L M. Adaptive probabilities of crossover and mutation. IEEE Trans, SMC, 1994, 24(4):656~666

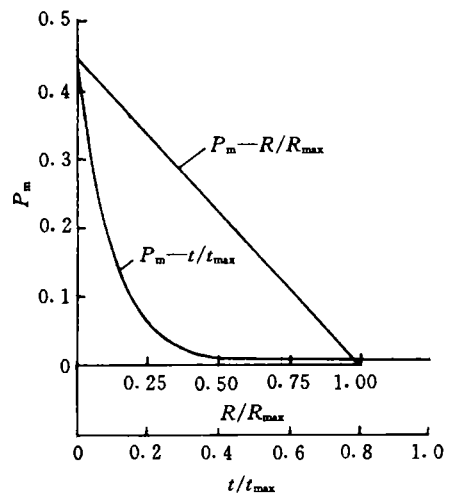


图1 变异率 P_m 与父串间相对距离 R/R_{\max} 和迭代率 t/t_{\max} 的关系