

基于网格法的遗传算法及其应用

高玉根^{1,2)} 王国彪¹⁾ 丁予展¹⁾

1)北京科技大学土木与环境工程学院,北京 100083 2)山东工程学院,淄博 255012

摘要 在基本的遗传算法(SGA)中,初始群体是随机产生的.为了增加个体的遍历性和多样性提出一种用网格法来产生遗传算法的初始群体,并对网格法的遗传算法的优化效率进行了定量的评价.同时与基本的遗传算法一起应用在DeJong的测试函数F1上便于进行对比.评价结果和实验结果表明网格法在提高遗传算法的优化效率上是可行的.

关键词 遗传算法;网格法;优化算法

分类号 TP 301.6

在遗传算法中,初始群体的遍历性和多样性有时对算法的性能起到关键性的影响^[1].若群体内缺乏足够的遍历性和多样性,会产生早熟现象,结果导致收敛过快;若增加群体的规模来保证遍历性和多样性,则会浪费掉过多计算机资源,结果导致计算时间过长.如何产生初始的群体一直是人们比较关注的问题之一.

在基本的遗传算法中,初始群体的产生采用随机法.当群体的规模小时,用随机法产生的个体有时距离比较近,个体不能均匀地遍布整个区域,影响遗传算法的性能,如计算速度不理想和提前收敛等问题.因此,为了使随机产生的个体达到所有状态的遍历和多样性,又不增加群体的规模.一般的解决方法是在随机法中引用Hamming距离,以此作为控制依据来产生初始群体^[2].最近有的学者提出用均匀设计的方法来初始化群体^[3],其目的是使产生的个体均匀地遍布整个区域,从而改善遗传算法的性能.

本文提出一种用网格法来产生初始的群体,其目的也是在不加大群体规模的基础上,增加个体的遍历性和多样性.同时也为提高遗传算法的搜索效率探索一条新的途径.

1 网格法的基本思想

在用遗传算法解决优化问题时,首先要确定问题的实际决策变量,每1个变量通常都有

自己的取值范围.网格法初始化群体的基本思想是:把每1个变量的取值范围均匀分割,形成了许多等宽度小区间的边界,所有变量的小区间的边界相互交叉,形成了许多网格,网格上的交叉点就是搜索空间的1个点;然后,再对每1个搜索空间的点进行编码,形成遗传算法的个体,这样构成了遗传算法的初始群体.现以二维空间为例,设决策变量分别为 x_1, x_2 , x_1 的取值范围为 $u_{1min} \leq x_1 \leq u_{1max}$; x_2 的取值范围为 $u_{2min} \leq x_2 \leq u_{2max}$.现把 x_1, x_2 分别均匀3等分,如图1所示,它的4条边界线相互交叉,形成16个网格点,这就是二维搜索空间的点.把这16个点编码成遗传空间的16个个体,这16个个体就形成了遗传算法的初始群体.

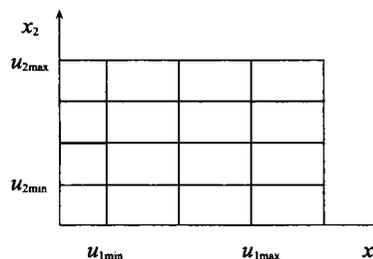


图1 网格法的示意图

Fig.1 Schematic diagram of grid

2 基于网格法的遗传算法的特点与性能

2.1 网格法的特点

为了使初始群体中的个体具有多样性和遍

收稿日期 2001-05-011 高玉根 男,37岁,副教授,博士

* 国家自然科学基金资助课题(No.59705010)

历性,引入 Hamming 距离的随机法和均匀设计法. 随机法的方法简单,产生初始个体容易,Hamming 准则基本保证初始群体的均匀性. 但它有一个缺点,就是相邻整数的二进制编码可能有较大的 Hamming 距离,这就是所谓的 Hamming 悬崖^[9],例如 15 和 16 的二进制表示为 01111 和 10000,算法要从 15 改进到 16 则必需改变所有的位. 这样产生的个体具有较好的多样性,但遍历性稍差,不能充满整个搜索空间,这将会降低遗传算子的搜索效率. 均匀设计法可以均匀布点整个初始群体,群体中的个体有较好的遍历性和多样性,但产生初始点时,为了达到“均匀分散”的目的,有时要借助均匀设计表. 网格法在产生初始点时,把整个搜索空间均匀等分,个体之间间隔均匀,能布满整个搜索空间,因此,也具有较好的遍历性和多样性. 另外,网格法和随机法一样,可以控制群体的规模.

2.2 网格法的收敛性分析

理论已证明了基本遗传算法收敛于最优解的概率小于 1. 显然,对于收敛概率小于 1 的算法,其应用可靠性就值得怀疑. 如果希望遗传算法保证收敛,就需要对基本遗传算法进行改进,如使用保留最佳个体策略. 在遗传算法的理论部分中^[9],已经证明了使用保留最佳个体策略的遗传算法总能够以概率等于 1 搜索到最优解. 基本的遗传算法采用的是二进制编码. 文献[6]认为实数编码遗传算法(FGA)的收敛性,实施最优个体保留策略是收敛性必要的前提保证,还给出了关于 FGA 2 个一般性的收敛条件,同时也指出了 FGA 的收敛性与初始群体的选择无关. 网格法只影响遗传算法初始群体的产生,因此,网格法只要采取最优个体保留策略和适当的遗传操作,就可以保证算法收敛.

2.3 网格法优化效率的定量评价

为了评价遗传算法的优化效率,DeJong^[7]曾提出用“在线性能”和“离线性能”作为评价准则,但这些评价准则适合于单次运行遗传算法时的优化效率评价,它只考虑了遗传算法的收敛速度特征,没有考虑多次运行时的收敛不稳定性特征. 要客观地评价遗传算法的优化效率,必须考虑其收敛不稳定性. 因此,本文采用文献[8]提出的用“平均截止代数”和“截止代数分布熵”2 个测度来衡量基于网格法的遗传算法的收敛速度和收敛不稳定性. 这些概念的定义和

以下公式中参数的含义请详细参阅文献[8].

平均截止代数的公式为:

$$T(S,\varepsilon) = \sum_{i=1}^M T'_i \cdot p_i \quad (1)$$

式中, S 代表一种策略; ε 表示计算精度; T' 表示将 T 中的不同元素按从小到大的顺序排列得到的集合; p_i 表示统计频率; M 表示 T' 集合中 T'_i 的个数.

截止代数分布熵(H)的公式为:

$$H(S,\varepsilon) = - \sum_{i=1}^M p_i \cdot \ln(p_i) / \ln(M) \quad (2)$$

其中, M 和 p_i 的含义同上;截止代数分布熵表示截止代数分布的均匀程度.

将 $T(S,\varepsilon)$ 和 $H(S,\varepsilon)$ 集成为一个平面测度 (T,H) ,用来作为综合评价准则,则在不同方法下对应平面 (T,H) 上的不同点,离原点愈近的点,其对应方法的优化效率愈高.

本文将网格法和随机法作对比,用 $T(S,\varepsilon)$ 和 $H(S,\varepsilon)$ 来评价网格法的优化效率,现采用如下函数优化为例:

$$\begin{aligned} \max \quad & f(x_1, x_2) = 100 - x_1^2 - (x_2 - 5)^2 \quad (3) \\ \text{s. t.} \quad & -3 \leq x_1 \leq 3; \\ & 2 \leq x_2 \leq 8. \end{aligned}$$

这 2 种方法都采用实数编码、最优个体保留、赌轮比例选择、一点交叉、均匀变异的方式,控制参数为:群体规模=30;计算精度 $\varepsilon=10^{-4}$;阈值代数=50;终止代数=50;交叉概率 $p_c=0.60\sim 0.85$;变异概率 $p_m=0.1\sim 0.3$. 所不同的只有初始群体的产生方式不同. 在交叉概率和变异概率的取值范围中,网格法和随机法各独立运行 200 次,获得的平均截止代数和截止代数分布熵如图 2 所示. 从图 2 中可以看出,网格法的优化效率要稍好于随机法.

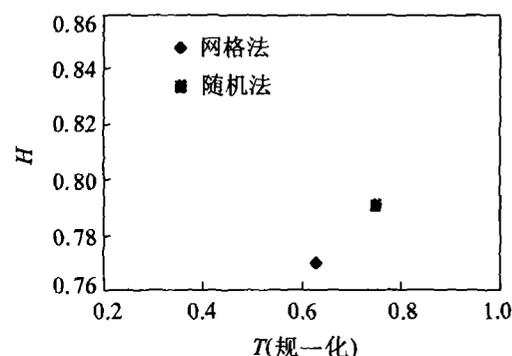


图 2 网格法和随机法优化效率的比较

Fig.2 Comparison between grid and randomization optimal efficiency

3 基于网格法遗传算法的实现步骤

3.1 初始群体的形成

设决策变量分别为 x_1, x_2, \dots, x_n , 将这些变量等分为 m_1, m_2, \dots, m_n , 则群体的规模为 $(m_1+1) \times (m_2+1) \times \dots \times (m_n+1)$, 由网格法来确定搜索空间的每一个点.

3.2 个体的编码

将搜索空间的每1个点编码成遗传算法的个体(即染色体), 例如将1个空间点的1个变量编码为二进制串 $\langle b_l b_{l-1} \dots b_0 \rangle$, 则将二进制串按下式转换为1个十进制整数:

$$x' = \sum_{i=0}^l b_i \cdot 2^i \quad i=0, \dots, l \quad (4)$$

按下式计算这个变量 x 的值:

$$x = u_{\min} + x' \cdot \frac{u_{\max} - u_{\min}}{2^l - 1} \quad (5)$$

式中, l 为二进制串长; $[u_{\min}, u_{\max}]$ 为变量的取值范围. 将这1个空间点的所有分变量对应的二进制串有序的排列起来, 这就编码成一个染色体(即1个体). 若采用实码编制, 则直接将点作为染色体.

3.3 遗传操作

(1) 赌盘选择法^[9]. 记 $f_i, \Sigma f_i$ 分别为群体中个体适应度和群体适应度的总和, 则个体的选择概率为 $p_i = f_i / \Sigma f_i, i = 1, 2, \dots, n$. 然后计算各个体对应的累积概率 $q_k = \sum_{i=1}^k p_i; k = 1, 2, \dots, n$. 用产生 $[0, 1]$ 之间的伪随机数 r 和累积概率 q_k 来选择群体中的那1个个体进入下一代.

(2) 交叉操作. 设定交叉率 p_c 为定值, 随机地产生对应群体中每一个个体的伪随机数 r , 选择 $r < p_c$ 的所有个体来进行交叉. 交叉可以选择一点交叉、两点交叉、均匀交叉等交叉方式^[10].

(3) 变异操作. 变异以等于变异率的概率改变一个或几个基因. 把群体中的所有个体进行排队, 对队列中的每一个基因进行顺序地编成位号, 随机地产生对应每一个基因位号的伪随机数. 设定变异率 p_m 为定值, 当 $r < p_m$ 时, 对应的基因进行变异. 变异有均匀性变异、正态性变异、非一致性变异等^[4].

3.4 终止判据^[11]

目前, 遗传算法终止条件的判据主要有以下几个种:(1)判断遗传算法进化是否达到了预定的最大代数;(2)遗传算法是否找到了较优的个体, 即问题的较优解;(3)个体的适应值是否已趋于稳定, 而无改进.

4 应用实例

为了验证基于网格法的遗传算法的有效性, 选择了DeJong的测试函数F1进行函数优化, 并与SGA进行对比. 设定群体的规模 $pop_size=64$, 交叉率 $p_c=0.8$, 变异率 $p_m=0.2$, 终止代数=1000. 2种方法都采用实码编制. 另外, 两个方法也都采用了杰出个体保护法^[12], 也就是说, 程序中在初始化群体上不同外, 遗传算法的遗传算子、控制和运行参数都相同. 2种算法的运行结果如表1所示, 从表中可以看出, 2种方法都趋于收敛, 网格法在第712代时获得的适应值, SGA则在第967代时才达到, 表明网格法的收敛速度比SGA稍微快.

表1 2种算法运算结果

Table 1 Fitness of SGA and Grid running on DeJong Function F1

算法	1	2	3	50	100	150
SGA	60.460	5.473	3.133	0.548	0.394	0.218
Grid	78.336	3.830	3.059	0.328	0.227	0.123
算法	250	400	500	712	967	
SGA	0.218	0.207	0.086	0.011	0.001	
Gird	0.067	0.067	0.067	0.001	0.0007	

5 结论

本文提出的用网格法来构成遗传算法的初始群体, 并对其算法的优化效率进行了定量评价, 最后将它和基本的遗传算法(SGA)一起应用到DeJong的测试函数F1上, 评价结果和实验结果表明, 该方法用于改进遗传算法时, 可以加快收敛的速度, 提高优化效率, 该方法是可行的.

参考文献

- 1 米凯利维茨Z, 周家驹, 何险峰译. 演化程序—遗传算法和数据编码的结合[M]. 北京: 科学出版社, 2000
- 2 郭立新, 李成植, 郑文利, 等. 遗传算法在机械优化设计中的应用[J]. 机械设计与制造, 1999(1): 43
- 3 高齐圣, 潘德惠. 基于均匀设计的遗传算法及其应用[J]. 信息与控制, 1999, 28(3): 236
- 4 潘正君, 康立山, 陈毓屏. 演化计算[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998
- 5 Rudolph G. Convergence Analysis of Canonical Genetic Algorithms[J]. IEEE Trans on Neural Network, 1994, 5(1): 86
- 6 林丹, 李敏强, 寇纪淞. 基于实数编码的遗传算法的收敛性研究[J]. 计算机研究与发展, 2000, 37(11):

- 1321
- 7 DeJong K A. Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive Systems[D]: [Ph D thesis]. Ann Arbor: Univ Michigan, 1975
- 8 孙瑞祥, 屈梁生. 遗传算法优化效率的定量评价[J]. 自动化学报, 2000, 26(4): 552
- 9 Goldberg D E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning[M]. Addison Wesley: Reading MA, 1989
- 10 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999
- 11 张学良, 黄玉美. 遗传算法及其在机械工程中的应用[J]. 机械科学与技术, 1997, 16(1): 46, 47
- 12 Pham D T, Karaboga D. Optimum Design of Fuzzy Logic Controllers Using Genetic Algorithms[J]. J Sys Eng, 1991 (1): 114

Genetic Algorithms Based on Grid and Its Application

GAO Yugen^{1,2)}, WANG Guobiao¹⁾, DING Yuzhan¹⁾

1) Civil and Environment Engineering School, UST Beijing, Beijing 100083, China 2) Shandong Institute of Technology, Zibo 255012, China

ABSTRACT In Simple Genetic Algorithms(SGA), chromosomes are produced at random. In order to increase the popularity and diversity of individuals, a new genetic algorithms which produces chromosomes with grid is proposed, and its optimization efficiency is evaluated quantitatively. For comparison with SGA, the DeJong Function F1 is used an example. Both results show that the new genetic algorithms with grid is valid for improving the optimal efficiency of genetic algorithms.

KEY WORD genetic algorithms; grid; optimization algorithm

Correlations Based on CFD and Their Applications in Optimization for Staggered and Parallel Plate Fin Heatsinks

Jing Yang¹⁾, Denpong Soodphakdee²⁾, Masud Behnia²⁾

1) Mechanical Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China
2) School of Mechanical and Manufacturing Engineering, The University of New South Wales, Sydney 2052, Australia

Abstract: Both parallel and staggered plate fin arrays have shown promise for use in high performance heat-sinks regard of its individual manufacturing costs. The geometrical and operational parameters are very important to their cooling performance as heatsinks in practical applications. Fluent 5.0 commercial CFD (computational fluid dynamic) code is used to simulate the flow and heat transfer of those heatsinks of different realistic parameters. Based on those simulations, two correlations, concerning Nusselt number and friction factor as the functions of geometrical and operational parameters, FB (fin-base area ratio), PR' (ratio of span-wise pitch to lengthwise pitch) and Re , were developed. From the both, the performance comparisons for optimizing geometrical and operational parameters of a fixed dimension heatsink are shown at constant pumping power and constant thermal resistance. Several optimized parameters were obtained with the discussion to various goals in real application. It demonstrates that in some particular situations, the parallel plate fin heat-sinks can out perform the staggered ones.

Key words: fin heatsink; electronic cooling; CFD; optimization

[*Journal of University Science and Technology Beijing(English Edition)*2002,9(1):25]