

遗传算法的应用举例

王春水¹, 肖学柱², 陈汉明²

(1. 武汉大学动力与机械学院, 湖北 武汉 430072; 2. 苏州热工研究院, 江苏 苏州 215004)

摘要:遗传算法作为一种通用、高效的优化算法,已应用到工程计算的各个领域。该文首先简要阐述了遗传算法的基本原理和其操作步骤。同时为了验证其全局的寻优能力,采用 MATLAB 语言编制程序实现遗传算法对数值优化和旅行商问题的求解,需要说明的是这两类问题的程序编制和求解分别依赖于不同的已有遗传算法工具箱。为了便于说明遗传算法的优越性,分别将对数值优化和旅行商问题的计算结果与用局域搜索法和模拟退火得出的优化结果进行比较。比较结果表明,对于数值优化问题,遗传算法比局域搜索法具有更佳的寻优能力;对于旅行商问题的求解也能得到满意的结果。

关键词:遗传算法;数值优化;局域搜索法;旅行商问题

中图分类号:TP273+.1 **文献标识码:**A

Examples for the Application of Genetic Algorithm

WANG Chun-shui¹, XIAO Xue-zhu², CHEN Han-ming²

(1. College of Power and Mechanical Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei 430072, China;

2. Suzhou Nuclear Research Institute, Suzhou Jiangsu 215004, China)

ABSTRACT: As a general and high efficient optimization algorithm, genetic algorithm has already been used in all realms of engineering calculation. Firstly, the principle and procedure of genetic algorithm are presented simply in this paper. At the same time, in order to verify its capacity for global optimization, the program compiled by MATLAB language can realize the running of genetic algorithm to solve the problems of numerical optimization and traveling salesman. We should notice that the program and the solution of these two problems depend on different established genetic algorithm toolbox. For the convenience of explaining the advantage of genetic algorithm, we compared the results of numerical optimization and traveling salesman using genetic algorithm with the ones using local search strategy and simulated annealing. The results show that genetic algorithm has better optimization capacity than that of local search strategy, and for traveling salesman problem we also can acquire satisfactory result.

KEYWORDS: Genetic algorithm; Numerical optimization; Local search strategy; Traveling salesman problem

1 遗传算法的基本原理

遗传算法(GA)是基于“适者生存”的一种高度并行、随机和自适应的优化算法,它将问题的求解表示成“染色体”的适者生存过程,通过“染色体”群的一代代不断进化,包括复制、交叉和变异等操作,最终收敛到“最适应环境”的个体,从而求得问题的最优解或满意解^[1]。其中选择、交叉和变异是遗传算法的三个主要操作算子。具体操作步骤^[2]如下:

1) 在一定编码方案下,随机产生一个初始种群;

2) 用相应的解码方法将编码后的个体转换成问题空间的决策变量,并求个体的适应值;

3) 按照个体适应值的大小,从种群中选出适应值较大的一些个体构成交配池;

4) 由交叉和变异这两个遗传算子对交配池中的个体进行操作,并形成新一代的种群;

5) 反复执行步骤2)~4),直至满足收敛判据为止。

GA是一种通用的优化算法,其编码技术和遗传操作比较简单,优化不受限制性条件的约束,其搜索过程是从问题解的一个集合开始的,而不是从单个个体开始的,具有隐含并行搜索特性,也就大大减小了陷入局部极小值的可能。正是由于其具有以上突出的优点,遗传算法几乎渗透到从工程到社会科学的各个领域。为了验证遗传算法的全局寻优能力,本文将运用基于 MATLAB 编制的遗传算法来求解数值优化和旅行商问题。

收稿日期:2003-11-20

2 解决数值优化问题

2.1 函数说明及程序编制

大多数工程实际中的最优化问题都可以用数学模型加以表示,因此对数学模型的数值优化具有现实意义。本例采用的遗传算法的主程序 *gasim.m*^[3] 由 Juha Haataja 编制。它是借助于 MATLAB 语言实现的。其中主程序中包含了遗传算法的三个主要操作算子(选择、交叉和变异)的实现。编码采用实数编码方式。在具体运用中,只要用户输入种群大小(*npop*)、变量个数(*nvar*)、进化最大代数(*genNr*)、交叉率(*crossProb*)、变异率(*mutProb*)等参数就可以开始运行。

为了测试基于 MATLAB 编制的遗传算法对数值优化的全局寻优能力,同时编制了局域搜索法程序以便加以比较。考虑二维 Griewank 性能测试函数:

$$f(x) = ((x_1 - 100)^2 + (x_2 - 100)^2)/4000 - \cos(x_1 - 100) * \cos((x_2 - 100)/\sqrt{2}) + 1 \quad x_1, x_2 \in [-500, 500]$$

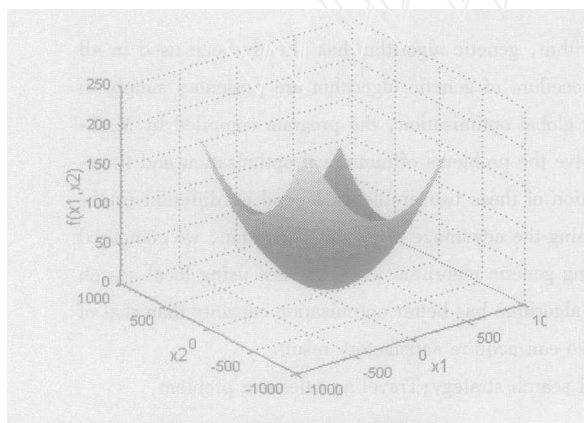


图1 二维 Griewank 函数图形

其最优解 $x^*(100 \ 100)$, 最优值 $f(x) = 0$ 。函数图形如图2所示。

程序编制步骤如下:

- 1) 首先编制目标函数文件 *griewank.m*;
- 2) 调用主程序 *gasim.m* 进行遗传算法运算;
- 3) 编制局域搜索法程序,以便进行比较。

2.2 优化结果与比较

图2~5为遗传算法的结果示意图。其中图2表示在所有运行次数($n=100$)中,最终种群为最好结

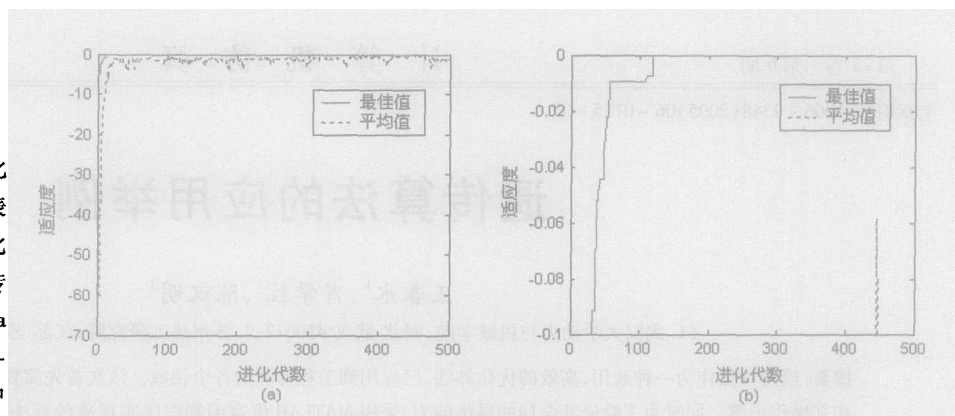


图2 最好情况下,最佳个体适应度与平均适应度随进化代数变化示意图

(a) 适应度在 $[-70 \ 0]$

(b) 适应度在 $[-0.1 \ 0]$

果时,其最佳个体的适应度与平均适应度随进化代数变化的情况;图4则用立体图表示了这一情况,其中(a)图表示初始种群中个体的分布情况,(b)图则为最终种群的个体分布情况。而图3和图5分别对应于图2和图4,表示最终种群为最差时的示意图。

如果分析图2(a)和图3(a),很难看出最好情况和最差情况下,其是否分别已经达到最优值(0)。为了分析方便,做出了图2(a)和图3(a)的局部图,如图2(b)和图3(b)所示。从中可以清楚地看出在最好情况下(图2、4),在大约第120代时就已找到了全局最优值;而对于最差情况下(图3、5),经过500次遗传迭代后,其能达到的最优函数值接近0.01,与实际最优函数值0不等,因此在最差情况下未能找到全局最优值。但最后运行结果显示,遗传算法的寻优成功率为72%(即在运行100次中有72次能找到函数的全局最优值),因而其可信度还是非常高的。可以想象,如果增加每一次运行时的最大进化代数(*genNr*),成功率还会更大,但所需时间也会更长。表1列出了遗传算法和局域搜索法对二维 Griewank 函数进行优化计算的性能比较表。

表1 遗传算法和局域搜索法对 Griewank 函数进行优化计算的性能比较表

	所能达到的最优函数值	成功率, %	耗时, s
遗传算法	$3.01e-8$	72	408.968
局域搜索法	$1.7e-2$	0	677.965

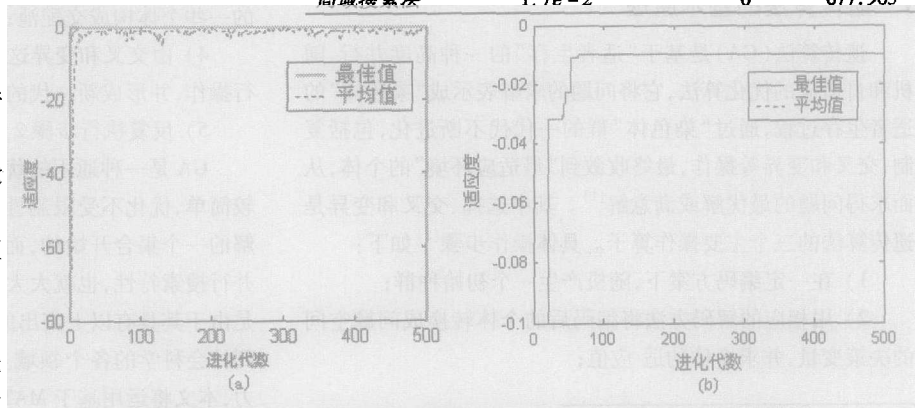


图3 最差情况下,最佳个体适应度与平均适应度随进化代数变化示意图

(a) 适应度在 $[-80 \ 0]$

(b) 适应度在 $[-0.1 \ 0]$

从表1可以看出,在寻优方面,遗传算法所能达到的最优函数值比局域搜索法高出近6个数量级;成功率也高出很多;而且耗时更少。因此,对于数值优化问题,遗传算法要比局域搜索法具有更佳优化性能。

大。这类问题的求解已经成为了一种衡量算法优劣的标准。下面运用 MATLAB 编制的另外一个遗传算法工具箱 GAOT^[4]对中国31个直辖市和省会城市的 TSP 问题进行求解。其中城市相对坐标引自文献[5]。

程序编制步骤如下:

- 1) 首先编制目标函数文件 tspEval.m;
- 2) 调用主程序 ga.m 进行遗传算法运算。

经过2000次遗传迭代后,其找到的最优路径(长15607km)如图7所示。图8是中国31个城市 TSP 问题的目前最好解(长15404km),它是通过复杂的改进模拟退火算法花费很长运算时间得到的^[5,6]。与之相比较,遗传算法实现简单,运算时间短,效果相差不多。

4 结束语

借助两个已有遗传算法工具箱,采用 MATLAB 语言编制程序来求解数值优化问题和 TSP 问题。结果显示遗传算法具有优良的全局寻优能力,是解决数值优化和组合优化等问题的可靠方法。

参考文献:

- [1] 王凌. 智能化算法及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2001.
- [2] 韩峰样,文福栓. 模拟进化优化方法及其应用——遗传算法[J]. 计算机科学,1995,22(2):47-56.
- [3] Juha Haataja. Using Genetic Algorithms for Optimization: Technology Transfer in Action[M]. EUROGEN99 Short Course in Jyväskylä, 1999.
- [4] C R Houck, J Joines, M Kay. A genetic algorithm for function optimization: A Matlab implementation[J]. ACM Transactions on Mathematical Software, 1996.
- [5] 康立山,谢云,尤矢勇,罗祖华. 模拟退火算法[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [6] 冯春,李柏林. 解 TSP 的有序遗传算法[J]. 西南交通大学学报,1997,32(5):528-533.

[作者简介]

王春水(1978-),男(汉族),江苏泰兴人,硕士研究生,研究方向:计算机辅助高温合金设计。

肖学柱(1976-),男(汉族),江西萍乡人,硕士,助工,主要从事电



站锅炉无损检测的研究。

陈汉明(1977-),男(汉族),湖北大冶人,硕士,助工,主要从事电厂金属监督及寿命评估。

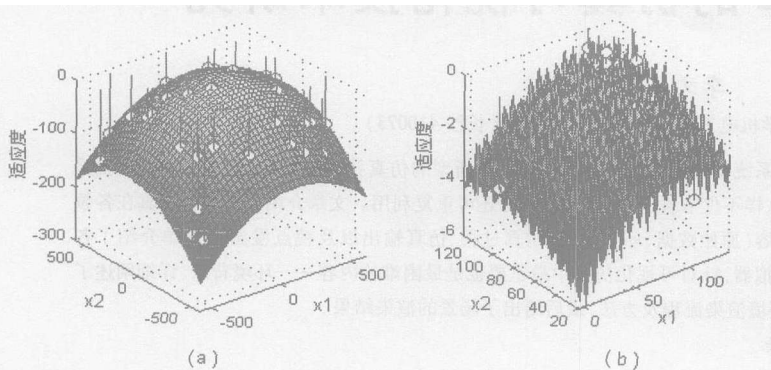


图4 最好情况下个体分布

(a) 初始种群 (b) 最终种群

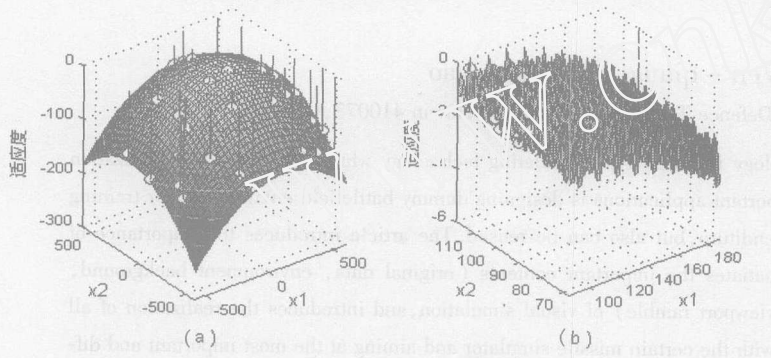


图5 最差情况下个体分布

(a) 初始种群 (b) 最终种群

3 求解旅行商(TSP)问题

旅行商问题是经典的组合优化问题之一,它属于 NP 完全问题。给定一组 n 个城市和它们两两之间的直达距离,寻找一条闭合的旅程,使得每个城市刚好经过一次且总的旅行距离最短。对于 TSP 问题,所有的旅程路线组合数为 $(n-1)!$,也就是说 TSP 搜索空间随着城市数 n 的增加在增

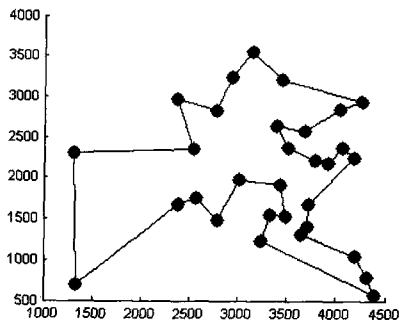


图7 遗传算法得到的最优路径

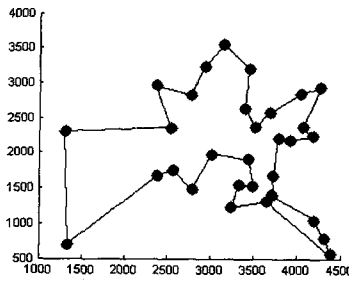


图8 目前已知的最优路径