

基于 Matlab遗传算法工具箱 的函数优化问题求解

周琛琛

(安徽大学计算机学院, 合肥 230039)

摘 要: 介绍了遗传算法的基本原理和求解流程, 详细阐述了 Matlab 遗传算法工具箱的使用方法, 并通过使用遗传算法工具箱对一个典型的函数优化问题进行求解, 验证了该工具箱在解决函数优化问题上的有效性和实用性。

关键词: 遗传算法; 函数优化; Matlab

引 言

遗传算法 (Genetic Algorithm) 是建立在自然选择和群体遗传学基础上的一种非数值计算优化方法。遗传算法作为一种实用、高效、鲁棒性强的优化技术, 广泛地应用于函数优化、机器学习、自动控制、图像处理以及人工智能领域。Matlab 是 MathWorks 公司推出的一套高性能的数值计算可视化软件, 它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体, 构成了一个方便的、界面友好的用户环境。遗传算法工具箱使用 Matlab 矩阵函数, 为实现广泛的遗传算法应用建立了一套通用的工具, 这个工具是使用 M 文件编写的命令行函数, 是实现遗传算法大部分重要功能的程序的集合。用户可以根据实际需要, 通过调用这些命令行函数编写出功能强大的遗传算法程序。

1 遗传算法

遗传算法将问题的解表示成字符串, 并把这样的字符串当作人工染色体或称为个体, 多个个体构成一个种群, 随机产生若干个个体构成初始种群, 通过对种群的不断进化, 利用“优胜劣汰”的自然选择机制, 使种群中的个体不断朝着最优解的方向移动, 最终搜索到问题的最优解。

遗传算法的基本流程如图 1 所示。算法的主要运算过程如下:

编码: 在用遗传算法求解问题时, 首先遇到的是编码问题。将问题的解以适合于遗传算法求解的形式进行编码, 称为遗传算法的表示。而交叉、变异等操

作与编码的形式有关, 因此在进行编码时要考虑到交叉和变异问题。最简单的编码方式是二进制编码, 此外, 编码的方式还有整数编码、实数编码、树编码等。

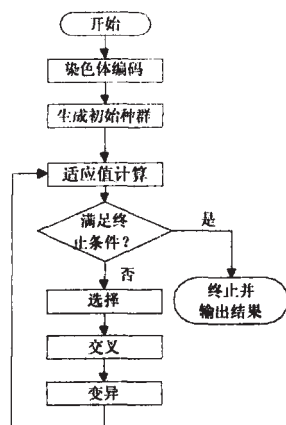


图 1 遗传算法流程图

初始种群的生成: 产生初始种群是在求解之前, 在解的备选空间中选择若干个体组成初始种群, 通常产生初始种群采用的是随机法。

适应度评价: 根据生物进化“适者生存”的原则, 需要对每个个体适应环境的能力进行刻画, 从而引入适应度。适应度是遗传算法在群体进化过程中用到的唯一的信息, 它为字符串如何进行复制给出了定量的描述。适应度函数通过计算个体的适应值, 来比较个体的适应度。适应度函数分为无约束条件的适应度函数和有约束条件的适应度函数。

选择: 种群中的个体在进行交叉之前, 要进行选择。选择的目的是获得较优的个体作为父代, 进行下一步的交叉。选择的依据是个体的适应度, 适应度值高的个体被选中的可能性大, 适应度低的个体被选中的概率小。适应度高的个体可能被多次复制, 而适应度低的个体可能一次也未选中。选择算子有时也叫复制算子。常用的选择方法是适应度比例法, 也叫轮盘赌法, 它的基本原则是按照个体的适应度大小比例进行选择。

交叉: 交叉也称为交配, 即将两个父代个体的编码串的部分基因进行交换, 产生新的个体。交叉算子是种群遗传算法中的重要算子, 是种群产生新个体的主要手段。对于二进制编码, 具体实施交叉的方法有单点交叉、两点交叉、多点交叉、一致交叉等。对于实数编码, 交叉的方法有离散重组、中间重组、线性重组等。

变异: 变异操作首先在种群中随机选择一个个体, 对于选中的个体按照一定的概率随机改变串结构中的某个值, 即对种群中的每一个个体, 以某一概率改变某一个或某一些基因座上的值为其他的基因。同生物界一样, 遗传算法中发生变异的概率很低。变异操作作为新个体的产生提供了机会。

终止条件判断: 终止条件判断是指在什么情况下认为算法找到了最优解, 从而可以终止算法。由于通常使用遗传算法解决具体问题时, 并不知道问题的最优解是什么, 也不知道其最优解的目标函数值, 因而需要通过算法终止, 并获得最优解。

2 Matlab 遗传算法工具箱

Matlab7.0 中包含一个专门设计的遗传算法与直接搜索工具箱 (Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox)。使用该工具箱可以扩展优化工具箱在处理优化问题方面的能力, 可以处理传统优化技术难以解决的问题, 包括难以定义或不方便数学建模的问题, 还可以解决目标函数复杂的问题, 比如目标函数不连续或具有高度的非线性、随机性以及目标函数不可微的情况。

GADS 工具箱中遗传算法的主函数为:

```
[x fval] = ga(@fitnessfcn, nvars, options)
```

其中, 输出参数:

x: 返回的最终点;

fval: 适应度函数在 x 点的值。

输入参数:

@fitnessfun: 计算适应度函数的 M 文件的函数

句柄;

nvars: 适应度函数中变量个数;

options: 参数结构体。

输入参数结构体 options 具有缺省值, 可以利用缺省参数运行遗传算法, 调用语句如下:

```
[x fval] = ga(@fitnessfcn, nvars)
```

每一个参数的值都存放在参数结构体 options 中, 例如 options.Populationsize 在结构体中的缺省值为 20, 如果需要设置 Populationsize 的值等于 100, 可以通过下面的语句进行修改:

```
options = gaoptimset('PopulationSize', 100)
```

这样, 参数 Populationsize 的值为 100, 其他参数的值为缺省值或当前值。这时, 再输入:

```
ga(@fitnessfun, nvars, options)
```

函数 ga 将以种群中个体为 100 运行遗传算法。

为了得到遗传算法更多的输出结果, 可以使用下面的语句调用 ga:

```
[x fval reason output population scores] = ga(@fitnessfcn, nvars)
```

除了 x 和 fval 之外增加了四个输出变量:

reason: 算法停止的原因;

output: 算法每一代的性能;

population: 最后种群;

scores: 最后得分值。

3 优化实例

具有两个独立变量的 Rastrigin 函数定义为:

$$Ras(x) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$$

Rastrigin 函数具有许多局部最小值。然而, 该函数只有一个全局最小值, 出现在 [0,0] 点处, 函数在该点的值为 0, Rastrigin 函数的值均大于 0。局部最小点距离原点越远, 该点的函数值越大。Rastrigin 函数是最常用于遗传算法测试的函数之一, 因为它有许多局部最小点, 使得使用标准的、基于梯度的查找全局最小值的方法十分困难。

问题: 求 Rastrigin 函数的最小值, 其中 $-5 \leq x_1 \leq 5$, $-5 \leq x_2 \leq 5$ 。参数设置: 种群大小=25, 交叉率=0.85, 变异率=0.15, 最大代数=50, 其他参数使用缺省值。

编写 Rastrigin 函数的 M 文件 rastrigin.m:

```
function z = rastrigin(x)
```

```
z = 20 + x(1)^2 + x(2)^2 - 10 * (cos(2 * pi * x(1)) + cos(2 * pi * x(2)));
```

设置参数和调用遗传算法的程序主体部分如下:

```
fitnessFunction = @ rastrigin;  
nvars = 2 ;  
options = gaoptim set;  
options = gaoptim set(options, PopulationSize', 25);  
options = gaoptim set(options, Pop Init Range', [-5 ; 5 ]);  
options = gaoptim set(options, CrossoverFraction', 0.85);  
options = gaoptim set(options, MigrationFraction', 0.15);  
options = gaoptim set(options, Generations', 50);  
[X ,FVAL]= ga(fitnessFunction,nvars,options);
```

程序运行返回结果为: X=[0.00809,0.00155], Fval=0.01344728697355535。50次迭代过程中最佳适应度变化如图2所示,图3所示的是迭代过程中种群的平均适应度的变化。由实验结果可以看出,使用 Matlab 遗传算法工具箱求解函数优化问题,函数可以有效地收敛到全局最优点,并且具有收敛速度快和结果直观的特点。

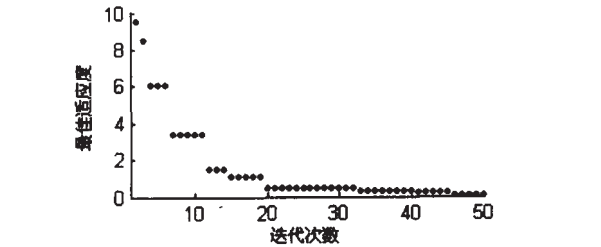


图2 最佳适应度变化

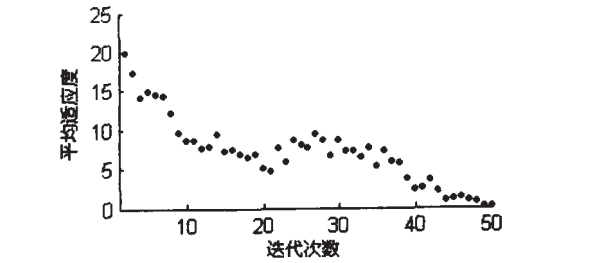


图3 平均适应度变化

结 语

遗传算法具有通用性、智能性、鲁棒性、全局性和并行性的特点,函数数值优化是遗传算法最常应用的领域之一。本文在 Matlab 环境下使用遗传算法工具箱对 Rastrigin 函数进行优化,实验结果表明对于函数的寻优问题,遗传算法不仅不会陷入局部最优点,而且具有较快的收敛速度和较高的收敛精度。

参考文献

[1]王小平,曹立明. 遗传算法—理论、应用与软件实现. 西安: 西安交通大学出版社, 2002
[2]雷英杰,张善文等. Matlab 遗传算法工具箱及应用. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005
[3]飞思科技产品研发中心. Matlab7 基础与提高. 北京:电子工业出版社, 2005
[4]王未然. Matlab 与科学计算. 北京:电子工业出版社, 2004

(收稿日期: 2006- 10- 20)

Function Optimization based on Matlab Genetic Algorithm Toolbox

ZHOU Chen- chen

(College of Computer Science, Anhui University, Hefei 230039 China)

Abstract: The principle and the solving procedure of the genetic algorithm are presented, and a Matlab genetic algorithm toolbox is expatiated. Then, a typical simulation example about function optimization problem is given to verify the toolbox' s efficiency and practicability.

Key words: Genetic Algorithm; Matlab; Function Optimization

现代计算机(总第二四九期)