

文章编号: 2096-1472(2017)-01-37-03

# Matlab遗传算法工具箱在约束非线性惩罚函数中的应用

袁明珠

(江苏省生产力促进中心, 江苏 南京 210000)

**摘要:**以遗传算法原理和方法为基础, 简要介绍其工具箱在Matlab中的两种调用方式。在惩罚函数的基础上应用遗传算法工具箱解决约束非线性规划问题。比较最佳适应度及最佳个体与传统数值计算方法的误差, 得出遗传算法在该类问题上可以跳出局部最优解, 且收敛速度快, 编写方式灵活的结论。为工程领域的推广及普及应用提供参考依据。

**关键词:**遗传算法; 约束非线性规划; 惩罚函数; 图形用户

**中图分类号:** TP301 **文献标识码:** A

## Application of the MATLAB Genetic Algorithm Toolbox in Constrained Nonlinear Penalty Functions

YUAN Mingzhu

(Productivity Centre of Jiangsu Province, Nanjing 210000, China)

**Abstract:**Based on the principles and methods of the genetic algorithm the paper briefly introduces two kinds of toolbox methods in Matlab. The genetic algorithm toolbox is applied to solve constrained nonlinear programming problems based on penalty functions. The optimal fitness and the errors between the best individual and the traditional numerical method are compared. It is concluded that the genetic algorithms can jump out of the local optimal solutions with high convergence rates and flexible writing methods. This study provides reference to promote and generalize its application in the engineering field.

**Keywords:**genetic algorithms; constrained nonlinear programming; penalty functions; graphical user

### 1 引言(Introduction)

让机器掌握随机优化与搜索的方法, 是人类一直努力的目标。遗传算法正是遵循达尔文“优胜劣汰、适者生存”的原理衍生而来的一种自适应全局搜索概率优化算法。最早由20世纪60年代美国Holland教授提出, 70年代De Jong在计算机上进行了函数计算实验。80年代Goldberg进行归纳总结, 形成了遗传算法的基本框架<sup>[1-3]</sup>。

解决非线性规划问题最常见使用的数值解法是迭代法。然而对于非线性规划问题, 即使约束都是线性的, 最优解也不一定在顶点<sup>[4]</sup>。当梯度迭代不能继续进行, 也就停止了对最优解的寻找。惩罚函数法根据约束的特点构造某种“惩罚”项, 然后把它加到目标函数中去, 使得约束问题的求解, 转化为一组无约束问题的求解<sup>[5-7]</sup>。

### 2 遗传算法基本原理与方法 (Basic principles and methods of genetic)

#### 2.1 编码

遗传算法设计首先要进行编码, 将需要解决的实际问题从建模空间转化到编程空间, 反之称为解码或者译码。目前

较为实用的编码方式有二进制编码、格雷码、浮点数编码、符号编码、多参数级联编码和多参数交叉编码方法<sup>[6]</sup>。

#### 2.2 遗传算法流程图

遗传算法基本流程图如图1所示。

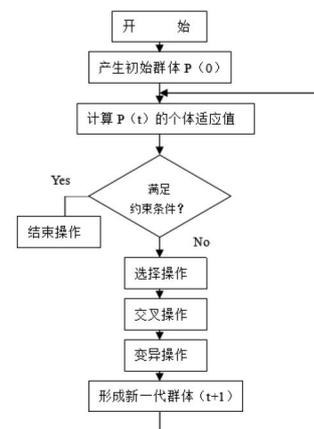


图1 遗传算法操作流程

Fig.1 Genetic algorithm operation flow chart

### 3 Matlab遗传算法工具箱(GAOT)

最新发布的Matlab版本包含一个专门设计的遗传算法工

工具箱，有一个精心设计的图形用户界面(GUI)，可以方便用户直接、快速地求解最优化问题。本文在Windows VistaTM Home Basic操作系统，Intel(R)Core(TM)2 Duo CPU T5550 @1.83GHz，1.83GHz处理器下运行遗传算法工具箱。以命令行方式调用遗传算法函数ga<sup>[6-9]</sup>。其语法为[x, fval, reason]=ga(@fitnessfun, nvars, options)

### 4 实例应用(Example application)

通过构造惩罚函数，迫使这一系列无约束问题的极小点直到收敛于原约束问题的极小点<sup>[6]</sup>。惩罚函数分为外部惩罚函数法(外点法)，内部惩罚函数法(内点法)以及乘子法。

#### 4.1 外点法的实现

首先引入外点法数值解模型<sup>[2]</sup>。考虑一般约束最优化问题  $\min f(x), s. t. g_i(x) \leq 0, i=1, \dots, m, h_j(x)=0, j=1, \dots, l$ 。

定义辅助函数

$$F(x, \sigma) = f(x) + \sigma P(x),$$

其中，P(x)可取如下形式

$$P(x) = \sum_{i=1}^m [\max\{0, -g_i(x)\}]^\alpha + \sum_{j=1}^l |h_j(x)|^\beta$$

其中  $\alpha, \beta \geq 1$  均为常数，通常取  $\alpha = \beta = 2$ 。

这样，把约束问题转化为无约束问题

$$\min F(x, \sigma) \xrightarrow{def} f(x) + \sigma P(x)$$

其中  $\sigma$  是很大的正数，通常将  $\sigma P(x)$  称为惩罚项， $\sigma$  称为惩罚因子，F(x,  $\sigma$ ) 称为惩罚函数。在引入数值解模型后，使用Matlab工具箱求解。考虑如下问题：

$$\min f(x) = (x_1 - 1)^2 + x_2^2, s. t. g(x) = x_2 \geq 1$$

定义惩罚函数

$$F(x, \sigma) = (x_1 - 1)^2 + x_2^2 + \sigma [\max\{0, -(x_2 - 1)\}]^2$$

采用GAOT编程计算步骤如下：

(1) 编制目标函数文件waidian.m

```
function z=waidian(x);
f=(x(1)-1)^2+x(2)^2;g=x(2)-1; %约束条件
if(g>=0); %处理约束条件 z=f;
else z=100;
end
```

(2) 使用遗传算法工具GUI

在Matlab命令窗口输入gatool，在“Fitness function(适应度函数)”文本框中输入“@waidian”，在“Number of variables(变量个数)”文本框中设为“2”，在“Plots(输出图形)”复选“Best fitness(最佳适应度)”及“Best individual(最佳个体)”项。在“Run solver(运行求解器)”窗口中单击“Start”按钮。运行界面及结果如图2所示。

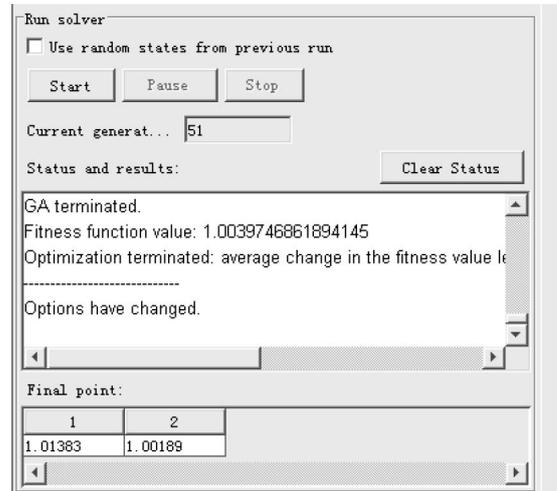


图2 外点法运行结果

Fig.2 Outside point operation result

结果表明，“Current generation(当前代数)”为“51”；算法终止时适应度函数的最终值：Fitness function value: 1.0039746861894145；算法终止的原因：average change in the fitness value less than options. 算法在51代结束，小于Options-Stopping criteria-Generations的参数值100。本例的最终点[1.01383, 1.00189]与常规数值解法的  $x^*=[1, 1]^T$  极其相近。

最佳适应度及最佳个体图形如图3所示。

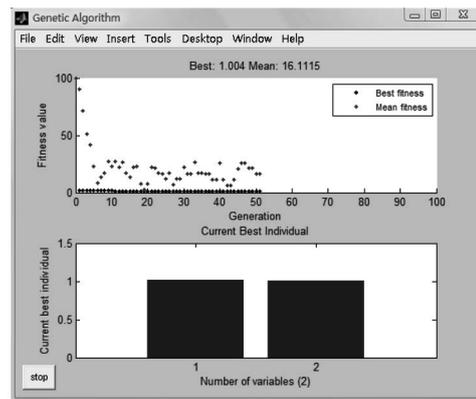


图3 最佳适应度及最佳个体图

Fig.3 Best fitness and best individual figure  
内点法的实现与外点法类似，本文在此不再赘述。

#### 4.2 乘子法的实现

引入乘子法数值解模型<sup>[2]</sup>。考虑问题：

$$\min f(x), s. t. h_j(x)=0, j=1, \dots, l$$

定义乘子惩罚函数：

$$\varphi(x, \mu, \sigma) = f(x) - \sum_{j=1}^l \mu_j h_j(x) + \frac{\sigma}{2} \sum_{j=1}^l h_j^2(x)$$

其中  $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_l)^T, h(x) = (h_1(x), \dots, h_l(x))^T, \sigma > 0$

在引入数值解模型后，使用Matlab工具箱求解。考虑如

下问题:

$$\min \frac{1}{2}x_1^2 + \frac{1}{6}x_2^2, \text{ s. t. } x_1+x_2=1$$

定义障碍函数

$$\min_x F_{ck}(x) = \frac{1}{2}x_1^2 + \frac{1}{6}x_2^2 + \frac{Ck}{2}(x_1+x_2+1)^2$$

采用GAOT编程:

(1)编制目标函数文件chengzi.m

```
function z=chengzi(x)
```

```
z=1/2*x(1)^2+1/6*x(2)^2+1/2*(x(1)+x(2)-1)^2;
```

(2)使用遗传算法工具GUI

参数设置不再详述,运行结果如图4所示。

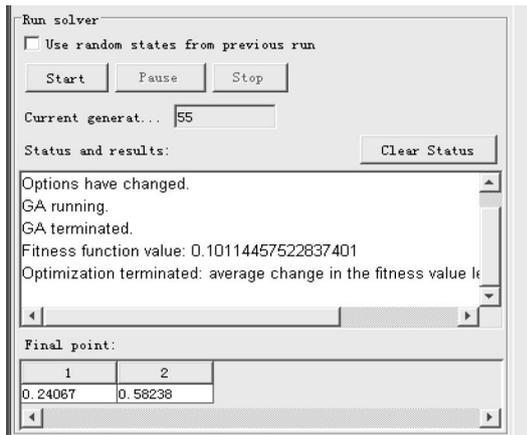


图4 乘子法运行结果

Fig.4 Multiplier operation result

结果表明,“Current generation(当前代数)”为“55”;算法终止时适应度函数的最终值: Fitness function value: 0.10114457522837401; 算法终止的原因: average change in the fitness value less than options. 算法在55代结束,小于Options-Stopping criteria-Generations的参数值100。本例的最终点[0.24067 0.58238]与常规数值解法的  $x^*=[0.2 \ 0.6]^T$  相近(ck为1时)。

最佳适应度及最佳个体图形如图5所示。

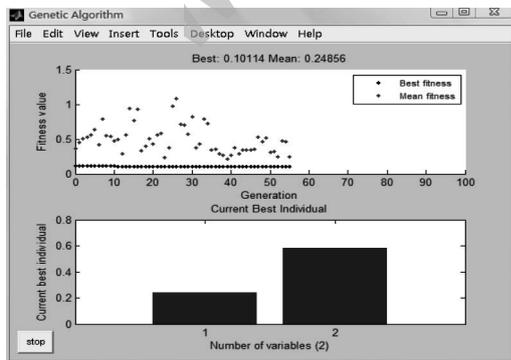


图5 最佳适应度及最佳个体图

Fig.5 Best fitness and best individual figure

### 5 结论(Conclusion)

通过引入三种解决约束非线性问题的惩罚函数法,基于Matlab编写M文件并利用遗传算法工具箱进行调用,设置适当的算法参数,得出了令人比较满意的运算结果,与经典数值解法的误差在可接受的范围之内。本文所有应用图形用户界面程序均可使用命令行方式调用遗传算法函数ga。结果表明,对于约束非线性问题遗传算法不会陷入局部最优解,且收敛速度快,编写方式灵活,便于在工程领域推广。

### 参考文献(References)

- [1] Saman Babaie-Kafaki, Reza Ghanbari, Nezam Mahdavi-Amiri. Hybridizations of Genetic Algorithms and Neighborhood Search Metaheuristics for Fuzzy Bus Terminal Location Problems[J]. Applied Soft Computing, 2016, 46(9): 220-229.
- [2] M. Kaliappan, Susan Augustine, B. Paramasivan. Enhancing Energy Efficiency and Load Balancing in Mobile ad Hoc Network Using Dynamic Genetic Algorithms[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2016, 73(9): 35-43.
- [3] Saima Gulzar Ahmad, et al. A Hybrid Genetic Algorithm for Optimization of Scheduling Workflow Applications in Heterogeneous Computing Systems[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2016, 87(1): 80-90.
- [4] 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.
- [5] 施光燕, 钱伟懿, 庞丽萍. 最优化方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [6] 冉戎. 基于GIS的道路自动化选线方法研究[D]. 重庆大学, 2006.
- [7] 杜东, 马震, 孙晓明. Matlab遗传算法工具箱(GAOT)在水资源优化计算中的应用[J]. 水利科技与经济, 2007, 13(2): 73-78.
- [8] 陈仁科, 等. 基于无单元伽辽金法和Matlab遗传算法工具箱的结构形状优化研究[J]. 机械科学与技术, 2008, 27(6): 827-833.
- [9] 郭海双, 梁佳雯, 张邵昀. Matlab遗传算法工具箱GADS优化及应用[J]. 电子设计工程, 2015, 23(10): 27-32.

### 作者简介:

袁明珠(1984-), 女, 学士, 助理工程师. 研究领域: 计算机科学与技术, 标杆企业、工业化与信息化融合。