

# 遗传算法在水资源优化中的应用

万 超

(北京市水利规划设计研究院 100044)

**摘 要** 阐述了遗传算法的基本原理, 介绍了数值计算平台 Matlab 中遗传算法工具箱的使用。通过简单实例探讨了遗传算法在水资源优化问题中的应用, 结果表明遗传算法在水资源优化计算等问题中具有良好的通用性、简便性。

**关键词** 遗传算法 水资源 优化

**中图分类号** TV212

**文献标志码** B

**文章编号** 1673-4637(2008)04-0055-02

## 1 遗传算法的基本原理

遗传算法 (Genetic Algorithm) 是一类借鉴生物界的进化规律演化而来的随机搜索方法。它是由美国的 J.Holland 教授 1975 年首先提出, 其主要特点是直接对结构对象进行操作, 不存在求导和函数连续性的限定; 具有内在的隐并行性和更好的全局寻优能力; 采用概率化的寻优方法, 能自动获取和指导优化的搜索空间, 自适应地调整搜索方向, 不需要确定的规则。

遗传算法以生物进化过程为背景, 模拟生物进化的步骤, 将繁殖、杂交、变异、竞争和选择等概念引入到算法中, 通过维持一组可行解, 并通过对可行解的重新组合, 改进可行解在多维空间内的移动轨迹或趋向, 最终走向最优解。它克服了传统优化方法容易陷入局部极值的缺点, 是一种全局优化算法。

遗传算法的步骤见图 1。

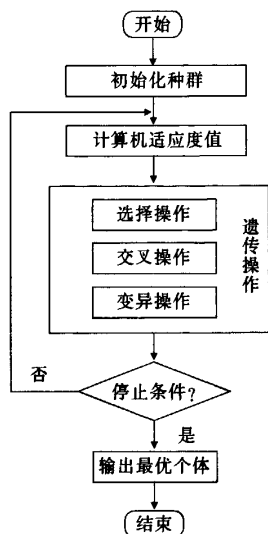


图 1 遗传算法的基本原理

(1) 定义一个目标函数 (适应度函数)。

(2) 将可行解群体在一定的约束条件下初始化, 每一个可行解用一个向量  $x$  来编码, 称为一条染色体, 向量的分量代表基因, 它对应可行解的某一决策变量。

(3) 计算群体中每条染色体  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 所对应的目标函数值, 并以此计算适应值  $F_i$ , 按  $F_i$  的大小来评价该可行解的好坏。

(4) 以优胜劣汰的机制, 将适应值差的染色体淘汰掉, 对幸存的染色体根据其适应值的好坏, 按概率随机选择, 进行繁殖, 形成新的群体。

(5) 通过杂交和变异的操作, 产生子代。杂交是随机选择 2 条染色体 (双亲), 将某一点或多点的基因互换而产生 2 个新个体, 变异是基因中的某一点或多点发生突变。

(6) 对子代群体重复步骤 (3) 至 (5) 的操作, 进行新一轮遗传进化过程, 直到迭代收敛 (适应度值趋稳定) 即找到了最优解或准最优解。

## 2 Matlab 中的遗传算法工具箱

MathWorks 公司的 Matlab 是目前主流的数值计算软件之一, 擅长数值和符号计算, 系统建模、仿真和开发等。Matlab 的功能强大之处还在于它开发了可应用于不同领域的工具箱, 其中的遗传算法优化工具箱就是一个可用于优化设计的工具箱。g.m 函数是

收稿日期: 2008-06-02

作者简介: 万超 (1979—), 男, 工程师。

Matlab 遗传算法工具箱和外部的接口, 在实际优化过程中, 编写好目标函数, 设定参数, 调用 `ga.m`, 便可实现优化。

一般的优化问题可以以下形式表述:

目标函数:  $\text{Min}f(x)$

约束条件为:

$$\begin{cases} A \times x \leq b, Aeq \times x = beq & \text{线性不等式和等式约束} \\ C(x) \leq 0, Ceq(x) = 0 & \text{非线性不等式约束和等式约束} \\ LB \leq x \leq UB & \text{边界约束} \end{cases}$$

调用遗传算法工具箱函数的一般形式为:

$[X, FVAL, REASON] = GA(@f(x), NVARs, A, b, Aeq, beq, LB, UB, NONLCON, Options)$

表 1 遗传算法工具箱主要参数表

参数	定义	参数	定义
$X$	变量计算最终值	$NVARs$	独立变量个数
$FVAL$	适应度函数计算最终值	$NONLCON$	是用 M 文件定义的非线性向量函数 $C(x)$ 和 $Ceq(x)$
$REASON$	算法停止的原因 (可选项)	$Options$	定义优化参数 (包括种群规模、选择概率、交叉概率、变异概率等)。可使用 MATLAB 缺省的参数设置 (可选项), 也可通过函数改变其默认值。

### 3 水资源优化计算实例

#### 3.1 问题描述

某地区水源可供水量为 3 000 万  $m^3$ , 主要用水类型包括工业、农业、生活 (城市生活和农村生活)、环境用水。水资源优化的目标为, 在满足各行业用水基本需求的前提下, 实现用水效益的最大化。水资源优化问题是一个多目标优化问题, 包括经济、社会、生态等目标。本文将多目标优化问题简化为求解以下效益目标函数的最大值。

$$\text{Max} f(x) = e_{\text{工}} \times x_1 + e_{\text{农}} \times x_2 + e_{\text{城生}} \times x_3 + e_{\text{农生}} \times x_4 + e_{\text{环}} \times x_5$$

其中:  $f(x)$  为效益目标函数;

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  为工业、农业、城市生活、农村生活、环境用水分项用水量,  $e_{\text{工}}, e_{\text{农}}, e_{\text{城生}}, e_{\text{农生}}, e_{\text{环}}$  为各项用水的效益系数。为简化起见,  $e_{\text{工}}$  取值为当地单方水工业产值;  $e_{\text{农}}$  取值为当地单方水农业产值; 生活、环境用水的效益系数比较难确定, 根据生活、环境用水优先满足的配置原则, 在计算中假设  $e_{\text{城生}}, e_{\text{农生}}$  为  $e_{\text{工}}$  的 1.5 倍,  $e_{\text{环}}$  为  $e_{\text{工}}$  的 1.1 倍。当地单方水工业产值为 1 000 元, 单方水农业产值为 10 元。

用水约束条件:

(1) 用水总量约束: 各分项用水量需小于可供水量;

(2) 生活用水约束: 必须大于最低生活用水量, 又避免水资源浪费。当地城市人口为 1 万 5 000 人, 用水定额为  $115 m^3/(a \cdot \text{人})$ ; 农村人口为 13 万人, 用水定额为  $109 m^3/(a \cdot \text{人})$ 。取最低供水指标为用水定额的 0.9。

(3) 灌溉用水约束: 其中灌溉面积 3 000  $hm^2$ , 该地区灌溉定额为  $6 000 m^3/hm^2$ 。近几年推广节水灌溉技术, 发展节水型农业后的灌水定额为  $4 500 m^3/hm^2$ 。

(4) 环境用水约束: 每天用水为 (300~500)  $m^3$ 。

(5) 非负约束: 所有设计变量均为非负实数。

#### 3.2 问题求解

上述问题可以归结为求解以下数学问题。

目标函数:

$$\text{Max} f(x) = 1000 \times x_1 + 10 \times x_2 + 1500 \times x_3 + 1500 \times x_4 + 1100 \times x_5$$

约束条件:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 30000000$$

$$15000 \times 115 \times 0.9 \leq x_3 \leq 15000 \times 115$$

$$130000 \times 109 \times 0.9 \leq x_4 \leq 130000 \times 109$$

$$3000 \times 4500 \leq x_2 \leq 3000 \times 6000$$

$$300 \times 365 \leq x_5 \leq 500 \times 365$$

$$x_i \geq 0, i=1, 2, 3, 4, 5$$

设置遗传算法中初始种群规模为 50, 最大代数为 200 进行计算。在计算第 51 代时得到最优解如下:

$$[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5] = [560\ 000 \ 13\ 533\ 000 \ 1\ 701\ 000 \ 14\ 092\ 000 \ 114\ 000]$$

可以验证求解结果满足约束条件。

### 4 小结

本文采用 Matlab 遗传算法工具箱求解了水资源优化计算问题, 算例计算的问题比较简单, 但是可推广到更为复杂的情况。Matlab 遗传算法工具箱保留了遗传算法全局寻解、收敛快的优点, 而且使用方便、灵活, 在水资源配置、规划等领域的最优化问题上具有一定的推广应用前景。

#### 参考文献

- [1] 畅建霞, 黄强, 王义民. 基于改进遗传算法的水电站水库优化调度[J]. 水力发电学报, 2001, (3): 85-90.
- [2] 翁文斌, 王忠静, 赵建世. 现代水资源规划——理论、方法和技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003, 131-133.

(责任编辑: 穆金元)