

基于 MATLAB 的遗传算法可视化仿真系统研究

Research on the Genetic Algorithm Visualized Simulation System with MATLAB

王玉良 (中国科学院研究生院 100039)

摘要:文章基于 MATLAB 语言,利用 Simulink 仿真技术,研究了面向对象的遗传算法优化可视化系统设计的原理和方法,介绍了优化可视化仿真集成界面的功能和设计,并以算例说明了优化过程可视化结果。

关键词:计算机应用 MATLAB 遗传算法 可视化

1 遗传算法

遗传算法是一种概率搜索算法,它是利用某种编码技术作用于称为染色体的二进制数串,由这些数串组成的群体模拟进化过程,类似于自然进化中染色体上基因的进化过程。

1.1 遗传算法操作步骤

一个典型的遗传算法通常包含以下几个步骤:

(1) 编码。遗传算法首先要对所研究的实际问题进行编码,即用特定形式的字符串来表示所研究问题中我们关心的特征,这种字符串相当于遗传学中的染色体,每一代所产生的字符串个体的总和称为群体。

(2) 计算适应度。衡量字符串(染色体)好坏的指标是适应度(fitness),它就是遗传算法的目标函数,它是驱动遗传算法的内在动力。

(3) 复制。为将已有群体变为下一代群体,遗传算法仿效进化论的“自然选择,适者生存”原则,从旧群体中选择优良个体进行复制(reproduction)。选择的依据是个体适应度的大小,适应度大的个体接受复制使之繁殖,适应度小的个体则予以淘汰使之死亡。

(4) 杂交。通过复制产生的新群体,其性能得到了改善,然而它不能产生新个体,为了产生新个体,遗传算法仿照生物学中杂交的方法,对染色体(字符串)的某些部位进行交叉换位(crossover)。进行杂交的父代均选自经过复制产生的个体(优胜者)。

(5) 变异:遗传算法为了防止群体失去多样性,模仿生物学中基因突变的方法,将个体字符串的某位进行变化,个体是否发生突变及突变的位置都是由事先给定的突变概率决定的。

1.2 遗传算法的求解流程

根据遗传算法中编码方法的不同,遗传算法的操作方式也不一样。目前,常用的编码方法有两种,即二进制编码和浮点数编码。二进制编码的遗传算法的求解流程如图 1 所示。

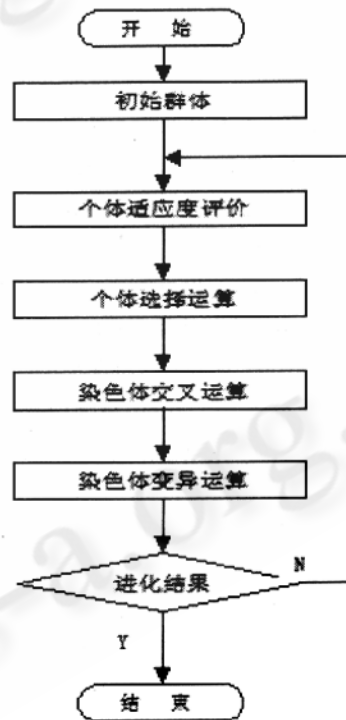


图 1 二进制编码遗传算法求解流程

1.3 遗传算法的伪码描述

一个经典的遗传算法的伪码描述如下:

```

Begin
[k] k: = 1;
初始化第 1 代群体 Colony[k];
While (不满意停机准则) Do
Begin
计算 Colony[k]中每个个体的适应度值
对 Colony[k]进行选择运算;
对 Colony[k]进行杂交运算;

```

```

对 Colony[k]进行变异运算;
产生下一代群体 Colony[k+1];
k: = k+1;
End
End
    
```

2 MATLAB/ Simulink 仿真技术

2.1 MATLAB

MATLAB 集计算、可视化及编程于一体。在 MATLAB 中,无论是问题的提出还是结果的表达都采用习惯的数学描述方法,而不需要用传统的编程语言进行处理。这一特点使 MATLAB 成了数学分析、算法开发及应用程序开发的工具。MATLAB 将 2D 和 3D 图形、MATLAB 语言能力集成到一个单一的、易学易用的环境之中。

2.2 Simulink

Simulink 是结合了框图界面和交互仿真能力的动态系统仿真工具。它以 MATLAB 的核心数学、图形和语言为基础。用户从算法设计、建模仿真,一直到系统实现提供了完整地解决方案。其特点如下:

(1) 交互建模: Simulink 提供了大量的功能块方便用户快速地建立动态系统模型。建模时只需用鼠标拖放库中的功能块并将它们连接起来,建立系统框图模型的图形交互界面。可以通过将块组成子系统建立多级模型,对块和连接的数目没有限制。可迅速地创建系统的模型,可以不需要书写一行代码。

(2) 交互仿真: Simulink 框图提供了交互性很强的仿真环境,可以通过菜单执行仿真,或使用命令进行处理。仿真结果可以在运行的同时通过示波器或图形窗口显示。有了 Simulink,可以在仿真的同时,采用交互或批处理的方式,方便地更换参数来进行分析。

(3) 能扩充和定制: Simulink 的开放式结构允许扩展仿真环境的功能。采用 MATLAB、Fortran 和 C 代码生成自定义块库,并拥有自己的图表和界面。

(4) 与 MATLAB 和工具箱集成: 由于 Simulink 可以直接利用 MATLAB 的数学、图形和编程功能,在 Simulink 下完成诸如数据分析、过程自动化、优化参数等工作。工具箱提供的高级的设计和分析能力可以通过 Simulink 的屏蔽手段在仿真过程中执行。

3 遗传算法可视化仿真系统

3.1 可视化遗传优化仿真模型

要建立可视化遗传优化模型,首先要利用遗传优化算法建立关系流程和数学模型,利用 Simulink 仿真技术,只要从

各个模块基中找出所需的模块,将其用鼠标拖到模型窗口中,按照遗传优化算法的关系流程将各个模块有机的组合在一起,并依照其数学模型设定好各个模块参数就可以方便地进行优化过程动态仿真。

形成的遗传优化仿真模型,将所有优化过程形象化地组合在一起,所有的参数输入都在一个统一的集成界面进行,再不是单调的行程序。采用人机交互和界面图形化设计,允许用户根据需要随时修改所输入的参数,且可以方便地优化模型修改,实现所见即所得的形象化设计。图 2 显示了遗传优化仿真模型集成界面。

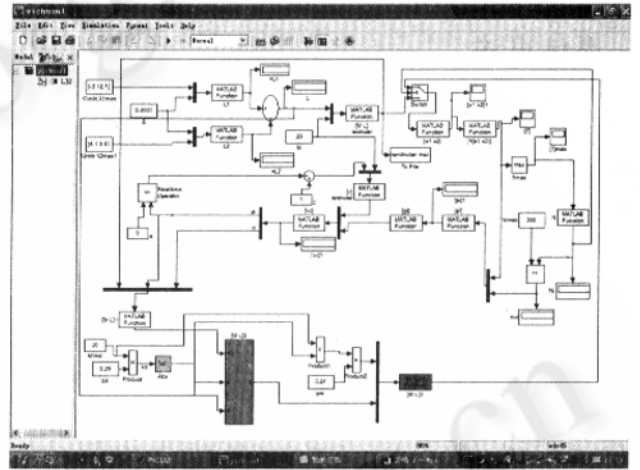


图 2 遗传优化仿真模型集成界面

为使仿真模型更为清晰,利用 Simulink 仿真子系统技术,将一些具有独立功能的模块分成一组,构成子系统。使用子系统不仅使仿真模型中显示的模块数量减少,便于读图,而且还建立了深层次的仿真模型框图,子系统模块在一个层次,组成子系统的模块在另一个层次,这样就使得整个仿真模型十分清晰。

图 3 显示了创建子系统后的遗传优化仿真模型仿真模型内共有 5 个子系统。图 4 显示其中一个子系统即初始参数子系统仿真模型。

Subsystem 是初始参数子系统。用来设置初始参数。此子系统包括优化目标参数的约束条件,形成初始遗传编码群组。这里采用的遗传编码为二进制 0/1 编码。涉及二进制数与十进制的转换及编码长度的关系如下:

$$X = x_{\min} + \text{Dec}(y) \cdot (x_{\max} - x_{\min}) / (2^L - 1)$$

式中 x_{\max} 、 x_{\min} —— 最小及最大的十进制数值;

y —— 相当于 x 的二进制数值;

L —— 个体字符串长度;

Dec —— 将二进制数转换为十进制数值。

在这种换算关系下,二进制表示法的精度 δ 为:

$$\delta = (X_{\max} - X_{\min}) / (2^L - 1)$$

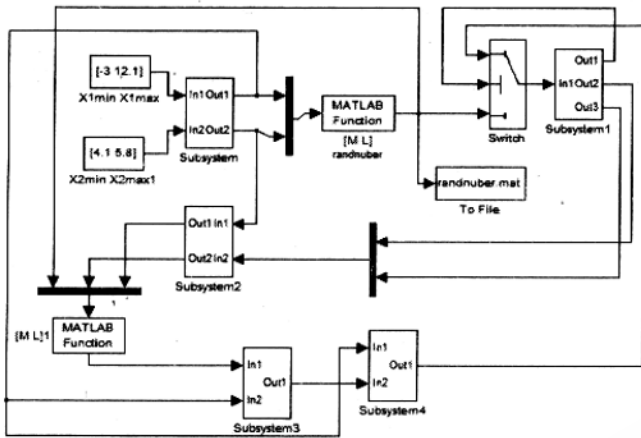


图 3 遗传优化仿真模型

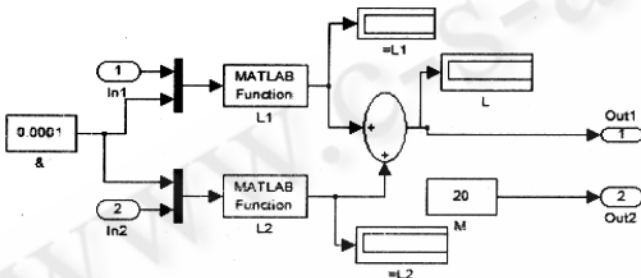


图 4 初始参数子系统仿真模型

Subsystem1 是目标函数子系统。用来计算目标函数。分析每次迭代过程中遗传群的目标函数值,同时判断优化过程是否结束。在这里以限定迭代次数 N 作为结束判据。

Subsystem2 是复制子系统。用来完成遗传算法中的复制过程。采用择优选择法,根据个体的相对适应度 $f_i / \sum f_i$ 反复地从群组中选择 M 个个体组成下一代群体。

Subsystem3 是交换子系统。用来完成遗传算法中的交换过程。控制被交换个体数目 M_c 的参数是交换概率 p_c , 即

$$M_c = p_c \cdot M$$

交换点是随机的。在字符串的长度 L 区间 $[1, L-1]$ 内产生均匀分布的随机整数,该整数便是交换点的位置。

Subsystem4 是突变子系统。用来完成遗传算法中的突变过程。突变是针对字符执行的,因此突变概率 p_m ,也是针对字符而言,即:

$$p_m = B / (M \cdot L)$$

式中 B —— 每代中突变的字符数目。

突变字符的位置也是随机确定的。

4.2 优化仿真过程和结果的可视化

在进行实际仿真时,首先要确定哪些变量是必须要存

储,以便后续分析使用,这种输出数据必须具有足够的信息,以便判定仿真的行为。在仿真执行过程中存储的数据可以分为初始条件、历史数据和终止条件,随着每一次仿真运行的结束,就会得到包含以上三类变量的数据集。

为有效的分析这些数据,采用可视化数据显示和分析方式,有助于直观地判断、分析和解决诸如仿真模型的精确性、仿真参数的正确性、仿真过程的可靠性和仿真结果的真实性等问题。

利用 MATLAB 和 Simulink 仿真软件功能,可快速得到系统数据,随着仿真运行,即时以直观形象的方式显示系统的重要参数。显示方式主要利用如下几种形式:

- 文本显示 DISPLAY
- 时域曲线 SCOPE
- 坐标曲线 X-Y
- 二维图形
- 三维图形

用户可以对仿真结果进行观察和检验,可以查看仿真的某些细节,也可以直接看最终的仿真结果,并将它们打印出来。每次仿真结束后还可以通过可视仿真模型更改各个参数,以便观察仿真结果的变化情况。

下面以一个算例说明利用遗传算法优化仿真模型得到的仿真过程函数图。算例的目标函数为:

$$\text{Min}f(X) = x_1^2 + x_2^2 + 2x_3^2 + 2x_4^2 - 5x_1 - 5x_2 - 21x_3 + 7x_4 \quad (1)$$

约束条件为:

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_1 - x_2 + x_3 - 7x_4 \leq 8 \quad (2)$$

$$x_1^2 + 2x_2^2 + x_3^2 + 2x_4^2 - x_1 - x_4 \leq 10 \quad (3)$$

$$2x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 2x_4^2 - x_2 - x_4 \leq 5 \quad (4)$$

经过执行仿真过程,可以得到从初始参数、优化过程到优化结果各种数据,并以可视化形式显示出来。

5 结束语

基于 MATLAB 的遗传优化可视化仿真系统,采用了 Simulink 仿真技术,以一种面向对象形式,将优化模型、优化过程及结果以形象可视化方式显示出来。对分析系统优化的正确性和改进优化设计方法具有很好的使用价值。

参考文献

- 1 Jim Ledin. Simulation Engineering Build Better Embedded Systems Faster [M], 机械工业出版社, 2003.
- 2 张葛祥, MATLAB 仿真技术与应用 [M], 清华大学出版社, 2003.
- 3 邱晓林, 基于 MATLAB 的动态模型与系统仿真工具——Simulation 3.0/4. X [M], 西安交通大学出版社, 2003.