

岩体可爆性等级判别的遗传程序设计方法

蔡煜东

(中国科学院上海冶金研究所 上海 200050)

摘要 运用遗传程序设计方法,对岩体的可爆性等级判别作了初步探讨,提出相应的计算机智能专家系统,结果表明该方法是可行的。

关键词 岩体可爆性等级 遗传程序设计 遗传算法

中图分类号 O382.2 O241

1 引言

岩体工程可爆性研究中的一个重要问题是其可爆性分级问题。由于影响岩体可爆性的因素较多,不同部门的研究者从不同的侧重面提出了各自的分级法及相应的标准界限值。但有一个共同特点,就是都用现场实测标值与所规定的界限值相比较来判定其可爆性等级。然而,在现场实际工程中常会出现两个岩样的指标值很接近却被判定为两个等级类别,显然这是不够合理的。对具有这类参数的体系进行决策研究时,遗传程序设计提供了比较合适的识别方法。

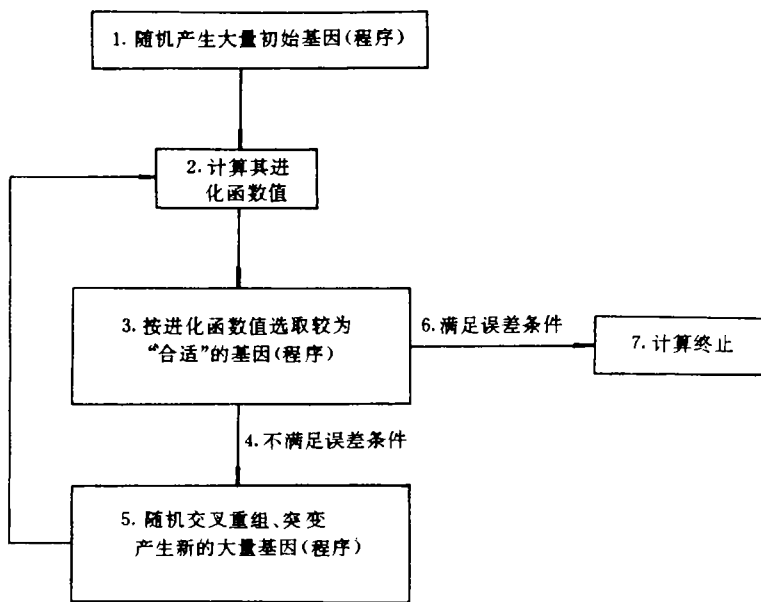
作者运用近几年发展起来的遗传程序设计方法,根据可爆性指标的选取,建立了岩体的可爆性等级判别模型。有关这方面的研究工作尚未见报道。

2 遗传程序设计

1975年,Holland受^[1]生物学中“生物进化”和“自然选择”学说的启发,提出了著名的遗传算法(Genetic Algorithm)^[1]。经过近20年的研究、应用,遗传算法已成为非线性优化和系统辨识的有效工具,被广泛应用于机器人系统及神经网络学习过程,以解决NP完全性、规划控制等问题,取得了很好的效果^[2,3]。

90年代初,Koza在以数量(整数、实数)为对象的遗传算法的基础上,提出了以计算机程序为对象的遗传程序设计(Genetic Programming)^[4]。遗传程序设计是一种最优化方法,即通过对问题进行程序结构化处理(一般为树结构表示),称为“基因”。给出一种进化函数(或称为压力选择函数),通过某些遗传运算,如交叉重组、突变等,淘汰进化函数值低于或高于某一阈值的基因,将符合“进化”要求的保留下来,即将那些“最合适的”保留下来。

近几年来,随着遗传程序设计的理论及应用的不断进展,该方法被逐渐应用于模式识别、优化控制、决策支持系统等领域,取得了很好的成果^[4]。



1. A large number of primary genes produced at random; 2. To calculate its evolutionary function value; 3. Select more suitable genes based on evolutionary function value; 4. Function value not within error limit; 5. A large number of new genes by crossover and mutation at random; 6. Function value within error limit; 7. End.

图1 遗传程序设计流程图

Fig. 1 Procedure of genetic programming

遗传程序设计的流程图如图1所示:

运用遗传程序设计处理一个具体问题包括如下4个方面:

- (1)问题的程序结构化处理(即将问题进行树结构表示转化为“基因”)。
- (2)进化函数的选择。
- (3)遗传程序设计中的运算方式及运算效率的选择[交叉重组(率)、突变(率)等]。
- (4)遗传程序设计中的参数选择(基因数量、遗传世代数等)。

有关遗传程序设计的详细论述参看文献[4]。

3 遗传程序设计应用于岩体可爆性等级判别

3.1 分级指标的选取

岩体工程可爆性的影响因素很多,以任何一个单因素进行分级都很难达到全面、合理的工程要求。合理的指标选取应该遵循能够从不同侧面较全面地反映岩体的可爆属性,且又能够通过实验或现场试验的方法比较容易得到为原则。

3.1.1 岩石坚固性系数 f

苏联学者 M. M. 普罗托吉雅可诺夫曾提出了岩石按坚固性系数进行岩体可爆性分级, 目前在我国仍广泛使用。 f 值越大, 则表明岩体越难爆。

3.1.2 岩石的声阻抗

岩石的声阻抗主要反映炮孔内装药起爆后, 爆炸应力波能否顺利通过孔壁以及应力波在岩体中的衰减情况。声阻抗越大, 则表明该岩体越难爆破。

3.1.3 炸药消耗量

在统一的实验(或试验条件)和炸药品种下, 爆破每立方米岩体的炸药消耗量, 是反映岩体工程对实验所用炸药的可爆程度, 炸药消耗量越大, 则说明岩体爆破越困难。

3.1.4 岩体平均裂隙距

从宏观结构讲, 岩体的裂隙发育程度对其可爆性的影响较大。裂隙越发育, 即裂隙间距离越小, 则岩体越易爆破, 故裂隙平均间距可作为岩体可爆性的评判指标。

综上所述, 岩体可爆性分级的判别指标归纳于表 1。

表 1 岩体可爆性分级
Table 1 Blasting classification of rocks

典型类别 k	普氏系数 f	声阻抗/ ($10^6\text{g}/\text{cm}^3 \cdot \text{cm}/\text{s}$)	炸药消耗量/ kg/m^3	平均裂隙距 /m	分级级别
1	≤ 8	≤ 5	≤ 0.35	≤ 0.1	易爆
2	10 左右	6.5 左右	0.4 左右	0.3 左右	中等
3	14 左右	10 左右	0.55 左右	0.75 左右	难爆
4	17 左右	13.5 左右	0.78 左右	1.25 左右	很难
5	≥ 18	≥ 15	≥ 0.9	≥ 1.5	极难

3.2 计算机判别专家系统的建立

按照遗传程序设计, 我们用 C 语言编制了岩体可爆性等级判别程序, 并在 AST/PP4 微机上通过运行。

首先, 从表 1 中 5 个样本(5 个典型类别)作为拟合数据, 以其特征变量(普氏系数、声阻抗、炸药消耗量、平均裂隙距)作为输入, 将 5 个级别的期望输出依次定为“正、正、正”(易爆); “正、负、正”(中等); “负、负、正”(难爆); “负、正、正”(很难); “负、负、负”(极难)。遗传程序设计的运算方式及效率、算法参数的选取见表 2。经过“遗传进化”, 所得结果程序能较正确地识别这些样本, 建立起判别指标与可爆性等级之间复杂的对应关系, 见表 3 和图 2。

表 2 遗传程序设计中的进化函数、运算方式、效率及参数的选取

Table 2 The choice of evolution function, calculating ways and calculation efficiency in genetic-programming

交叉重组率 C	突变率 M	基因数量 P	遗传世代数 G	进化函数 FP
0.2~1.0(步长: 0.05)	0.1	50	5	判对样本数

此即为岩体可爆性等级判别的计算机智能专家系统。

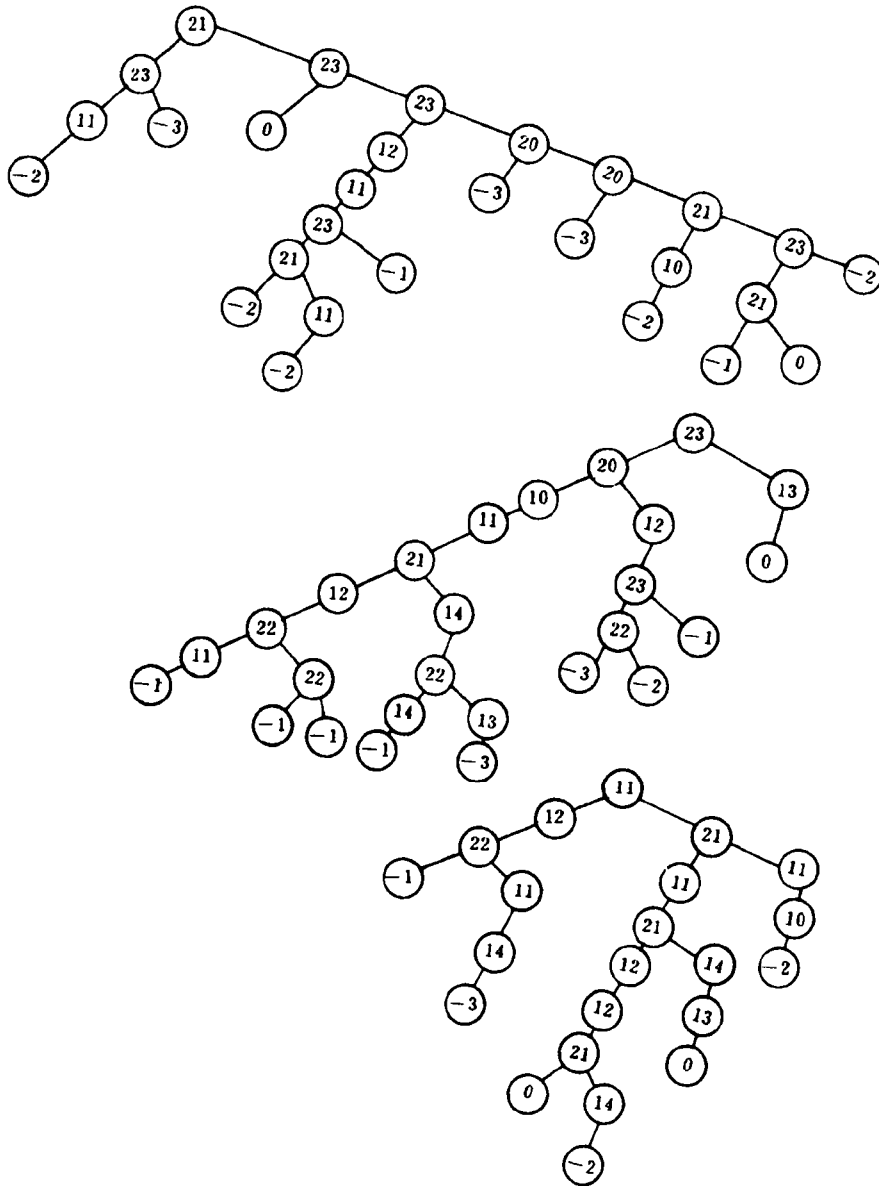


图2 树结构表示

Fig. 2 Tree structure

(注. 20="+"; 21="-"; 22="*"; 23="./(1.1+1)"; 10= x^3 ; 11= $\sin x$; 12= $\tan x$
 13= $(e^x - e^{-x})/2$; 14= x ; $i=0, -1, \dots, -n, \dots$ 表示第 i 个输入变量)

表3 5个建模样本
Table 3 5 Modelling samples

期望输出			实际输出			类别
正	正	正	1.171069	0.230383	0.999992	1
正	负	正	0.641922	-0.108957	0.504936	2
负	负	正	-0.073153	-0.003176	0.021683	3
负	正	正	-0.425230	0.320128	0.985295	4
负	负	负	-0.706176	1.052800	-0.998958	5

3.3 实例判别

有一岩体试样,测得岩体可爆性的四个指标值如表4所示。将其作为未知样本,由已掌握知识信息的模型(结果程序)对其进行判别,根据其实际输出决定其类别。由表4可见,该岩样属于第3类难爆岩体。另外,本文采用的遗传程序设计方法与其它方法,得到的结果是完全吻合的。因此可以认为,应用遗传程序设计进行岩体可爆性等级判别是可行的。

表4 1个待评样本
Table 4 1 Predicting Sample

四个指标				计算输出			类别 (预测)	类别 (实际)
16	6	0.36	0.2	-0.994694	-0.321624	0.728920	3	3

4 讨论和结论

(1)遗传程序设计用于岩体可爆性等级判别,是在程序空间搜索一最佳程序(非线性模型),使之能较好地划分有关类别,既可在无任何先验知识的情形下,建立单纯的统计模型,亦可在不完备知识的基础上,寻找正确的物理模型。

(2)运用遗传程序设计研究岩体可爆性等级判别,运算方式及效率、参数的选择是个关键,对算法参数(基因数量、遗传世代数)可尽量选择范围大些,范围大小只影响搜索时间的长短;而编成程序后,用计算机实现拟合十分简便。突变率一般不宜过大(0.05~0.15),防止变异过大丧失遗传中保留的较为“合适的基因”,交叉重组率应是动态变化,由小至大。

(3)遗传程序设计不仅可用于岩体爆性等级判别的建模,对于一般的非线性建模,只要在某个目标函数(对应于算法中进化函数)下,都可进行模型(结构)的遗传运算,得出最佳非线性模型。因此,遗传程序设计对岩体工程中各类判别建模问题具有普遍意义。

西安矿业学院谷拴成先生提供了有关数据,特此致谢!

参 考 文 献

- 1 Goldberg D. *Genetic Algorithm in Search, Optimazation, and Machine Learning*. MA, USA; Addison-Wesley, Reading, 1989. 110~115
- 2 Davidor Y. *Genetic Algorithm and Robotics, A Heuristic Strategy for Optimazation*. New Jersey, USA; World Scientific Pub. Co. , 1991. 125~130
- 3 Belew R K, McInemey J, Schraudolph N N. *Artificial Life II*. MA, USA; Addison-Wesley, 1991, 511~547.
- 4 Koza J R, *Genetic Programming*. Mass, USA; MIT Press, 1992. 215~218.

APPLICATION OF GENETIC PROGRAMMING IN DETERMINING THE BLASTING CLASSIFICATION OF ROCKS

Cai Yudong

(*Shanghai Institute of Metallurgy, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, 200050*)

ABSTRACT In this paper, the genetic programming approach is used to discuss the determination of blasting classification of rocks, and the computer intelligence expert system is built, which proved to be feasible.

KEY WORDS blasting classification of rocks, genetic programming, genetic algorithm