

基因遗传算法在地下工程岩土施工中的应用

谢孟卿,张雪飞

(中国矿业大学(北京)地测学院,北京 100083)

【摘要】在地下工程设计、施工中面临各种地质风险因素,传统的系统安全评价方法容易产生判断误差从而不能确定最大风险源,给地下工程的设计和施工带来许多潜在的风险因素。为了规避风险,就必须寻求更好的方法。目前,一种来源于生物理论的自然进化全局模糊搜索优化算法——基因遗传算法被国外许多国家广泛运用于地下岩土工程中的实际运算评价。该方法是基于达尔文的物竞天择的遗传机理和自然选择的原理延伸出来的模糊搜索方法。

【关键词】遗传算法;深度基坑;基坑支护;岩土检测

【中图分类号】TD325 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2011)02-0041-03

基因遗传算法来源于借鉴达尔文的优胜劣汰,物竞天择,适者生存的遗传机理和自然选择理论,其核心是一种高效全局搜索方法能够快速解决问题,并且伴随在搜索过程中自动积累有关的风险因素以及相关的知识和数据结构,并且在搜索过程能控制参数量进而求得最佳解决方案。本文主要借鉴基因遗传算法在实际深度基坑中来寻找风险源并判断主要风险源。

1 基因遗传算法

基因遗传算法(Genetic Algorithm——G.A),是仿照自然界生物进化过程和遗传选择而产生计算模型方式。它由美国密歇根大学的Holland教授于1975年提出的。遗传算法既是一种求解过程中优化问题的适应性搜索方法,同时也是一种自然进化系统的计算模拟模型。

遗传算法主要操作步骤有三个:选择、交叉、变异。

选择:即选择的方法,可理解为需求值比例选择方法,即:每一个被选择的目标参数量适应值和群体平均适应值的比例有关,通常采用俄罗斯轮盘(Rlette Wheel)方式实现。这种方式首先需要计算每个个体的适应值,群体适应值总和中所占的比例,表示该个体在选择过程中被选中的概率。选择过程体现了生物进化过程中“适者生存,优胜劣汰”的思想,从而保证能够将优秀的遗传基因传递到下一代的一个过程。

交叉:是模拟将基因传递给子体,生成含有更复杂基因结构的新个体的一个过程。在经过选择后的种群中选择个体作为染色体交换重组产生两个子体见图1。随机产生一个交叉点位置,父体一,父体二在交叉点右侧基因码互换完成。

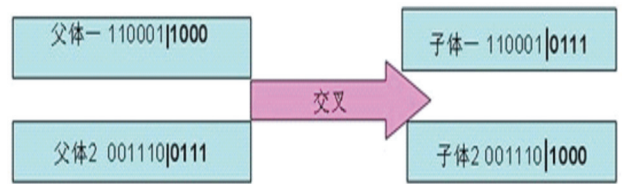


图1 单点交叉示意图

变异:生物体子代与父代的差异,子代个体间的差异现象。属于生物体有机属性。分为遗传变异和非可遗传变异。遗传学表明,不可遗传变异与进化无关,与进化有关的是可遗传变异,前者是由于环境变化而造成,不会遗传给后代,如后天养分不足造成个体矮小,后者则是由于遗传物质的改变导致突变(包括基因突变和染色体变异)与基因重组等方式影响。

运用遗传算法时如果只考虑单方面因素如:生物界的近亲繁殖影响进化进程是有相似原因的。因此是不合时宜的。因为若干代交叉操作后源于某一个祖先的优秀基因会充斥着整个族群,最后获得的个体不能代表问题最优,为了使结果有代表性可以适当加入含有新基因的个体。

解决方案是生物变异。生物性状的变异是由于控制该性状的基因发生了改变。模仿生物变异的遗传,针对二进制的基因码的个体种群,实现基因码小概率翻转,从而就可以达到变异的目的。

如图2所示:1100010101产生变异,以小概率决定第6个遗传因子翻转即将0成1。



图2 变异示意图

这样经过若干代后,算法获得最优解。如图3

收稿日期:2010-11-15

作者简介:谢孟卿(1985-),男,中国矿业大学(北京)2008级地质工程研究生,主要研究方向为岩土工程中深部基坑的风险源确定与防护以及地下工程的风险评估。

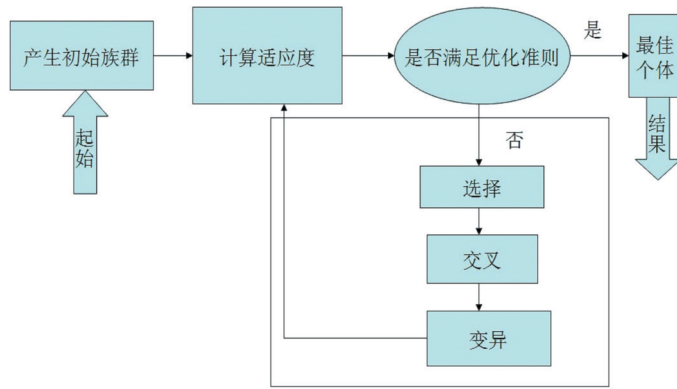


图3 遗传算法计算流程图

2 基因遗传算法原理在地下工程中的运用

根据地下工程具体情况,将支护结构水平位移的观测,基坑壁深层土体的变形观测和支护结构的沉降观测作为检测重点。

以某工程为例,某地铁工程位于北京市区,设计有地下两层,基坑为规则四方体,基坑西、北两侧临市政道路,东、南两侧为正在施工的基建工地。场地土层自上而下分别为:杂填土,厚约0.5m;粘土,厚约0.5m;砂土,厚约3m;粘土,厚约3m;粉质粘土。

场地地下水主要为位于上部地层中的上层潜水,埋深为0.5m~1m。基坑开挖为透水性较小的粘土和粉质填土,基坑开挖的地下水控制方式采用明沟集水,潜水泵抽排。

设计支护长为10m,直径600mm悬臂式钻孔灌注桩排桩,压顶梁四角设角。

2.1 支护结构水平位移点布置

为解决基坑支护系统的安全状态,采用北光TDJ2精密光学经纬仪用视准线观测法对支护水平位移进行观测,观测精度±1mm。为此,在基坑压顶上布设10个观测点。

2.2 基坑壁深层土体变形观测点布置

基坑支护结构的水平位移及沉降必然引起护臂土体的变形,故在基坑支护结构外埋了3根基坑测斜管(东、西、南的中部各一根,南面受场地作业面限制无法埋设),管长10米,采用精度为0.01mm的CX-01测斜仪进行观测。

2.3 支护结构沉降点布置

在基坑及地下室结构施工中,护壁水平位移可引起支护桩及压顶梁的沉降。为此在压顶梁上布设了10个沉降观测点,采用DSZ3型自动安平水准仪按精度水准测量要求进行观测。

2.4 检测结果

2.4.1 基坑支护系统的水平位移检测,共观测20次。各点的位移量见表1,从表1中可以看出,基坑

支护系统的水平位移西侧LY6点的最大值为23mm,北侧LY8最大值为12mm。基本在设计规定的允许值之内。而东侧ly11最大值为211mm,超过设计允许值。

表1 各检测点的位移量

点位	LY5	LY6	LY7	LY8	LY9	LY10	LY11	LY12	LY13	LY14
累积量	21	23	12	-8	4	-10	211	145	110	28

2.4.2 基坑壁深层土体位移

深层土体变形监测,共观测24次。在基坑开挖到达底部时,西侧基坑壁近基底处土体水平位移速率突然明显增大(约40mm/d),且位移累计量达128mm(图4),超过设计规定的预警值,坑底土体隆起,基坑出现整体失稳征兆,监测单位据此迅速发出监测警报。

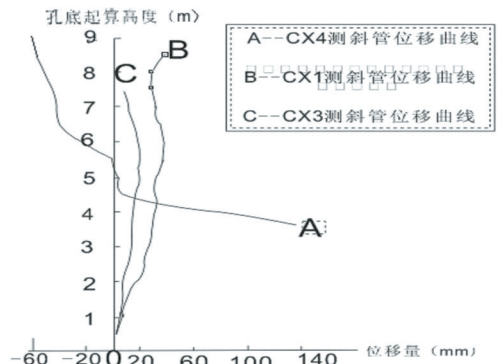


图4 各测斜管位移曲线图

3 遗传算法对支护结构变形异常的原因分析

3.1 目标的确定

这里的目标即是指基坑开挖过程中所经历的复杂动态过程,涉及强度与变形,土与支护结构的共同作用,时空效应,施工工艺等问题^[1]。

首先假定支护结构将延某一方倾斜,另O为圆心,取n条匀质土体中的第i条为研究对象,选取公式如下:

$$K = \frac{\sum (cL_i + W_i \cdot \cos\alpha_i \cdot \tan\varphi) R}{(\sum \gamma h_i b_i \sin\alpha_i) R}$$

公式中 b_i 为土条宽, r 为土的重量, a_i 为于垂直量的夹角, w_i 为土的自重重量。

G.A 通常用于搜索最大值。因此需要将 $1/k$ 设为适应值^[2]。

3.2 初始种群的确定

为了使计算结果更加可靠,需要将 r 取得尽可能的大,方能找到最小的安全系数。笔者选取 $0 < X < 20, 0 < Y < 10$ 选择 50 个圆心,其中 50 为群体个数,则圆心 O_i 代表第 i 条染色体,其坐标为 (X_i, Y_i) 。

3.3 适应度的确定

对应于圆心 O_i 的坐标的滑弧半径等参数值代入条分法计算公式,所得到安全系数 $1/k$ 即为圆心 O_i 所对应的适应值。

3.4 选择

以 WL 为例,个体适应度依次按比例转化为复选概率,此次群体个数为 50,因此需要进行至少 50 次选择,产生 50 个 0 到 1 的随即数值,如果适应度高的个体被选中的概率大,而且可能被选中,那么适应度低的个体很可能被淘汰^[3]。

3.5 交叉

通过概率 P_c ,得出结论有 n 个个体需要进行交叉操作,将他们选择出来,两两进行配对。这里采用随机选择染色体上的交叉位置,产生新的个体。此例 P_c 取 0.58。

3.6 变异

依据变异概率 P_m ,可知迭代 $P_m \cdot N$ 个个体需要

进行变异操作,针对这些个体的染色体的每一位都随机确定“变异”或者“不变异”。此例, P_m 取 0.058。

3.7 确定支护结构变形的原因(确定变形位置)

对于代群体重复进行(4)~(6)步骤的操作,直至到达迭代终止条件(通常是达到最大进化代数),则进化结束。由 K_{min} 所对应的圆心 O_{min} 确定的滑动面即为最危险滑动面^[4]。

根据以上步骤计算的结果如表 2 所示,这与传统分析方法得到的结果是一致的,由结果可知在施工开挖 4m 处,砂土可能发生绕过钢板桩底部往基坑内挤出,即发生“坑底隆起”现象。此时,砂土产生深层滑动面,当深层滑动面通过钢板桩底部时,基坑壁土体连同钢板桩产生整体失稳。其次,由于钢板桩的刚度较低,桩后土体将产生较大侧向位移,和实际检测的基坑变形情况完全一致。

表2 遗传算法结果

代数	50	100	150
圆心坐标	(2.8 2.7)	(3.5 3.6)	(4.1 4.2)
半径 m	18.03	17.85	18.76
安全系数	1.581	1.482	1.484

通过比较可知,遗传算法在地下岩土工程的应用,特别是深度基坑寻找危险源的应用中是一个值得信赖的方法。这种方法能克服传统算法中一些不足,并能快速的找到危险位置,为排除地下岩土工程中的危险奠定基础,因此它必将成为今后岩土工程设计中的一个重要方法^[5]。

注释及参考文献:

[1] 务新超.土力学[M].郑州:黄河水利出版社,2003.

[2] Holland J H. Adaptation in Natural and Artificial Systems[M]. Ann Arbor, MI: University of Machine of Michigan Press, 1998.

[3] 刘澄宇.土力学[M].北京:北京铁道出版社,1990.

[4] 王泽华,孙颖娜,张菊,等.遗传算法在边坡稳定中的分析运用[J].2002(11):1-2.

[5] 王小平,曹里平.遗传算法理论运用于软件实现[M].西安:西安交通大学出版社,2002.

Genetic Algorithm in Underground Engineering Application of Geotechnical Construction

XIE Meng-qing, ZHANG Xue-fei

(China University of Mining & Technology, Beijing 100083)

Abstract: In underground engineering design, construction of various geological risk factors faced in the system, the traditional safety assessment methods to produce judgment error and thus can not determine the biggest risk source, to the design and construction of underground engineering brings many potential risk factors. In order to avoid risk, they require the more thorough analysis and research, we must seek better ways. At present, a natural evolution from biological theories global fuzzy grope optimization algorithm by genetic algorithm, is widely used in many foreign countries of underground geotechnical engineering practical operation comments. This method is based on the genetic mechanism of natural selection of Darwin's theory of natural selection and the fuzzy search method extends.

Key words: Genetic algorithm; Depth excavation; Foundation pit supporting; Rock and soil detection