

56-58

滑坡非线性灰色预测及其软件设计

p 642.22

袁金荣

罗瑞佳

(同济大学·上海·200092) (深圳市政府投资项目审计中心·深圳·518000)

在深入分析非线性灰色模型基本原理的基础上,开发了滑坡发生时间的非线性灰色预测软件,并通过实例验证了本模型用于预测滑坡发生时间的适用性以及本软件的可靠性。

关键词 滑坡非线性灰色模型 预测 软件

灰色预测

滑坡作为一种自然灾害,由于其发生地点和滑坡时间难以预测,使许多滑坡一旦发现就已经直接危及到生命、财产和安全。因此,长期以来,不少学者一直在致力于滑坡的预测研究,并提出了各种预测模型^[1,2]。原则上,滑坡的预测既是空间的又是时间的,空间预测除必需的斜坡群体不稳定性的具体空间范围外,尚应包括其类型和运动速度以及距离的预测;时间预测则是对滑坡发生时间的预测。成功的预测可避免人民的生命财产遭受巨大损失,1985年长江三峡新滩滑坡就是一个成功预报的例子,由于监测预报及时准确,以及有关单位的配合,新滩镇居民全部转移,无一人伤亡。因此,对于一些大规模的滑坡体,在来不及治理的情况下,其发生时间的预测就显得非常重要。

移随时间的变化率,并且位移速率在初始阶段(x 较小时)随位移的增大而增大,当 x 增至某一量值时, dx/dt 达最大值,随后 dx/dt 减缓,采用 dx/dt 达到极大值的时间作为滑坡发生时间的预测值。

解方程(1)得:

$$x = \frac{a/b}{1 + (a/bx_1 - 1)e^{-a(t-t_1)}} \quad (2)$$

x_1, t_1 为初始位移和初始时间,当 $x = a/2b$ 时, dx/dt 达极大值,所对应的时刻 t_r 为滑坡发生时间预测值。将 $x = a/2b$ 代入(2)式得,滑坡发生至 t_r 时刻的时间间隔为:

$$t_r = -\frac{1}{a} \ln\left(\frac{bx_1}{a - bx_1}\right) \quad (3)$$

因此,滑坡发生时间预测值为:

$$t_r = -\frac{\Delta t}{a} \ln\left(\frac{bx_1}{a - bx_1}\right) + t_1 \quad (4)$$

1 非线性灰色模型

滑坡的时间预测目前还只是处于探索阶段,用于实践的成功例子并不多见。其预测的理论和方法尚需研究。通过大量实例分析,认为非线性灰色模型的预测结果较为理想。

1.2 参数求解

设滑坡位移观测数据为(观测时间间隔为 Δt):

$$x^0(i), i = 1, 2, \dots, n$$

将原始数据进行一次累加生成AGO处理:

$$x^1(i) = \sum_{k=1}^i x^0(k), i = 1, 2, \dots, n$$

其一次累减生成(IAGO)算式为:

$$\hat{x}^0(k) = x^1(k) - x^1(k-1), k = n, n-1, \dots, 1$$

$$A = \begin{bmatrix} 1/2[x^1(1) + x^1(2)] \\ 1/2[x^1(2) + x^1(3)] \\ \dots \\ 1/2[x^1(n-1) + x^1(n)] \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -1/4[x^1(1) + x^1(2)]^2 \\ -1/4[x^1(2) + x^1(3)]^2 \\ \dots \\ -1/4[x^1(n-1) + x^1(n)]^2 \end{bmatrix}$$

$$Y = [x^0(2), x^0(3), \dots, x^0(n)]^T$$

邓聚龙的灰色系统理论^[3]认为一切随机变量可视为一定范围内变化的灰色量,对灰色量进行数据累加生成,则相应的生成数据可淡化随机因素对原始观测数据的影响,体现出较强的动态规律。非线性灰色模型是德国数学—生物学家 Verhulst 在 1837 年建立的,用于生物繁殖量随时间发展变化的预测。

1.1 基本原理

非线性灰色模型的微分方程形式为:

$$\frac{dx}{dt} = ax - bx^2 \quad (1)$$

式中: a, b 是待定参数,用灰色求解; x 是观测的物理量。

若用 x 代表滑坡观测位移,则(1)式中左边为位

本文 1998 年 11 月收到,王梅编辑。

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = [(A : B)^T(A : B)]^{-1}(A : B)^T Y$$

1.3 模型优化

为了进一步淡化随机因素对 x 的影响,在式(2)的右边加上 $\pm 2s_v$,并考虑到随机因素影响尚未完全排除或排除过剩而加入一项 ± 1 ,由此滑坡发生时间的预测算式(4)变为:

$$t_r = \frac{\Delta t}{a} \ln \left[\frac{\frac{a^2}{bx_1} - a \mp \frac{4as_v}{x_1} \pm 4bs_v}{a \pm 4bs_v} \right] + t_1 \pm 1$$

式中: $s_v = \sqrt{\sum_{n=2}^i (y_n - IAGO_n)^2 / (n-2)}$ 为残余标准离差。

2 软件设计

根据上述原理和步骤,采用 Visual Basic 5.0 专业版在中文 Windows 95 环境下开发出用于预测滑坡发生时间的非线性灰色预测软件,该软件集数据录入、处理、预测和可视化输出于一体,具有界面友好、操作直观、运算速度快等优点。操作界面如图 1。

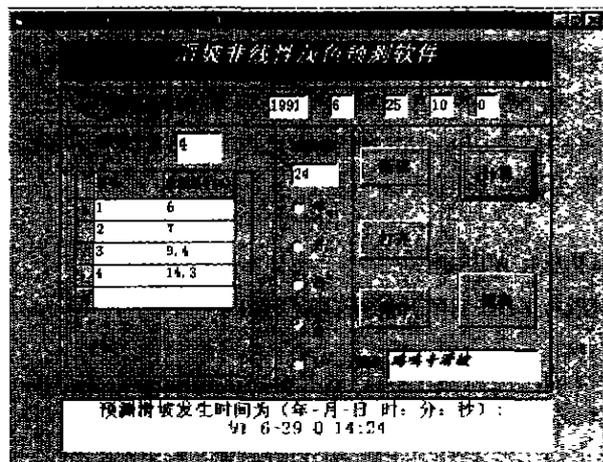


图 1 预测软件界面

软件采用 Active 控件 DBGRID 实现了数据的随时添加、删除和修改,不同的滑坡,监测时间长短不同。其数据量有多有少,本软件无需考虑数据量,只需按顺序填入实测位移即可,填至表格最后一行时,表格自动加一个空行,只有当输入数据后计数器才自动加一,也可随时删除录入的错误数据,在输入过程中可随时浏览全部数据并检查录入的正确性。该数据输入界面具有小型文本编辑器的功能,这对输入数据非常有用。

由于采用可视化输入输出技术,使用本软件无需建立专门的数据文件,在输入屏幕上录入的数据可以通过“保存”按钮以文本格式存盘,以后需用时

用“打开”按钮将此数据文件读入内存,数据文件以 .slp 为扩展名。

数据输入内容包括:

(1) 实测数据起始时间 指利用监测仪器对滑坡进行连续位移监测记录的起始时间;

(2) 观测间隔 指两次读取仪器记录位移的时间间隔,不同单位间可以互换。比如间隔为 1 天,则可填 1 d,也可填 24 h;

(3) 位移量 实测的滑坡位移值;

(4) 数据个数 可以不填,当输入位移量时,程序自动记录并刷新屏幕。所以数据填完后,单击“计算”按钮,预测结果就会出现在其下部的输出窗口中。

3 计算实例

3.1 鸡鸣寺滑坡

1991 年 6 月 29 日凌晨 4 h58min,湖北省秭归县郭家坝镇鸡鸣寺山体发生了一起山体滑坡。滑坡区长 250 m,宽 150 m,体积 60 万方。滑坡向前水平运动了 300 m,覆盖面积 7 万 m^2 ,掩埋民房 295 间,耕地 24 亩,直接经济损失 40 万元。由于长江上游泥石流滑坡预警系统秭归二级站对该滑坡实施了监测,并及时作出预报,使危险区内人员无一伤亡,财产损失降至最低限度。

1990 年 4 月,发现山体裂缝,随即埋设木质监测标桩,对后缘进行简易监测。1991 年 6 月初,在变形区岩体表面增设经纬仪三角测量系统。监测数据表明,6 月份以后,滑坡进入加速位移状态,监测数据及时间间隔如表 1。

表 1 鸡鸣寺滑坡位移监测数据

时间(6月)	25日10时	26日10时	27日10时	28日10时
位移量(cm)	6.0	7.0	9.4	14.3

利用本软件预测滑坡发生时间为 1991 年 6 月 29 日零时 14 分,与实际发生时间相差 4 小时 44 分。

3.2 长江西陵峡新滩滑坡

新滩滑坡发生于 1985 年 6 月 12 日,属洪积坡积、顶部崩积加载型滑坡,滑坡造成的间接灾害是强烈涌浪使小船失去平衡导致若干人丧生,由于省岩崩调查处和长江流域规划办公室的预报无误,其滑坡底脚的新滩镇 1300 名居民全部撤离,无一人遭受直接伤亡。滑坡发生前数月的位移监测数据及时间间隔如表 2。

预测滑坡发生时间为 1985 年 6 月 15 日,比实际发生时间落后 3 d。

表2 新滩滑坡位移监测数据

时间(1985年)	1月	2月	3月	4月	5月	6月
位移量(cm)	6.45	6.6	6.75	6.88	7.27	9.2

4 结语

滑坡时间预测是比较困难的,因为其预测的理论和方法目前还不成熟。实例和分析表明,非线性灰色模型对预测滑坡发生时间效果较好,但由于数

学计算的复杂性,手工计算几乎不可能,只能借助计算机求解,本软件的开发将使工作人员从繁杂的计算中彻底解放出来,大大提高了工作效率。

参考文献

- 1 殷坤龙,晏同珍.滑坡预测与相关模型.岩石力学与工程学报,1996,15(1):1~8
- 2 晏同珍.水文工程地质与环境保护.武汉:中国地质大学出版社,1994
- 3 邓聚龙.灰色系统基本方法.武汉:华中理工大学出版社,1987

NONLINEAR GREY PREDICTION FOR LANDSLIDE AND ANDITS SOFTWARE SYSTEM

Yuan Jinrong, Luo Ruijia

On the basis of detail analysis of basic principle of Nonlinear Grey model, a software system for predicting occurrence of landslide is designed. It was tested by large number of actual examples and the results show that the model is reasonable and the software is reliable.

Key words landslide, nonlinear grey model, prediction, software

第一作者简介:

袁金荣 男,1967年生。助理研究员,1989年毕业于中国地质大学(武汉)地质学专业,1995年在中国地质大学(武汉)获构造地质学专业硕士学位,1995年~1998年在国家地震局地震研究所从事科研工作,现在同济大学攻读结构工程博士学位,研究方向为地下结构,主要从事灰色系统、人工神经网络在地下工程中的应用研究。

通讯地址:上海四平路1239号 同济大学地下建筑与工程系 邮政编码:200092



(上接第46页)

TJYB系统通过一年多运行证明是成功的。随着经济改革的深入、统计指标的调整,TJYB系统需要不断完善和提高。在Intranet(企业网)、Web数据

库查询技术等引入TJYB系统后,人们将可以在任何时间、任何地点,通过局域网或电话线路,根据用户权限和口令访问冶金地质信息网,查询包括经济信息在内的各类信息。

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF STATISTICS INFORMATION NETWORK FOR GEOEXPLORATION

Liu Fengmin, Li Yinhai

The general layout, function and operation environment of the statistics information net work for geoexploration are stated. Based on the studies on data collection, data transformation, data processing and data inquiry, the development prospect of this network system is viewed.

Key words statistics information, e-mail, management of network

第一作者简介:

刘凤民 男,1963年生。1985年毕业于武汉地质学院矿床地质专业,现任冶金工业部地质勘查总局资料馆工程师。主要从事计算机网络和软件开发工作。

通讯地址:北京东燕郊 冶金工业部地质勘查总局资料馆 邮政编码:101601

