

蒋家沟泥石流流年输沙量的拓扑预测

倪化勇, 郑万模

(国土资源部成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要:通过搜集整理并作图分析云南东川蒋家沟泥石流观测资料时发现, 蒋家沟历年泥石流流年输沙量变动幅度大且变动频繁, 用一般拟合方法预测效果不理想。拓扑预测是一种预测未来发展趋势的方法, 尤其对随时间有较大变化的对象, 预测效果较好。本文试采用拓扑预测的方法对蒋家沟历年泥石流流年输沙量的资料进行分析, 对泥石流流年输沙量进行了预测。

关键词:泥石流; 蒋家沟; 年输沙量; 拓扑预测; GM(1, 1)模型

中图分类号:TV144 **文献标识码:**A **文章编号:**0468-155X(2006)04-0039-04

1 前言

泥石流输沙量的研究对于山区防灾减灾、山区建设和土地规划、土地利用都有非常重要的意义。然而泥石流输沙量受到多种因素的影响, 既有地形地质因素也有气候因素, 对其准确预测还比较困难, 国内众多学者曾采用不同方法来尝试解决这一问题。刘希林^[1]采用灰色灾变模型进行了预测, 并将某年预测结果作为下轮预测的根据, 从而得出多年的预测结果; 王裕宜等^[2]以蒋家沟泥石流为例, 证明蒋家沟泥石流输沙量的变化存在6年的周期规律; 李昌志等^[3]从蒋家沟流域泥石流输沙的时间和控制因子两个角度入手, 建立了由周期预测和控制因子预测组成的综合预测模型; 杨坤^[4]则采用马尔可夫过程对蒋家沟泥石流流年输沙量进行预测。

拓扑预测是一种从现有图形和数据来预测未来变化及发展趋势的预测方法, 在气温、降水等气候方面^[5-8], 径流、地下水枯水等水文方面^[9-12], 洪涝、干旱、台风、地震等自然灾害方面^[13-16]都有广泛的应用, 预测效果较好。本文尝试将拓扑预测方法应用于蒋家沟泥石流流年输沙量, 以期达到较好的效果。

2 资料来源和分析

云南东川蒋家沟是我国西南山区一条典型的暴雨型泥石流沟, 位于云南省东北部金沙江支流小江河谷的右岸。每年的雨季(5-10月)蒋家沟都发生多次(多达28次)泥石流, 是泥石流高发区。该沟泥石流类型齐全, 过程完整, 流态多样, 为国内外所罕见, 被誉为“泥石流的天然博物馆”。本文所采用的数据和资料来自这里的观测记录, 代表性和可靠性较强。

表1给出了蒋家沟1973-2000年28年的泥石流流年输沙量资料。从观测资料来看, 蒋家沟泥石流每年输沙从数十万 m^3 到数百万 m^3 , 年际变化较大, 采用一般数学方法很难准确描述其变化趋势, 预测效果不理想。本文采用拓扑预测方法作为预测手段进行分析和预测, 以期达到较好的效果。

3 蒋家沟泥石流流年输沙量的拓扑预测

3.1 拓扑预测原理

拓扑预测, 即图形的预测, 是一种从现有图形和数据来预测未来变化及发展趋势的预测方法^[18]。

收稿日期: 2005-03-29

作者简介: 倪化勇(1979-), 男, 山东临朐人, 硕士, 主要从事泥石流灾害预测预报和灾害管理的学习和研究。E-mail: nihuyong@

126.com

表 1 蒋家沟历年泥石流年输沙量统计表^[1-4,17] (单位: 10^4 m^3)

Table 1 Annual sediment yield of debris flow along the Jiangjia Ravine (Unit: 10^4 m^3)

年份	年输沙量	年份	年输沙量	年份	年输沙量	年份	年输沙量
1973	246	1980	150	1987	171	1994	200
1974	387	1981	218	1988	29	1995	374
1975	211	1982	107	1989	200	1996	315
1976	150	1983	208	1990	263	1997	657
1977	174	1984	169	1991	659	1998	215
1978	227	1985	315	1992	119	1999	235
1979	376	1986	180	1993	26	2000	113

这种预测方法是从给定的不同的阈值(如本文给定的年输沙量)入手,求得出现给定阈值的时间序列,并用这个时间序列作为建模的原始数据。拓扑预测同灾变预测的原理相似,两者建立的模型都是 GM(1, 1)模型,不同之处在于灾变预测通过灾变阈值系列,仅仅预测灾变年份,而拓扑预测通过更多的阈值系列,预测的结果除灾变年份外,还对每年结果及整体变化趋势进行预测,预测时间序列长。

3.2 蒋家沟泥石流年输沙量拓扑预测

拓扑预测的整个过程可以通过六步完成^[18,19],下面结合蒋家沟历年泥石流年输沙量资料说明预测过程。

第一步:建立所选资料的数列 $X(0)$:

$$X(0) = \{X^{(0)}(k) \mid k = 1, 2, \dots, n\}$$

在本文中, $n = 28$,表示数列由 28 组数据组成。

第二步:将数据点 $(k, X^{(0)}(k))$ 描绘成 $X(0)$ 的折线图。本文 k 的取值范围是从 0 到 27,绘制这 28 组数据成折线图(图 1)。

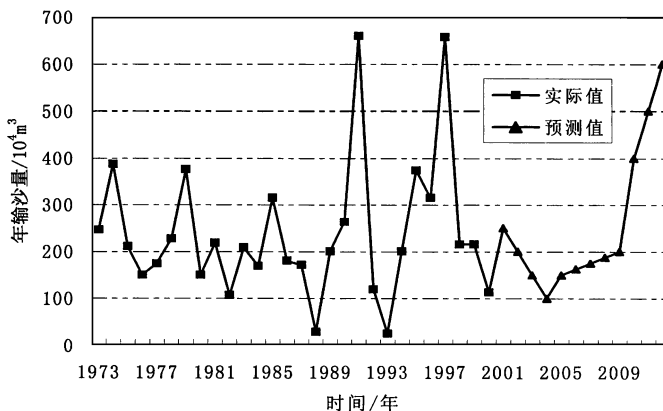


图 1 蒋家沟历年泥石流年输沙量及其预测图

Fig.1 Annual sediment yield during the past years and forecasted results of debris flow along the Jiangjia Ravine

第三步:取定若干阈值 $\zeta_i (i=1, 2, \dots, m)$:

$$\text{令 } \text{Max } X(0) = \text{Max} \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)\}$$

$$\text{Min } X(0) = \text{Min} \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)\}$$

$$\text{则 } \text{Min } X(0) \leq \zeta_i \leq \text{Max } X(0)$$

本文中根据数据的分布特征和图形特征,兼顾科学性和全面性的原则,选择了不等间隔的 9 个阈值,分别为: $\zeta_1 = 600, \zeta_2 = 500, \zeta_3 = 400, \zeta_4 = 350, \zeta_5 = 300, \zeta_6 = 250, \zeta_7 = 200, \zeta_8 = 150, \zeta_9 = 100$ 。

第四步:根据折线图和规定的阈值 ζ_i ,求得不同阈值所对应的横坐标值(距离时间原点的间隔): t_{i1}, t_{i2}

\dots, t_{ip} (假设交点个数为 p),建立新的数列: $T_{\zeta_i}(0) = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}\}$

本文中,得到如下 9 个阈值对应的交点的横坐标,建立 9 个数列:

$$\zeta_1=600 \text{ 时}, T_{e1}(0)=\{17.9, 18.1, 23.8, 24.1\}$$

$$\zeta_2=500 \text{ 时}, T_{e2}(0)=\{17.6, 18.3, 23.5, 24.4\}$$

$$\zeta_3=400 \text{ 时}, T_{e3}(0)=\{17.3, 18.5, 23.2, 24.6\}$$

$$\zeta_4=350 \text{ 时}, T_{e4}(0)=\{0.7, 1.2, 5.8, 6.1, 17.2, 21.9, 22.4, 23.1, 24.7\}$$

$$\zeta_5=300 \text{ 时}, T_{e5}(0)=\{0.4, 1.5, 5.5, 6.3, 11.9, 12.1, 17.1, 18.7, 21.6, 24.8\}$$

$$\zeta_6=250 \text{ 时}, T_{e6}(0)=\{1.8, 5.2, 6.6, 11.6, 12.5, 16.8, 18.8, 21.3, 24.9\}$$

$$\zeta_7=200 \text{ 时}, T_{e7}(0)=\{2.2, 4.5, 6.8, 7.7, 8.2, 9.9, 10.2, 11, 12, 12.9, 16.0, 18.9, 21.0, 26.1\}$$

$$\zeta_8=150 \text{ 时}, T_{e8}(0)=\{3.0, 7.0, 8.6, 9.4, 14.5, 15.7, 18.9, 20.7, 26.6\}$$

$$\zeta_9=100 \text{ 时}, T_{e9}(0)=\{14.5, 15.4, 19.2, 20.4\}$$

第五步:分别建立以上 9 个数列的 GM(1,1)模型:

$$\zeta_1=600 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=75.9\exp(0.25k)-58.0$$

$$\zeta_2=500 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=74.8\exp(0.25k)-57.2$$

$$\zeta_3=400 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=74.6\exp(0.25k)-57.3$$

$$\zeta_4=350 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=21.5\exp(0.3k)-20.8$$

$$\zeta_5=300 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=12.4\exp(0.4k)-12.0$$

$$\zeta_6=250 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=12.4\exp(0.4k)-12.0$$

$$\zeta_7=200 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=19.1\exp(0.26k)-16.9$$

$$\zeta_8=150 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=20.8\exp(0.3k)-17.8$$

$$\zeta_9=100 \text{ 时}, \hat{t}(k+1)=62.8\exp(0.25k)-48.3$$

第六步:列预测值表:

在 GM(1,1)模型中,取不同的 k 值得到相应的时间,将预测年份小于 28 的数值去掉,就得到将来再次达到该阈值的年份。表 2 列出了蒋家沟泥石流年输沙量的预测结果(表 2)。未来发展趋势见图 1。

表 2 蒋家沟泥石流年输沙量预测结果表

Table 2 Forecasted results of annual sediment yield of debris flow along the Jiangjia Ravine

时间/年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
预测值/ 10^4 m^3	250	200	150	100	150	163	175	188	200	400	500	600

3.3 预测结果的检验

从预测结果来看,2001 年蒋家沟泥石流的年输沙量在 250 万 m^3 左右,而实际上该年的年输沙量是 288 万 m^3 ,预测准确率为 86.7%,可以作为参考。预测结果表明 2006 年到 2010 年,蒋家沟泥石流年输沙量在 $150-200 \text{ 万 m}^3$ 左右,可以推断在此时间段内蒋家沟多暴发中等规模泥石流,而在 2011 年前后将要出现一次泥石流年输沙量的高峰,年输沙量达到 $500-600 \text{ 万 m}^3$ 左右,说明在 2011 年前后将是蒋家沟泥石流暴发较为严重的时期。据白树明等^[20]研究的云南省旱灾特点和未来 10 年趋势预测的结果来看,在 2003-2012 年期间云南省主要是以暖湿气候为主,后期可能开始向干暖的气候类型转变,这段时间的气候特征有利于蒋家沟泥石流松散固体物质的积累和泥石流的暴发,说明了预测结果和相关形成因素预测结果一致,预测结果有参考价值。

杨坤^[4]曾利用马尔可夫过程对蒋家沟泥石流年输沙量进行预测,得出近几年蒋家沟泥石流出现大规模或者特大规模的可能性不大,中等规模泥石流可能性较大的结论,与本方法的预测结果相一致。同其他人采用的预测方法相比,拓扑预测方法在长期预测和发展趋势预测方面具有一定的优越,不失为输沙量趋势预测的一种有效方法。

4 意义及结论

(1)根据蒋家沟泥石流历年输沙量的观测统计资料,建立了泥石流年输沙量的拓扑预测模型,预测

到 2011 开始将是蒋家沟泥石流暴发的高峰期,年输沙量达到 500万 m^3 以上,预测结果同气候变化趋势相吻合。

(2)该方法同灰色灾变预测、马尔可夫预测等预测方法相互补充,对泥石流灾害的预测预报、危险性评价、防灾减灾、山区土地规划和土地利用等都具有一定的现实意义和参考价值。

(3)由于泥石流输沙量是一个复杂的问题,受外界影响的因素很多,因此,准确的预测比较困难,本文利用灰色拓扑预测方法在该方面做了一次尝试,预测结果还有待于进一步检验。

参考文献:

- [1] 刘希林.灰色灾变模型在蒋家沟泥流年输沙量短期预测中的应用[J].山地研究,1992,10(1):57—61.
- [2] 王裕宜,李昌志,洪勇.暴雨泥石流输沙年际变率的旋回性研究——以云南东川蒋家沟泥石流为例[J].自然灾害学报,2000,9(4):99—104.
- [3] 李昌志,曹叔尤,彭清鹤,等.蒋家沟流域输沙预测模型初探[J].泥沙研究,2000,(4):45—50.
- [4] 杨坤.蒋家沟流域降水与泥石流活动的关系[D].中国科学院研究生院研究生学位论文.2002.
- [5] 李国平,刘敦训.气温、降水气候预测的灰色拓扑方法[J].高原气象,1995,14(2):207—211.
- [6] 林佩玲.汛期降水的拓扑预测[J].广西气象,1997,18(3):17—18.
- [7] 杨飞.降水量的灰色拓扑预报方法[J].西北水资源与水工程,2000,11(1):1—5.
- [8] 黄克明.灰色系统的拓扑预测方法在水文中长期预报中的应用[J].数学杂志,1998,18(增刊):98—102.
- [9] 裴向军,刘银伟.基于灰色拓朴理论水库径流趋势的预测[J].长春工程学院学报(自然科学版),2004,5(1):1—3.
- [10] 邱俊英,李文东,沃文伟,等.拓扑预测在地下水枯水期水位预报中的应用[J].黑龙江水专学报,1999,26(4):42—44.
- [11] 宋玲,何新林,张立国.玛纳斯河年径流的灰色拓扑预测[J].石河子大学学报(自然科学版),1998,2(2):129—132.
- [12] 李长兴,范荣生.年最大洪峰流量灰色拓扑区间灾变预测[J].水电能源科学,1995,13(2):94—102.
- [13] 程桂福,付日辉,李兴云.水旱灾害发展趋势的灰色拓扑预测[J].应用海岸工程,2001,20(4):56—62.
- [14] 冯强,王昂生,李吉顺.灰色拓扑预测理论在暴雨洪涝灾害预测中的应用[J].自然灾害学报,1996,5(4):98—103.
- [15] 周强.灰色拓扑预测模型在初台预测中的应用[J].海洋预报,1994,11(1):71—76.
- [16] 杨雪超,张福平,高建华.寻乌 5.5 级地震的灰色拓扑方法分析[J].华南地震,2002,22(4):39—44.
- [17] 张军,熊刚.云南蒋家沟泥石流运动要素观测资料集(1987—1994)[M].北京:科学出版社,1997.
- [18] 傅立.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学技术文献出版社,1991.
- [19] 严智渊,戴玉生.灰色系统预测与应用[M].南京:江苏科学技术出版社,1989.
- [20] 白树明,黄中艳.云南旱灾特点和未来 10 年干旱趋势预测[J].人民珠江,2003,(6):4—7.

Topological forecast of annual sediment yield of debris flow along the Jiangjia Ravine

NI Hua-yong, ZHENG Wan-mo

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Ministry of Land and Resources P. R. C., Chengdu 610082)

Abstract: Annual sediment yield of debris flow is an important physical index, which reflects both the forming station, carrying ability and potential danger degree. However, the annual sediment yield of debris-flow along the Jiangjia Ravine has been changing year by year with much scope and high frequency. Fortunately, topological forecast is such an ideal method, which is good at dealing with the data with irregular changes. So the authors applied this method and combined the developing trend of the Jiangjia Ravine to forecast the annual sediment yield. Based on the detailed material from the debris flow observation station in the Jiangjia Ravine, there will be severe stage of debris flow occurring after the year 2011. This research is much significance of preventing, mitigating debris flow disaster and the use of mountain land.

Key words: debris flow; the Jiangjia Ravine; annual sediment yield; Topological forecast; GM(1, 1) model