

# 滑坡监测数据挖掘视角

王树良<sup>1,2</sup> 王新洲<sup>3</sup> 曾旭平<sup>3</sup> 史文中<sup>2</sup>

(1 武汉大学国际软件学院, 武汉市珞珈山, 430072)

(2 香港理工大学土地测量与地理资讯学系, 香港九龙红磡)

(3 武汉大学 GPS 工程技术研究中心, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:** 提出了滑坡监测数据挖掘视角, 研究了宝塔滑坡监测数据挖掘的视角及其泛层次关系, 从宝塔滑坡监测数据中挖掘得到定量、定性和可视化的知识。

**关键词:** 滑坡监测; 数据挖掘; 空间数据挖掘

**中图法分类号:** P258; TP391

滑坡监测数据挖掘视角是相同的人从不同的知识背景或不同的人从相同的知识背景下, 根据给定要求, 基于不同的认知层次, 从监测数据中挖掘决策规则的角度。从不同的视角对数据进行挖掘, 可能得到不同层次的知识, 不同层次的知识有不同的用途。滑坡监测数据挖掘是利用一定的方法, 从形变监测数据中挖掘事先未知却有用的空间知识的技术<sup>[1]</sup>。基于多个不同层次的挖掘视角, 空间数据挖掘可把每个定量的精确监测数据的作用, 在不同的认识层次上浓缩到定性的决策思维中<sup>[2]</sup>。

## 1 视角类型

滑坡监测数据的挖掘中, 其知识背景是滑坡稳定性的空间监测数据, 基本观察点有监测点、监测日期和形变的位移方向(简称位移方向)。这 3 个基本观察点组合在一起, 可以构成分析监测数据的全部视角, 其结果就是从{相同监测点, 不同监测点}、{相同监测日期, 不同监测日期}和{相同位移方向, 不同位移方向}中各取其一的组合, 即  $C_2^1 C_2^1 C_2^1 = 8$ , 得到 8 类视角。

**视角 1:** 同点同时同向。即相同监测点、相同监测日期和相同位移方向。

**视角 2:** 同点同时异向。即相同监测点、相同监测日期和不同位移方向。

**视角 3:** 同点异时同向。即相同监测点、不同

监测日期和相同位移方向。

**视角 4:** 同点异时异向。即相同监测点、不同监测日期和不同位移方向。

**视角 5:** 异点同时同向。即不同监测点、相同监测日期和相同位移方向。

**视角 6:** 异点同时异向。即不同监测点、相同监测日期和不同位移方向。

**视角 7:** 异点异时同向。即不同监测点、不同监测日期和相同位移方向。

**视角 8:** 异点异时异向。即不同监测点、不同监测日期和不同位移方向。

8 类视角之间的关系可以基于云模型表示为泛层次结构, 如图 1 所示。从图 1 可以看出, 从视角 1 到视角 8, 观察距离越来越远, 粒度越来越大; 反之, 从视角 8 到视角 1, 观察距离越来越近, 粒度越来越小。在发现状态空间<sup>[3]</sup>中, 视角 1 ~ 视角 4 是针对一个监测点的不同属性的不同视角, 基于空间对象的属性构成  $M$  维概念空间。在这个概念空间中, 视角 1 ~ 视角 4 的视野依次开阔增大; 反之, 视角 8 ~ 视角 5 则顺次闭缩减小。若应用滑坡监测数据挖掘, 则为压缩镜头, 缩短观察距离, 用细粒度观察和分析监测点, 透过纷繁复杂的表象, 更准确地区分差别, 得到一般的个性知识。而视角 5 ~ 视角 8 则是针对多个监测点的不同特征的不同视角, 基于空间对象的宏元组构成  $N$  维特征空间。在这个特征空间中, 视角 5 ~ 视

角 8 的视野也依次开阔增大; 反之, 则为顺次闭缩减小。若应用滑坡监测数据挖掘, 则为拉长镜头, 增加观察距离, 用粗粒度观察和分析信息, 忽略细微的差别, 寻找共性, 得到的常常为共性知识。这反映了滑坡监测数据挖掘在发现状态空间中的微观、中观和宏观的不同层次, 粒度上升和下降的过程。

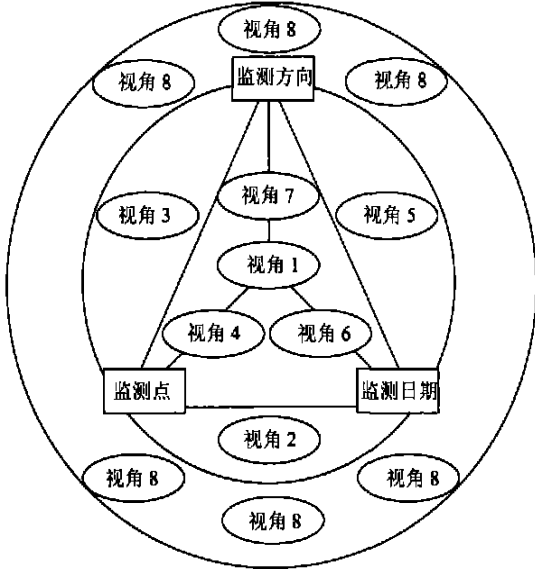


图 1 滑坡监测数据挖掘视角及其泛层次关系

Fig. 1 View Angles of Landslide-Monitoring Data Mining and Their Pan-Hierarchical Relationships

在 8 类视角中, 当视角 1 的 3 个基本观察点中有 1 个、两个或全部改变时, 就组成了其他 7 个不同的视角, 故称视角 1 为基本视角。基本视角是所有视角的最基本组成单位。当以基本视角观察宝塔滑坡形变监测数据时, 得到的就是各个独立的单个监测数据, 是滑坡监测数据挖掘的最基本原子数据。同时, 如果把相同监测点在相同监测日期于不同的 3 个位移方向的形变  $dx$ 、 $dy$ 、 $dh$  看作一个三维数域空间中的形变点  $(dx, dy, dh)$ , 那么当监测点和监测日期改变时, 视角 2 也可以组成三维数域空间中的视角 4、视角 6 和视角 8, 故称视角 2 为基本组合视角。在基本视角和基本三维组合视角的视野中, 都是单个孤立的空数据, 而不是大量的一堆数据, 它们只是滑坡监测数据挖掘的基本单元和基本组合单元, 对于滑坡监测数据挖掘并没有很大的实际意义。实际可以使用的挖掘视角是由二者之一组成的其余 6 个视角。在剩余的这 6 个视角中, 同点异时同向的视角 3 重点表现一个监测点在不同监测日期与在给定位移方向的滑坡位移水平。

## 2 基于视角 3 的宝塔滑坡监测数据挖掘算法

宝塔滑坡是长江三峡库区的特大型滑坡, 位于长江北岸。近几年来, 该滑坡体有全面“蠕动复活”的迹象。宝塔滑坡稳定与否将直接关系到长江三峡水利工程和滑坡区人民的生命财产安危。因此, 基于多个不同的视角, 从宝塔滑坡形变监测数据中挖掘知识, 为国家有关部门对宝塔滑坡的决策提供空间知识支持, 具有现实意义。

宝塔滑坡形变监测系统包含 4 个监测基准点、12 个滑坡体监测点, 首期观测为 1997 年 1 月至 2000 年 9 月共计观测 17 期, 总数据量共为 1G byte。滑坡体的位移变化为:

$$\begin{aligned} dx &= x_{i+1} - x_0 \\ dy &= y_{i+1} - y_0 \\ dh &= h_{i+1} - h_0 \end{aligned} \quad (1)$$

式中,  $x_0$ 、 $y_0$ 、 $h_0$  表示首期观测;  $x_i$ 、 $y_i$ 、 $h_i$  表示第  $i$  期观测。

因为微观视角是中观、宏观视角的基础, 视角 3 是 8 类视角中的微观视角之一, 同时, 长江流向垂直于宝塔滑坡体的南北方向, 是工程研究的重点, 所以本文将以视角 3 为例, 研究基于微观视角的宝塔滑坡监测数据挖掘方法, 并重点研究视角 3 中的  $X$  方向(南北方向)。当以视角 3 观察滑坡在南北方向的形变位移监测数据时, 得到的就是每个独立的监测点, 在不同的监测日期于相同位移方向的一个  $M$  维位移向量  $(dx_1, dx_2, \dots, dx_m)$ , 其基本组成分量是视角 1 的最基本原子数据, 分量值等于位移值。

在滑坡监测数据挖掘的理论技术<sup>[4]</sup>中, 云模型相对较适于从宝塔滑坡监测数据中挖掘知识<sup>[2,5,6]</sup>, 具体算法如下。

输入: 宝塔滑坡监测数据

输出: 宝塔滑坡监测知识

算法:

1) 根据需要选择挖掘视角 3;

2) 利用逆向云发生器, 根据宝塔滑坡监测数据, 生成 3 个监测数字特征 {期望, 熵, 超熵}, 即  $\{E_x, E_n, H_e\}$ , 其中, 期望表示监测点的预期位置(一般是监测点首期观测值的位移为 0 位置); 熵表示监测点对预期位置的离散程度(体现位移的幅度大小, 最能体现滑坡的位移形变水平); 超熵表示监测水平偏离正常的程度(综合反映监测仪器、监测员的素质和监测环境等因素);

3) 按照一定的转换规则定性诠释 3 个数字特征;

4) 利用正向云发生器, 基于 3 个监测数字特征及其定性诠释, 生成以监测云表示的可视化知识。

根据上述算法, 最终以视角 3 发现的定量、定性、可视化知识分别如表 1、图 2 所示。

表 1 基于视角 3 发现的定量和定性知识

Tab. 1 Discovered Quantitative and Qualitative Knowledge on View Angle Three

数字特征	BT11	BT12	BT13	BT14	BT21	BT22	BT23	BT24	BT31	BT32	BT33	BT34
$E_x$	-25	-22.1	-9.3	-0.3	-92.8	-27	-26.5	-20.5	-40.3	-22.9	-25	-20.9
位移水平	向南大	向南大	向南小	向南较小	向南非常大	向南较大	向南大	向南大	向南很大	向南大	向南大	向南大
$E_n$	18.1	19.4	8.8	3.7	66.4	20.8	21.6	20.2	28.4	18.7	22.2	20.7
形变离散	高	高	较低	较低	非常高	高	高	高	较高	低	高	高
$H_e$	19	41.7	8	6.7	145.8	21.1	53	27.4	92.2	38.2	26.4	32.8
监测水平	不稳定	很不稳定	较稳定	较稳定	非常不稳定	不稳定	很不稳定	较不稳定	非常不稳定	较不稳定	很不稳定	较不稳定

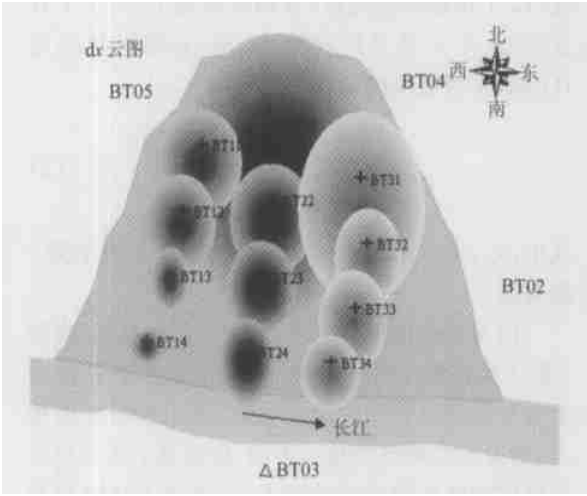


图 2 基于视角 3 发现的可视化知识

Fig. 2 Discovered Visual Knowledge in the Context of View Angle Three

证了包括滑坡体的物质性质、地质构造和坡度在内的内力作用, 是滑坡灾害的主要成因。

在滑坡区巡视过程中发现, 滑坡区的自然现实和通过视角挖掘得到的空间知识吻合的相当好, 也与文献[7, 8]利用不同方法处理的结果相同, 从而验证了研究视角的必要性。而且, 相对于位移绝对值的伪分布图<sup>[6]</sup>, 云模型的 3 个数字特征还保留了位移的方向。

### 参 考 文 献

- 1 Miller H J, Han J. Geographic Data Mining and Knowledge Discovery. London and New York: Taylor and Francis, 2001
- 2 王树良. 基于数据场与云模型的空间数据挖掘和知识发现: [ 博士论文 ]. 武汉: 武汉大学, 2002
- 3 李德毅. 发现状态空间理论. 小型微型计算机系统, 1994, 15(11): 1~6
- 4 李德仁, 王树良, 李德毅, 等. 空间数据挖掘和知识发现理论与方法的研究. 武汉大学学报·信息科学版, 2002, 27(3): 221~233
- 5 Li D Y. Knowledge Representation in KDD Based on Linguistic Atoms. Journal of Computer Science and Technology, 1997, 12(6): 481~496
- 6 Wang S L. Cloud Model-based Spatial Data Mining. Geographical Information Science, 2003, 6(1): 60~70
- 7 曾旭平. GPS 滑坡监测及数据处理研究: [ 学位论文 ]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 2000
- 8 蒋 征, 张正禄. 滑坡变形的模式识别. 武汉大学学报·信息科学版, 2002, 27(2): 127~132

第一作者简介: 王树良, 博士. 现从事空间数据挖掘和知识发现研究。

E-mail: hnyuanslwang@yahoo.com

### 3 结果分析

从表 1、图 2 中可以看出, 所有监测点都基本向 X 负方向(南方向)发生了大小不一的位移。其中, 位移幅度非常大、位移之间离散程度非常高、监测水平也非常不稳定的是断面 2 的监测点 BT21; 断面 3 的监测点 BT31 次之; 位移幅度较小、位移之间的离散程度较低、监测水平也较稳定的是断面 1 的监测点 BT14。监测点之间位移变化的范围为断面 2 > 断面 3 > 断面 1; 除去监测点 BT14、BT21、BT31, 3 个断面监测点的位移监测水平基本相似, 原因在于长江三峡的宝塔滑坡的岩层走向是东西向, 滑坡体主要在南北向移动。同理, 基于视角 3 还可以得到宝塔滑坡的所有监测点在不同日期于东西方向、垂直方向的位移形变的定量、定性、可视化知识。总体上, 南北方向一直向南移动, 垂直方向一直向下沉降, 东西方向的位移没有一致性, 东西波动。这些监测数据验

视觉和图像处理.

第一作者简介: 钱俊, 副教授. 研究方向为单幅雷达测图、计算机

E-mail: qianjungreat@sohu.com

## Region-Growth Algorithm for Radarclinometry

*QIAN Jun*<sup>1,2</sup> *SHU Ning*<sup>2</sup> *ZHAN Zongqian*<sup>1</sup>

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 School of Journalism and Communication, Wuhan University, Luoja Hill, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** This paper presents the principle of cosine backscatter model. The model has two unknown numbers: azimuth angle and range angle. For flat area, we assume the azimuth angle is zero, so we can get range angle. Then we can get DEM by integration. Based on this model, we introduce a new algorithm that does not omit azimuth angle and can get DEM in mountainous area. Using this model, we assessed the DEM of Zhangbei of Hebei province.

**Key words:** radarclinometry; region growth; cosine backscatter model

**About the first author:** QIAN Jun, associate professor. His research interest includes radarclinometry, computer vision and image processing.

E-mail: qianjungreat@sohu.com

(责任编辑: 晓平)

(上接第 610 页)

## View Angle of Landslide-Monitoring Data Mining

*WANG Shuliang*<sup>1,2</sup> *WANG Xinzhou*<sup>3</sup> *ZENG Xuping*<sup>3</sup> *SHI Wenzhong*<sup>2</sup>

(1 International School of Software, Wuhan University, Luoja Hill, Wuhan 430072, China)

(2 Department of Land Surveying and Geo-Infomatics, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong)

(3 Research Center of GPS, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** A view angle of landslide-monitoring data mining is proposed. With the view angle three, Baota landslide is taken as a case study to discover quantitative, qualitative and visualized knowledge from its monitoring databases. The results are satisfactory.

**Key words:** view angle of landslide-monitoring; data mining; spatial data mining

**About the first author:** WANG Shuliang, Ph. D. He is concentrated on the research in spatial data mining and knowledge discovery.

E-mail: myuanshwang@yahoo.com

(责任编辑: 涓涓)