

变形观测中的模式识别问题^①

靳奉祥 王同孝 独知行

(山东矿业学院地球科学系, 泰安 271019)

摘要 回顾了变形观测数据处理理论的发展, 分析了变形测量数据处理的程序, 简明地剖析了各种方法的特点及不足, 结合目前某些新的数据处理理论提出了几个变形分析理论中的模式识别问题, 并就变形模式描述及模式分析的有关理论和方法在变形分析中的应用进行了综合性分析, 引出了一系列值得进一步研究的领域。

关键词 变形观测 模式识别 变形分析

50年代以前, 变形观测数据处理主要是计算点的位移, 然后绘出位移或位移过程线, 所得目标点的位移量与选定的参考点有关。60年代中期, 奥地利大地测量学者 Meissl 引进了自由网平差的概念, 提出了“内制约”平差方法。70年代, 德国测量学者 Pelzer 开始应用统计检验的理论分析参考点的稳定性。随后, 自由网平差的讨论在国际测绘界盛行起来, 主要用于变形分析。近几年来, 人们开始根据弹性力学理论用有限单元法计算变形(称为确定函数法), 使变形观测物理解释向前推进了一步, 例如利用变形观测成果分析计算地应变等。这种考虑方法早在50年代就由 Yeoger、Frank 等提出, 此后 Welsch、Prescott、Pelzer、Sany、Vanicek、张祖胜、黄立人、陶本藻、陈永奇等作出了许多扩充研究, 使地应变的计算理论和方法趋于成熟和实用化, 但这种方法是以均匀应变场为应用前提。从变形分析的发展来看, 变形测量数据处理理论的发展经历了三个阶段: 静态变形分析、动态变形分析、变形的力学机理分析^[1-3]。1996年6月在香港举行的“国际大地变形学术大会”上, 许多学者认为变形测量数据处理的研究及变形分析的方法已经基本完善, 但作者认为对变形分析与数据处理等有关理论需要综合地进行升华研究, 为此本

文引用了模式识别的有关思想方法和术语, 对变形数据处理理论进行研究和描述。

1 变形的模式描述方法

对任何一个被监测的变形体或变形对象来说, 它们有着某一客观存在的变形规律和变形方式, 其变形过程或变形结果可用一个术语来描述, 称为“变形的原始模式”, 并可描述为:

$$L = L_{\alpha}(D_{\alpha}) \quad (1)$$

式中 L 代表原始模式, D_{α} 表示在描述中用到的参数集, α 为描述不同的特性, 且 $\alpha = 0, 1, 2, 3 \dots$ 。例如: 设 $\alpha = 0$ 时, D 参数集中概括了全部有关的参数, 又设 $\alpha = 1$ 时, D_1 为力学参数集; $\alpha = 2$ 时, D_2 为运动参数集等等。

假设原始变形模式为

$$L = L_1(D_1) + L_2(D_2) + \dots \quad (2)$$

实际上可以说它是无限多个子原始模式的迭加。对式(2)可作如下假定: $L_1(D_1)$ 、 $L_2(D_2)$ 、 \dots , 其顺序按其子原始模式变形的贡献大小排列。由于原始模式、子原始模式皆为客观存在的, 所以式(2)的这种表示式是唯一的。

1.1 变形模式的描述

对变形监测对象进行观测得到了变形体的

^① 煤炭工业部留学归国基金和山东省青年基金资助项目
靳奉祥, 男, 35岁, 教授, 博士

某些信息, 并希望利用这些信息对变形的模式进行正确的描述, 也即希望找到式(2)中的 $L_1(D_1)$ 、 $L_2(D_2)$ 、 \dots , 从理论上讲这是永远不能实现的, 但我们可以建立一种近似的描述方法将原始模式通过假定的子模式来描述, 如:

$$L = L_1(d_1) + L_2(d_2/d_1) + L_3(d_3/d_1, d_2) + \dots + \Delta L \quad (3)$$

式中 ΔL 为由于条件所限造成的描述模式误差; d_1 、 d_2/d_1 、 d_3/d_1 、 d_2 、 \dots , 分别为参数集 D_α 中的一组取值和条件取值; $L_1(d_1)$ 、 $L_2(d_2/d_1)$ 、 $L_3(d_3/d_1, d_2)$ 、 \dots , 为假定子模式。

对于式(3), 由于子模式是假定子模式, 所以 $L_1(d_1)$ 、 $L_2(d_2/d_1)$ 、 \dots 的子模式不是唯一的, 也不符合对式(2)的假设, 这就需要在某种原则下来确定一组子模式, 并设为

$$L = L_1^m(d_1^m) + L_2^m(d_2^m/d_1^m) + L_3^m(d_3^m/d_1^m, d_2^m) + \dots + \Delta L^m \quad (4)$$

且有: (a) $\|L_1^m(d_1^m)\|_2 \geq \|L_2^m(d_2^m/d_1^m)\|_2 \geq \dots \geq \|L_t^m(d_t^m/d_1^m, \dots, d_{t-1}^m)\|_2$

(5)

$$(b) P(\Delta L/d^m) = \min \quad (6)$$

$$(c) g(L_1^m, L_2^m, \dots) = \min \quad (7)$$

条件(a)保证了重要子模式的体现, 即保证了模式描述的正确性和可靠性; 条件(b)为损失函数, 表明最佳描述要达到损失最小; 条件(c)为代价函数, 即表示最佳描述要付出最小的代价。但条件(b)和条件(c)是矛盾的, 为此应在条件(b)与条件(c)之间折衷考虑, 例如:

$$P(\Delta L/d^m) + g(L_1^m, L_2^m, \dots, L_t^m) = \min \quad (8)$$

为了找到最佳描述模式(4), 应针对式(5), (6), (7)解决如下几个问题: (a') 找到确定 $L_1^m(d_1^m)$ 、 $L_2^m(d_2^m/d_1^m)$ 的方法; (b') 合理选择代价函数 $g(L_1^m, L_2^m, \dots)$ 及损失函数 $P(\Delta L/d^m)$; (c') 如何在式(8)条件下对描述参数求解。

1.2 变形模式的确定

在1.1中提出了三个要解决的主要问题,

下面分别就其解决办法加以讨论。

1.2.1 关于子模式的确定

子模式的确定是一个纯粹的模式识别问题, 更确切地讲是一个统计模式识别问题, 它是根据事物的某些属性将其分别用参数集中所对应的某些子集来描述出这些属性的一种理论和方法, 设参数集针对其特性分为 t 个对应的参数子集, 那么便构成了 $t!$ 种整体模式, 则可按式(5)和1.1中所提到的某种原则来选取其中的某一种来作为最佳描述模式。综合目前有关资料来看, 其原则分为三种类型:

(1) 基于统计原理的统计原则, 主要用于已知概率密度的随机模式识别;

(2) 基于空间距离概念的, 以特征向量长度为依据的模式识别方法;

(3) 以信息论为基础的信息判别原则, 它是以自然模式所有的某个类别特征信息的多少为判别依据的^[4]。

1.2.2 最合理描述模式的确定

对于任何事物的描述, 在满足某种既定的要求下, 都有一种最为简洁的形式, 在日常生活、科学研究等人类一切活动中都在寻求这样的一种描述模式, 它在特定的条件下是最合理的或是最优的。如果仅仅从描述模式中的信息含量来考虑, 则是越多越好, 而从有效信息和构成描述模式所要的代价来考虑, 则是在保留有效信息的前提下越小越好。因此, 好的描述模式应该是兼顾两者的折中选择^[2, 5], 即在式(8)中加权来构成最佳描述模式的选择原则:

$$\mu P(\Delta L/d^m) + \beta g(L_1^m, L_2^m, \dots, L_t^m) = \min \quad (9)$$

式中 μ 、 β 分别为代价函数, 信息损失函数的权; 其代价函数 $P(\Delta L/d^m)$ 是参数集 d^m 维数的增函数, 而信息损失函数 $g(L_1^m, L_2^m, \dots, L_t^m)$ 是 d^m 维数的减函数; 从 $P(\Delta L/d^m)$ 和 $g(L_1^m, L_2^m, \dots, L_t^m)$ 的确定方法及式(9)的实现过程考虑可以分为两种类型: 一是基于统计原理的参数筛选方法^[5]; 二是基于信息论理论的模式长度方法, 即兼顾描述模式中参数集维数和信息损失两者都考虑的原则^[6]。

关于模式求解的理论和方法已经拥有比较完备的理论, 本文对此不加以阐述。

2 变形监测模式分析方法

变形监测与变形分析实际上是从观测值中获取被监测对象的变形信息, 以得到一个变形的定性或定量分析的结论, 这个结论与实际变形模式相比较其正确与否与众多的因素有关, 在传统的统计检验方法中, 采用不同的统计检验量和不同的检验方法可能会得出不同的结论^[7, 8], 另外检验水平的选择带有极大的主观性^[9], 使结论受主观意识的控制, 例如, 对变形网的变形检验中取 $\alpha = 0.05$, 这本身就意味着主观意识——即使变形网有一定的移动也判为不动。这种传统的分析方法具有较大的局限性和主观性。

模式识别理论较为全面地解决了这一问题^[10, 11], 虽然目前该理论还有待于进一步完善, 但它的思想与处理问题的方法较传统的方法更为合理, 无疑将该理论用于测量变形分析中将会对其发展产生较大的影响。

实际上, 根据目前变形分析的有关理论和方法可将整个过程用模式描述出来, 并将其之间的关系用框图表示出来(见图1)。从框图中可以综合看出变形分析完全是一个模式识别问题, 模式识别的有关理论和方法可以直接用于变形分析中, 由于该理论比传统的方法更为合理, 所以对提高变形分析的可靠性具有重要价值。例如, 在动、静两个模式的识别中, 利用 Bayes 判别的结论无论是正确性、合理性、可靠性等各方面的效果要明显优于利用主观意识而选取检验水平的分析效果。

2.1 粗差观测模式的识别

粗差模式的确定有许多基于统计理论^[6, 12-15]的方法, 有些采用了其它方法^[16], 目前对低污染率的情形粗差定位比较容易, 但对污染率较大的情形还很不理想, 我们完全可以运用统计模式识别原理来对粗差进行定位,

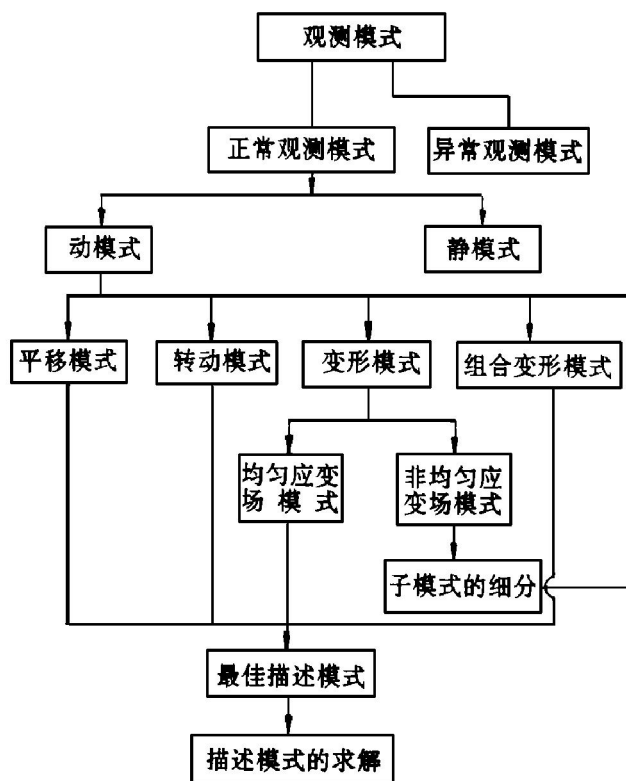


图1 变形模式分析框图

以确定其观测模式属于粗差和正常模式中的哪一种。

2.2 动、静模式识别

动、静模式识别的目的在于客观、正确地反映被监测对象的真实状态, 在识别过程中应尽可能排除工作者主观思想的影响, 因为在这里动、静两种模式对我们具有同等的重要性。因此利用模式识别原理及方法来处理这类问题无疑将更加合理, 例如, 利用风险函数最小或错误概率最小的方法^[11, 17-19] (对于正态分布是等价的) 要比传统统计检验方法更能全面考虑问题, 诸如建立在距离原则和信息原则上的许多方法对动、静模式的识别提供各方面的信息。

2.3 变形模式分析

利用模式影响分析和统计检验理论, 可对子集参数对总体模式的影响程度进行计算和分析^[9, 20], 从而确定变形的整体模式; 例如, 广义影响分析中的 Cook 距离, $(W-K)^2$ 统计量等, 可用于子模式的划分和分析^[21]。

2.4 最佳描述模式及求解

在变形模式确定以后,要运用参数估计的理论对其模式描述中的参数进行求解。但对于非均匀应变场模式的情况,要解决好各区域性子模式的整体求参问题^[7],最后确定出最佳的描述模式。

3 结束语

变形测量理论的发展并非象许多学者所认识的那样成熟,它还需更进一步完善,特别是应该认识新的理论和技术、新的思想(如模式识别和人工神经网络技术等)对变形分析理论和方法的改善有着重要的推动作用,应该对其仔细地研究。

变形测量与分析可以用模式识别的有关理论进行描述和处理,而且与传统的方法相比较,它更科学、更合理。将模式识别理论用于变形模式分析是一个值得重视的研究方向,尤其是对模式划分、子集模式确定、模式整体求参等问题的突破,将会使变形分析理论得到突破性的发展。

参考文献

- 1 Caspary W F. Concepts of Network and Deformation Analysis. School of Surveying, University of New South Wales, 1987: 136.
- 2 Hardy Lehmkuhler. Die geodätische Deformationsanalyse als Mustererkennungsaufgabe. Westfälischen Technischen

- Hochschule Aachen, Nr. 49, 1993: 45.
- 3 陈永奇. 变形观测数据处理. 北京: 测绘出版社, 1988.
- 4 奥亚 E. 子空间法模式识别. 北京: 科学出版社, 1987.
- 5 陈希孺, 王松桂. 近代回归分析. 合肥: 安徽教育出版社, 1986: 152.
- 6 陶本藻. 测量数据统计分析. 北京: 测绘出版社, 1992: 219.
- 7 Pelzer. Hypothesentests in der Ingeniervermessung. Vortrag auf der Arbeitstagung der Arbeitsgruppe Theoretische Geodäsie der DGK, Bonn, 1980.
- 8 Sjuåberg L E. Survey Review, 1985: 28: 215.
- 9 靳奉祥, 王同孝. 统计诊断与变形测量理论. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 107.
- 10 Fu K S. Syntactic Pattern Recognition Application. Springer-Verlag, 1977: 78.
- 11 李金宗. 模式识别导论. 北京: 高等教育出版社, 1994: 86.
- 12 李德仁. 误差处理和可靠性理论. 北京: 测绘出版社, 1988: 187.
- 13 周江文等. 抗差估计论文集. 北京: 测绘出版社, 1992: 1.
- 14 Pope A J. NOAA Technical Report Nos 65 NGS, National Geodetic Survey, Rockville Md. 1976: 65.
- 15 Ethrog U. Survey Review, 1991, 31: 240.
- 16 黄幼才. 数据探测与抗差估计. 北京: 测绘出版社, 1990: 191.
- 17 陈季镐. 统计模式识别. 北京: 北京邮电出版社, 1989: 50.
- 18 黄振华等. 模式识别原理. 杭州: 浙江大学出版社, 1991: 73.
- 19 罗耀光等. 模式识别. 北京: 人民邮电出版社, 1989: 69.
- 20 韦博成等. 统计诊断引论. 南京: 东南大学出版社, 1991: 135.
- 21 靳奉祥等. 中国有色金属学报, 1996: 6(2): 1.

PROBLEMS OF PATTERN RECOGNITION IN DEFORMATION MONITORING

Jin Fengxiang, Wang Tongxiao, Du Zhixing

Shandong Institute of Mining and Technology, Tai'an, 271019

ABSTRACT The development of deformation monitoring data processing was discussed, the processing procedure was analysed, the features and defects of different methods were studied. Following new data processing theories, ideas of pattern recognition on deformation monitoring were introduced, possibility of using pattern description and analysis to deformation monitoring was discussed, and some problems worthy to be studied were presented.

Key words deformation monitoring pattern recognition deformation analysis

(编辑 何学锋)