

大地测量反演模型准外部检验的进一步探讨

王乐洋 朱建军

(中南大学信息物理工程学院, 湖南长沙, 410083)

[摘要] 反演模型质量的好坏对反演结果及后期的反演解释影响很大。本文给出了大地测量反演模型准外部检验的基本理论, 提出了观测数据的划分方法和反演模型准外部质量控制的标准, 当没有先验信息对模型进行检验和约束且数据量很大、很复杂时, 该法是一种很有效的检验方法。

[关键词] 大地测量反演; 模型; 准外部检验

测绘信息网 <http://www.othermap.com> 网友测绘人提供

The More Discussion to the Potential External Detection of Geodetic Inversion Model

WANG Le-yang, ZHU Jian-jun

(School of Info - Physics and Geomatics Engineering of Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: The quality of the inversion model has a big affection to the inversion result and later explanation. This paper gives the basic theory of the potential external detection of geodetic inversion model, puts forwards the divide method of observation and the standard of the potential external test of geodetic inversion model. When there is no prior information and limitation to model, and big number of data, this method is a effective detection.

Key words: geodetic inversion; model; potential external detection

1 引言

当前, 人类社会面临的资源短缺、自然灾害和生态环境退化问题, 要求现代大地测量学科必须面向资源开发、减灾和监测生态环境^[1]。因此, 大地测量反演正成为大地测量学科深入地学领域, 探求地球奥秘, 透过复杂的地球动力学现象, 研究其力学机制, 进而解释区域性或全球性地学事件的最基本最重要的方法^[2]。由此可以看出, 大地测量反演在人类的生产生活中开始发挥越来越重要的作用。

任何一个大地测量反演问题都是由三个部分组成的, 即: 资料的收集和获取 (各种测量数据包括地面测量和航空手段获得的数据)、用所获得的数据进行反演得到反演模型的参数和利用反演结果对各种地学事件进行解释 (图1)。所以, 要想很好地进行地学现象解释必须有高精度的测量数据、较好的反演结果并进行合理的解释, 这三个方面都是缺一不可的。要想获得较好的反演结果首先要有比较可靠的反演模型。

在利用反演模型参数的先验信息检验其真实性 and 可靠性外, 将分析结果与地质、地球物理等背景资料进行比较是检验反演结果是否真实可靠的最终手段。另外, 在缺少实际的地质、地球物理等背景资料时, 可以采用外部检验^[2]。本文在此基础上提出了观测数据的划分方法, 并给出了模型好坏的评价标准。

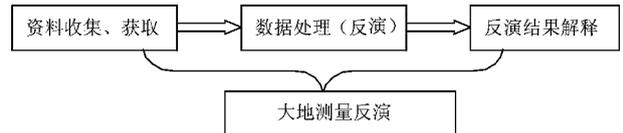


图1 大地测量反演问题结构图

2 准外部检验方法

2.1 基本原理

该方法就是首先根据一定的划分标准将观测数据划分成两类, 利用第一类观测数据根据已经假设好的反演模型反演得到该模型的参数, 然后利用反演的模型参数正演出第二类观测数据的理论值, 最后对正演所得到的理论数据和观测数据进行相关性检验, 若相关性好, 则说明假设的反演模型比较可靠, 可以较好地用于将来的物理解释, 否则认为反演模型不可靠。

2.2 观测数据的划分方法

(1) 根据有效观测数据的个数及假设的反演模型参数个数确定。

由于在反演之前已经有了假设好的反演模型, 因此模型参数的个数也是确定的。在反演中存在着适定性问题, 即^[4]:

设观测数据的数目为 M , 待定模型参数数目为 N , G 为 $M * N$ 阶矩阵, 其秩为 r , 对于反演方程

$$d = Gm \quad (1)$$

当 $M = r$ 时, 观测资料提供了确定模型的“不

多不少”的信息，为适定问题；

当 $M > N = r$ 时，观测资料提供了多于模型参数数目的信息，为超定问题；

当 $M = r < N$ 时，观测资料提供的信息不足以确定模型参数，为欠定问题；

当 $M > N > r$ 时，虽有足够多的观测数据，却不足以提供确定 N 个模型参数的独立信息，为混定问题。

因此，我们划分数据时必须根据问题的适定性，首先必须保证方程组的解要能充分应用已有的数据而获得最优。

(2) 若有两类观测数据，可根据这两类数据来划分。

(3) 当所有的观测数据是等权观测时，可以根据统计学中的“简单随机抽样”来进行分类，简单随机抽样可应用“抽签法”或“随机数表法”来进行。简单随机抽样的特点是样本中每个个体被抽到的概率是相等的，因此对于每个观测数据来说是公平的，也即有随机的任意性。

(4) 当观测数据为不等权观测时，观测精度高的数据可以作为第一类观测数据，剩下的观测数据作为第二类。

对于上面的四种划分方法可以根据具体的反演问题来选择。一般来说，第一类观测数据的个数要大于等于总观测数据的 80%，剩下的数据作为第二类。

2.3 相关系数检验法（准外部检验法）

设有 n 个观测值 L_1, L_2, \dots, L_n ，它们的平均值为 \bar{L} ，其拟合值（此处为正演值）是 \hat{L} 。引入应用统计中的相关系数 r ，则有：

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{L}_i - \bar{L})^2, \quad SSE = \sum_{i=1}^n (L_i - \hat{L}_i)^2,$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2 \quad (1)$$

且有：

$$SST = SSE + SSR \quad (2)$$

其中， SST 是总平方和， SSE 是剩余平方和或残差平方和， SSR 是回归平方和或正演平方和。

所以对相关系数 r 有：

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (3)$$

将 (2) 式代入 (3) 式得：

$$r^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (4)$$

式中 r^2 称为判定系数，反映了正演平方和在总离差平方和中所占的比例。

在大地测量反演中进行反演模型的准外部检验时，我们要求的是 $r^2 (L_{II}, \hat{L}_{II})$ ， L_{II} 为第二类观测数据， \hat{L}_{II} 为第二类观测数据正演得到的理论数据，反演模型的准外部检验法即是由 $r^2 (L_{II}, \hat{L}_{II})$ 的大小来判断的。

对于 n 个大地测量观测数据 L_1, L_2, \dots, L_n ，首先根据前面的四种分类方法分为两类 L_I 和 L_{II} ，对第一类观测数据 L_I 进行反演得到模型参数 m ，然后对第二类观测数据 L_{II} 进行正演得到 \hat{L}_{II} ，应用前面的公式求出 $r^2 (L_{II}, \hat{L}_{II})$ ，就可对反演模型进行准外部检验了，下面给出反演模型准外部质量控制标准。

表 1 反演模型准外部质量控制标准

r 范围	反演模型质量	备注
$r = 0$	很坏	不能用于反演解释
$0 < r < = 0.5$	较坏	不能用于反演解释
$0.5 < r < 0.7$	较差	一般不能用于反演解释
$0.7 < r < = 0.9$	一般	可用于一定范围的反演解释
$0.9 < r < 1$	好	可用于反演解释
$r = 1$	很好	可很好地用于反演解释

3 算例及分析

为了确定一些离散点的几何分布关系，现已等精度观测了 $x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ 处的函数值 $y_i (i = 1, 2, \dots, 10)$ ，见表 2。

表 2 观测数据

点号	x_i	y_i	点号	x_i	y_i
1	1	1.6	6	6	3.6
2	2	2.1	7	7	4.2
3	3	2.4	8	8	4.7
4	4	2.9	9	9	4.9
5	5	3.3	10	10	5.3

因为是等精度观测，故可任意对这 10 个观测数据进行分类，取 $(x_i, y_i) (i = 1, 2, \dots, 8)$ 为第一类观测数据，记为 L_I ；另 (x_9, y_9) 和 (x_{10}, y_{10}) 作为第二类观测数据记为 L_{II} 。假设反演模型为 $y = ax + b$ ，其中 a, b 为模型参数。利用 8 个观测数据 L_I 进行反演的模型参数的最小二乘估值为 \hat{a}_1, \hat{b}_1 ，有 $\hat{a}_1 = 1.1605, \hat{b}_1 = 0.4310$ 。利用得到的参数反演值 \hat{a}_1, \hat{b}_1 正演得到 $y'_9 = 5.0395, y'_{10} = 5.4705$ 。所以 $r (L_{II}, \hat{L}_{II}) = 0.5350 < < 1$ 。由表 1，可以看出反演模型 $y = ax + b$ 不能较好地用于将

来的反演解释。查“相关系数临界值 r_{α} 表^[3]”，当 $\delta = 0.10, 0.05, 0.02, 0.01, 0.001$ 时， $r_{\alpha}(6)$ 分别为 0.6215, 0.7057, 0.7887, 0.8343, 0.9249, 都比 $r(L_{II}, \hat{L}_{II})$ 大，也可说明通过“相关系数检验”，此模型不能较好地用于反演解释。

通过算例可以看出，应用该“准外部检验法”可以对预先假设的反演模型作出很好的检验，它不用对所有的观测数据进行反演就可判断模型的好坏，特别是当观测数据是全球性的或全国性的海量的多类型的复杂数据，而且又没有先验信息对模型进行检验和约束时，该法是一种非常有效的准外部检验法，具有计算量小易于检验的优点。

4 小结

大地测量反演是大地测量学中一个非常重要的研究方向，对于大地测量学应用于海洋学、地质学等学科起着很大的推动作用。反演模型质量的好坏对反演结果及后期的反演解释影响很大，当没有先验信息对模型进行检验和约束且数据量很大、很复杂时，准外部检验法是一种很有效的方法。本文在此基础上提出了观测数据的划分方法，并通过算例

分析显示了该法的优越性。

参考文献

- [1] 胡明城. 现代大地测量学的理论及其应用 [M]. 北京: 测绘出版社, 2003.
- [2] 张朝玉. 大地测量反演若干理论问题研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2006.
- [3] 王国富, 王志忠. 应用统计 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2003.
- [4] 姚姚. 地球物理反演基本理论与应用方法 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2002.
- [5] 独知行. 基于力学模式的大地测量反演理论及应用 [D]. 武汉: 中国科学院测量与地球物理研究所, 2001.

[收稿日期] 2006-06-09

[作者简介] 王乐洋 (1983—), 男, 山东临沂人, 硕士生, 主要从事测量数据处理研究。

(上接第 151 页)

表 1 实现滚动功能的代码清单

DrawScale (CRect rect, CDC * pDC)	SCrollBar (int nScroll)
<pre> //省略以上代码 if (a = 0&&b! =0) { pDC -> MoveTo (rect.left + 4 * i - m_ nScrollPos, rect.top); pDC -> LineTo (rect.left + 4 * i - m_ nScrollPos, rect.top + 6); } else if (a = 0&&b = 0) { pDC -> MoveTo (rect.left + 4 * i - m_ nScrollPos, rect.top); pDC -> LineTo (rect.left + 4 * i - m_ nScrollPos, rect.top + 9); str.Format ("%d", i); pDC -> TextOut (rect.left + 4 * i - m_ nScrollPos, rect.top + 7, str); } else { pDC -> MoveTo (rect.left + 4 * i - m_ nScrollPos, rect.top); pDC -> LineTo (rect.left + 4 * i - m_ nScrollPos, rect.top + 3); } //省略以下代码 </pre>	<pre> m_ nScrollPos = nInc; OnPaint (); </pre>

4 结语

文章分析了控件子类化技术在 GIS 开发中的应用并给出了控件子类化的应用实例。

参考文献

- [1] 潘广贞, 杨秋翔, 等. VC + + 6.0 下标尺的设计与实现 [J]. 华北工学院学报, 2002, 23, (6): 426-428.

- [2] 陈建春. VisualC + + 开发 GIS 系统 (第 2 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.

[收稿日期] 2006-02-27

[作者简介] 胡最 (1977-), 男, 汉族, 兰州交通大学数理软件学院图学与地理信息系统系硕士研究生, 主要从事地理信息系统程序开发和空间信息可视化研究。