

文章编号:1674-2869(2011)04-0039-03

基于多源信息的大冶铁矿塌陷监测方法研究

邱丹丹,李先福

(武汉工程大学环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:随着大冶铁矿地下开采工作的进展,在铁矿采区及周边出现多处塌陷,对生产生活造成威胁.为此,利用多源信息(包括多时相遥感影像、地形图、地下采矿分布图等)对大冶铁矿塌陷进行监测,采用动态监测方法和模糊积分的多分类器组合技术提取塌陷范围,为下一步治理提供依据.

关键词:塌陷;监测;多源;多时相;大冶铁矿

中图分类号:P237

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2011.04.010

0 引 言

近些年,国内外相关学者将遥感、地理信息系统、全球定位系统的技术应用于矿区监测,其中矿区塌陷在地表特征的表现上尤为突出,因此利用这些技术更方便,也具有明显的优越性.例如波兰学者 PERSKI 利用 InSAR 技术对 Upper Silasia 煤矿开采下沉盆地进行了系统研究^[1],其后,我国的张俊利用 D-InSAR 技术在煤矿区分析沉陷监测^[2],张敦虎对地面塌陷进行了遥感识别方法的研究^[3],许长辉利用遥感数据融合技术增强了煤矿塌陷的信息^[4],杜培军探讨了 3S 技术在采矿塌陷地检测与治理决策的研究方法^[5].鉴于这些技术在矿区塌陷监测方面的优势,本文将多源信息(包括多时相遥感影像、地形图、地下采矿分布图)应用于大冶铁矿塌陷监测中.

大冶铁矿露天采场矿体自 20 世纪 60 年代至 80 年代相继开采完毕并转入地下开采,目前除局部的挂帮回采外,主要为地下开采.由于长期的大量地下开采铁矿层,形成大面积采空区,据黄石市地质灾害调查与区划资料,矿区采空区将近 4 km²,采空区高度 10~25 m,最大达 40 余米,导致其围岩应力发生改变,岩体完整性遭到破坏,采空区顶板塌落,波及地面引起不均匀沉降与大面积的塌陷^[6-7].本文利用遥感技术先进、覆盖面广、时效性强的特点,再结合 GIS 及相关数据进行后处理,可充分应用塌陷地具有的特征知识和其他各种地学信息,提高大冶铁矿塌陷区监测的工作效率和统计的准确性.

1 技术路线

选取的大冶铁矿所在地区的多时相遥感数据有 2006 年 5 米卫星影像,以及 2007 年 4 月、2010 年 1 月的 2.5 米卫星影像.辅助材料是 1:1 000 的地形图以及相应的采矿地下分布图.

在对数据进行复合、叠加、对比后,设计详细方案如下:

- 1) 利用地形图对遥感图像进行配准以及精校正,统一各种地理数据
- 2) 选取合适的图像增强方法对图像进行增强处理
- 3) 利用遥感图像和野外调查的资料分析塌陷区的特征
- 4) 依据多时相遥感影像的变更差异获取感兴趣范围
- 5) 在感兴趣范围基础上,根据影像的纹理灰度特征进行塌陷区的区域提取
- 6) 再借助采矿地下分布图和地形资料修正塌陷范围,获得塌陷地信息
- 7) 将最终提取的塌陷地实际面积和遥感等资料进行比较,完成实地勘察检查
- 8) 最后确定精确的塌陷区范围,并为后期工作做准备

2 实现过程

2.1 前期处理

首先,从 1:1000 的地形图上选取控制点对大

收稿日期:2010-01-06

基金项目:武汉工程大学青年科学基金(Q201005);国家自然科学基金资助项目(50874080);湖北省自然科学基金重点项目(2009CDA002)资助

作者简介:邱丹丹(1981-),女,湖北武汉人,讲师,硕士.研究方向:安全工程与遥感技术.

冶铁矿 2006 年卫星影像进行几何校正,以已校正的卫星影像为标准,并对其他遥感影像进行配准,使他们具有相同的坐标系.在此基础上,笔者通过实验采用了其中增强效果较好的直方图均衡化方法对每个遥感影像进行增强处理,增强后的遥感影像对比度更强(如图 1,以 2006 年影像为例的增强前后对比图).



(a) 原始影像



(b) 直方图均衡化后的影像

图 1 原始影像及增强后的影像

Fig. 1 Primitive image and enhanced Image

2.2 塌陷区的特征

金属矿山地下开采地面塌陷是由于矿山地下开采形成采空区,采空区上覆岩体在自重和上覆岩土体的压力作用下,产生向下的弯曲与移动,当顶板岩层内部形成的张拉应力超过岩层的抗拉强度极限时,直接顶板发生断裂、跨塌、冒落,接着上覆岩层相继向下弯曲、移动,随着采空范围的扩大,受移动的岩层也不断扩大,从而在地表形成塌陷.地面塌陷的以下表现形式:塌陷盆地、塌陷坑、裂缝、滑坡崩塌^[3].这些表现形式直接反映在光谱特征和纹理特征上,如塌陷盆地表面平滑,圆形或椭圆形,有些由于积水形成塌陷坑塘,呈现蓝黑色

色调;在采矿活动区有塌陷坑,多为圆形或椭圆形;地裂缝呈暗色线状,有平行排列型、折线型和蠕虫型^[3];在崩塌区有碎石散状区,若伴有圆形或椭圆形坑,则多为塌陷区.

从不同时相影像上看,塌陷区体现在土地利用类型变更上比较明显,其特征反映在纹理和光谱特征上,如原绿地覆盖区由于塌陷变为荒地或裸露地,并伴有坑洞;原一般用地变为碎石盆地等.

2.3 感兴趣范围提取

大冶铁矿塌陷的形成在近几年较多.通过近几年影像对可获得土地利用类型变更区域从而得到感兴趣范围.本文将三个时相的遥感影像配成两个影像对,分别是 2006 年影像和 2010 年影像对、2007 年影像和 2010 年影像对.通过影像对可进行动态遥感监测,找出土地利用变化信息.

目前,土地利用变化监测方法有影像相减法、植被指数相减法、变化矢量分析法、主分量分析法、光谱特征变异法、分类结果比较法.其中,主成分分析法是变化信息提取中经常使用的方法之一,但要求不同时相的影像具有同样的分辨率;而光谱特征变异反应不同时相不同卫星影像上的光谱信息的相关性,当作影像融合时,就会如实地显示出地物正确光谱属性,但如果两者信息表现不一致时,则融合后影像的光谱与正常地物就有差别,这些地物可通过影像判读来勾绘^[8].因此,本文将 2006 年影像和 2010 年影像对采用光谱特征变异法,2007 年和 2010 年影像对采用主成份分析法,分别找出变换感兴趣区域,然后将两个感兴趣区域相加获取感兴趣区域范围,再通过适当阈值设置缓冲区,将获取的感兴趣范围向四周扩大,获得感兴趣范围图.通过感兴趣范围的圈定可提高后期进一步处理的速度和效率.

2.4 塌陷区区域提取及修正

本文在感兴趣区域的范围内,将塌陷地作为一种土地覆盖类型进行遥感数字图像分类.在各种遥感数字图像分类方法中,选用了基于模糊积分的多分类器组合方法进行图像分类,其中,多分类器包括最大似然法、最小距离法、马氏距离法三种,并结合简单的模糊测度模型.如图 2 所示,向量 $d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ik}$ 是分类器 D_{i1} 的输出向量;向量 $D_j = (d_{j1}, d_{j2}, \dots, d_{lj})$ 是 C_j 类的融合向量; $g = (g_1, g_2, \dots, g_L)$ 是由各分类器的可靠程度组成的模糊密度向量.用模糊积分融合是把某个融合向量 $D_j, j \in \{1, 2, \dots, n\}$, 和模糊密度向量 $g = (g_1, g_2, \dots, g_L)$ 进行积分运算,得到关于这一类的总的

支持程度,即积分 $\int D_j \circ g(\cdot)$. 由于每个分类器只对应一个密度值,因此一个分类器在不同的融合向量里对应的分量总是具有相同的分类可信度. 而模糊密度最简单的方法就是把各个分类器的识别率作为模糊值. 由分类器将感兴趣区域分为建设用地、农地、其他绿地、荒地、水体、积水塌陷、未积水塌陷、其他类型用地 8 类,然后由分类结果中提取积水塌陷地、未积水塌陷地作为塌陷地提取结果.

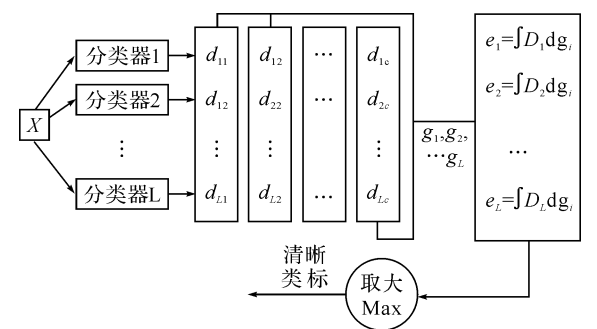


图 2 模糊积分的多分类器组合模型

Fig. 2 Model of fuzzy integral based on multi-classifier
塌陷监测结果如图 3.

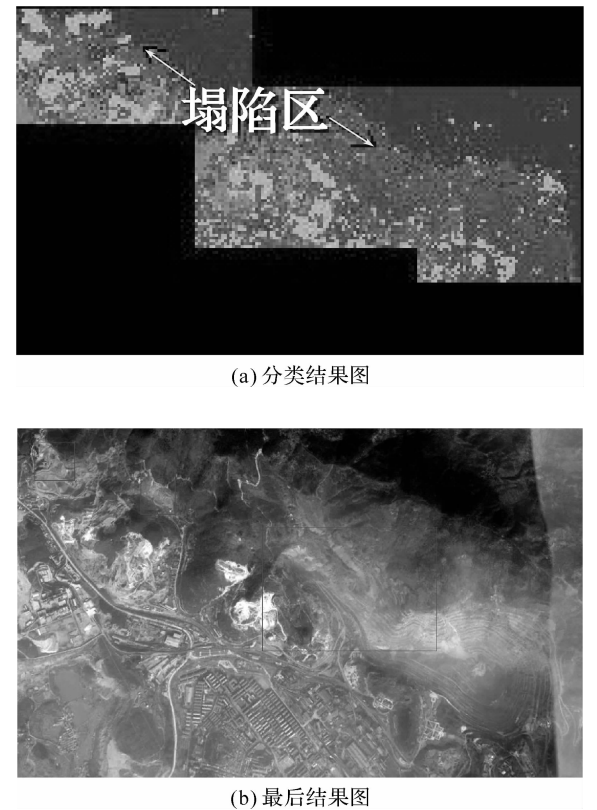


图 3 塌陷监测结果图

Fig. 3 Result images of collapse monitoring

由于塌陷地与工矿用地、水体等存在较大的光谱特征相似性,因此提取的结果还存在部分的错分、漏分的情况(如图 3 中 a 所示). 本文在遥感图形的分类基础上以地下采矿区作缓冲区分析,将缓冲区的结果与 GIS 中的土地利用类型进行比较,若相同则视为无变化,不同则视为塌陷地靶区^[5],再根据实地调查精确确定塌陷区的范围(如图 3 中 b 所示).

3 结 语

本文利用多时相遥感影像并结合地形图、采矿地下分布图等辅助材料对大冶铁矿的塌陷区进行提取,发挥了遥感数据可获得大范围数据资料、受条件限制少、速度快的特点. 主要采用了主成份分析及光谱特征变异法进行动态遥感数据分析提出感兴趣区域,再在此基础上选用模糊积分的多分类器组合方法进行数据处理提取塌陷区,最后依据地下采矿分布区确定了大冶铁矿的塌陷范围,为大冶铁矿塌陷区的下一步治理提供了基础资料.

参考文献:

[1] ZEBKER H A, ROSEN P A, GOLDSTEIN R M, et al. On the Derivation of Coseismic Displacement Fields Using Differential Radar Interferometry: The Lander Earthquakes [J]. J Geophys Res, 1994, 99 (B10):19617 - 19634.

[2] 张俊,汪云甲,王小辉,等. D-InSAR 技术在煤矿区沉降监测中的研究[J]. 工矿自动化,2009,3:31 - 35.

[3] 张敦虎,卢中正,强建华,等. 地面塌陷特征及其遥感识别方法研究[J]. 地质灾害与环境保护,2009,20 (3):8 - 12.

[4] 许长辉,高井祥,王坚,等. 多源多时相遥感数据融合在煤矿塌陷地中应用研究[J]. 水土保持研究,2008, 15(1):92 - 95.

[5] 杜培军,郭志达,孙敦新. 基于空间信息技术的采矿塌陷地监测与治理决策支持研究[C]//遥感科技论坛暨中国遥感应用协会 2005 年年会:北京:中国宇航出版社,2005:286 - 291.

[6] 姜建军,刘建伟. 大冶铁矿矿山环境调研报告[J]. 国土资源通讯,2005,15:42 - 43.

[7] 周春梅,李沛,虞珏,等. 金属矿山地下开采引起地面塌陷的规律[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(1): 61 - 64.

[8] 詹长根. 遥感技术在地籍中的应用[J]. 测绘信息与工程 2004,29(4):42 - 45.