

文章编号: 0253-9993(2007)12-1282-05

TM 图像的矿区土地资源分类体系的建立与信息提取

武文波, 张正鹏

(辽宁工程技术大学 测绘与地理科学学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 以多时相 TM 图像为数据源, 分析矿区土地资源的主要演变形式, 参考国家标准分类体系, 提出了适合于沈阳矿区的土地资源监测分类体系. 结合前人的研究成果, 分析地物在 TM 图像上的灰度变化、空间关系及结构变化, 对矿区水体、建设用地、绿地和耕地、塌陷地分别进行了模型提取研究. 并采用 GIS 支持下的分层变化信息提取方法, 通过建立知识及决策树模型对信息进行变化检测, 检测结果完全能够满足对矿区土地资源演变分析的精度要求, 且均采用半自动的提取模型与知识决策树提取方法, 简单易行, 方便 GIS 数据管理与分析.

关键词: 分类体系; 模型提取; 演变分析; 动态监测

中图分类号: P208 **文献标识码:** A

Building of land resources classification system and information extraction based on TM image in mining area

WU Wen-bo, ZHANG Zheng-peng

(School of Geomatics, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: Using multi temporal TM images as data source to analyze the main evolution type of land resources, built land resources classification system for Shenyang mining area. On this basis, through the spectral analysis, spatial relation analysis, structure analysis of TM images, researched the extraction model of mining land information include water, building land, green land, plantation, finally discussed the abstraction method of subsidence ground. In the actual abstraction work, adopted the knowledge method to extract subsidence ground under the support of radar remote sensing images. With the help of GIS spatial analysis, extracted the land information from every temporal TM image and changed information from adjoining, building knowledge and decision tree model for changed detection of land, precision of detection result is satisfied.

Key words: classification system; model abstraction; evolutive analysis; dynamic monitoring

矿产资源的过度开采引发了严重的资源环境问题, 在各种资源、环境与灾害问题中, 矿区土地资源的破坏是最为直接严重的. 以多时相遥感图像为数据源, 建立合理的矿区土地资源监测分类体系, 并对土地信息进行较准确的提取, 可以分析矿区土地资源的变化规律, 为矿区土地治理与重建提供决策与支持. 谢宏全等对基于遥感的矿区土地利用/覆盖分类体系进行了探讨^[1]; 杜培军等对徐州矿区的陆面信息提取做了较详细的研究^[2]. 本文以沈阳矿区为研究对象, 选取 3 个时相 TM 图像 (1995 年 5 月/2001 年 5 月/2005 年 9 月) 为数据源^[3].

收稿日期: 2007-01-06 责任编辑: 柴海涛

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目 (20050147002); 辽宁省自然科学基金资助项目 (20042175)

作者简介: 武文波 (1957-), 男, 吉林长春人, 教授, 博士生导师. Tel: 0418-3350139, E-mail: wu_wenbo@sina.com

1 矿区土地资源的分类

1.1 矿区土地资源的演变形式

在资源开采与区域人类活动的影响下, 矿区地表土地资源产生了动态演变, 引发了多种生态环境损害问题, 主要表现在: 地面塌陷、土地资源利用格局变化、水土流失及建设用地扩展引发土地覆盖的根本变化^[2]。分析矿区上述灾害问题的诱导因子及其演变过程, 可以发现矿区土地资源的演变主要是一个开采沉陷及人类建设活动综合作用的过程, 特别是随着矿区自然地理条件、气候条件、采矿地质条件不同而表征形式往往也不同。考虑到沈阳煤矿属于地下矿区且位于平原地区, 我们把土地资源特征要素主要分为 5 种: 耕地、绿地、水域、建设用地和塌陷地。土地资源的演变实质就是不同特征要素状态之间的转换, 如在开采、人类活动及自然因素的影响下, 建设用地主要演变为绿地、建设用地及塌陷地, 也可能演变成为耕地和水域, 但很少发生。而这种演变在遥感图像上表现为灰度变化、纹理结构变化、空间关系及结构变化, 可以进行识别。表 1 为土地资源演变状态。

表 1 矿区土地资源演变状态

Table 1 The evolved type of land resources in mining area

土地资源演变主要特征要素	土地资源主要演变形式 (特征要素—特征要素)	演变的遥感特征识别
耕地	耕地—耕地、绿地、建设用地、塌陷地	灰度、纹理结构、空间关系及结构变化
绿地	绿地—绿地、耕地、建设用地、塌陷地	灰度、纹理结构、空间关系及结构变化
水域	水域—水域、塌陷地	灰度、纹理结构、空间关系及结构变化
建设用地	建设用地—绿地、建设用地、塌陷地	灰度、纹理结构、空间关系及结构变化
塌陷地	塌陷地—塌陷地、耕地、绿地、水域、建设用地	灰度、纹理结构、空间关系及结构变化

1.2 矿区土地资源监测分类体系

利用遥感数据源获取土地利用与覆被信息已成为当前进行土地利用与覆盖变化研究的主要手段。而研制科学的土地利用与覆被分类系统, 是进行土地利用与土地覆被变化研究的基础。因此, 基于遥感数据源的土地分类系统的研究具有重要的意义。国土资源部于 2001 年启动了“土地利用与土地覆被变化过程及效应”专项科技计划, 其中构建了以 TM, SPOT 和 CBER-1 等中分辨率卫星影像为主导数据源的国家级土地利用与覆被分类系统。该分类系统主要采用两层结构, 将土地利用与土地覆被分为 1-耕地、2-林地、3-草地、4-水域、5-建设用地、6-未利用地、7-湿地 7 个 I 级类, 26 个 II 级类^[4]。

上述分类系统主要是满足国家级土地利用和覆被变化的需要, 而对于矿区这样的特殊地理区域, 并没有制定一个标准的分类体系。为了研究矿区的土地资源变化情况, 首要任务就是建立适合于矿区的土地分类体系。因此本文提出在建立矿区土地分类体系时, 应遵循以下 3 项基本原则: ① 以土地资源变化监测为根本目的, 根据矿区土地资源演变的主要形式进行分类; ② 考虑遥感图像的分辨率, 对土地类型进行适当的取舍; ③ 参考国家标准土地分类与编码, 既要反映出矿区特有的土地类型, 同时不能脱离国家分类体系。根据上述 3 条分类原则, 将沈阳矿区土地资源进行两级分类, 其中一级分类为演变的主要特征要素, 即耕地、绿地、水域、建设用地、塌陷地。根据矿区土地资源的主要演变形式, 这里舍去了未利用地和湿地, 增加了塌陷地; 二级分类为详细地物类型, 增加了塌陷积水和采煤塌陷地。由此建立矿区土地利用监测的特征分类体系 (表 2)。其中在保留原土地利用分类 ID 号基础上又增加了塌陷地、塌陷积水和采煤塌陷地的分类 ID 号。

表 2 矿区土地特征分类体系

Table 2 Classification systems of land use in mining area

一级土地特征类型 (代码/类别)	二级土地特征类型 (代码/类别)
1/耕地	11/水田, 12/旱地
2/林地	21/有林地, 22/灌木林地, 23/园地
3/草地	
4/水域	41/河渠, 43/水库、坑塘, 45/塌陷积水
5/建设用地	51/城镇用地, 52/农村居民点 53/独立工矿用地, 54/交通用地
8/塌陷地	81/采煤塌陷地

通过上述土地资源的分类,可以看出这种分类方法既考虑到了矿区特有的土地演变特征类型(作为一级分类),又参考国家标准分类体系,划分到二级分类.辅助GIS分析功能,可以研究矿区土地资源的总体演变规律和矿区各种土地利用类型的详细变化情况.

2 GIS支持下TM图像的土地资源信息的提取

国内外对TM图像地物提取模型的研究已很广泛,对各地物的直接提取主要研究其光谱特征的提取模型,对变化信息的提取主要研究在分类后提取和图像差值提取两个方面.虽然对各地物的光谱特性已做过大量的试验,但针对区域的不同、遥感数据源的差异、研究的重心不同,往往需要对现有的模型进行改进.矿区作为一种特殊的地理区域,有其自身特殊的地物类型及地物空间形态,如塌陷积水、塌陷地等,本文以此为研究对象,将矿区TM图像的信息特征提取分为2个方面内容:①提取图像各类地物信息;②GIS支持下提取相邻时段地物变化信息.

2.1 不同时相各类地物信息的提取

对于TM图像来说,主要信息是灰度信息,主要的知识是波谱知识,以灰度为基础计算的纹理特征可作为辅助信息,以统计、GIS、空间分析等方法可以从遥感图像中提取需要的地理、背景及其他知识^[2].以1995年的TM图像为例,对各地类均选取200个特征点,进行波谱特征分析与统计,以此来建立各地类提取模型.首先为了得到一级地类的提取模型,对二级分类特征要素进行了波谱特征统计(表3).由于沈阳矿区为平原地带,没有山体,所以不考虑山体在TM图像上的波谱特征;

表3 各地类特征像元灰度统计

Table 3 Grey statistic of feature pixel in every type of land

地类	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
自然水体	84.430	36.330	31.720	13.880	5.232	1.823
交通用地	106.295	53.023	75.523	73.545	137.659	69.182
居民地	110.730	51.050	58.730	55.940	103.290	49.610
工矿用地	108.800	52.520	65.210	64.250	124.780	55.147
林地	82.275	33.592	28.800	70.983	43.992	13.725
草地	74.840	44.410	47.160	95.710	102.830	45.150
水田	77.520	59.510	46.570	90.250	79.120	36.010
旱地	84.750	70.120	64.720	84.780	109.450	60.360

水渠、水库、水塘、塌陷积水均划分到自然水体里,统计其总体的波谱特征.塌陷地由于其波谱特征的复杂性无法用波谱特征来统计,详见后文塌陷地提取.

2.1.1 水体提取(河渠、水库、坑塘和塌陷积水)

沈阳矿区位于城镇郊区且平原地带,水域主要包括河渠、水库、坑塘和塌陷积水,因此可以排除山体阴影和建筑物阴影对水体提取的影响.所选区域1995,2001年成像均在5月份,此时降水较少,塌陷地主要表现为荒地,没有太多的积水现象.通过各地物的波谱特征统计,只有水体具有 $(TM2+TM3) > (TM4+TM5)$ 的波谱特征.在实际提取中,考虑到遥感信息受自然条件的影响,将模型变换为: $(TM2+TM3) - (TM4+TM5) > 10$,以有效地免除多提或误提的水体.

在水体提取结果基础上,根据其空间特征的差异性,对河渠、水库、坑塘分别进行提取.如河渠呈弯曲的长条状;水库面积比较大,边界比较平滑;坑塘形状较圆滑,近似椭圆或规则的四边形.2005年成像在9月份,塌陷积水严重,可以根据塌陷地的特殊空间结构对塌陷积水进行分离,如塌陷地呈坑状,积水区应在矿区开采煤层的缓冲区范围内等.同时应该结合塌陷地的提取模型综合分析,以有效地将塌陷积水分离出来.为了更好地判读河渠、水库、坑塘和塌陷积水的空间特征,对原图像进行K-L变换与自适应增强处理,使图像色彩更鲜艳,细部更清晰.对比水体提取图与增强后的图像,采用上述特征识别方法,人工解译,分离出河渠、水库、坑塘、塌陷积水,将提取图中不符合水体特征的像元进行剔除.

2.1.2 建设用地提取(城镇用地、农村居民点、独立工矿用地、交通用地)

分析交通用地、居民地和工矿用地光谱特征可以看出:建设用地TM4, TM7灰度值非常接近;且在TM4, TM5波段上与其他地物(除草地和旱地)光谱均值特征正好相反,即 $TM5 - TM4 > 0$;比较草地、旱地和建设用地各波段特征,发现草地、旱地呈现 $TM3 < TM4$,而建设用地恰恰相反.根据上述分析,选

取 $(TM4-TM7) < 15$, $(TM5-TM4) > 0$ 和 $TM3 > TM4$ 分别进行建设用地的提取。

对提取的建设用地再次进行分析,可以发现,城镇、居民点、工矿用地与交通用地在光谱特征上具有相似性,但就单波段分析,在 $TM2$, $TM3$, $TM4$, $TM5$, $TM7$ 上,交通用地的亮度值均比城镇居民点的亮度值高,因此将这些波段相加,能明显增强二者的差别;从空间结构上分析,交通用地呈网状分布,具有连续性,结合这些背景知识可容易地将交通用地分离开来。需要注意的是,由于 TM 图像分辨率的限制,通常窄于 10 m 的道路难以识别,但可以通过道路两侧的植被对其进行提取,这就要结合绿地提取结果图,根据道路空间结构特征分析,人工解译这部分道路。反之由于道路两侧植被过于茂盛,其像元呈现了植被的波谱特征,导致提取结果中出现很多断断续续的道路,人工解译将零散的部分直接剔出,并对植被提取图,将截断的道路进行填充。城镇、居民点及工矿用地可以通过其各自的空间形态进行区分,如城镇一般比较集中,面积最大;居民点分布较均匀,通常在道路的两侧,四周多为耕地;工矿用地独立分布、面积较小、工矿周围一般都有较大面积的矸石山和水域,可根据矿区的地理位置及空间形态进行判读。

2.1.3 绿地和耕地提取(水田、旱地)

研究区绿地主要包括林地和草地,耕地主要包括水田和旱地。由于二者的波谱特征有相似性,因此对其进行综合分析。首先通过标准化植被指数 $NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$, 即 $NDVI > 0$ 将其与水域、建设用地分离开来,但研究发现部分建设用地特别是工矿区低层建筑、村镇建筑物的一些像元也呈现出 $NDVI > 0$ 的特征,即 $TM4 - TM3 > 0$ 的现象,但其差值一般很小,可以设置 $TM4 - TM3 > K_1$, 实验采用 $K_1 = 8$ 。然后对林地、草地、水田和旱地的各波段均值统计发现,将 $TM5/TM4$ 值设定阈值 K_2 , 可以把上述地类分为两类,一类为草地、旱地;另一类为水田、林地。分别对各类进行统计发现,采用 $TM2 + TM3 + TM5 + TM7 > K_3$ [5] 时可提取出第1类中的旱地;采用 $TM2 + TM3 + TM4 + TM5 + TM7 < K_4$, 排除第2类林地的干扰,试验采用 $K_3 = 280$, $K_4 = 320$ 。

2.1.4 塌陷地提取

沈阳矿区开采时间长,范围大,地面塌陷也相当严重,特别在雨季塌陷地还有积水,以面状或斑点状形态与线蓝色背景形成鲜明的对比。从光谱特征方面分析,由于塌陷地实际上是由绿地、荒地、水域以及少数建设用地组合而成的,其光谱特性不能用统一的模式进行描述,因此直接采用基于光谱特性进行塌陷地的提取非常困难,必须根据其特征及相关知识进行提取,杜培军等对基于光谱特性和知识的塌陷区提取进行了探讨。干涉合成孔径雷达(INSAR)测量在环境监测领域得到了广泛的应用,测量地面变形的精度可以达到雷达波长的分数级,即厘米级甚至更高,这一精度对于获取地面塌陷信息而言已完全可以满足要求[6]。因此在塌陷地的实际提取工作中,应用知识的提取方法,辅助高分辨的遥感图像(雷达遥感图像),对矿区塌陷地进行区域提取及高程的提取。并综合矿区沉降资料进行对比分析,获得不同时期塌陷地信息。

通过建立上述提取模型,分别对3个时相遥感图像进行了土地资源信息的提取,并与高精度的监督分类结果图进行叠加比较,结果基本吻合,但同时也发现在对各地物的单独提取后,绿地、建设用地、耕地之间有部分交错与重叠,这主要是提取模型之间误差所造成的,可以通过图像后比较法进行判读重叠部分的归属类型,将重叠部分剔除。

2.2 相邻时相地物变化信息提取

对相邻时相的地物变化检测主要有分类后比较法和图像差值比较法两大类。目前主要研究集中在借助背景知识,在GIS下对多时相地物进行变化信息的提取上。综合前人的研究成果,本文采用了GIS支持下的分层变化信息的提取方法,通过建立知识及决策树的方法对土地信息进行变化检测。以1995年耕地为例,首先根据矿区土地演变形态,建立地物主要演变类型特征库,仅对可能的转变类型进行不同年份的地物对比分析。如1995年耕地与2001年耕地进行叠加分析,提取耕地在面积形态上的变化区域(仅提取2001年较1995年减少的区域),再用提取的变化区域,分别与绿地、建设用地及塌陷地进行分析,判断如在建设用地范围内,则其演变类型为建设用地,反之为塌陷地。图1为1995—2001年耕地变化检测流

程,同理分别对1995—2001年水域、绿地、建设用地、塌陷地均采用此方法进行变化检测。

在GIS支持下对变化信息的提取,是建立在各地物模型提取的基础之上的,因此由模型提取的各地物误差会累积到变化提取中。但其已完全能够满足矿区的土地资源总体演变与分析的精度要求,且此方法均采用半自动的模型提取与知识决策数提取方法,简单易行,方便GIS的数据管理与分析。

3 结 论

(1) 分析矿区土地资源的演变形式,得到耕地、绿地、水域、建设用地、塌陷地5种主要演变特征地类。在参考国家标准分类体系基础上,建立了矿区土地资源的遥感分类体系。该分类体系,既体现了矿区特有的土地类型,又不脱离国家标准分类体系。

(2) 从研究矿区土地资源的5种演化形式出发,通过分析TM图像的波谱特征,建立了耕地、绿地、水域、建设用地提取模型。最后对塌陷地的提取进行了探讨,提出在实际提取工作中,需结合雷达遥感图像,并辅助知识的塌陷地提取方法。提取精度与高精度的分类图进行叠加分析,除少数重叠外,基本吻合。

(3) 分析矿区土地资源的变化提取方法,采用了GIS支持下的分层变化信息的提取方法,对矿区相邻时相的地物进行变化检测,能够自动的提取其变化区域与变化类型。

参考文献:

- [1] 谢宏全,胡振琪.论基于遥感的矿区土地利用/覆盖分类体系[J].辽宁工程技术大学学报,2004,23(6):721~723.
- [2] 杜培军,胡召玲,郭达志,等.工矿区路面演变监测分析与调控治理研究[M].北京:地质出版社,2005.
- [3] 武文波,于欢.基于3S空间信息集成技术的矿区资源环境监测[J].矿山测量,2005(4):1~3.
- [4] 肖鹏峰,刘顺喜,冯学智,等.基于遥感的土地利用与覆被分类系统评述及代码转换[J].遥感信息,2003(4):54~57.
- [5] 祝民强,周万蓬,吴仁贵,等.赣中丘陵区TM影像的耕地信息提取模型研究[J].遥感技术与应用,2004(3):173~176.
- [6] 吴立新,高均海,葛大庆,等.基于D-InSAR的煤矿区开采沉陷遥感监测技术分析[J].地理与地理信息科学,2004,20(2):19~22.

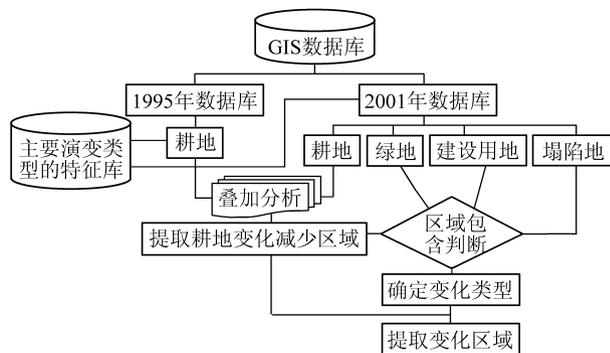


图1 1995—2001年耕地变化检测流程

Fig. 1 The flow of changed detection for cultivated land in 1995—2001

本刊讯 根据Ei中国信息部发布的最新收录结果,《煤炭学报》2007年1~10期共刊出论文246篇,被Ei收录245篇。