

文章编号: 0494-0911(2012)01-0022-04

中图分类号: P23

文献标识码: B

# 基于多尺度分割的煤矿区典型地物遥感信息提取

侯 飞<sup>1</sup>, 胡召玲<sup>2</sup>

(1. 徐州师范大学 测绘学院, 江苏 徐州 221116; 2. 徐州师范大学 城环学院, 江苏 徐州 221116)

## Remote Sensing Information Extraction of Typical Surface Objects in a Coal Mining Area Based on Multiple-scale Segmentation

HOU Fei, HU Zhaoling

**摘要:** 根据煤矿区典型地物类型的特点, 研究遥感影像信息提取时面向对象分类方法的最优分割尺度问题。试验结果表明: 在适于不同地物提取的最优分割尺度下, 充分利用煤矿区影像对象的光谱、形状、纹理以及类间相关等特征, 并综合应用隶属函数法和最邻近分类法, 能有效地提取出煤矿区地物信息, 与最大似然分类法相比, 能够较好地消除“椒盐现象”, 其总体分类精度可提高26.2%。

**关键词:** 遥感影像; 煤矿区; 面向对象分类; 多尺度分割

### 一、引言

面向对象的遥感影像分类方法是针对高分辨率遥感技术不断发展而提出的一种新的信息提取方法<sup>[1-2]</sup>, 该分类方法将影像对象和像元均作为影像分析的单元, 其中影像对象是由多尺度分割而形成的、由若干个同质像元组成的集合体, 对象的大小由分割尺度决定, 影像的分类则是基于对象进行的。影像分割时尺度的选择直接决定影像对象的大小、感兴趣地理信息所处的尺度层次以及信息提取的精度。多尺度分割后的影像对象的各项属性信息如光谱、形状、纹理等, 因尺度不同是不相同的。因此, 为了提高地物信息提取精度, 应选择不同地物的最优分割尺度来分割影像<sup>[3]</sup>, 在此基础上针对不同的地物选择合适的特征, 实现地物信息的有效提取。

煤矿区是一种特定地质地理条件下的生产生活区域, 由于其特定的地质地理条件以及煤炭开发开采等因素的影响, 使得煤矿区的地物类型特殊而复杂, 既有矿区建设用地、耕地、水体等在其他区域常见的地物, 又有诸如矸石山、洗选废渣、塌陷地等一些较特殊的地物类型。本文根据煤矿区地物的特点, 研究遥感影像的多尺度分割以及面向对象的分类方法在煤矿区典型地物遥感信息提取中的有关问题。

### 二、遥感影像的多尺度分割与尺度选择

遥感影像多尺度分割可采用异质性最小的区域合并算法, 其基本思路是: 影像分割中像元的合

并开始于影像中任意一个像元, 先将单个像元合并为较小的影像对象, 再将较小的影像对象合并成较大的多边形对象, 分割过程中多边形对象不断增长, 但其内部的异质性必须达到最小, 以实现整幅影像在给定分割尺度阈值的情况下所有影像对象的平均异质性最小<sup>[4]</sup>。

尺度指的是分割对象异质性的阈值, 它决定了生成最小影像对象多边形的级别与大小。在多尺度影像分割中, 尺度不同, 生成的影像对象多边形的大小和数量也不同。一般地, 分割尺度值越大, 所生成的对象层内多边形面积就越大且数目越小, 反之亦然。

本文提出采用某类地物分割对象的同质性指数( $V$ )和该类地物分割对象与其相邻分割对象的异质性指数( $\Delta C_L$ )的比值( $HD$ ), 作为选择最优尺度的依据, 对某种地物而言,  $HD$ 值越小, 分割效果越好。同质性指数的计算公式为

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i v_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (1)$$

式中,  $v_i$  是对象  $i$  的标准差;  $\alpha_i$  是对象  $i$  的面积;  $n$  为某类地物对象的总个数。

异质性指数则采用与邻域均值差分绝对值, 其计算公式为

$$\Delta C_L = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n l_{si} | \overline{C_L} - \overline{C_{Li}} | \quad (2)$$

式中,  $\Delta C_L$  表示在  $L$  波段层单个尺度分割对象与其

收稿日期: 2010-11-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(41101428); “现代工程测量国家测绘局重点实验室”资助开放课题(TJES1006); 徐州师范大学科研平台建设资助项目(09XLS02)

作者简介: 侯 飞(1971—), 男, 山东枣庄人, 实验师, 主要从事测绘与遥感等方面的教学和科研工作。

邻域均值差分的绝对值;  $L$  表示影像的波段层;  $l$  表示目标对象的边界长度;  $n$  表示相邻对象数量;  $l_{si}$  表示与第  $i$  个直接相邻对象共同的边界长度;  $\overline{C}_L$  表示影像对象在  $L$  波段层的平均值;  $\overline{C}_{Li}$  表示第  $i$  个相邻对象在  $L$  波段层的平均值。

同质性指数与异质性指数比值的计算公式为

$$HD = \frac{V}{\Delta C_L} \quad (3)$$

### 三、影像对象特征

遥感影像经多尺度分割后,可获得不同尺度下即不同层次的分割影像,面向对象的影像分类方法就是根据地物在不同层次上的影像对象特征对地物进行分类,从而实现地物信息的提取。影像对象特征包括地物的光谱特征、形状特征、纹理特征、上下文语义特征、类间相关特征等,合理地利用地物的特征信息可以获得较为精确详细的分类结果<sup>[5]</sup>。

#### 1. 光谱特征

光谱特征是所有描述影像对象与像元灰度值相关特征的集合,反映对象的光谱信息。主要包括影像对象的均值、亮度、标准差、比率等特征。其中亮度、比率的计算公式分别如下<sup>[6]</sup>

$$B = \frac{1}{n_L} \sum_{i=1}^{n_L} \overline{C}_i \quad (4)$$

式中  $B$  表示亮度;  $n_L$  表示波段数;  $\overline{C}_i$  表示影像对象的各波段灰度均值。

$$R_L = \frac{\overline{C}_L}{\sum_{i=1}^{n_L} \overline{C}_i} \quad (5)$$

式中  $R_L$  表示对象在第  $L$  波段层的比率;  $\overline{C}_L$  表示对象在第  $L$  波段层的灰度均值。

#### 2. 形状特征

形状特征是所有描述影像对象本身形状特征的集合,反映对象形状类型方面的特征信息,例如影像对象的面积、边界长、长宽比等。文献[6]给出了各特征指数的定义以及计算方法。

#### 3. 纹理特征

描述影像纹理最常用的方法是灰度共生矩阵法,图像纹理特征可利用由灰度共生矩阵计算而得到的一些特征量来表达,文献[7]根据灰度共生矩阵定义了14种纹理特征,本文选择对比度和相关度这两个特征量描述对象的纹理特征,其中对比度表征的是图像的局部灰度变化总量,反映图像的清晰度和纹理的沟纹深浅;相关度则是度量灰度共生矩阵元素在行或列方向上的相似程度,反映了图像局

部灰度相关性。

#### 4. 类间相关特征

类间相关特征是指在影像对象层次中与其他对象分类相对位置关系的情况。这种位置可在影像对象层次中定义为垂直距离(与父对象、与子对象)、水平距离(与邻对象),这里的距离是指特征距离<sup>[8]</sup>。其中,与邻对象的关系特征是描述与同一层次中的已分为特定类的相邻对象之间的内在关系,可通过邻接指数来描述,而该指数可用来描述目标对象的所有被分为指定类的相邻对象的面积总和占所有相邻对象总面积的比率,计算公式如下<sup>[8]</sup>

$$N = S_i / \sum S_i \quad (6)$$

式中  $i$  表示类别;  $S_i$  为对象的邻接对象归属类别  $i$  的面积。

### 四、试验与分析

#### 1. 试验数据

本文以河南省焦作市的一个煤矿区为研究对象,以彩红外航空遥感影像为试验数据(如图1所示),该影像的获取时间为1999年11月,比例尺为1:25 000,图像尺寸为477像素×353像素。试验区内的地物主要包括煤渣、矸石山、裸地、麦田、建筑物、绿地、林地,其中分布在建筑物周围的绿地,与建筑物一起可以视为居民区。由于麦苗刚发芽,在影像上麦田呈现的是麦苗与土壤的混合光谱特征,其色调与矸石山的色调类似。矸石山的形成是由于在选煤过程中,人们将煤炭中夹杂的矸石等废弃矿物筛选出来,堆积在煤矿区周围的土地上而形成的一种人造景观,形状呈圆锥形。

#### 2. 最优分割尺度选择

以试验区中的建筑物为例,在尺度为10~100之间每隔10对遥感影像(如图1所示)进行分割,可获得10个分割图像,在每个分割图像上分别选取10个样本对象,计算并绘制出各尺度下建筑物与其相邻地物的  $HD$  值随分割尺度变化的曲线图(如图2所示)。



图1 煤矿区遥感影像

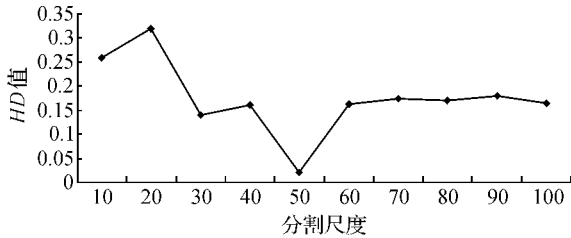


图2 建筑物的 HD 值随尺度参数变化图

由图2可知,当分割尺度为10时,分割比较破碎,此时整景影像的所有对象之间光谱异质性都较小,因此 HD 值较大。当分割尺度为50时,建筑物的 HD 值最小,随着尺度参数的增大,建筑物与其相邻的地物合并,导致对象内部标准差增大,同质性指数变大,HD 值也随之增大。因此,建筑物的最优分割尺度为50。按照同样的方法,计算出其他地物在不同尺度下的 HD 值,可获得如下地物的最优分割尺度参数分别为煤渣80、矸石山80、裸地30、麦田80、绿地50、林地50。

3. 煤矿区典型地物信息提取

本文面向对象的遥感影像分类采用模糊逻辑分类法,即应用隶属度函数来建立模糊判断规则,并按这些规则进行地物信息的提取。模糊判断规则以一维隶属度函数或能操作多维特征空间的最邻近分类器为基础,相对应的分类方法则为隶属度函数法和最邻近分类法这两种方法。本文综合应用这两种分类法实现试验区典型地物的分类。

首先对遥感影像(如图1所示)进行多尺度分割,分割尺度参数分别为80、50、30,相对应的分割影像分别命名为层1、层2、层3。在层1上,提取煤渣、矸石山和麦田这3种地物。以煤渣的信息提取为例,由于煤渣的灰度值较小,仅通过亮度 B 这一特征就能把它与其他地物区分开,煤渣的隶属度函数设置如表1所示。由于矸石山和麦田的灰度值接近,仅用隶属度函数法来提取矸石山和麦田,不能有效地辨别这两类地物,因此,在提取矸石山和麦田时,先通过隶属度函数法确定矸石山和麦田类别总和,然后再利用最邻近分类法进行分类,将这两种地物做进一步区分。最邻近特征空间由光谱特征、形状特征和纹理特征组成,其中光谱特征采用亮度特征 B,形状特征采用长宽比  $\gamma$ ,纹理特征采用基于灰度共生矩阵的相关度 CON 和对比度 COR 这两个纹理特征参数(如表1所示)。

层2作为层1的子层,分割尺度为50,在该尺度下主要提取建筑物、绿地、林地,由于绿地与林地的光谱特征相似,它们与建筑物的光谱特征差异很

大,可先将绿地和林地作为同一类地物提取。利用近红外波段的比率特征,采用隶属函数法分别提取建筑物、绿地和林地,隶属度函数的设置如表1所示。由图1可以看出,居民区是由建筑物与其周围的绿地共同组成的,而绿地与林地不易区分,本文通过计算建筑物与绿地、林地的邻接指数,采用类间相关特征进一步区分出绿地和林地,并将建筑物和绿地进行合并,从而实现居民区的提取。

表1 数据提取信息及其模糊规则

分割层	提取信息	隶属度函数	最邻近特征空间
层1(80)	煤渣	$0 < B < 23.12$	$B, \gamma, CON, COR$
	矸石山	$107.21 < B < 152.11$	
	麦田	$0.4552 < R_1 < 0.4871$	
层2(50)	绿地和林地	$0.2777 < R_1 < 0.3138$	
层3(30)	裸地	$162.10 < B < 172.30$	

注: B 为亮度;  $R_1$  为波段1的比率;  $\gamma$  为长宽比; CON 为相关度; COR 为对比度。

层3是层1和层2的子层,分割尺度为30,从两个父层即层1、层2中继承煤渣、矸石山、麦田、居民区、林地的提取结果,而自身只需提取裸地,采用亮度特征,利用隶属度函数法提取,隶属度函数的设置如表1所示。试验区遥感影像地物信息提取结果如图3所示。为比较分类效果,采用最大似然分类法提取地物信息,结果如图4所示。

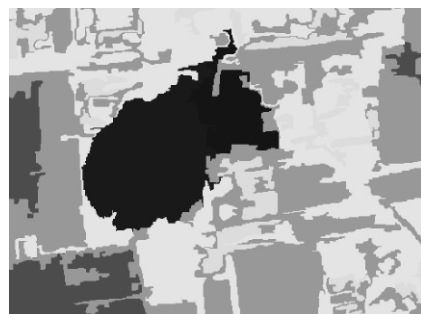


图3 采用面向对象法的遥感影像信息提取图

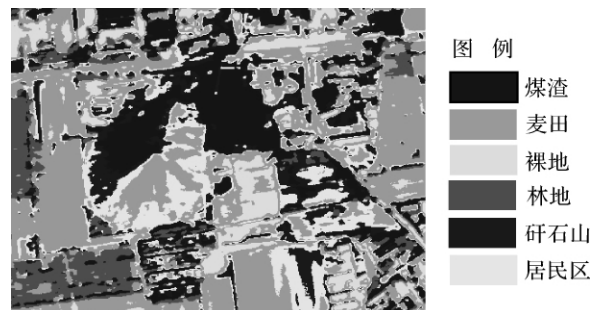


图4 最大似然法的遥感影像信息提取图

#### 4. 精度评价

由图3和图4可知,面向对象法的地物分类效果较好,而最大似然法的分类结果中有许多破碎的小斑块,即“椒盐现象”明显,各类地物的错分、误分比较严重,特别是矸石山、煤渣、麦田的混合现象明显,林地与绿地不能区分,居民区也不能有效提取。

对比同期的土地利用现状图,以人工解译分类图作为参考底图,对图3、图4的分类结果进行基于混淆矩阵的精度评价,结果表明:利用最大似然分类法提取地物信息,各地物的分类精度较低,总体分类精度仅为63.6%。而面向对象分类法提取地物信息的精度达到89.8%,总体分类精度提高了26.2%,尤其是煤渣和矸石山的分类精度分别达到94.4%、94.1%。

#### 五、结束语

煤矿区的典型地物在彩红外航空遥感影像上呈现出不同的光谱、形状、纹理以及类间相关特征。为了有效、准确地提取这些地物类型信息,本文采用面向对象的影像分类法,以地物类型分割对象的同质性指数和该类地物分割对象与其相邻分割对象的异质性指数的比值 $HD$ 作为选择最优分割尺度的依据。在适于不同地物提取的最优分割尺度下,对遥感影像进行多尺度分割,分别利用影像对象的亮度、波段比率、长宽比、基于灰度共生矩阵的相关度和对比度、邻接指数特征,在不同层次的分割影像上综合应用隶属函数法和最邻近分类法,实现了试验区内煤渣、矸石山、裸地、麦田、建筑物、居民区这6类信息的有效提取。试验结果表明:适于不同地物提取

的最优分割尺度不一定相同;利用影像对象的多种特征,并应用模糊逻辑分类法提取的煤矿区地物信息,与最大似然分类法相比,不仅能够有效地消除“椒盐现象”,而且其总体分类精度还提高了26.2%。

#### 参考文献:

- [1] 苏伟,李京,陈云浩,等. 基于多尺度影像分割的面向对象城市土地覆被分类研究[J]. 遥感学报,2007,11(4):521-530.
- [2] 陶超,谭毅华,蔡华杰,等. 面向对象的高分辨率遥感影像城区建筑物分级提取方法[J]. 测绘学报,2010,39(1):39-45.
- [3] ANDRE S L, ALBERT R. Texture and Scale in Object-based Analysis of Subdecimeter Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2009, 47(3): 761-770.
- [4] 黄慧萍. 面向对象影像分析中的尺度问题研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2003:47.
- [5] BRUZZONE L, CARLIN L. A Multilevel Context-based System for Classification of Very High Spatial Resolution Images [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2006, 44(9): 2587-2600.
- [6] Definiens Imaging Gmb H. eCognition User Guide [M]. Munich: Definiens Imaging Gmb H, 2007: 85-180.
- [7] HARALICK R, SHANMU G K, DINSTEN I. Texture Features for Image Classification [J]. IEEE Transactions Systems Man Cybernet, 1973, 3(6): 610-621.
- [8] 孔春芳,吴冲龙,徐凯. 基于多特征的城市用地高分辨率影像分类与提取[J]. 数据采集与处理,2007,22(3):315-320.

### 欢迎订阅《测绘通报》

《测绘通报》创刊于1955年,是由国家测绘地理信息局主管、测绘出版社主办的反映我国测绘科技发展现状和指导全国测绘生产业务的国家级综合性、技术性刊物。本刊还是中国科技引文数据库核心统计源期刊,中国学术期刊综合评价数据库核心统计源期刊,中国学术期刊检索与评价数据规范执行优秀期刊,全国中文核心期刊,中国科技核心期刊,中国科学引文数据库来源期刊,中国科学论文数据库核心统计源期刊,中国期刊全文数据库收录期刊。

《测绘通报》的主要内容包括大地测量、全球导航卫星系统(GNSS)、摄影测量、遥感(RS)、地图制图、地理信息系统(GIS)、工程测量、矿山测量、地籍测绘、海洋测绘、测绘仪器、信息传输、图形图像处理等方面的新成果和新技术;行业管理、科研、教学、生产的先进经验;计算机、通信等相关理论技术在测绘领域里的应用及测绘科技在国家经济建设各个方面的应用;国内外测绘学术动态及有关测绘科技信息等。

《测绘通报》的主要栏目有学术研究、技术交流、测绘论坛、测绘市场、经验介绍、国外测绘、行业管理、测量员之窗、企业之窗、新书推荐、测绘教学等。

《测绘通报》(月刊),定价:15.00元,邮发代号:2-223。

编辑部地址:北京市西城区三里河路50号,邮编:100045,订阅电话:010-68531192(金英) 68531317(传真)。

网址: <http://tb.sinomaps.com>