

基于知识的遥感影像居民地信息提取

——以山东省蓬莱市为例

谭国强¹, 王周龙¹, 王霞², 马金卫¹

(1. 鲁东大学地理与规划学院, 山东 烟台 264025; 2. 烟台市国土资源局土地规划站, 山东 烟台 264003)

摘要:如何自动获得居民地信息是遥感专题信息提取研究的热点问题, 该文以山东省蓬莱市为研究区, 基于对2004年TM影像光谱特征的分析, 建立了基于知识的居民地信息自动提取模型, 并对提取结果进行了精度评价。结果表明, 利用该模型可以很好地将蓬莱地区的城镇居民地自动提取出来, 其提取精度与传统的监督分类方法相比有了很大提高。

关键词: TM影像; 居民地; 信息提取; 山东省蓬莱市

中图分类号: TP75

文献标识码: B

遥感作为信息提取的新兴技术手段, 具有获取信息量大、获取资料快、探测范围广、受地面条件限制少、手段丰富、成本低、收益大等优点, 通过遥感影像自动快速提取居民地的空间分布信息具有极其重要的意义, 可为监测城镇扩展、进行灾害评估和环境变化研究等提供必要的基础信息^[1-5]。居民地信息提取是遥感专题信息提取的难点之一, 因为居民地是由建筑物、绿地、空地等多种地物类型相互延续、相互交错构成的复杂混合体, 建筑物的结构、形状及材料等的不同, 导致了居民地在遥感影像上的差异。一般说来, NOAA图像上能识别到县城以上级的居民地; Landsat TM影像能识别到乡镇级的居民地; 雷达图像上可识别到具有1 000人以上的居民地^[1, 6-7], 但是如何快速地从遥感影像中自动半自动提取居民地信息仍是一个亟待解决的问题。该文建立了基于知识的居民地信息提取模型, 对山东省蓬莱市居民地进行了提取, 为区域城镇可持续发展提供决策支持。

1 研究区概况

蓬莱市位于山东半岛最北端, 陆境东西最大横距50.29 km, 南北最大纵距46.37 km, 市域总面积

1 128.60 km², 总人口为45万人, 其中, 农业人口37.44万人, 非农业人口7.56万人。市区距烟台市中心区70 km, 东与烟台经济技术开发区接壤, 西邻龙口市, 南接栖霞市, 北濒渤、黄二海, 与长岛县隔海相望, 市区位于市境北端蓬莱阁下。蓬莱境内属低山丘陵地貌类型, 地形复杂, 地势南高北低, 由南向北逐步倾斜。南部为深山区, 中部和北部为浅山丘陵区。山麓及河流中下游、滨海地区有小片平原(含少量洼地)。土地可分为山地、丘陵、平原3大组合地貌; 有中山、低山、丘陵、缓丘、山前平原、滨海平原6个地貌类型。全市海岸线总长59.26 km。蓬莱地处中纬度, 属暖温带季风区大陆性气候, 大陆度为54.6%, 年平均气温11.7℃。

2 数据处理与影像特征

研究使用的影像资料主要有2004年蓬莱市Landsat-7 TM影像, 影像质量良好。在Erdas8.4软件环境下, 首先选择二次多项式方法, 利用1:25万地形图校正2004年TM影像, 每次校正过程均选取足够多的参考控制点, 保证校正误差小于0.5个像元, 选择最临近方法进行重采样, 像元大小为30 m, 最后利用从地形图获得的行政界线做AOI裁剪

* 收稿日期: 2010-09-01; 修订日期: 2010-11-13; 编辑: 曹丽丽
基金项目: 山东省自然科学基金重点项目(Z2008E03)。

作者简介: 谭国强(1984—), 男, 山东莱芜人, 在读研究生, 主要研究方向土地利用与遥感监测; E-mail: tanguoqiangwin@yahoo.com.cn。

出研究区影像。重点以2004年TM影像为数据源,讨论其城镇居民地的自动提取方法,所以这里只对该影像进行波段特征分析,由于第6波段是热红外波段,分辨率较低,在城镇居民地提取中很少用到,所以没有对其进行统计。

2.1 基本统计信息

从表1可以看出,均值和标准差反映影像各个波段灰度值分布正常,没有明显的过度集中区间。3个红外波段(TM4, TM5, TM7)的最大值和最小值的区间范围较大,说明各波段内部亮度值差异更明显。

表1 TM影像波段统计信息

波段	最小值	最大值	均值	标准差
1	77	236	102.77	8.68
2	55	237	88.26	11.78
3	41	253	100.35	21.26
4	17	224	79.80	10.93
5	15	251	127.05	24.41
7	13	255	96.80	24.74

2.2 波段相关系数

相关系数是描述波段影像间相关程度的统计量,反映了2个波段影像所包含信息的重叠程度。从表2可以看出,3个可见光波段之间相关性较大;TM4波段与其他波段的相关性都较小;TM5和TM7相关性也较大,而与其他波段相关性小。

表2 TM影像波段相关系数矩阵

波段	1	2	3	4	5	7
1	1.00					
2	0.94	1.00				
3	0.85	0.87	1.00			
4	-0.25	0.06	0.24	1.00		
5	-0.21	0.03	0.02	0.42	1.00	
7	0.07	0.28	0.41	0.22	0.73	1.00

假彩色合成应选择相关性小的波段,同时综合基本统计信息考虑各波段RGB组合形式,最后认为543组合目视效果最好,信息量最为丰富,城镇聚落和其他地物区分也最明显。

3 居民地信息提取方法

基于知识的遥感信息提取是遥感信息提取的发展趋势,基本内容包括知识的发现、利用知识建立专题信息提取模型。在知识发现方面包括发现地物的光谱特征知识、空间结构与形态知识、地物之间的空间关系知识。利用知识建立模型方面,主要是利用所发现的某种知识或所有知识建立相应的遥感信息

提取模型。在利用遥感数据和模型提取遥感信息时,应从简单到复杂,从单个知识、单个模型的应用到多个知识、多个模型的集成应用。

传统的监督分类和非监督分类方法,单纯利用像元的亮度特征对遥感影像进行分割,因而分类精度往往比较低,也不能满足实际应用的需要。随着人们对遥感认识的逐步深入,新的分类方法不断提出,如纹理分析方法、波段组合方法、神经网络方法、模糊分类方法、植被指数方法、决策树分类方法等。决策树分类方法(Decision Tree Classifier, DTC)是以每个像元的特征值为设定的基准位,分层逐次进行比较,最终从影像中分离出目标地物的一种分类方法。通常情况下,一个决策树由一系列的节点和分支组成,每个分支有一个父节点,父节点经由一次属性判别生成2个或多个子节点,父节点和子节点之间形成分支,每个子节点又可以作为父节点生成下一级子节点。最初一级父节点称为根节点,最末一级子节点称为叶节点,叶节点包含决策结果。在遥感影像分类中,根节点为分类影像,叶节点为分类目标地物^[8]。这种方法不仅不需要像监督分类的最大似然法一样依赖任何先验的统计假设条件,而且可以方便地利用除波段亮度值以外的其他专家知识,具有直观、高效等特点,所以在遥感影像分类和专题信息提取中已有广泛的应用^[1]。

3.1 典型地物光谱采样

山东半岛北部的蓬莱市土地利用/覆盖具有海岸带的典型特征,为了更好的分析海岸带地物光谱特征,结合土地利用现状图和实地调查,将研究区划分为城镇、道路、裸地、耕地、水体、干河床、林地和果园8种类型。根据1996年土地利用现状图和野外实地调查结果,在影像上对各种地物类型进行光谱采样,选取足够数量的研究样本,测定各种地物类型在各波段上的光谱统计值^[9](表3)。

表3 典型地物采样点的光谱亮度均值

地类	波段1	波段2	波段3	波段4	波段5	波段7
城镇	116	100	115	70	119	104
道路	105	88	100	68	117	96
耕地	94	73	80	56	92	69
裸地	109	102	131	84	165	140
水体	97	76	70	28	29	24
干河床	131	127	162	92	185	162
林地	86	65	55	103	95	49
果园	92	73	69	98	105	64

通过表 3 的综合分析,可以发现城镇与其他背景地物相区别的光谱特征。虽然各个波段的光谱亮度值有一定的差异,但变化节律比较相似,光谱重叠率高,区分难度较大。水体大量吸收可见光,反射率低,在 TM4, TM5, TM7 波段亮度值最小;耕地在影像上主要呈暗黑色,经过实地 GPS 定位调查发现多为水浇的小麦地,受水的影响其地表土壤湿度大,造成影像上亮度值较低;林地和果园在 TM1, TM2, TM3 波段与城镇完全分离,在 TM4 波段都比城镇明显高。城镇、道路、裸地、干河床等类型在各个波段的光谱亮度值相对较高,因此,如何从影像中区分道路、裸地和干河床是城镇信息提取的难点。

3.2 提取模型的建立

该文将挖掘的各种地物的光谱知识、形状指数、高程等融入决策树,提出以下城镇信息提取的基本思路:

(1) 水体、耕地与城镇相比,各波段的光谱亮度值都要小。水体和耕地各波段亮度值均值之和分别为 324, 464, 城镇为 624。因此可以根据城镇与这 3 种地物在各个波段光谱亮度值之和的差异,设置阈值 T1,通过 $TM1 + TM2 + \dots + TM7 > T1$ 予以去除^[9]。经过反复的试验,T1 取 482 时,效果最好。

(2) 根据实际地物反射光谱曲线可以发现,植被在 TM3 波段上亮度值比城镇小,而在 TM4 波段上比城镇大,因此可以设置阈值 T2,通过比值植被指数 $TM4/TM3 < T2$ 去除林地和果园,经过试验,T2 取 1.3。

(3) 在 TM5 波段,城镇的亮度范围为 78 ~ 153,均值为 119,干河床的亮度范围为 160 ~ 210、裸地的亮度范围为 141 ~ 194,均值为 165。可见,干河床与城镇在 TM5 波段的光谱空间完全分离,裸地在 TM5 波段的亮度值比城镇明显要大,且两者的光谱重叠最小,因此,可以利用 $TM5 < T3$ 一并去除干河床和裸地。对比城镇、干河床和裸地在 TM5 波段的光谱最大值、最小值和均方差,确定 T3 的取值为 141^[9]。

(4) 根据上述分析可知,城镇与道路无论是在各波段的亮度值大小,还是在各波段间大小关系上,都很难完全区分开来。但是,城镇与道路在形状上却存在着明显的差异。这种形状上的差异可以用形状指数来衡量,一般来说,线性物体的形状指数较小。按照公式对斑块的形状指数进行计算并统计,得出一般道路的形状指数 $I < 0.1$,因此,可以根据

这个条件将道路去除。首先将上述影像格式的结果进行综合处理后转换为矢量层,然后根据形状指数公式计算各个斑块的形状指数,再根据 $I < 0.1$ 去除道路^[9-10]。计算公式为:

$$I = \sqrt{S/P}$$

式中: I 为形状指数, S 为图斑的面积, P 为图斑周长。

(5) 根据专家知识,研究区城镇居民地覆盖海拔均在 350 m 以下,由此判断 350 m 以上区域居民地覆盖不是城镇居民地专题信息,具体步骤见图 1。

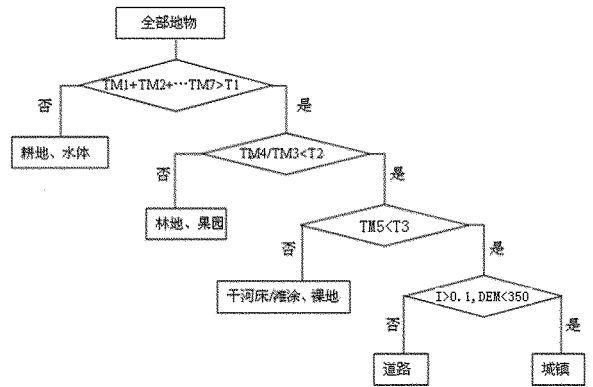


图 1 基于知识的决策树提取模型

3.3 后处理

上述模型的提取是针对单个像元进行的,提取的城镇居民地信息有很多细小的斑点,与实际情况不相符合,也不满足制图的需要,因此需要进行平滑处理以消除噪声。将提取结果进行二值化后(城镇为 1,其他为 0),采用中值滤波方法进行整体化合并,滤波窗口选择 7×7 ,有效地处理了斑块的边界,获得了城镇居民地的整体形态。将城镇居民地专题信息转换为 Coverage 或 Shape 矢量数据格式,利用 ArcView3.2 制作城镇居民地空间分布图(图 2)。

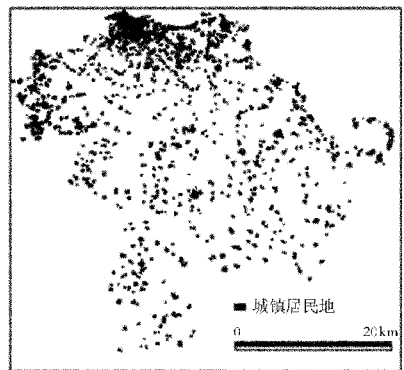


图 2 蓬莱市居民地空间分布图

3.4 精度评价

为了评价分类方法的效果,对提取后的结果不做任何滤波处理。将参考影像与原始影像进行叠合,采用随机抽样的方法进行人机交互验证。通过比较试验样本的分类数据和参考数据而计算出误差矩阵,由误差矩阵最终得到 Kappa 系数,Kappa 系数的大小反映了分类的精度^[8]。在所抽取的 128 个像元中,只有 11 个被误分,分类精度达到了 91.41% (表 4)。

表 4 分类混淆矩阵

地物	城镇	非城镇	使用者精度
城镇	50	7	87.72%
非城镇	4	67	94.37%
生产者精度	92.59%	90.54%	
总精度		91.41%	

4 结语

基于知识的遥感影像居民地信息提取方法是当前遥感科学的一个热点研究领域,虽然很多专家学者进行了一些这方面的研究,但研究成果还不是很成熟,还不能满足实际应用的需要。该文利用光谱知识、形状指数和高程知识建立了基于知识的决策树提取模型,取得了较高的精度。

尽管要完全实现用计算机从遥感影像上全自动地提取居民地信息,至少还要几十年的时间,但是,只要建立了相应的提取模型,就不再重复遥感影

像—目视判读—编图—数字化进入 GIS 的模式,通过运用遥感信息提取模型即可更新 GIS 数据库,为居民地信息的快速监测和更新提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 赵萍,冯学智,林广发. SPOT 卫星影像居民地信息自动提取的决策树方法研究[J]. 遥感学报,2003,7(4):309-312.
- [2] 徐雪仁,万庆. 洪泛平原农村居民地空间分布特征定量研究及应用探讨[J]. 地理研究,1997,(3):47-53.
- [3] 房世波. 利用 TM 和 SPOT 遥感影像对南京市城镇用地扩展的监测[J]. 南京农业大学学报,2000,23(3):49-52.
- [4] Anthony Gar-On Yeh, Xia Li. An Integrated Remote Sensing and GIS Approach in the Monitoring and Evaluation of Rapid Urban Growth for Sustainable Development in the Pearl River Delta, China[J]. International Planning Studies, 1997,2(2):193-210.
- [5] 戴昌达. 卫星遥感监测城市扩展与环境变化的研究[J]. 环境遥感,1995,10(1):1-7.
- [6] Floyd M H, Zong-Guo Xiao. Application in Human Settlement Detection, Population Estimation and Urban Land use Pattern Analysis: A Status Report [J]. IEEE Geosciences and Remote Sensing,1997,35(1):93-101.
- [7] 周成虎. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [8] 王大鹏,王周龙,崔青春,等. 基于决策树的龙口市土地利用/覆盖分类研究[J]. 水土保持研究,2008,15(1):114-116.
- [9] 张安定,衣华鹏,王周龙,等. 龙口市城镇聚落空间信息提取与动态变化研究[J]. 地理科学进展,2005,24(5):115-117.
- [10] 韩丛丛,逢杰武,吴泉源,等. TM 影像中居民地提取的决策树方法研究—以烟台市为例[J]. 遥感信息,2007,(6):75.

Residential Information Extraction of RS Image Based on Knowledge

——Setting Penglai City of Shandong Province as an Example

TAN Guoqiang¹, WANG Zhoulong¹, WANG Xia², MA Jinwei¹

(1. Geography and Planning College of Ludong University, Shandong Yantai 264025, China; 2. Land planning Station of Yantai Bureau of Land and Resources, Shandong Yantai 264003, China)

Abstract: How to automatically obtain residential information is a key problem in the fields of remote sensing. In this paper, setting Penglai city of Shandong province as a study area, based on spectral analysis of 2004 TM image, automatic information extraction model of residential based on knowledge is set up, and the extraction accuracy of the results have been evaluated. As showed by the results, urban residents in Penglai area can be automatically extracted by using this model, and the extraction accuracy has been greatly improved than traditional method of supervised classification.

Key words: TM image; residential; Information extraction; Penglai city in Shandong province