

文章编号: 1007-4619 (2000) 02-0146-05

TM 影像的居民地信息提取方法研究

杨存建, 周成虎

(中国科学院 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘 要: 从对居民地的遥感信息机理分析入手, 分析了居民地在 Landsat TM₂、TM₃、TM₄、TM₅、TM₇ 等各个波段上与其它地类的可分性。并探讨了增强居民地与其它地类的方法。同时进一步对各地物的谱间结构特征进行了分析, 通过分析发现, 以水泥顶和瓦顶房屋为主的居民地, 其 TM₂、TM₄、TM₇ 的光谱值比较接近, 而其它地物除新修道路外, 都不具备这一特征。这一特征可以用如下表达式来表达, $TM_2-TM_4 < T_1$; $TM_4-TM_7 < T_2$; $TM_7-TM_2 < T_3$ 。通过对 T₁、T₂、T₃ 选取合适的阈值, 就可以将居民地提取出来。以福清市中部的影像为例, 通过试验, 当 T₁、T₂ 和 T₃, 分别取值为 10、8 和 5 时, 即可将该区的居民地提取出来。其点位精度可以达到 82%, 面积精度可以达到 80%。其中, 居民地中的部分绿地没有被提取出来, 这对灾害的评估更为有效。总之, 该研究表明, 通过简单的谱间结构阈值法是可以将以水泥顶房屋和瓦顶房屋为主的集村居民地提取出来。

关键词: 卫星遥感; 居民地; 谱间结构

中图分类号: TP79/F301.24 **文献标识码:** A

1 前 言

居民地是人与自然相互作用的产物, 是人类从生产和生活的需要而集聚定居的居住场所, 它包括房屋建筑物, 以及与居住直接相关的其它生活设施(如道路、公共设施、园林绿化、港站等)和生产设施。居民地按其大小和性质可以分为城市、城镇和乡村, 乡村又可以进一步分为集村和散村。

在灾害评估中, 如果有不同类型居民地的空间分布信息, 就可以通过居民地与区域人口、经济、财产的相关关系, 将区域内的人口、经济、财产等统计数据分配到相应的居民地上, 从而可以对灾害的损失作出比较好的评估^[1]。因此, 如何快速获取居民地的空间分布信息就成为灾害评估的一个关键问题。

居民地的获取有以下一些途径。途径一, 在已建立好土地利用数据库的地区, 可以直接从数据库中获取。事实上, 真正建立了土地利用数据库的地区极为稀少。途径二, 可以利用土地利用图, 将其数字化, 并建立数据库。但是土地利用图通常是通过

对航片进行各种土地利用类型的调绘而成图。这种方法既费资金又费工。同时, 将土地利用图数字化也是费功费时的。这些都妨碍了快速获取居民地的实现。途径三, 可以利用地形图, 将地形图上的居民地数字化建库, 但是地形图多为已过时的旧图, 同时对其进行数字化同样也是费功费时的。

遥感技术的发展, 为居民地的快速获取提供了新的途径, 特别是卫星遥感技术, 具有重复覆盖, 覆盖范围大, 成本低的优点。然而, 不同的卫星遥感, 对居民地的识别能力是不一样的。一般情况, NOAA 图像上, 能识别到县城以上一级的居民地。Landsat TM 图像能识别到乡镇一级的居民地。已有一些研究表明, 在雷达图像上, 可识别到具有 1000 人以上的居民区^[2-4], 戴昌达等利用了 Landsat TM 研究了城市的扩展和环境变化, 并采用了图像自动识别分类与目视判读相结合的方法获得城市的面积^[5]。但是如何快速地从卫星遥感数据中自动或半自动提取城市以下一级的居民地仍然是一个有待解决的问题。本文正是针对这一问题, 通过对居民地及其背景的遥感信息机理分析, 探索了半自动地快速从 Landsat TM 中提取居民地的简单实用模型。并结合

收稿日期: 1999-03-22; 修订日期: 1999-12-16

基金项目: 国家重中之重“九五”攻关课题(95-B02-02)的资助。

作者简介: 杨存建, (1967-), 男, 工程师。1988年毕业于四川农业大学, 1991年在西南林学院获得林业遥感的硕士学位。主要从事地理信

息系统、遥感和全球定位系统的综合应用。已发表论文 11 篇。

实例研究证明了该模型的有效性。

2 试验区及其数据

试验区位于福建省福清市的中部,该试验区内有耕地、水塘、水库、森林、果园、道路、河流等。所使用的数据为1996年12月27日记录的Landsat TM2、TM3、TM4、TM5、TM7图像,其景号为119/42,以及1991年的土地利用图。在对Landsat TM图像作了辐射校正和几何校正之后,从中切取覆盖试验区的大小为 512×512 的子影像来作研究。分别用线性拉伸或直方图均衡化对TM的各波段进行处理,并用目视判读的方法判定居民地在各波段上的可识别性。经判读发现,居民地在所有波段上,都难以准确识别出来。但是,在TM4、TM5上相对较易识别出来。将以上5个波段中,任意选出3个波段进行假彩色合成,经目视判读发现,民在地在TM2、TM4、TM5、(B、G、R), TM3、TM4、TM5 (B、G、R)和TM3、TM4、TM7(B、G、R)的假彩色合成影像上是可以识别到的。其中TM3、TM4、TM5的假彩色合成影像如封四版图1图1所示。在图中棕色的多为居民地。因此,该数据可用于居民地自动识别提取。

3 基本原理

3.1 居民地的遥感信息机理分析

本区的居民地主要有城镇和乡村。城镇主要是乡镇,乡村主要是集村。乡镇居民地主要是由楼房、水泥地面、裸土地、草坪和零星树木组成,其楼房房顶主要是水泥房顶,并铺有沥青。乡村居民地主要是由房屋、空地及零星树木组成。房屋多为楼房,少数为平房。房顶多为平顶水泥房顶,少数为青瓦、红瓦的尖顶。房屋与空地的配置情况为,在路两边的居民地多为并排配置,其它的为随机、散乱配置。房屋与房屋之间的空地宽一般不超过20m。因而,对于地面分辨率为 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 的传感器而言,其居民地的像元多为混合像元,这种混合像元是由房屋和房屋间的空地、绿地以及林木组成。对卫星影像上的居民点而言,卫星影像上所记载的遥感信息自然就是由房顶、房屋间的空地以及间杂的一些树林、草等对电磁波的反射,以及其辐射等混合而成。由于房顶、空地等占优势,因而,其记载的光谱中,它们的光谱也就占优势。一般情况,居民地中纯净的裸地

像元都比较少。此外,由于房屋建筑物的高低起伏,从而造成房屋与房屋间有大量阴影的存在。这就造成了房屋间的裸地与一般的裸地具有不完全一样的光谱特征。

居民地光谱信息在时间维上的变化主要是由裸地及其间的树木、竹子、绿地等在时间维上的变化所致。而房屋、裸露地面,尤其是水泥地面及房顶在时间维上基本上没有大的变化,但是也有一些微弱的变化。这包括,因太阳的照射,导致一天早、中、晚的表面温度的不一致,从而导致其在散射、发射上的变化。此外由于降雨导致其表面温度和湿度上的差异,从而导致居民地光谱特征的变化,但是这种变化是因降雨而引起的,因而与降雨有较强的相关性。所以,居民地在时间维上的变化主要是由居民地内的植被所致。居民地在其时间维上的变化周期,强度与其植被的生长周期及其强度的变化相关。对于建筑物密集,植被较少的居民地而言,其年际变化较小。该试验区内,其居民地内植被相对较少。

居民地背景的光谱分析,在平原地区,居民地四周一般为农田、部分居民地周围有水塘。居民地与居民地之间有道路相连通。大的居民地之间由宽的道路相连,小的居民地之间由窄的道路相连通。因此,道路有利于居民地的识别。但是,窄于10m的道路在TM影像上一般难以识别,除非道路周围长满了很好的植被。此外居民地周围有一些小沟通过,这方便于居民生活用水。但是小的沟渠,在TM影像上是难以表征的。居民地与周围农田的区别,主要在于农田里生长着植被,植被的光谱特征与裸地、房屋的光谱特征明显不同。但是农田也是裸露的时候,一般情况,其裸露的时间在收割与播种期间,在这期间农田与裸地的特征就比较一致。对在河边有一些沙石滩,当这些沙石滩由沙、泥、石混合在一起。其比例达到一定情况时,其光谱特征与居民地的光谱特征类似。但是沙石滩一般沿河流两岸分布,有时在河流中央,以江心洲的形式出现,这可以通过知识的方法将其剔除。

3.2 居民地及背景地物的光谱值分析

在未经过增强处理的遥感影像上,就每一种地物选取一定的研究样本,测定其各波段的光谱亮度值,并从中抽取一些典型而具有代表性的数据列于表1,并用各地类、各波段的均值作出图2所示的波谱图。

表 1 典型地物部分采样点的波谱亮度值

Table 1 The spectrum value of some typical landuse sample

地物	波段 2 亮度值		波段 3 亮度值		波段 4 亮度值		波段 5 亮度值		波段 7 亮度值	
	样点值	均值	样点值	均值	样点值	均值	样点值	均值	样点值	均值
水体	28, 26, 27, 30, 34	29	3, 0, 0, 9, 14	5	13, 12, 12, 15, 15	13	6, 6, 8, 5, 6	6	5, 1, 2, 1, 3	2
林地	24, 26, 23, 25, 25	25	1, 3, 0, 2, 5	2	53, 50, 55, 59, 49	53	47, 43, 48, 56, 49	49	15, 14, 12, 15, 18	15
居民地	31, 32, 29, 29, 31	30	14, 17, 14, 10, 19	15	28, 31, 30, 26, 32	29	30, 41, 58, 42, 54	45	17, 24, 32, 26, 31	26
水田	35, 36, 31, 28, 32	32	28, 28, 16, 10, 21	21	50, 51, 54, 55, 51	52	93, 94, 70, 59, 87	81	47, 45, 33, 25, 39	38
旱地	39, 36, 36, 38, 33	36	41, 32, 37, 40, 31	36	59, 54, 49, 54, 49	53	105, 84, 93, 103, 88	95	57, 43, 47, 53, 43	47
阴影	21, 21, 22, 20, 22	21	0, 0, 0, 0, 0	0	13, 17, 19, 17, 20	17	10, 7, 13, 9, 11	10	2, 2, 4, 3, 4	3
裸地	49, 48, 41, 41, 43	44	57, 58, 42, 42, 44	49	68, 67, 55, 56, 54	60	131, 133, 110, 107, 104	117	77, 48, 59, 58, 61	61
滩地	34, 31, 34, 32, 32	44	19, 19, 19, 230, 17	19	28, 27, 28, 28, 28	28	25, 24, 25, 26, 27	25	12, 11, 12, 13, 14	13
道路	39, 38, 39, 39, 40	39	32, 34, 35, 34, 34	34	40, 41, 40, 40, 45	41	66, 66, 61, 66, 69	66	37, 38, 35, 38, 39	37

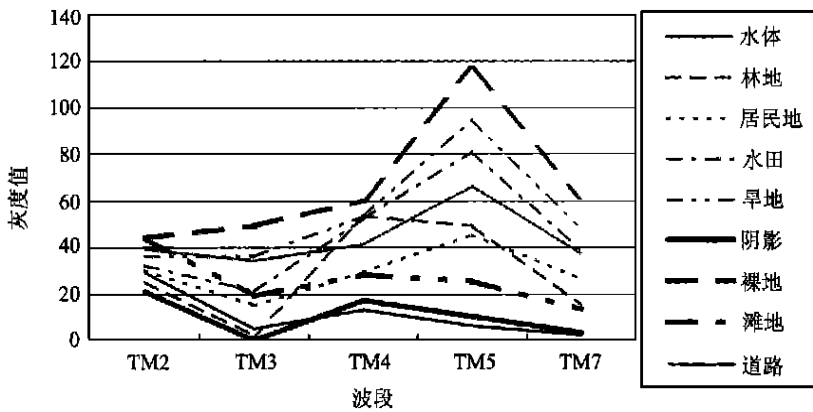


图 2 典型地物波谱图

Fig. 2 The spectrum of typical landuse

从表 1 和图 2 中可以看出, 能将居民地与各背景地物区分开来的最佳波段及其组合方法。居民地在 TM4, TM5, TM7 波段上的值均比水体的高。将其相加后, 水体在 21 左右, 而居民地在 100 左右。居民地与林地的最佳区分波段是在波段 3 和波段 4 上。在波段 3 上, 居民地的亮度值比林地的高, 大约高 10。而在波段 4 上, 居民地比林地的亮度值低 20, 因此, 利用 TM4-TM3, 或 TM4/TM3 可以增大居民与林地的区别。居民地与水田的区别主要在波段 4 和波段 5 上, 在这两个波段上, 水田的光谱值均比居民地的高, 因而 TM5+TM4 可以增强这种差异。TM5+TM4 后, 水田的值在 130 左右, 而居民地的值是在 74 左右。居民地与旱地的区别主要集中在 3, 4, 5, 7 波段上, 在这几个波段上, 居民地的亮度值均比旱地低, 因而将这几个波段相加, TM3+TM4+TM5+TM7, 能明显增强居民地与旱地的差异。相加后, 居民地的亮度值在 115 左右, 而旱地是在 234 左右, 相差为 119。居民地与阴影的区别在 TM2, TM3,

TM4, TM5, TM7 上均比较明显, 而且其亮度均比阴影高。将这几个波段相加, 能明显增强这种差异。相加后, 居民地的灰度值在 145 左右, 而阴影的灰度值在 51 左右。居民地与裸地在 TM2, TM3, TM4, TM5, TM7 上, 均有明显的区别, 居民地的亮度值均比裸地低。尤其是在 TM5 上差别最大, 相差达 72。TM7, TM3, TM4 次之。TM2+TM3+TM4+TM5+TM7 能增大这种区别。居民地在 TM2, TM3 上, 其亮度值均比滩地的亮度值略低一些。而在 TM5 和 TM7 波段上, 其亮度值均比滩地的亮度值约高。因此, 对居民地与滩地而言 (TM5+TM7)-(TM2+TM3) 或 (TM5+TM7)/(TM2+TM3) 均能增大它们的差异。对居民地与道路而言, 在 TM2, TM3, TM4, TM5, TM7 上, 道路的亮度值均比居民地的亮度值高。因此将这些波段相加, 能明显增强居民地与道路的差别, 相加后, 居民地的值为 145 左右, 而道路的为 217 左右, 相差达到 72 左右。利用以上分析结果, 通过决策树的方法可以达到半自动地从 Landsat TM 数据中提取

居民地的目的。

根据表1和图2,对各地物的谱间结构特征进行分析,可以发现居民地具有特殊的谱间结构特征,即TM₂与TM₄非常接近。而其它地物中,只有阴影和道路具有这一特征。就阴影与居民地的区别而言,阴影的TM₅小于TM₄,而居民地的TM₅大于TM₄。因而,据此可以将阴影剔除。而对于道路和居民点而言,它们的谱间特征比较相似,难以利用谱间特征将二者区分开来,只有利用它们在TM₂+TM₃+TM₄+TM₅+TM₇上的差异将二者区分开来。此外,对于居民地而言,除了TM₂与TM₄比较接近之外,TM₄与TM₇也非常接近。同时具有这一特征的只有道路。因而,可以进一步利用它们在TM₂+TM₃+TM₄+TM₅+TM₇上的差异将二者区别开来。此外,对居民地与道路的区别而言,除了光谱上的差异外,还有几何形状上的差异。道路为线状地物,而居民地多为斑块状地物。

4 居民地的半自动提取

通过以上分析,得出了居民地与其它地物相区别的特征,利用这些特征可以将居民地自动识别提取出来。这里主要探讨两种提取的方法。

方法1,利用居民地具有TM₂与TM₄比较接近的特点,构建如下表达式,

$$|TM_2 - TM_4| < T$$

并选取适当的T值,通过反复试验,T取值为10,可以将居民地从影像中提取出来,但是所提取的影像中有阴影和道路存在。因而,进一步利用居民地与阴影之间存在着特殊的谱间特征,即阴影具有TM₄>TM₅,而居民地具有TM₄<TM₅的特征,利用这一谱间关系特征可将阴影从居民地中剔除出去。此时,所提取的居民地中还混杂有道路。因而,利用道路与居民地在总体亮度上存在着较大差异的特点,即TM₂+TM₃+TM₄+TM₅+TM₇,对于居民地而言,其亮度值在145左右,而道路为217左右。因此,通过选取合适的阈值即可将道路从居民地中区别出来。剔除道路的另一种方法是利用居民地和道路在形状上的差异,将道路剔除。

方法2,利用居民地具有TM₂、TM₄、TM₇非常接近的谱间结构关系特征,而其它地类除道路以外,都不具备这一特征。因此利用这一特征构建如下表达式:

$$TM_2 - TM_4 < T_1, TM_4 - TM_7 < T_2, TM_7 - TM_2 < T_3$$

通过选取合适的阈值,可以将居民地提取出来。通过试验T₁取10,T₂取8,T₃取5,即可将居民地提取出来。但是,所提取的居民地中仍然混杂有部分道路。对于道路的进一步剔除的方法与方法1类似。

以上两种方法都可以将大部分居民地提取出来,但是方法1会比方法2多提。多提的部分主要是水陆交界处的混合像元,以及部分滩地。因此,方法2的效果相对较好。对方法2的提取结果进行综合处理。其处理方法是小于1×1的孤立像元类别经滤波处理掉。将居民地以红色表示,并叠加复合在原始影像上,制作成如封四图版1图3所示的居民地分布图。在该图上,红色代表居民地。

5 结果与讨论

利用1991年的GIS土地利用图数据对方法2的提取结果进行精度分析。将土地利用图数据影像化,并与遥感影像和居民地提取结果图配准。1991年的居民地到1996年,基本上仍然是居民地。因此,可以用土地利用图上的居民地来检查所提取的居民地。检查分点位精度和面积精度两方面。就点位精度而言,在土地利用图上选取50个居民地对其进行评价。在50个居民地中有5个没有被提取出来。这5个为山区面积较小的居民地。进一步在所提取的居民地中选取50个居民地,并用目视判读的方法对其进行检验。经检验发现,在50个居民地中有4个为误提的居民地。这些误提的居民地主要位于水陆的交界处。因此,总的点位精度为82%。就面积精度方面,用目视估计的结果大概为80%。分析其原因,主要是居民地内部的绿地及其周边的混合像元未能被提取出来。未包括绿地的居民地对灾害评估而言是很有好处的。

总之,该研究表明,通过简单的谱间关系阈值法是可以将以水泥顶房屋和瓦顶房屋为主的集村居民地提取出来。

参考文献 (References)

- [1] Xu Xueren, Wan Qin. Quantitative Study on Spatial Distribution of Rural Settlement in Floodplains and Discussion of Its Applications [J]. *Geographical Research*, 1997 (3): 47-53. [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.] <http://www.cnki.net>
- [2] B. N. Haack. Shuttle Imaging Radar Analysis in Arid Environments [C]. Technical Paper of American Society of Photogrammetry and

- Remote Sensing Annual Convention, St. Louis, MO, 1988, 4: 171—180.
- [3] C. P. Lo, Settlement Population, and Land Use Analysis on North China Plain Using Shuttle Imaging Radar Data [J]. *Professional Geographer*, 1986, 38(2): 141—149.
- [4] F. M. Henderson. An Analysis of Settlement Characterization in Central Europe Using SIR-B Radar Imagery [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1995, 54(1): 61—70.
- [5] Dai Changda, Tang Lingli, Chen Gang, Wang Jiasheng. Research on Using Satellite Remote Sensing to Monitor Urban Expansion and Environment Change [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1995, 10(1): 1—7 [戴昌达, 唐伶俐, 陈刚, 王杰生等. 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].

Extracting Residential Areas on the TM Imagery

YANG Cun-jian, ZHUO Cheng-hu

(LREIS, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: It is necessary to evaluate the flooded house, population, and property as well as the economic loss. The distribution of house, population, and property are correlated with the distribution of residential areas. Their distributions can be derived from the distribution of residential areas. Therefore, it is very important to quickly obtain the residential area in flood disaster evaluation. Satellite remote sensing provide cheap data resources for delineating residential area. In this paper, the method of extracting residential area from remote sensing data is discussed. Firstly, the mechanism of remote sensing for residential areas is analyzed. Secondly, the differences of residential area and other landuse type are discussed, and the method of enhancing the differences is explored. Thirdly, the structure feature among spectrum of residential area and the other landuse types is analyzed. The unique feature which can distinguish residential area from the other landuse types is that the TM^2 , TM^4 and TM^7 of residential area is very close, especially for residential area mainly consisted of house with cement or tile roof. It can be represented with the formula such as $TM^2 - TM^4 < T^1$; $TM^4 - TM^7 < T^2$; $TM^7 - TM^2 < T^3$. When T^1 , T^2 and T^3 are given with suitable value, the residential area can be extracted with the formula. With the example of the center part of Fuqing city in Fujian province, when T^1 , T^2 and T^3 are given respectively with 10, 8 and 5, the residential area can be extracted with the position accuracy 82% and the area accuracy 80%. Some green land of residential area is not extracted from remote sensing data, which is benefit to the evaluation of flood disaster evaluation. In conclusion, the residential area can be extracted from Landsat TM with the simple threshold of spectrum structure.

Key words: Satellite remote sensing; residential area; spectrum structure

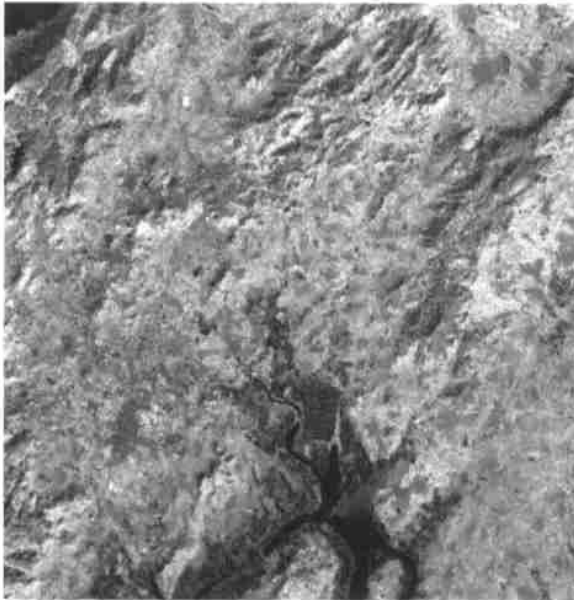


图 1 TM3、TM4、TM5 (B、G、R)
假彩色合成影像 (棕色多为居民地)



图 3 居民地分布图
(图中红色的为所提取出的居民地)

遥感学报

(季刊 1997 年创刊)

2000 年 5 月 第 4 卷 第 2 期

JOURNAL OF

REMOTE SENSING

(Quarterly, Started in 1997)

Vol. 4 No. 2 May 2000

编辑 《遥感学报》编辑委员会
北京市安外大屯路中科院遥感所
邮编: 100101; 电话: (010)64889543

主编 徐冠华

出版 科学出版社
北京东黄城根北街 16 号
邮编: 100717

印刷装订 中国科学院印刷厂

总发行处 北京报刊发行局

订购处 全国各地邮电局
中国国际图书贸易总公司

国外总发行 (中国国际书店)
北京 399 信箱

Editor: Editorial Board of Journal of
Remote Sensing
P. O. Box 9718, Beijing 100101, China
<http://www.chinainfo.gov.cn/periodical/ygxb/index.htm>
E-mail: jrscas@public.sti.ac.cn

Chief Editor: Xu Guanhua

Publisher: Science Press
16, Donghuangchenggenbeijie Street
Beijing 100717, China

Distributed Abroad: China International
Book Trading Corporation
(Guoji Shudian)
P. O. Box 399, Beijing, China