

文章编号: 1007-4619 (2003)01-0037-04

# 一种利用 TM 图像自动提取城镇用地信息的有效方法

查 勇, 倪绍祥, 杨 山

(南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210097)

**摘 要:** 如何快捷、准确与客观地提取城镇用地信息, 以获得城镇用地的分布范围和面积资料, 是有关城镇问题研究中经常涉及到的一个基本问题, 现代遥感技术为这个问题的有效解决提供了强有力的保证。运用提出的归一化建筑指数, 从 TM 图像进行了无锡市城镇用地信息的自动提取。研究表明, 与传统的计算机分类和手工屏幕数字化方法相比, 归一化建筑指数法是一种非常行之有效的方法。

**关键词:** 城镇用地; 遥感; 归一化建筑指数

**中图分类号:** TP751.1      **文献标识码:** A

## 1 引 言

改革开放以来, 随着中国城市化进程的加快, 城镇用地在迅速地扩大, 特别是经济发达的沿海地区更是如此。因此, 快捷、准确与客观地提取城镇用地信息, 获得不同时期城镇用地的分布范围和面积资料, 监测城镇发展演化的过程, 对科学合理地进行城镇规划, 控制城镇用地规模, 有效保护中国宝贵的耕地资源, 都具有十分重要的作用。

遥感技术为城镇用地信息的快速提取提供了便利。航空像片分辨率高, 成为人们经常使用的遥感信息源, 而且精度高。但航空像片获得成本昂贵, 工作量大, 而且往往缺乏周期性的航摄数据, 用以监测快速变化的城镇用地显得不太适合, 因而周期成像的卫星遥感得以普遍应用。目前在没有 GIS 辅助情况下, 常用的从遥感图像提取城镇用地信息的方法是计算机分类(包括监督和非监督分类), 但精度较低, 一般不超过 80%<sup>[1,2]</sup>。为了获得很高的精度, 有时不得已只能通过目视判读或直接手工屏幕数字化的方法, 但非常费时, 工作量大。杨存建和周成虎曾用谱间结构阈值法从 TM 影像上半自动地提取居民地信息, 但需经过反复试验选取合适的阈值, 不够客观<sup>[3]</sup>。

本文针对上述方法存在的不足, 在借鉴前人研

究成果的基础上, 根据提出的归一化建筑指数(简称 NDBI 指数)或称为仿归一化植被指数<sup>[4]</sup>, 利用 TM 图像成功提取了无锡市城镇用地信息, 并与传统的计算机分类与手工屏幕数字化进行了比较, 取得了令人满意的结果。

## 2 研究方法

### 2.1 试验区的选择

此次研究选择无锡市作为训练区。无锡市地处长江三角洲, 面积 517.7km<sup>2</sup>, 人口 110.2 万人。气候为亚热带季风气候, 年均温 17℃, 年降水量 1100mm。地势起伏不大, 多为平原, 平均海拔 1—5m, 西部和南部有一些低山丘陵, 惠山最高峰 328m。河网密布, 南面有中国四大淡水湖之一的太湖。无锡位于沪宁公路、铁路线上, 交通便利, 经济发展迅猛, 城市用地变化迅速。

### 2.2 遥感信息处理与提取过程

所用图像处理分析软件为 ER Mapper 6.0, 遥感信息源是 1998-08-11 成像的 TM 图像, 原始大小为 5728×6920, 整个遥感信息处理与提取的过程见图 1。

#### 2.2.1 图像预处理

原始 TM 图像读入计算机, 转为 ER Mapper 的 ers 格式后, 开取 1300×1300 窗口进行几何纠正。在

收稿日期: 2001-05-17; 修订日期: 2001-06-26

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目(BK99066)。

作者简介: 查勇(1963—), 男, 副教授。1989年毕业于中国科学院遥感应用研究所, 获硕士学位。现在在职攻读博士学位, 主要从事“3S”技术的应用研究, 发表论文 20 余篇。

图像中选取包括河渠与河渠、道路与道路以及道路与河渠相交共计 10 个明显控制点, 同时在 1970 年出版的 1/5 万地形图上读出对应点的  $X, Y$  坐标输入计算机, 纠正后各点误差在一个像元以内。在经过几何纠正的图像上, 再取成  $680 \times 680$  窗口用于以下处理。

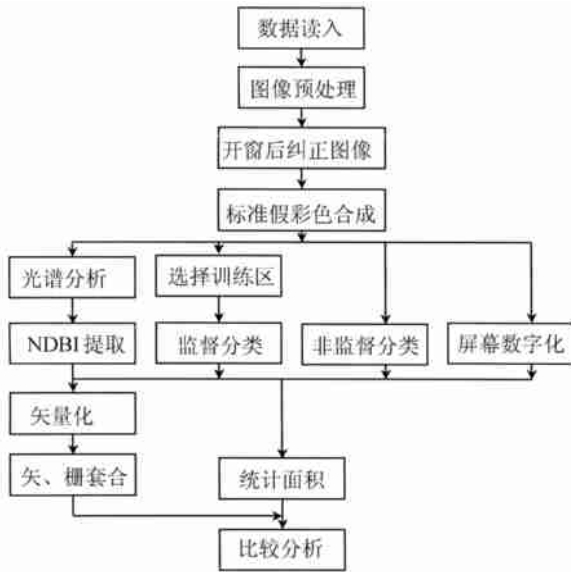


图 1 遥感信息处理与提取过程

Fig. 1 Image processing and analyses

### 2.2.2 标准假彩色合成

利用 TM 图像 2, 3, 4 波段分别配以蓝、绿、红合成为标准假彩色图像。在此图像上, 城镇呈黑绿色, 林地呈暗红色, 农田(水稻为主)呈鲜红色, 水体呈黑色(图版 I 图 2)。该图像以供后续处理中光谱分析、训练区选取和手工屏幕数字化之用。

### 2.2.3 城镇用地专题信息提取

(1) NDBI 指数法。NDBI 指数表达为:

$$NDBI = (TM5 - TM4) / (TM5 + TM4)$$

式中,  $TM4, TM5$  分别指 TM 图像的第 4、第 5 波段, 显然 NDBI 取值在  $-1$  与  $1$  之间。

根据 NDBI 求出比值图像后, 进行二值化处理, 把  $\leq 0$  像元都赋值 0,  $> 0$  像元则赋值 255, 得到二值化图像(图版 I 图 3)。图中红色表示灰度值为 255 像元, 即是城镇区域(有关解释详见下面的 2.3 部分), 蓝色是灰度值为 0 的那些像元。然后对图版 I 图 3 进行矢量化, 结果与标准假彩色图像(图版 I 图 2)进行了套合(局部放大, 图版 I 图 4), 以验证 NDBI 指数法提取城镇用地之效果。

(2) 监督分类法。监督分类采用最大似然法, 共做了 8 次, 都是利用标准假彩色图像(图版 I 图

2), 在城镇、林地、农田和水域这 4 种主要地类内选取训练区。但每次训练区选取时, 其大小和位置都有所变化, 以说明人为因素对监督分类的影响。每次分类图像与标准假彩色图像(图版 I 图 2)作对比, 最后发现第 5 次的分类效果最好, 与图版 I 图 2 最为接近(图版 I 图 5)。

(3) 非监督分类法。根据非监督分类中的 ISO-CLASS 法进行, 为与监督分类结果比较, 事先设定最大分类数为 4 类, 结果见图版 I 图 6。

(4) 手工屏幕数字化法。由于缺乏最近的实测数据, 因此参考 1/5 万地形图对图版 I 图 2 在屏幕上勾绘出城镇区域范围, 并统计出面积大小, 以此作为对上面几种方法进行精度评判的参考依据。这是因为一般认为屏幕数字化(相当于目视判读)的精度, 都要明显高于计算机直接分类的精度。

### 2.3 关于 NDBI 指数的解释

NDBI 指数源于对 NDVI 指数的深入分析。在图版 I 图 2 中用鼠标分别点击不同地类后, 得到各地类随波段变化的平均灰度值分布状况(图版 I 图 7)。从图版 I 图 7 可见, 归一化植被指数

$$NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$$

之所以能有效提取植被, 是因为  $TM4$  与  $TM3$  两波段灰度值相比, 只有植被在  $TM4$  上值大于  $TM3$ , 而其他地类都相反, 因此在 NDVI 图像上一般  $> 0$  值都是植被。

从中得到启发后发现, 在  $TM4$  与  $TM5$  两波段之间(图版 I 图 7), 除了城镇灰度值走高外, 其他地类值都变小, 因此

$$NDBI = (TM5 - TM4) / (TM5 + TM4)$$

图像上  $> 0$  的灰度值应为城镇就是显而易见的了。

## 3 结果分析

把图版 I 图 3、图 5 和图 6 分别与图 2 比较, 可以直观看出, NDBI 指数法和监督分类法提取的城镇范围与图 2 所显示的城镇区域比较一致, 图版 I 图 4 更表明用 NDBI 指数法提取的城镇界线与假彩色合成图像上黑绿色调所反映的城镇范围相吻合; 而非监督分类图像上, 城镇被分成了两个不同的类型, 林地与农田根本无法区分, 因此实际工作中很少利用非监督方法直接提取有关专题信息, 是一种不可取的方法。

进一步从图像中统计出不同类型面积数据, 由

于缺乏实测数据,因此以普遍认同的精度高的屏幕数字化(相当目视判读)结果作为不同方法精度评判的基础,求出各城镇用地相对于手工屏幕数字化面积的相对和绝对误差(表 1、表 2),进而绘制出城镇面积折线分布图(图 8)。

表 1 8 次监督分类的训练区大小与分类结果

Table 1 Results of supervised classification using various training samples

		城镇	林地	农田	水域
第一次	训练区大小/像元	784	672	896	784
	分类结果/km <sup>2</sup>	157.62	46.49	202.27	25.68
第二次	训练区大小/像元	576	576	560	576
	分类结果/km <sup>2</sup>	135.30	21.98	247.78	26.99
第三次	训练区大小/像元	400	480	384	400
	分类结果/km <sup>2</sup>	153.22	78.76	174.46	25.62
第四次	训练区大小/像元	400	320	320	400
	分类结果/km <sup>2</sup>	205.74	73.29	128.49	24.53
第五次	训练区大小/像元	192	256	192	256
	分类结果/km <sup>2</sup>	162.97	20.08	212.48	36.53
第六次	训练区大小/像元	256	192	192	256
	分类结果/km <sup>2</sup>	318.34	17.64	85.32	10.76
第七次	训练区大小/像元	144	144	96	96
	分类结果/km <sup>2</sup>	257.77	174.26	0.00	0.02
第八次	训练区大小/像元	32	32	64	32
	分类结果/km <sup>2</sup>	160.36	14.17	245.50	12.03

表 2 不同方法提取的城镇面积及误差大小

Table 2 Urban areas and errors from different methods

	面积/km <sup>2</sup>	绝对误差/km <sup>2</sup>	相对误差/%
NDBI 指数法	174.38	3.48	2.04
监督分类法	162.97(第 5 次)	-7.93	-4.64
非监督分类法	131.20	-39.7	-23.23
屏幕数字化法	170.90	0.00	0.00

表 1、表 2 和图 8 表明,监督分类 8 次结果均不相同,相差甚远,很难保证客观性,虽然精度可能较高,但不能保护每次都能达到。对同一幅图像,不同的人或同一人在不同时候所做的分类结果都将不同。而 NDBI 指数法,结果是唯一的。与监督分类相比,最大的优越性和好处就是,不掺杂有任何人为因素,非常客观公正,而且精度也能保证,完全可以达到监督分类的最好精度,满足应用的需要。总之,监督分类虽然理论性强,但要选择训练区,因此可操作性弱,不够客观,往往需要经多次调试,才能取得令人满意的结果。相比之下,NDBI 操作简单、易行、客观,不因人、因时而异,结果唯一客观。

通过以上分析,可以获得从快捷性、准确性和客观性 3 个方面,对 NDBI 指数法、监督分类法、非监督分类法和手工屏幕数字化提取城镇用地效果所做的一个基本评判(表 3)。

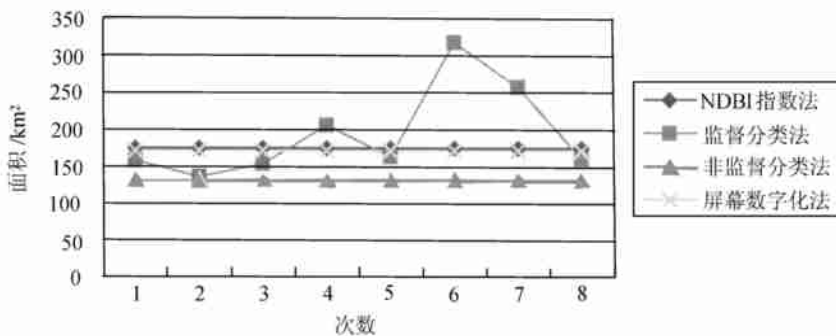


图 8 不同方法提取的城镇面积的变化

Fig. 8 Change of urban areas from different methods

表 3 不同方法提取城镇用地效果的评价

Table 3 Evaluation of different methods

	NDBI 指数法	监督分类法	非监督分类法	屏幕数字化法
快捷性	+++	++	++	+
准确性	++	++	+	+++
客观性	+++	++	+++	+

## 4 结论与讨论

(1) 研究表明, NDBI 指数法用于提取城镇用地信息确实是一种有效的方法。虽然不可能达到人们通过屏幕数字化的目视判读精度,但显然比后者快速,而与计算机自动分类相比,精度方面高于非监督

说明: +++——高, ++——中, +——低。

分类,与监督分类的精度不相上下,虽不能说精度一定高于监督分类,但 NDBI 指数法最大好处却是非常客观,可信度高。

(2) 提出的 NDBI 指数提取城镇信息,如同传统的计算机自动分类,主要还是根据不同地类的光谱特征差异。由于异物同谱和同物异谱的存在,必然如同自动分类一样,影响提取精度。比如,裸地和城镇光谱就比较接近,当城镇内部或附近有裸地存在时,就很难区分开。农田休闲时,也会出现类似情况。因此,使用 NDBI 指数法时,要选择地表植被覆盖较高时图像,可以明显提高提取城镇信息的精度。

(3) 关于 NDBI 的普适性如何,能否推广应用到其他地区,还有待在今后的工作中进一步检验,特别是城镇信息在 TM4 和 TM5 波段的表现特点,对于其他地区是否相同,也有待探讨。但至少有一点可以肯定,只要在 TM4 和 TM5 图像上,城镇和其他地类灰度

值具有如同图版 I 图 7 的变化趋势,则无疑就能有效地把城镇用地信息提取出来。

### 参 考 文 献 (References)

- [1] LO, C P. Land Use Mapping of Hong Kong from Landsat Images: An evaluation [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1981, 2: 231—252.
- [2] GAO, J. SKILLCO RN D. Capability of SPOT XS Data in Producing Detailed Land Cover Maps at the Urban-rural Periphery [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19: 2877—2891.
- [3] Yang C J, Zhou C H. Extracting Residential Areas on the TM Imagery [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2000, 4(2): 146—150. [杨存建, 周成虎. TM 影像的居民地信息提取方法研究 [J]. 遥感学报, 2000, 4(2): 146—150.]
- [4] Yang S. On Extraction and Fractal of Urban and Rural Residential Spatial Pattern in Developed Area [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000 55 (6): 671—678 [杨山. 发达地区城乡聚落形态的信息提取与分形研究——以无锡市为例 [J]. 地理学报, 2000 55(6): 671—678.]

## An Effective Approach to Automatically Extract Urban Land-use from TM Imagery

ZHA Yong, NI Shao-xiang, YANG Shan

(College of Geographic Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

**Abstract:** Land covers in urban areas tend to change drastically over a short period of time due to rapid urbanization. Especially, land covers in China are changing more frequently, which have been occurred in urban and peri-urban areas where accompanied rapid economic development. Remote sensing images are ideally used to monitor current land cover changes thanks to their rapid up-date capability.

There are two conventional methods in producing land covers from either aerial photographs or satellite images: manual interpretation and computer classification. The conventional methods of converting images into urban land covers have a number of limitations. The first method is tedious and highly subject to the interpretation of the image analyst, and fails to take advantage of all spectral information contained in multi-spectral remote sensing images because only limited number of spectral bands can be used to generate the false color composite. The second method, even though requires much less human intervention, is still subject to many limitations. It is difficult task to achieve a high accuracy level, and the conventional supervised classification method requires the selection of a number of training samples for all those covers whose representativeness directly affects the classification accuracy.

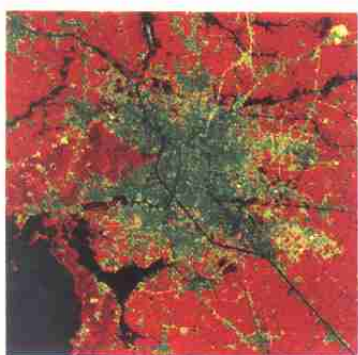
In this study we present a new method based on Normalized Difference Built-up Index (NDBI):

$$NDBI = (TM5 - TM4) / (TM5 + TM4)$$

This method has been successfully applied to automatically extract the urban land in Wuxi City, Eastern China by manipulating the spectral bands of TM imagery. The results indicate that it can serve as a worthwhile alternative for quickly extracting urban land.

This proposed new method has a number of advantages over the conventional supervised classification method. It is very objective because it requires minimum interference from the image analyst, much faster and may acquire a high accuracy. However, the universality of this proposed method needs to be tested further in other geographic areas as the spectral response of the various land covers may vary spatially.

**Key words:** urban land-use; remote sensing; NDBI



黑绿色—城镇, 暗红色—林地,  
 鲜红色—农田, 黑色—水域  
 图 2 标准假彩色合成图像



红色—城镇区域, 蓝色—其他  
 图 3 二值化 NDVI 图像

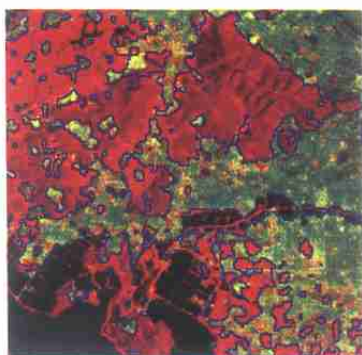


图 4 矢、栅套合 (局部放大)



红色—城镇, 绿色—林地,  
 黄色—农田, 蓝色—水域  
 图 5 监督分类结果 (第 5 次)



图 6 非监督分类结果

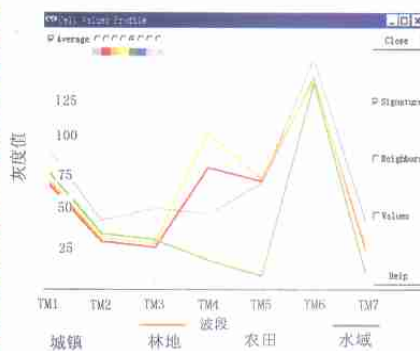


图 7 主要地类灰度值分布