

# 基于遥感的平顶山市土地利用及其景观格局变化研究

马文明<sup>1,2</sup>, 李钢<sup>2</sup>, 黄倩<sup>1</sup>

(1. 平顶山工学院 测量与国土系, 河南 平顶山 467000; 2. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:** 基于平顶山市 1994 年 TM 和 2002 年 ETM<sup>+</sup> 这 2 个时段的遥感图像, 获取不同时期的土地利用信息, 分析了平顶山市土地利用时空变化, 借助 FRAGSTATS 软件进行了景观格局变化研究。研究结果表明, 土地利用变化的总趋势是耕地、林地减少, 荒草地、工矿用地、城市用地增加, 土地利用综合程度指数增加; 从景观尺度上看, 斑块密度、多样性指数、优势度和均匀度指数增加, 最大斑块指数、景观形状指数减小。最后提出了生态可持续发展对策。

**关键词:** 土地利用变化; 景观过程; 遥感; 平顶山市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)03-0102-05

中图分类号: F301.24, P901

## Changes of Landuse and Landscape Pattern in Pingdingshan City Based on Remote Sensing

MA Wen-ming<sup>1,2</sup>, LI Gang<sup>2</sup>, HUANG Qian<sup>1</sup>

(1. Department of Surveying and Country, Pingdingshan Institute of Technology, Pingdingshan, He'nan 467000, China;

2. School of Environment and Survey, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

**Abstract:** Based on the RS images of Landsat TM in 1994 and Landsat ETM<sup>+</sup> in 2002, information on landuse in different periods is extracted, and changes in landuse and landscape pattern of Pingdingshan City are studied. The main tendency of landuse change was that the areas of cultivated land and wood land decreased greatly, and however, the areas of urban land, industry and mining land and weed land increased greatly. The comprehensive landuse index decreased remarkably. Landscape structure and landscape heterogeneity also changed greatly, for patches density, diversity index, dominance index and the evenness increased. The largest patch index and the landscape shape index decreased. At last, the countermeasures for sustainable ecological development are brought forward.

**Keywords:** landuse change; landscape process; RS; Pingdingshan City

土地利用/覆盖变化(LUCC)是目前全球变化研究的前沿和热点<sup>[1]</sup>。土地利用/覆盖变化直接或间接地改变着景观生态系统的结构和功能,进而影响地表各种景观过程。地表景观过程的改变,必然对人类赖以生存的生态环境产生程度不同的影响,而且影响景观中的物质循环和能量流动<sup>[2]</sup>。平顶山是全国重要的煤炭基地,煤炭资源的开采为我国经济建设做出了巨大的贡献,同时也给当地的土地利用和生态环境造成了巨大影响。

本文利用 RS 技术与景观生态学原理,分析了平顶山城区 1994—2002 年的土地利用变化及其对生态环境效应的影响。这一项研究对于了解区域生态环境变化,维护生态平衡,促进区域经济与环境的协调发展具有重要意义。

平顶山市位于河南省中部,处于暖温带—亚热带的过渡带,属暖温带大陆性季风气候,包括四区(新华区、卫东区、湛河区、石龙区)、四县(郟县、宝丰、鲁山、叶县)、二市(武钢、汝州)。研究区范围为平顶山市城区的新华区、卫东区、湛河区,北纬 33°41′—33°49′,东经 113°04′—113°26′,土地总面积约 424.49 km<sup>2</sup>。区内北部以山地、丘陵地为主,耕地主要分布于新华区西部及湛河区范围内。辖区煤炭资源丰富,遍布新华区、卫东区。辖区有丰富的地表水和地下水,总宽约 100 m 的湛河自西向东横穿市区,城区西部的白龟山水库是辖区内最大的水域。

本研究所采用的数据资料有:(1) WGS-84 坐标系的 1994 年 10 月 TM 与 2002 年 6 月 ETM<sup>+</sup> 单波段 Geo TIF 格式图像,用于分析研究;(2) 1980 年

收稿日期: 2006-08-21

修稿日期: 2006-11-21

资助项目: 国家自然科学基金(50574095)

作者简介: 马文明(1970—),男(汉族),河南郟县人,硕士,副教授,主要从事测绘与土地资源管理的教学与研究。E-mail: mwm7001@sina.com。

国家大地坐标系的 2003 年 5 月 SPOT 多波段. img 格式图像, 用于 TM, ETM<sup>+</sup> 遥感图像的几何校正;  
(3) 平顶山市政区图, 用于确定研究区边界。

## 1 研究方法

### 1.1 土地利用类别划分

据联合国粮农组织土地利用/土地覆盖分类标准<sup>[3]</sup>, 依据一定的分类原则<sup>[4]</sup>, 参考国土资源部制定的《全国土地分类》, 结合平顶山城区土地利用特点及研究目的, 将该区土地利用类型分为 7 类: 水域、耕地、林地、荒草地、工矿用地、城市用地、居民点用地。

### 1.2 土地利用遥感分类

课题研究中采用 ERDAS IMAGINE 8.6 遥感应用软件。土地利用遥感分类的主要步骤为: (1) 遥感数据预处理, 包括多波段影像融合、几何校正、研究区提取; (2) 进行遥感图像增强处理; (3) 综合采用最佳指数法、显示效果法、光谱剖面曲线法进行分类波段选取; (4) 分别应用监督分类、非监督分类进行

多次分类, 并结合手工分类进行修改; (5) 分类精度评价, 通过在原始图像与分类图像中设置 250 个随机点, 目视判读各随机点的类别并与分类图的类别比较, 判定图像分类精度。对 1994 年的分类精度达到 88.5%, 2002 年分类精度达到 90.3%; (6) 应用聚类统计 (Clump) 和去除分析 (Eliminate) 功能处理小图斑, 使最小图斑为 4 个像元, 得到最终分类图像。

### 1.3 土地利用变化研究

地类间的马尔柯夫 (Markovian) 转移矩阵可全面而又具体地刻画区域土地利用变化的结构、特征与各用地类型变化的方向。利用 ERDAS IMAGINE 的矩阵分析 (Matrix) 功能, 求出研究区 1994—2002 年之间的土地利用类型转移图像。

利用转移图像既可轻易地得出土地利用类型的转移矩阵 (如表 1 所示, 在土地利用类型转移矩阵表中, 行表示 1994 年土地类型的转移方向, 列表示 2002 年的土地类型来源方向), 又可进行土地利用变化的空间分析。

表 1 平顶山市土地利用类型转移矩阵

年份	土地类型	2002 年							1994 年
		水域	耕地	林地	荒草地	工矿用地	城市用地	居民点	合计
1994	水域	5 838.0	353.3	5.6	113.3	90.4	19.0	0.9	6 420.5
	耕地	300.1	14 404.5	119.0	2 210.0	2 254.3	697.8	902.5	20 888.2
	林地	12.8	38.0	1 753.1	528.5	66.6	7.2	17.6	2 423.8
	荒草地	84.9	660.0	88.5	1 780.7	399.6	196.2	68.4	3 278.3
	工矿用地	156.5	490.3	29.3	155.0	2 819.3	522.4	117.5	4 290.3
	城市用地	5.8	0.0	0.0	0.0	7.6	2 031.3	0.0	2 044.7
	居民点	22.8	483.6	13.7	66.3	202.0	231.4	2 083.0	3 102.8
2002 年合计		6 420.9	16 429.7	2 009.2	4 853.8	5 839.8	3 705.3	3 189.9	42 448.6

(1) 土地利用动态度。土地利用动态度可定量描述区域土地利用变化的速度, 它对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势具有积极的作用<sup>[5]</sup>。分为单一土地利用动态度和综合土地利用动态度。

#### ① 单一土地利用动态度 ( $D_I$ ):

$$D_I = (U_{ib} - U_{ia}) / U_{ia} \times 1/T \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $U_{ia}$  ——  $a$  时刻某一土地利用类型的数量;  $U_{ib}$  ——  $b$  时刻某一土地利用类型的数量;  $T$  ——  $a$  时刻到  $b$  时刻的研究时段长, 当  $T$  以年为单位时,  $D_I$  的值就是该研究区某一土地利用类型的年变化率。

#### ② 综合土地利用动态度为 ( $L_C$ ):

$$L_C = \left( \sum_{i=1}^n |\Delta U_{i-j}| / \sum_{i=1}^n U_i \right) \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $U_i$  —— 研究期初第  $i$  类土地利用类型面积;

$\Delta U_{i-j}$  —— 研究期内  $i$  类土地利用类型转为非  $i$  类 ( $j$  类) 土地利用类型的面积;  $T$  —— 研究时段长, 当  $T$  以年为单位时, 模型结果即为该区域此时段内土地利用的年综合变化率。

(2) 土地利用程度综合指数。土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度<sup>[5]</sup>。某研究区域的土地利用程度综合指数为:

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n (A_i \times C_i), L \in [100, 400] \quad (3)$$

式中:  $L$  —— 某区域土地利用程度综合指数;  $n$  —— 土地利用程度的分级数;  $C_i$  —— 第  $i$  级土地利用程度的面积比;  $A_i$  —— 研究区第  $i$  级的土地利用程度分级指数。未利用土地分级指数为 1, 草地、林地、水域分级指数为 2, 农业用地分级指数为 3, 城镇聚落地分级指数为 4。

## 1.4 景观格局变化研究

景观生态学是地理学与生态学交叉而形成的一门学科,它以整个景观为研究对象,是研究景观单元的类型组成、空间配置和生态学过程相互作用的综合性学科。景观格局指数是能高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置某些方面特征的简单度量指标<sup>[6]</sup>。

本课题研究中,结合研究区景观特征,选取了 5 个类别水平、7 个景观水平的景观指数。

(1) 景观面积百分比(PLAND)。PLAND 等于某一斑块类型的总面积占整个景观面积的百分比。用于类别水平。

(2) 斑块个数( $N_P$ )。斑块个数和斑块主要密度用于测度景观的破碎化程度和空间异质性程度。 $N_P$ 在类型水平上等于某一类型的总个数 $n_i$ ,在景观水平上等于景观中所有类型的总数 $N$ 。主要用于类别/景观水平。

(3) 斑块密度( $D_P$ )。类型水平上的斑块密度( $D_{Pi}$ )等于该类型斑块数除以景观总面积,它反映某一类型的破碎化程度和空间异质性程度;景观水平上的密度( $D_P$ )等于景观中斑块总数除以景观面积,它反映景观总体的破碎化程度和空间异质性程度。斑块密度常用平均  $100 \text{ hm}^2$  斑块数表示,用于类别/景观水平。

(4) 最大斑块占景观面积的比例( $I_{LP}$ )。 $I_{LP}$ 等于某一斑块类型中的最大斑块占整个景观面积的比例。用于类别/景观水平。

(5) 斑块形状指数( $I_{LS}$ )。斑块形状指数通过计算某一斑块现状与相同面积的圆或正方形之间的偏离程度来测量其形状复杂程度的。在类型水平上和景观水平上, $I_{LS}$ 为实际周长与标准化的最小周长之比。用于类别/景观水平。

(6) Shannon 多样性指数(SHDI)。多样性指数用来度量景观元素或生态系统在结构、功能以及随时间变化方面的多样性,它反映了景观类型的丰富度和复杂度。用于景观水平。

(7) 景观优势度指数( $I_{LD}$ )。优势度指数是多样性指数的最大值与实际计算值之差,通常较大的值对应于一个或少数几个类型占主导地位的景观。用于景观水平。

(8) Shannon 均匀度指数(SHEI)。均匀度指数是反映景观格局中各个类型在面积上分布的不均匀程度,通常以多样性指数和其最大值的比来表示。用于景观水平。

本研究中的景观格局指数采用 FRAGSTATS3.3 计算。河南省平顶山市 1994 年及 2002 年的景观水平及景观格局指数见表 2,1994 年及 2002 年类型水平景观格局指数见表 3。

表 2 平顶山市景观水平及景观格局指数

年份	$N_P/\text{hm}^2$	$D_P/(\text{个}\cdot 100\text{hm}^{-2})$	$I_{LP}$	$I_{LS}$	SHDI	$I_{LD}$	SHEI
1994 年	1 389	3.27	20.28	27.55	1.57	5.67	0.80
2002 年	2 037	4.80	14.09	27.28	1.73	5.89	0.89
变化	648	1.53	- 6.18	- 0.27	0.16	0.22	0.09

注:  $N_P$  为斑块个数;  $D_P$  为斑块密度;  $I_{LP}$  为最大斑块占景观面积的比例;  $I_{LS}$  为斑块形状指数; SHDI 为 Shannon 多样性指数;  $I_{LD}$  为景观优势度指数; SHEI 为 Shannon 均匀度指数。

## 2 土地利用及其景观格局变化分析

### 2.1 景观水平变化

(1) 土地利用变化的总体特征是耕地、林地减少,城市用地、工矿用地、荒草地增加。因而,耕地与林地占景观面积比例减小,其它各类地占景观面积比例增大。

由于各类地占景观面积的比例朝均衡化方向发展,所以表现为整个景观的多样性、均匀度、优势度增大,异质性程度提高。面积变化引起景观最大斑块变化,因而水域、林地、耕地的最大斑块减小,荒草地、工矿用地、城市用地、居民点的最大斑块增大。土地利用的年综合变化率为 2.85%,说明土地利用变化剧

烈。1994 年和 2002 年土地利用程度指数分别为 285.95, 287.27, 虽呈增加趋势,但不明显,说明平顶山市土地利用程度处于缓慢发展期。

(2) 斑块数增多、斑块密度增大,整体破碎化程度增大。其中,斑块数增多较大的地类是水域、耕地、荒草地、工矿用地,空间分布上主要集中在新华区、卫东区范围内受煤炭开采影响的区域,城市用地斑块数不变,居民点数略微减少。

另外,由于北部矿区的扩张及小煤矿遍地开采占用和破坏耕地,使水域、工矿用地斑块数增多、面积增大,耕地面积减小,耕地退化后的残留斑块使耕地斑块数增多。耕地面积减小后,其连接性变差,因而最大斑块变小,景观内最大斑块由 1994 年的耕地转化

为2002年的白龟山水库水面,且最大斑块占景观面积比例下降。

## 2.2 类别水平变化

(1) 水域。水域是总面积变化最小的地类,却是斑块数量及斑块密度变化较大的地类,同时又是形状指数增大较多的地类。水域的变化主要表现在白龟山水库水面的减小及零星水域的增多。1994年水域面积总计 $6420.5\text{ hm}^2$ ,总计54个斑块,其中白龟山水库水面 $5996.7\text{ hm}^2$ ,其它零星水域 $423.8\text{ hm}^2$ ,水库水面占全部水域的93.4%;2002年水域面积变化不大,总斑块数增至182个,水库水面减至 $5690.4\text{ hm}^2$ ,而其它零星水域增至 $730.1\text{ hm}^2$ ,水库水面占全部水域的88.6%。8a内,斑块数增加128个,水库水面减少 $306.3\text{ hm}^2$ ,零星水域增加 $306.3\text{ hm}^2$ 。由于耕地的破碎化加剧,水库水面在2002年成为平顶山市最大斑块。

水域斑块形状指数由1994年的5.69增至2002年的9.23,说明水域的形状变得更为不规则。减少

的水域主要转化为耕地、荒草地、工矿用地;新增加水域也主要来源于耕地、荒草地、工矿用地。

(2) 耕地。1994—2002年耕地总面积减少 $4458.5\text{ hm}^2$ ,年减少率达2.67%,是面积变化最大及减少量最大的地类,同时也是斑块数和斑块密度增加最多及形状指数减小最多的地类。虽然耕地占景观面积比例下降最大,但在1994年及2002年都是面积比例最大的地类,说明耕地始终是平顶山市的主要地类。耕地面积的减少主要表现在3个方面:城市发展占用耕地、矿区煤炭开采增加工矿用地及耕地退化为荒草地、农村发展使居民点占用耕地。

另外,矿区土地复垦、搬迁居民点的复垦整理、水库水位下降后西部出露库底的开垦又增加了耕地的面积。矿区耕地退化后的残留斑块使得耕地斑块数相对增加,土地复垦又使耕地形状变得规则和增大耕地面积。耕地斑块数的增加及最大斑块占景观面积比例的减小,这充分表明耕地的连接性变差,破碎度增大。

表3 平顶山市类型水平景观格局指数

景观指数	年份	景观类型						
		水域	耕地	林地	荒草地	工矿用地	城市用地	居民点
PLAND/%	1994年	15.13	49.21	5.71	7.72	10.11	4.82	7.31
	2002年	15.13	38.70	4.73	11.43	13.76	8.73	7.51
	变化	0.00	-10.50	-0.98	3.71	3.65	3.91	0.21
$N_p$ /个	1994年	54.00	310.00	118.00	491.00	263.00	1.00	152.00
	2002年	182.00	534.00	180.00	612.00	388.00	1.00	140.00
	变化	128.00	224.00	62.00	121.00	125.00	0.00	-12.00
$D_p$ (个 $\cdot 100\text{ hm}^{-2}$ )	1994年	0.13	0.73	0.28	1.16	0.62	0.00	0.36
	2002年	0.43	1.26	0.42	1.44	0.91	0.00	0.33
	变化	0.30	0.53	0.15	0.29	0.29	0.00	-0.03
$I_{LP}$	1994年	14.24	20.28	2.28	0.53	2.31	4.80	0.29
	2002年	14.09	10.73	1.74	4.17	8.81	8.64	0.35
	变化	-0.15	-9.55	-0.54	3.64	6.50	3.83	0.06
$I_{LS}$	1994年	5.69	33.40	11.87	41.61	27.23	2.05	15.22
	2002年	9.23	27.56	16.63	39.40	27.49	2.57	14.87
	变化	3.54	-5.84	4.76	-2.21	0.26	0.52	-0.35

注: PLAND为景观面积百分比;  $N_p$ 为斑块个数;  $D_p$ 为斑块密度;  $I_{LP}$ 为最大斑块占景观面积的比例;  $I_{LS}$ 为斑块形状指数; SHDI为Shannon多样性指数;  $I_{LD}$ 为景观优势度指数; SHEI为Shannon均匀度指数。

(3) 林地。林地总面积减少 $414.6\text{ hm}^2$ ,年减少率达到了2.14%,是除耕地以外另一个面积减少最多的地类,面积的减少主要在于北部低山丘陵区水土流失使林地退化为荒草地。另外,还有矿区煤炭开采破坏林地。由于林地的退化与破坏,残留斑块使林地变得破碎、不规则,因而斑块数、斑块密度、形状指数增大,从而使林地连接性变差。

(4) 荒草地。荒草地面积增加 $1575.5\text{ hm}^2$ ,年增加率6.01%,荒草地与工矿用地、城市用地是面积增加最大的三类地。荒草地广泛分布于市区北部的低山丘陵区,是研究区面积增加最大、斑块数最多的地类,新增加荒草地面积主要来源于耕地和林地的退化。斑块数的增加比例相当于面积增加比例的1/2,最大斑块占景观面积比例增加幅度最大(近7倍),从

而使荒草地连接性增强。荒草地的无序扩张,使荒草地形状最不规则,但其连结性的增强使其形状指数有所降低。

(5) 工矿用地。工矿用地面积增加 1 549.5 hm<sup>2</sup>, 年增加率 4.51%, 工矿用地最大斑块占景观面积比例增加将近 3 倍, 景观形状指数没有明显变化。新增加工矿用地主要是矿区发展占用的耕地、荒草地、居民点。矿区的发展首先是平顶山煤业集团所属国有大型煤矿的发展, 然后是地方小煤矿的遍地开采增加工矿用地斑块。

(6) 城市用地。城市用地增加 1 660.6 hm<sup>2</sup>, 年增加率 10.15%, 是年增加率最大的地类。受北部矿区环境及地形限制, 市区发展主要向东、南、西 3 个方向发展, 市区发展用地主要来源于近郊耕地、村庄、工业用地。新增加城市用地在各区分布为: 新华区 284 hm<sup>2</sup>, 卫东区 270 hm<sup>2</sup>, 湛河区 1 120 hm<sup>2</sup>, 市区发展主要在湛河区范围内。

(7) 居民点。1994 年居民点用地 3 102.8 hm<sup>2</sup>, 2002 年居民点用地 3 189.9 hm<sup>2</sup>, 保持不动的仅 2 083 hm<sup>2</sup>, 研究期内居民点用地增加 87.1 hm<sup>2</sup>, 年增加率 0.35%, 总量变化不大。

居民点的变化主要表现为: 近郊 231.4 hm<sup>2</sup> 的居民点用地转化为城市用地, 主要集中在市区东南方向及西部沿建设路一带; 北部矿区有 202.0 hm<sup>2</sup> 居民点用地发展为工矿用地; 原矿区塌陷村庄搬迁后复垦及农村居民点整理, 使 483.6 hm<sup>2</sup> 居民点用地转化为耕地; 新华区西部、湛河区大部距市区较远居民点的自然扩张使 902.5 hm<sup>2</sup> 耕地被居民点占用。所以, 居民点用地总面积增加, 斑块数减少, 最大斑块占景观面积比例增大, 形状指数无明显变化。

### 3 结论

(1) 采用遥感技术与景观生态学的原理, 较好地分析了典型矿业城市的煤炭开采对土地利用及生态环境的影响。本研究结果可为煤炭资源型城市的土

地管理, 生态环境整治与恢复, 土地可持续利用等提供必要的依据。

(2) 平顶山市土地利用变化剧烈, 其总趋势是耕地、林地减少, 荒草地、工矿用地、城市用地增加。年减少率最大的是耕地, 年增加率最大的是城市建设用地。全市土地利用程度处于缓慢发展期。受北部矿区环境影响, 市区主要朝东、南、西方向发展, 新增面积分布主要在湛河区。土地利用景观破碎度增大, 景观均匀度、异质性增强。

(3) 平顶山市土地利用变化主要受煤炭开采、城市化和社会经济发展的影响。为保持平顶山市土地的可持续利用与生态可持续发展, 矿区生态环境治理尤为重要。矿区生态环境治理的主要措施为: 矿区塌陷地治理、矸石山治理、荒山植树造林。同时应实行矿区绿色开采, 减轻煤炭开采对矿区土地及生态环境的影响。矿区绿色开采的主要内容包括: 保水开采、建筑物下采煤与离层注浆减沉, 条带与充填开采, 煤与瓦斯共采, 煤巷支护与部分矸石的井下处理, 煤炭地下气化等<sup>[7]</sup>。

#### [参 考 文 献]

- [1] Nunes C, Auge J I. Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation Strategy [M]. 1999.
- [2] 臧淑英, 黄樨, 郑树峰. 资源型城市土地利用变化的景观过程响应——以黑龙江省大庆市为例 [J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1699—1705.
- [3] Gregorio A, Jansen L. Land Cover Classification System [M]. Rome: FAO, 2000.
- [4] 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): 751—753.
- [5] 任志远, 张艳芳, 等. 土地利用变化与生态安全评价 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [6] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [7] 钱鸣高, 许家林, 缪协兴. 煤矿绿色开采技术 [J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32(4): 343—348.