

# 城市化过程中昆明周边景观格局特征分析\*

冯石<sup>1,2</sup>, 马友鑫<sup>1</sup>, 刘文俊<sup>1</sup>, 李红梅<sup>1</sup>

(1 中国科学院 西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 基于 Landsat MSS/TM/ETM+ (1974 1992 2000 2006年) 4期遥感影像, 应用 GIS和 RS技术提取了昆明市周边景观类型信息, 并利用景观指数分析了其景观格局动态演化特征. 结果表明: ① 1974~ 2006年间, 由于城市化过程中人类活动的强烈干扰, 景观格局已由 1974年的以自然景观为主逐步变为 2006年的以人文景观为主; 新增建设用地主要来源于耕地, 且对其它地类占用的强度逐年加大; ② 有林地、灌木林和耕地的优势度显著降低, 向弱势景观转变; 32 a间景观破碎度加剧, 连接性降低, 2006年多样性指数增加到 1.7754 均匀度指数增加到 0.8538 景观格局向着多样化、均匀化方向发展, 景观格局完整性变差; 景观形状呈现先复杂后简单的变化, 表明城市扩张由低级到高级; ③ 32 a间景观聚集度、连接性降低, 多样性和均匀度水平一直增加, 且一段时期内将维持此趋势不变, 生态安全处于低水平.

**关键词:** 景观格局; 景观指数; 昆明周边; 城市化; GIS/RS

**中图分类号:** X 87 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258- 7971(2009)S1- 0338- 06

目前中国城市化水平为 30.9%, 根据预测, 到 2020年城市化水平将达到 50% 左右<sup>[1]</sup>. 区域城市化是城市扩展的影响过程, 其实质是区域自然生态系统和农业生态系统向城市生态系统不断转化的过程<sup>[2,3]</sup>, 城市景观格局发生巨大变化, 因此成为目前受人类活动干扰最为剧烈的生态系统<sup>[4,5]</sup>. 城市的景观结构和景观组分在不同水平下发生剧烈变化, 从而引起城市生态系统功能的变化, 已成为景观生态学研究的重点区域和主要对象<sup>[6,7]</sup>. 景观格局分析主要是定量研究斑块在景观中的分布规律, 在表观上无序的景观上发现潜在的有意义的规律<sup>[8]</sup>. 城市边缘区是城市生态系统与乡村生态系统交接的界面, 城市化过程活跃, 景观格局变化迅速, 因而被称为快速城市化地带, 已引起学术界普遍关注<sup>[9]</sup>.

地处低纬高原的西部城市昆明, 是 1974~ 1990年间城市形状指数增加量最大的城市之一<sup>[10,11]</sup>, 近几十年来, 为了满足城市化要求, 一直以“摊大饼”的方式扩展, 大面积耕地变为城市用

地, 乱占土地的现象日益增多, 城市周边景观格局以前所未有的速度发生着剧烈变化, 全市生态环境遭到严重的破坏, 环境质量日益恶化<sup>[12]</sup>. 本研究运用地理信息系统 (GIS)、遥感 (RS) 技术结合景观指数方法对昆明周边景观格局进行动态分析, 揭示城市化对城市周边景观格局的影响, 有助于合理规范城市发展、区域生态保护以及可持续的城市建设具有重要意义.

## 1 研究区域

昆明市地处云南省中部到北部、云贵高原中部、青藏高原东南部 (24°23'~ 26°22', 102°10'~ 103°40'), 地形较为复杂, 受印度洋西南季风和西风环流季节交替的影响, 具有我国西南高原季风气候的特点, 干、湿季节分明, 地带性植被为具有一些旱生特征的半湿润常绿阔叶林. 该市区辖五华、盘龙、西山、官渡四区, 面积为 2 116 km<sup>2</sup>. 本研究定义 1974年的一环范围为昆明市中心地带, 面积为 12 km<sup>2</sup>, 人口集聚、经济贸易活动频繁, 而将该中心地

\* 收稿日期: 2009- 03- 05

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (06GJ051K01).

作者简介: 冯石 (1983- ), 女, 内蒙古人, 硕士生, 主要从事景观生态学方面的研究.

通讯作者: 马友鑫, 男, 研究员, 主要从事景观生态学方面的研究, E-mail: may@xtbg.ac.cn

带以外地区称为城市周边区域 (2 104 km<sup>2</sup>), 并作为研究区域.

## 2 数据来源与处理方法

本研究利用 Landsat MSS/TM/ETM+ (1974 1992 2000 2006年) 4期遥感影像, 在图像处理软件 ERDAS MAGNE 9.1、地理信息系统软件 ArcGIS 9.2 ArcView 3.3的支持下, 结合野外实地调查、GPS定点及数码相机拍照, 并在该地区地形图 (1: 5万)、土地利用图 (1997年) 等相关资料辅助下, 提取景观类型信息. 图像预处理包括 ERDAS IMAGINE 9.1环境下的波段合成、地形图及辅助图件配准、影像—影像几何精校正, 配准后的误差控制在 0.5个像元以内. 分类过程中, 为保证分类结果有较高精度, 训练样本尽量平均分布于研究区域内, 且每一类的训练样本数要足够多, 对于不合适的分类, 通过调整训练样本直到结果满意为止. 对分类结果进行分类后处理, 包括聚类统计 (Clump)、去除分析 (Eliminate)、过滤平滑 (Neighborhood) 和重编码 (Recode).

结合 2007年 8月 5日新颁布的《土地利用现状分类》国家标准及昆明具体情况, 将其景观分为有林地、灌木林、果园、荒草地、耕地、建设用地、水体及裸地 8个类型. 分类后的精度评价, 通过野外调查得到的 GPS点及辅助图件, 随机选点, 建立误差矩阵表, 4期分类结果精度均在 80% 以上, 符合影像解译标准. 利用景观指数计算软件 Fragstats3.3 选取斑块类型面积 (CA)、斑块密度指数 (PD)、最大斑块指数 (LPI)、平均斑块面积 (AREA\_MN)、景观形状指数 (LSI)、面积加权分形维数 (FRAC\_AM)、斑块形

状指数 (SHAPE\_AM)、香农多样性指数 (SHDI) 和香农均匀度指数 (SHEI) 进行景观水平和类型水平上景观指数的计算.

## 3 结果与分析

### 3.1 景观结构变化与建设用地扩展来源

3.1.1 景观结构变化 斑块类型面积指数能够反映出景观结构演变. 由表 1可见, 有林地、灌木林、耕地为主要景观类型, 而建设用地的增加在 2000年后逐渐成为主要类型. 在 1974~1992年间, 森林砍伐严重, 有林地减少迅速; 但在 1992~2000年间, 由于护林、绿化政策取得一定效果<sup>[13]</sup>, 有林地出现增加趋势; 在 2000~2006年间, 由于城市扩张等原因导致有林地减少. 在上述 3个时期, 灌木林表现出与有林地相反的趋势. 在城市化进程中, 建设用地一直保持增加趋势, 1974~2006年间年递增率达到 8.36%, 而同期耕地年减少 9.516 km<sup>2</sup>, 其中尤以 1992年后减少加大. 32 a间荒草地持续减少, 这是由于草场乱牧和过牧的影响, 超载严重, 大量草场退化; 果园保持增加, 水体变化并不显著.

3.1.2 建设用地扩展来源 根据转移和贡献矩阵<sup>[14]</sup>, 分析各时段新增加建设用地的来源 (图 1). 由图 1可以看出, 各时段新增建设用地主要来源于耕地, 其次是荒草地和其它地类. 1992年以来灌木林比重增加较多, 1992~2000年建设用地直接占用有林地的现象有所好转, 2000~2006年又加剧, 且这一时间段除耕地外的其它地类来源比重均明显增加. 随城市化过程的进行, 对景观类型的干扰程度增强.

表 1 1974~2006年昆明周边景观类型面积比较

Tab. 1 Comparison of CA in study area from 1974 to 2006 at class level

年份	有林地	灌木林	果园	荒草地	耕地	建设用地	水体	裸地
1974	88 325.6	45 533.6	1 576.6	13 903.4	39 453.9	7 470.0	13 318.2	1 959.0
1992	66 008.3	61 876.7	7 101.5	11 813.3	39 484.0	11 575.0	13 070.8	685.7
2000	77 154.3	49 105.6	11 038.6	8 375.6	34 196.3	16 384.0	13 760.9	1 616.4
2006	67 915.1	49 235.2	12 696.7	7 775.2	29 938.4	27 457.0	13 423.2	3 189.1

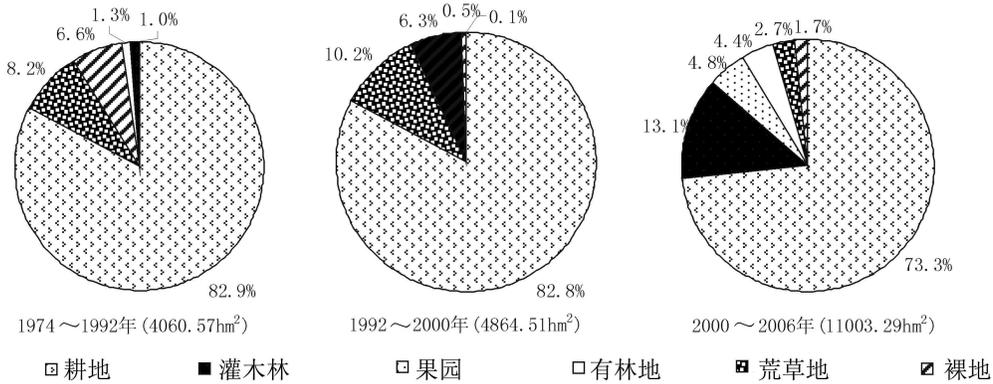


图 1 1974~2006年昆明周边新增建设用地来源

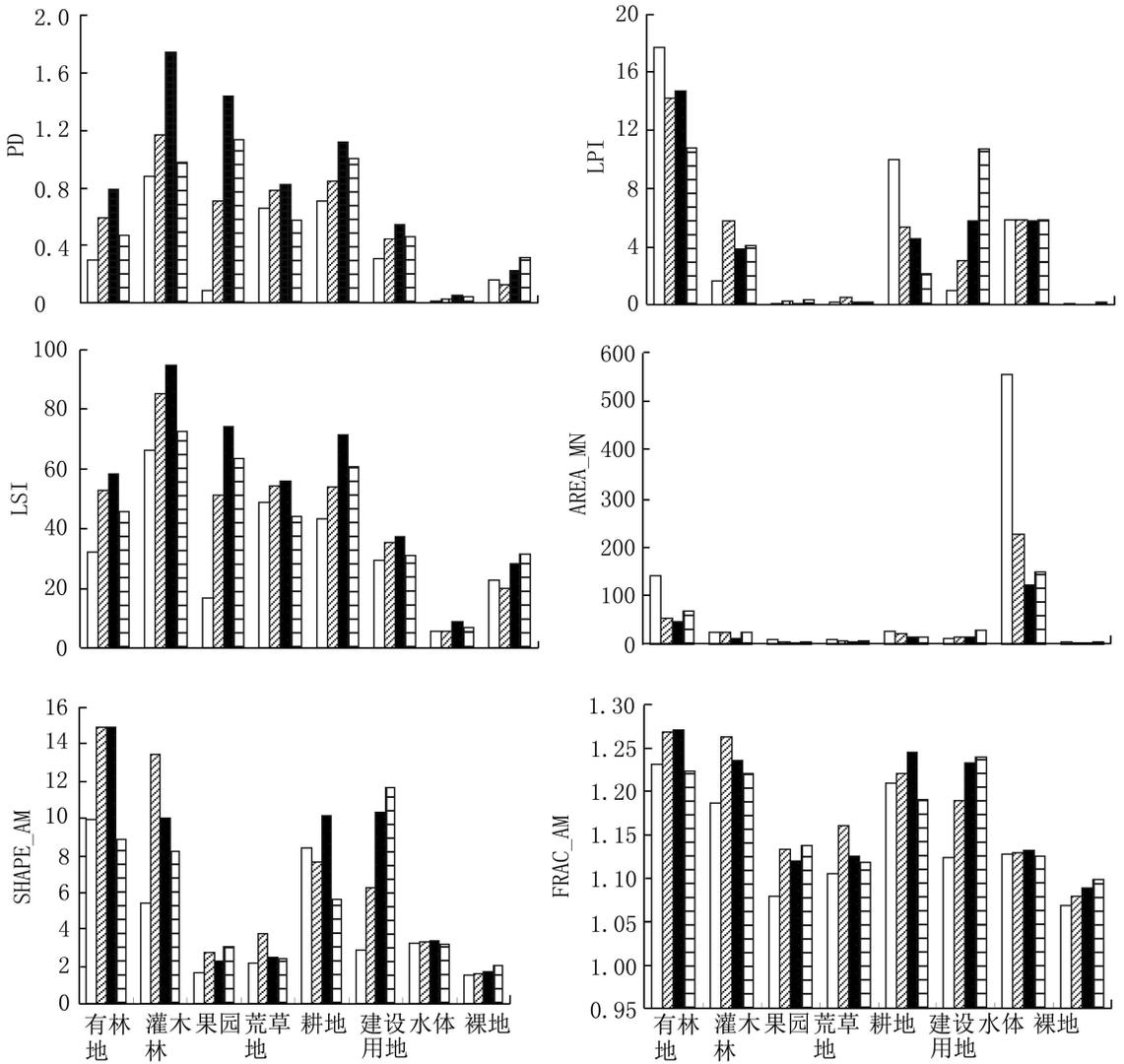
Fig 1 Sources of newly-increasing construction land of the study area from 1974 to 2006

**3.2 类型水平上景观指数变化** 由图 2 可见, 8 个景观类型在 1974~2006 年间表现出各自不同的格局分布特征和规律。PD 和 LSI 表现出相似趋势, 即有林地、灌木林、果园、荒草地和耕地均在 1974~2000 年间增加, 而在 2000~2006 年间减少, 说明这些景观类型在 1974~2000 年期间破碎度增加, 从 2000 年起又出现了一定的空间集聚。裸地在 1992~2006 年保持增加, 而城市建设用地扩展影响下, 裸地破碎度加剧。由 LPI 值可以看出, 有林地、灌木林、耕地、建设用地和水体为研究区内优势地类, 其中有林地优势度较 1974 年逐渐下降, 耕地优势度急剧下降。建设用地表现出相反的趋势, 1974~2006 年间迅速增加, 与耕地形成鲜明对比, 灌木林有所增加。AREA\_MN 指数明显地揭示出有林地和水体的破碎度在 1974~2000 年加剧, 而在 2000~2006 年有所好转。SHAPE\_AM 和 FRAC\_AM 反映斑块和类型形状的复杂性, 二者也表现出相似性: 有林地、耕地、建设用地和裸地人为干扰比较大, 随着城市化水平的提高, 类型斑块形状均出现先增加后降低的趋势, 即城市化初期斑块形状在人类影响下逐渐复杂, 随城市化进行, 出现规则化、简单化的趋势, 城市扩张经历了由低级到高级的过程<sup>[15]</sup>。上述分析反映, 32 a 来城市扩张导致了区域景观类型的离散化, 削弱了景观的稳定性, 植被、耕地等向弱勢景观转变, 由于自然过程对变化响应相对滞后性<sup>[16]</sup>, 2006 年景观类型破碎度有所好转可能源于生态保护措施取得一定成效, 2000~2006 年有林地的减少可能带来日后破碎度的加剧。

**3.3 景观水平上景观指数变化** 由表 2 可以看出, PD 和 LSI 值均表现出在 1974~2000 年增加和

在 2000~2006 年减少的趋势, AREA\_MN 指数呈现 1974~2000 年减少和 2000~2006 年增加的趋势, 表明 1974~2000 年间破碎化程度加剧, 2000~2006 年间破碎化程度得到一些控制, 这可能由于自然过程对变化响应的相对滞后性, 或者斑块出现整合。景观形状的变化对景观生态系统的结构与功能有着重要影响, SHAPE\_AM 和 FRAC\_AM 指数在 1974~1992 年增加, 1992~2006 年间减少, 说明城市化初期斑块形状趋于复杂, 城市化后期其形状又趋于规则、简单的人类活动足迹, 说明城市扩张由低级到高级, 这与万荣荣<sup>[17]</sup>、奚砚涛<sup>[18]</sup> 研究结果一致。1974~2006 年期间, CdNTAG 指数逐渐减少, 这表明景观由链接性较差的多种斑块类型组成, 景观破碎化<sup>[8]</sup>, 斑块类型间连通性降低; LPI 值降低总的来说呈现降低趋势, 而 SHDI 值增加则说明景观类型趋于多样化; SHEI 指数持续增加, 景观变得更均匀, 一些占主要地位的耕地斑块被城市建设用地斑块所替代, 景观格局向着多样化、均匀化方向发展, 反映出受人类活动影响加剧, 景观格局完整性变差, 主要景观类型对格局的控制性减弱。

**3.4 城市化水平与景观格局关系** 从景观格局角度出发, 在景观水平上定义了以建设用地比例来表达城市化水平, 来讨论城市化过程与景观格局变化的关系<sup>[19]</sup>。城市化水平与景观格局变化的关系反映了这样一个城市生态过程: 1974 年城市化水平较低, 仅为 4.08%, 以有林地、灌木林、耕地为主要景观类型, 其景观的破碎化程度和景观类型多样性均处于较低水平, 而在空间格局上, 表现为少数、大面积的斑块在空间上的高度聚集性, 这一期间, 生态环境问题并不突出, 因此被人为处于生态安全的



□ 1974年 ▨ 1992年 ■ 2000年 □ 2006年  
图 2 1974~ 2006年昆明周边类型水平景观指数比较

Fig 2 Comparison of landscape indices at class level in study area from 1974 to 2006

表 2 1974~ 2006年昆明周边景观水平景观指数比较

Tab 2 Comparison of landscape indices at landscape level in study area from 1974 to 2006

年份	PD	LPI	LSI	AREA_MN	SHAPE_AM	FRAC_AM	CoNTAG	SHDI	SEI
1974	3.0990	17.7485	47.8070	32.2685	7.3404	1.1968	59.4086	1.5693	0.7547
1992	4.6971	14.2137	67.0564	21.2899	10.8318	1.2338	56.0585	1.6675	0.8019
2000	6.7359	14.6803	77.4391	14.8459	10.6416	1.2322	54.7012	1.7010	0.8180
2006	4.9811	10.7870	63.2354	20.0758	7.5832	1.2039	53.5209	1.7754	0.8538

较高水平。随着城市化进程的加快, 1992年城市化水平为 6.01%, 2000年增加到 8.27%, 原来的景观格局被迅速打破, 建设用地迅速涌现, 大量蚕食耕地, 同时出现了果园等地类, 在此阶段, 原来空间

上大面积、集中的分布转变为小面积、分散的分布, PD, LPI, AREA\_MN 显著降低, 破碎度状况加剧, LSI, SHAPE\_AM, FRAC\_AM 有所增加, 说明景观形状趋于复杂, 生态安全水平明显下降; 2000~ 2006

年增加到 13.47%, 城市建设用地斑块融合, 此阶段 PD, LPI, AREA\_AM 增加, 破碎度状况有所好转, LSI, SHAPE\_AM, FRAC\_AM 降低, 景观形状趋于简单, 32 a 来 CoNTAG 一直呈下降趋势, SHDI, SHEI 一直呈增加趋势, 区域空间聚集度低、景观类型多样性水平和均匀度均较高, 生态安全依然处于低水平. 昆明城市化水平与其他较发达城市相比仍然不高, 即随城市化的进行, CoNTAG, SHDI 和 SHEI 的变化趋势不会改变, 生态安全面临威胁.

#### 4 结论与讨论

1974~2006 年间, 由于城市化过程中人类活动的强烈干扰, 昆明市周边经历了巨大的景观转化, 景观格局已由 1974 年的以自然景观为主逐步变为 2006 年的以人文景观为主. 昆明市周边各景观类型受到不同程度的影响, 新增建设用地绝大多数来源于对耕地的占用, 从 1974 年的 39 453.9  $\text{hm}^2$  减少到 2006 年的 29 938.4  $\text{hm}^2$ , 且对其它地类占用的强度加大; 另外, 至 2006 年建设用地已成为优势景观类型, 有林地、灌木林和耕地的优势度显著降低, 向弱勢景观转变, 削弱了景观的稳定性.

32 a 间景观破碎度加剧, 连接性逐年降低, 2006 年景观多样性指数增加到 1.7754, 均匀度指数增加到 0.8538. 昆明市周边景观格局向着多样化、均匀化方向发展, 受人类活动影响加剧, 景观格局完整性变差, 主要景观类型对格局的控制性减弱. 景观形状呈现先复杂后简单的变化, 说明城市扩张由低级到高级. 有林地、灌木林表现出的趋势与景观指数景观水平上总体趋势是一致的, 可以说这两种景观类型的变化影响着昆明周边整体的景观格局.

城市化地区建设用地比例与景观格局变化有较强的相关性: 1974 年城市化水平较低, 景观破碎度及多样性水平较低, 生态安全处于较高水平, 1992~2000 年城市化水平提高, 景观形状趋于复杂, 破碎度增加, 2000~2006 年景观形状趋于简单, 破碎度好转, 32 a 间景观聚集度、连接性降低、多样性和均匀度水平一直增加, 且一段时期内将维持此趋势不变, 昆明市周边的生态安全处于低水平, 面临威胁.

致谢: 云南大学地理所 3S 中心张军副研究员提供研究区地形图及给予本研究的支持, 特此感谢!

#### 参考文献:

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [2] MCDONNELL M J, PICKETT S T A, GROFFMAN P, et al. Ecosystem processes along an urban-rural gradient [J]. *Urban Ecosystems*, 1997, 1: 21-36.
- [3] WENG Y C. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 34: 341-353.
- [4] 张金屯, PICKETT S T A. 城市化对森林植被、土壤和景观的影响 [J]. *生态学报*, 1999, 19(5): 654-658.
- [5] 郭烁, 夏北成, 刘蔚秋. 城市化进程中广州市景观格局的时空变化与梯度分异 [J]. *应用生态学报*, 2006, 17(9): 1671-1676.
- [6] 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态原则 [J]. *应用生态学报*, 1998, 9(2): 217-221.
- [7] GAO J, SONG Y C. On landscape dynamics of the urban-rural ecotone based on remote sensing and GIS: A case study of southwest Shanghai [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 23(4): 805-813.
- [8] 孙亚杰, 王清旭, 陆兆华. 城市化对北京市景观格局的影响 [J]. *应用生态学报*, 2005, 16(7): 1366-1369.
- [9] 郑辛酉, 贾铁飞, 倪少春. 基于土地利用变化的区域城市化生态效应分析——以上海城市边缘区轴向城市化样带为例 [J]. *资源科学*, 2006, 28(6): 146-153.
- [10] 王新生, 刘纪远. 中国城市形状的时空变化 [J]. *资源科学*, 2005, 27(3): 20-25.
- [11] DENG X. Growth, population and industrialization and urban land expansion of China [J]. *Journal of Urban Economics*, 2007, 1-20.
- [12] 黄智. 世纪之交 昆明城市发展战略 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1997.
- [13] 昆明市林业局, 云南大学生态学与地植物学研究所. 昆明植被 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1994.
- [14] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析 [J]. *地理学报*, 2000, 55(2): 151-160.
- [15] 黄颖. 基于遥感和景观指数的土地利用覆盖变化及格局分析——以长沙地区为例 [D]. 长沙: 中南大学, 2007.
- [16] 李秀珍, 胡运满, 贺红土, 等. 从第七届国际景观生态学大会看当前景观生态学研究的重点 [J]. *应用生态学报*, 2007, 18(12): 2915-2916.
- [17] 万荣荣, 杨桂山. 太湖流域土地利用与景观格局演变研究 [J]. *应用生态学报*, 2005, 16(3): 475-480.
- [18] 奚视涛, 谭海樵. 基于 GIS 和 RS 的徐州市景观格局

演变研究 [ J]. 安徽农业科学, 2008 36(3): 1 256-1 257.

覆盖格局研究 [ J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1 832-1 840

[ 19] 袁艺, 史培军, 刘颖慧, 等. 快速城市化过程中土地

### Analysis of landscape pattern change in peripheral Area of Kunming during its urbanization

FENG Shi<sup>1, 2</sup>, MA You-xin<sup>1</sup>, LU Wen-jun<sup>1</sup>, LI Hong-mei<sup>1</sup>

( 1 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China

2 School of Graduate, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract** Landscape indices and characteristics of landscape pattern change were qualified and analyzed across Kunming suburbs. The study was based on interpretation of Landsat MSS/M/ETM+ images from 1974, 1992, 2000, 2006 with GIS/RS technology. The results showed that ① Owing to the anthropogenic disturbance, the natural landscape was gradually replaced by man-made landscape between 1974 to 2006. Newly-increasing construction land was mainly from the cultivated land and occupied other types more during later stage. ② The dominance of forest, shrub and cultivated land decreased significantly meanwhile they gradually transformed to disadvantaged landscape types. Landscape fragmentation intensified and connection declined during 32 years. SHDI increased to 1.7754 and SHEI increased to 0.8538. Landscape pattern exhibited a tendency of diversification and homogenization. Landscape shape became simple first and then complicated which showed that urban expansion evolved from low-level to high-level. ③ Low landscape aggregation and connection, high diversification and homogenization would last for a long time. It also indicated that ecological security was in low class.

**Key words** landscape pattern; landscape indices; suburbs of Kunming urbanization; GIS/RS

\*\*\*\*\*

(上接第 337 页)

[ 19] 中华人民共和国水利部. 中华人民共和国行业标准, 土壤侵蚀分类分级标准 (SL190-96) [R]. 1997.

[ 20] 汤小华, 王春菊. 福建省土壤蚀敏感性评价 [J]. 福建师范大学学报, 2006 22(4): 1-4.

### Sensitivity assessment of soil erosion in Deqin County, Yunnan Province based on RUSLE/GIS methodology

WANG Wen-li, ZHANG Zhiming, OU Xiaokun

( Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract** Based on Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and the unique natural environment characteristics of Deqin County, each single natural factor has been assessed to established assessment indicator system. By use of GIS techniques, calculating the results of erosion sensitivity evaluation of Deqin County through multiple factors overlay analysis. The assessment results reflect the distributions of the soil erosion sensitivity in Deqin County.

**Key words** Deqin County; Erosions of soil; Sensitivity assessment; Indicator system