

山地城市土地利用景观格局动态变化分析*

——以重庆市主城区为例

贾静涛^{1,2}, 杨华^{1,2}, 曾 恒^{1,3}, 张艳军³

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院; 2. GIS应用研究重庆市高校重点实验室, 重庆 400047;

3. 重庆市环境保护信息中心, 重庆 401147)

摘要:在RS、GIS技术的支持下,运用景观生态学原理研究了近20年来重庆主城区土地利用和景观格局的动态变化。结果表明:1)研究区内土地利用发生了明显变化,主要表现为建设用地面积持续大幅度增加,耕地面积先增加后减少,林地面积先减少后增加,水体面积相对比较稳定。2)土地利用变化速度越来越快,土地利用类型转变较为剧烈,土地开发强度不断增强。3)研究区景观结构发生了较大变化,斑块密度增加,平均斑块面积减少,香农多样性指数和均匀度指数总体上升,在整体景观破碎化加剧的同时,景观结构趋于多样化、均匀化,景观异质性不断增强。研究认为,由于山水阻隔,重庆主城区形成了有利于生态环境保护的“多中心、组团式”的城市景观格局,然而,随着城市化发展的推进,这种格局正逐渐被弱化,呈连片发展态势。因此,管理和决策部门应制定科学、合理的土地利用总体规划和城市发展规划,在发展经济的同时应加强对生态环境的保护。

关键词:山地城市;土地利用;景观格局;动态变化;重庆

中图分类号:Q149;P968

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2013)04-0034-06

近年来,随着城市化进程的加速,城市空间不断扩张,使城市的土地利用景观格局发生了剧烈变化^[1-2],同时也引起了一系列的问题,如土地退化、水土流失、生态恶化等,使城市成为极不稳定的脆弱区^[2-3]。因此,城市景观格局动态变化成为了生态学、经济学和社会科学领域的研究热点^[4]。关于城市土地利用景观动态变化,国内外学者做了较多的研究,但这些研究主要集中在东部沿海地区^[4-9],而针对山地城市土地利用景观动态变化的研究较少^[10-11]。重庆市主城区人口密集,工业发达,城市化发展迅速,土地资源稀缺,环境比较脆弱,研究该区域土地利用变化过程具有很强的代表性。

本研究利用重庆市主城区3期(1988、2000和2007年)TM/ETM影像数据,以景观生态学为理论指导,以RS与GIS为技术支撑,运用土地利用动态度、缩减指数、转移矩阵和景观格局指数等方法对重庆市主城区近20年来土地利用特征和空间格局的动态变化进行了研究,旨在为重庆市主城区土地利用规划和生态环境保护提供参考,为合理地开发自然资源,推动社会经济良性发展提供科学依据。

1 研究区概况

重庆市主城区位于长江和嘉陵江交汇地带,地理坐标106.27°E~106.97°E,29.13°N~30.13°N,最高海拔900 m,最低海拔160 m。气候属于亚热带季风气候,年平均气温18℃左右,雨量比较充沛,年降雨量多在1100~1200 mm之间。该区域地貌是由低山与丘陵谷地相间有序排列构成的“平行岭谷”地貌,如封三彩图1所示。研究区主要包括主城9个行政区(其中,渝北、江北、巴南等3个区中有部分地区没有纳入研究区域),总面积约为4.18×10³ km²。

2 数据处理和研究方法

2.1 数据选取与处理

选取数据包括研究区1988、2000和2007年的TM/ETM+影像,轨道号为p128r39和p128r40。辅助数据

* 收稿日期:2012-12-25 修回日期:2013-02-22 网络出版时间:2013-07-20 19:23

资助项目:国家自然科学基金(No. 41271411; No. 40771135)

作者简介:贾静涛,男,硕士研究生,研究方向为遥感与GIS应用, E-mail: jjtqnu@sina.com; 通讯作者:杨华, E-mail: csyanghua@263.net

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20130720.1923.201304.34_004.html

有研究区行政区划矢量图、1:5万地形图、DEM数据、野外考察资料和相关的统计资料等。

数据预处理包括影像合成以及几何精校正,校正误差控制在一个像元以内,并进行镶嵌与裁剪。参考《土地利用现状分类》国家标准,结合研究区土地利用实际情况,将研究区景观分为耕地(旱地和水田)、建设用地(城镇用地、农村居民点和其它建设用地)、林地(有林地、灌木林地和其它林地)、水体(河流、湖泊和水库)等4种类型。研究区草地和未利用地比较少,因此没有对它们进行单独分类,将其归为林地。采用监督分类对遥感影像进行分类,结合野外考察资料、Google地图、地形图和相关的统计资料等辅助资料,人工目视解译修改分类结果,得到研究区土地利用分类图(封三彩图2)。利用野外采样点和Google地图上提取的采样点,通过kappa系数对1988、2000和2007年3期分类图进行精度检验,总体分类精度分别为85.48%、83.24%和86.50%,可以满足本研究的精度要求。

2.2 研究方法

选择土地利用动态度和缩减强度指数分析土地利用类型变化速率和强度的区域差异,采用转移矩阵分析土地利用景观要素间面积转化过程,应用景观格局指数定量分析景观变化的时空特征。土地利用动态度反映了区域土地利用类型的变化速率^[12],计算公式为

$$S = \sum_{ij}^n (dS_{i-j}/S_i) \times 100 \times (1/t) \times 100\%$$

其中, S_i 为监测开始时间第*i*类土地利用类型总面积; dS_{i-j} 为由监测开始到监测结束时段内第*i*类土地利用类型转化为其它土地利用类型面积总和; t 为时间段; S 为与*t*时段对应的研究样区土地利用变化速率,为方便,将之扩大100倍。

缩减强度指数是将局部区域的类型变化率与整个研究区的类型作比较,反映某一土地利用类型变化的相对变化率和相对变化强度^[13-14],计算公式为

$$I = \frac{|K_b - K_a| \times C_a}{K_a \times |C_b - C_a|}$$

其中, I 为缩减强度指数; K_a 、 K_b 分别为局部区域某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积; C_a 、 C_b 分别代表整个研究区该类型研究期初及研究期末的面积。

景观格局指数可以定量地描述景观格局,建立景观结构与过程或现象的联系,能够很好地理解与解释景观功能^[15]。根据研究区的景观特征,选取斑块密度(PD)、平均斑块面积(AREA_MN)、周长-面积分维数(PAF-RAC)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、香农多样性指数(SHDI)、均匀度指数(SHEI)、聚集度指数(AI)数等8个景观格局指数分别从类型水平和景观水平分析了研究区近20年的景观动态变化。景观格局指数用Fragstat 3.3软件计算,指数中各参数的意义及其详细说明参阅文献^[16]及Fragstats 3.3用户指南。

3 结果分析

3.1 土地利用景观要素面积变化分析

分类结果统计表明(表1),林地和耕地是研究区的优势景观类型,1988、2000和2007年林地景观占总景观类型的面积比分别是56.26%、35.49%和47.54%,耕地景观所占的比例分别为34.60%、54.09%和37.10%,两种景观类型占总景观面积的比例在80%以上。从1988—2007年,建设用地面积呈现出持续增长的态势,耕地面积先增加后减少,林地面积先减小后增加,水体面积相对比较稳定,但总体呈下降趋势。

用ArcGIS 10.0软件进行矩阵运算和空间统计分析,得到1988—2000年和2000—2007年景观要素转移矩阵(表2和表3)。分析结果表明,1988—2000年耕地是增加最大的景观类型,建设用地主要来源依次为耕地、林地和水体。林地和水体呈下降趋势,主要去向是耕地和建设用地。2000—2007年建设用地转入贡献率为103.21%,远远大于转出贡献率,其中的主要来源是耕地。林地主要来源和去向均为耕地,但转入大于转出,面积明显增加。耕地转入小于转出,转出概率为48.86%,转入概率为17.25%。

3.2 土地利用景观要素时空变化特征分析

土地利用动态度不仅能够反映土地利用变化速率的区域差异,也可以反映区域土地利用类型变化的剧烈程度^[13]。刘纪元提出^[17],根据土地利用动态度的大小可将土地利用的时间动态特征划分为4种类型:土地利用极缓慢变化型,动态度为0~3;土地利用慢速变化型,动态度为4~12;土地利用快速变化型,动态度为13~20;土

地利用急剧变化型,动态度为 21~24。

表 1 1988—2007 年重庆主城区景观要素类型面积变化

Tab. 1 Area changes of landscape elements of metropolitan area in Chongqing from 1988 to 2007

景观类型	1988 年		2000 年		2007 年		1988—2000 年	2000—2007 年	1988—2007 年
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积变化/km ²	面积变化/km ²	面积变化/km ²
水体	148.97	3.56	121.376	2.9	121.93	2.91	-27.6	0.55	-27.05
建设用地	233.14	5.57	314.494	7.52	520.52	12.44	81.35	206.02	287.38
林地	2 354.07	56.26	1 484.8	35.49	1 989.19	47.54	-869.27	504.38	-364.88
耕地	1 447.73	34.6	2 263.31	54.09	1 552.29	37.1	815.58	-711.09	104.56

表 2 1988—2000 年重庆主城区景观要素转移矩阵

Tab. 2 Transfer matrix of landscape elements of metropolitan area in Chongqing from 1988 to 2000 km²

景观类型	水体	建设用地	林地	耕地	转出面积	转出贡献率/%
水体	76.89	35.42	8.44	28.22	72.08	48.38
建设用地	1.65	157.28	11.53	62.68	75.86	32.54
林地	12.91	41.33	1 135.23	1 164.61	1 218.85	51.78
耕地	29.93	80.46	329.60	1 007.74	439.99	30.39
转入面积	44.49	157.21	349.57	1 255.51		
转入贡献率/%	29.86	67.43	14.85	86.72		

表 3 2000—2007 年重庆主城区景观要素转移矩阵

Tab. 3 Transfer matrix of landscape elements of metropolitan area in Chongqing from 2000 to 2007 km²

景观类型	水体	建设用地	林地	耕地	转出面积	转出贡献率/%
水体	70.57	8.72	19.70	22.38	50.80	41.85
建设用地	29.25	195.93	16.13	73.18	118.56	37.70
林地	4.33	55.40	1 130.22	294.86	354.59	23.88
耕地	17.78	260.47	823.14	1 161.86	1 101.39	48.66
转入面积	51.36	324.59	858.97	390.42		
转入贡献率/%	42.31	103.21	57.85	17.25		

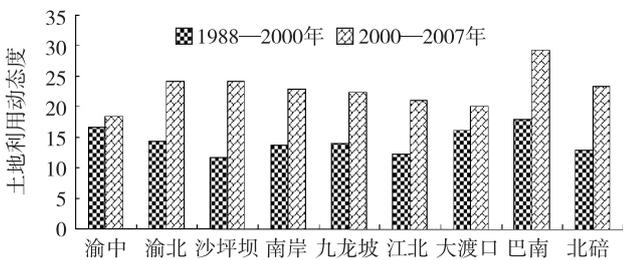


图 3 1988—2007 年重庆主城各区土地利用动态度

Fig. 3 Dynamic degree of metropolitan area in Chongqing between 1988 and 2007

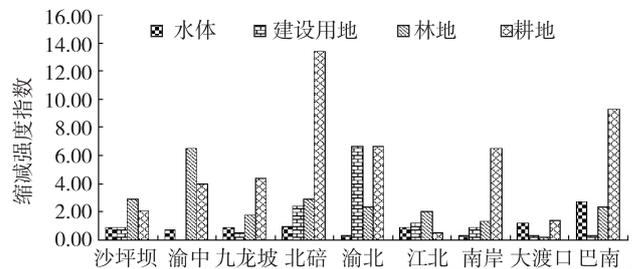


图 4 1988—2007 年重庆主城各区不同景观类型缩减强度指数

Fig. 4 Shrinking intensity of landscape elements of metropolitan area in Chongqing between 1988 and 2007

从图 3 可以看出,1988—2000 年渝中、渝北、南岸、九龙坡、大渡口、巴南土地利用属于快速变化型,沙坪坝、江北、北碚土地利用属于慢速变化型;2000—2007 年渝北、沙坪坝、南岸、巴南、北碚土地利用属于急剧变化型,渝中、九龙坡、江北、大渡口土地利用属于快速变化型。这表明近 20 年来重庆主城区土地利用处于高速发展期,变化速度越来越快。

从景观缩减强度指数来看(图 4),1988—2007 年,耕地变化最快的地区是北碚,缩减指数达到 13.39,远远高于主城的平均水平,其次是巴南,为 9.25,变化最缓慢的地区是江北,仅为 0.49。建设用地变化最快的地区是渝北,较快的地区包括北碚和江北,变化比较缓慢的地区包括沙坪坝、九龙坡、南岸、大渡口、巴南和渝中,其中变化

最缓慢的地区是渝中。林地变化渝中 fastest, 缩减指数最大, 大渡口最慢, 缩减指数最小。水体变化最快的地区是巴南, 最缓慢的地区是南岸。

3.4 景观格局动态变化分析

3.4.1 类型水平上景观格局动态分析 斑块密度和斑块平均面积是衡量景观破碎化的指标。从图 5 可以看出, 1988—2007 年建设用地的斑块密度和平均斑块面积持续增长, 斑块密度从 0.24 个·km⁻² 增加到 0.28 个·km⁻², 平均斑块面积从 23.30 km² 增加到 35.65 km², 说明建设用地在向外扩张时也不断产生新的斑块且规模在不断增大。林地和水体的斑块密度先增大而后略有减小, 而耕地的斑块密度先减小而后有所增大。林地和水体的平均斑块面积呈先减小后增大的趋势; 相反, 耕地呈先增大后减小的趋势。这说明耕地、林地和水体之间转化时, 林地和水体原有斑块被分割, 破碎度增大, 随着“退耕还林”政策的实施、城市绿化工作的有效开展以及“三峡水库蓄水工程”的实施, 使林地和水体的斑块破碎化得到有效的控制, 并且有逆转的趋势, 而耕地的破碎化加剧。

周长-面积分维数反映了景观斑块的形状复杂程度, 该值越大说明斑块的形状越复杂。与 1988 年相比, 2007 年建设用地、耕地和林地周长-面积分维数有所降低, 水体周长-面积分维数有所上升(图 5), 表明受人类活动的影响, 建设用地、耕地和林地形状越来越规则, 水体形状越来越复杂。

最大斑块指数反映景观中的优势种、内部种的丰度等生态特征, 该值的变化反映人类活动的方向和强弱。1988—2007 年林地的最大斑块指数一直是最大的, 却持续减少, 分别为 57.41、33.43、27.38(图 5), 说明林地是重庆主城区的优势景观类型, 其优势度逐渐降低; 也说明景观内部种的丰度有所增加, 景观类型所占比例逐渐趋于均衡化。

3.4.2 景观水平上景观格局动态分析 近 20 年间, 研究区斑块平均面积经历了一个先减小后增大的过程(表 4), 由 1988 年的 112.93 km² 下降到 2000 年的 98.87 km², 再增加至 2007 年的 102.05 km², 整体景观破碎化程度比较严重。景观形状指数也经历了一个先减小后增大的过程, 从 53.83 减小为 47.70 再增至 49.10, 景观形状变得复杂。香农多样性指数逐渐增大, 从 0.92 增大到 1.01, 均匀度指数也在缓慢增大, 由 0.66 增大到 0.73, 而聚集度指数则不断减小, 从 99.92 减小到 99.85。这反映了研究区景观多样性在逐渐增加, 异质性不断增强, 不同景观类型的斑块趋于均匀分布, 空间分布趋于分散。

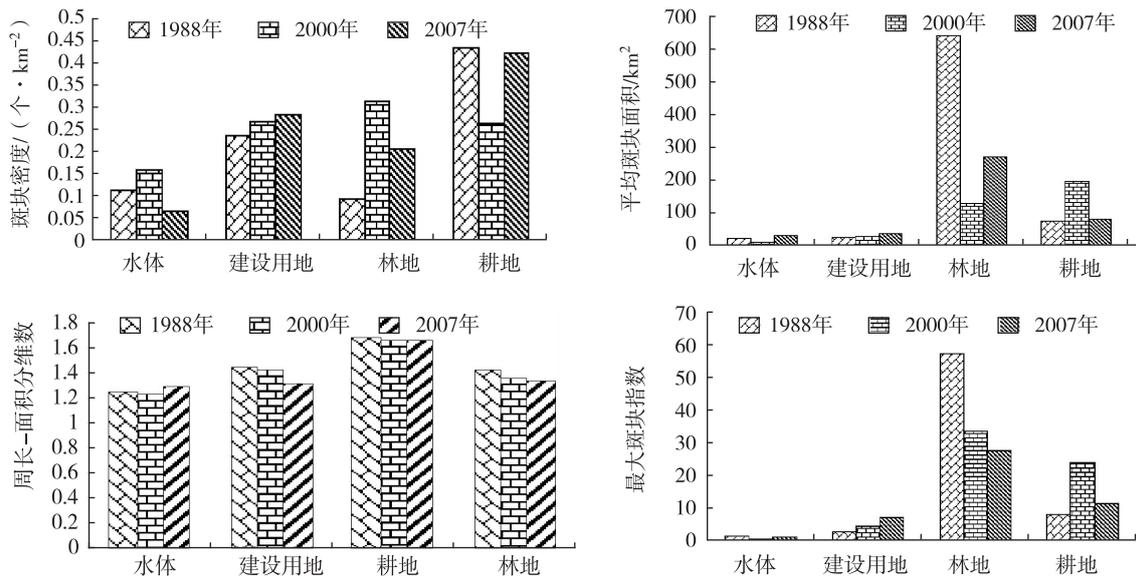


图 5 1988—2007 年重庆主城区不同景观类型的景观指数变化

Fig. 5 Landscape indexes change of metropolitan area in Chongqing at class level from 1988 to 2007

表 4 1988—2007 年重庆主城区景观水平上的景观指数变化

Tab. 4 Landscape indexes change of metropolitan area in Chongqing at landscape level from 1988 to 2007

年份	AREA_MN	LSI	SHDI	SHEI	AI
1988 年	112.93	53.83	0.92	0.66	95.18
2000 年	98.87	47.70	0.96	0.69	95.75
2007 年	102.05	49.10	1.01	0.73	95.62

4 结论与讨论

近 20 年来,重庆主城区土地利用景观要素发生了明显变化,总体趋势反映出人为干扰不断加剧。从 1988 年到 2007 年,建设用地面积呈现出持续增长的态势,耕地面积先增加后减少,林地面积先减小后增加,水体面积相对比较稳定。从土地利用动态度和缩减指数的变化可以看出,土地利用变化速度越来越快,土地开发强度不断增强。从景观类型的转化方向来看,主要表现为耕地、林地和建设用地之间相互转换。重庆主城区景观结构趋于多样化、均匀化、破碎化,空间分布比较分散,景观异质性不断增强,斑块密度增加,平均斑块面积减少,聚集度不断减少,香农多样性指数和均匀度指数总体上升。

重庆主城区属于典型的山地城市,由于山水阻隔,使重庆主城区形成了“多中心、组团式”的发展模式,并形成了以林地和耕地为基质的景观格局特征。这种独特的发展模式和景观格局特征有利于形成和维护良好的生态环境。然而,随着重庆城市化发展的推进,“多中心、组团式”的城市景观格局正逐渐的被弱化,呈连片发展的态势,这必然导致更大的土地需求,最终加剧了土地利用结构和景观格局的变化。因此,管理和决策部门应制定科学、合理的土地利用总体规划和城市发展规划,在发展经济的同时应加强对生态环境的保护。

本研究利用遥感技术快速获取了研究区土地利用景观格局的特征信息,但受遥感图像分辨率及时相的限制,在进行土地利用类型解译时,图像的分类精度有待于进一步提高。此外,本研究没有对研究区土地利用变化的驱动机制作进一步分析,而土地利用变化的驱动机制以及土地利用变化的生态效应是本研究有待深入的一个研究方向。

参考文献:

- [1] 宋艳敏,余世孝,李楠,等.深圳快速城市化过程中的景观类型转化动态[J].应用生态学报,2007,18(4):788-794.
Song Y T, Yu S X, Li N, et al. Landscape change during rapid urbanization in Shenzhen[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(4): 788-794.
- [2] 邓劲松,李君,余亮,等.快速城市化过程中杭州市土地利用景观格局动态[J].应用生态学报,2008,19(9):2003-2008.
Deng J S, Li J, Yu L, et al. Dynamics of land use landscape pattern in Hangzhou city during its rapid urbanization[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(9): 2003-2008.
- [3] 黄奕龙,陈利顶,吴健生.我国城市景观生态学的研究进展[J].地理学报,2006,61(2):224.
Huang Y L, Chen L D, Wu J S. Research progress in urban landscape ecology of China[J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(2): 224.
- [4] 杨鹏,陆宏芳,陈飞鹏,等.1995至2004年广州土地利用格局变化与驱动分析[J].生态环境,2008,17(3):1262-1267.
Yang P, Lu H F, Chen F P, et al. Dynamic and driving forces of landscape patterns in Guangzhou, China from 1995 to 2004[J]. Ecology and Environment, 2008, 17(3): 1262-1267.
- [5] 李加林,许继琴,童亿勤,等.杭州湾南岸滨海平原土地利用/覆被空间格局变化分析[J].长江流域资源与环境,2005,14(6):709-716.
Li J L, Xu J Q, Tong Y Q, et al. Analysis on the change of land use and cover spatial pattern in coastal plain of South Hangzhouwan Bay[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(6): 709-716.
- [6] 杨英宝,江南,苏伟忠,等.RS与GIS支持下的南京市景观格局动态变化研究[J].长江流域资源与环境,2005,14(1):34-39.
Yang Y B, Jiang N, Su W Z, et al. Dynamics of landscape ecology Nanjing city revealed by RS and GIS[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(6): 709-716.
- [7] 李蓉,李俊祥,李铖,等.快速城市化阶段上海海岸带景观格局的时空动态[J].生态学杂志,2009,28(11):2353-2359.
Li R, Li J X, Li C, et al. Spatio-temporal dynamics of coastal landscape pattern of Shanghai during its rapid urbanization[J]. Chinese Journal of Ecology 2009, 28(11): 2353-2359.
- [8] 郭丽英,王道龙,邱建军.环渤海区域土地利用景观格局变化分析[J].资源科学,2009,31(12):2144-2149.
Guo L Y, Wang D L, Qiu J J. Regional landscape pattern changes surrounding the Bohai Bay in China[J]. Resources Science, 2009, 31(12): 2144-2149.
- [9] Luck M, Wu J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA[J]. Landscape Ecology, 2002, 17: 327-339.
- [10] 郭砾,杜世宏,赵松婷,等.黔东南地区景观格局的动态变化及驱动力[J].山地学报,2011,29(5):543-550.
Guo L, Du S H, Zhao S T, et al. Change of landscape pat-

- tern and its driving forces in Qiandongnan prefecture[J]. *Journal of Mountain Science*, 2011, 29(5): 543-550.
- [11] Shao J A. RS-induced characteristics of land use change in Chongqing, China[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(8): 58-63.
- [12] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 中国土地利用时空特征分析[J]. *地理学报*, 2001, 56(6): 631-639.
Wang S Y, Liu J Y, Zhang Z X, et al. Analysis on spatial-temporal features of land use in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(6): 631-639.
- [13] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. *地理学报*, 2003, 58(5): 643-650.
Zhu H Y, Li X B. Discussion on the index method of regional land use change[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(5): 643-650.
- [14] 周锐, 胡远满. 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素[J]. *生态学报*, 2011, 31(20): 5937-5945.
Zhou R, Hu Y M, Su H L, et al. Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(20): 5937-5945.
- [15] 胡玉福, 邓良基, 张世熔, 等. 基于 RS 和 GIS 的西昌市土地利用及景观格局变化[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(10): 322-327.
Hu Y F, Deng L J, Zhang S R, et al. Changes of land use and landscape pattern in Xichang city based on RS and GIS[J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(10): 322-327.
- [16] 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: 99-110.
Wu J G. *Landscape ecology pattern, process, scale and hierarchy* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 99-110.
- [17] 刘纪元. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 158-188.
Liu J Y. *The macro investigation and dynamic research of the resource and environment* [M]. Beijing: Science and Technology Press, 1996: 158-188.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Analysis on Landscape Pattern of Land Use in a Mountain City: A Case Study from Metropolitan Area in Chongqing

JIA Jing-tao^{1,2}, YANG Hua^{1,2}, ZENG Xuan^{1,3}, ZHANG Yan-jun³

(1. College of Geography and Tourism; 2. Key Laboratory of GIS Application Chongqing Municipal Education Commission, Chongqing Normal University, Chongqing 400047; 3. Information Center of Environmental Protection of Chongqing, Chongqing 401147, China)

Abstract: In support of RS and GIS technology, and taking landscape ecology principles as research method, we studied the dynamic changes of land use and landscapes pattern of Metropolitan Area in Chongqing in the past 20 years. The results showed that: 1) the land use had a significantly change in the study area, mainly reflected in the construction land area increased continuously in a great extent. Arable land area widely increased before 2000, and then sharply decreased. Woodland area sharply decreased before 2000, and then slowly increased. Water area was relatively stable. 2) The rate of land use changes was faster and faster, meanwhile, the land use types transformed violent. Land development intensity was continuously enhanced. 3) Landscape structure changed significantly. The average area of patches decreased, patches density increased, Shannon diversity index and Shannon evenness index continuously increased on the whole. The structure of landscape became fragmental, various and heterogeneous with the whole landscape fragmentation exacerbating. Conclusion: due to the landscape barrier, metropolitan area of Chongqing formed the urban landscape pattern of "Multi-center and group", which was helpful of the protection of the ecological environment. However, with the advance of urbanization, this pattern is gradually being weakened and showing the contiguous development trend. Therefore, management and decision-making departments should formulate a scientific and rational land use plan and urban development plan. In addition, we should strengthen the protection of ecological environment protection in the course of economic development.

Key words: mountain city; land use; landscape pattern; dynamic change; metropolitan area of Chongqing

(责任编辑 方 兴)