

重庆市主城区森林景观斑块时空动态特征*

张阳阳, 李阳兵

(重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 400047)

摘要 本文以重庆主城区为研究对象, 借助景观生态学理论, 利用1986、1995、2000和2006年重庆主城区遥感影像数据及相关辅助数据, 运用人机交互目视解译方法以及地理信息系统的空间分析和数理统计功能, 建立重庆主城区森林景观数据库, 对主城区森林景观格局的景观时空演变及地理空间分异特征与规律进行定量化分析。经分析得出: 1) 研究区森林景观变化: 在研究时段的20年间, 研究区森林景观面积1986—2000年逐年递减, 2000—2006年有所增加, 森林景观破碎度总体上呈降低趋势, 局部地区受人类活动影响破碎化加剧, 斑块边界褶皱化程度加剧, 斑块形状趋向复杂化; 2) 研究区斑块动态变化: 1986—1995年, 森林斑块等级变化不明显, 处于相对稳定状态; 1995—2000年, 小斑块变大的趋势明显; 2000—2006年, 斑块各个等级间变化最为剧烈, 数量和面积上均相对较大, 人类活动作用明显; 3) 森林景观空间格局演化主要受地形条件的控制, 并随城市化进程受人类活动影响程度不断加深而时刻变化。

关键词 森林景观斑块; 时空特征; 遥感影像; 重庆市主城区

中图分类号: X173; P96

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2010)03-0036-05

景观格局是研究景观功能和动态的基础。景观格局是景观异质性的具体表现, 同时又是包括干扰在内的过重生态过程在不同尺度上作用的结果^[1-2]。通过对景观格局的分析, 有助于分析景观组成单元的形状、大小、数量和空间组合; 有助于评价宏观区域生态环境状况和分析发展趋势; 同时也有助于探索自然因素与人类活动对景观格局及动态过程的影响^[3]。当前国外有关景观格局的研究主要包括对景观格局理论问题、尺度问题的探讨、对新的研究手段与技术的应用研究和对建立空间模型方法的研究等^[4-11]。中国从20世纪80年代开始对景观生态进行研究, 起步相对较晚, 研究方法和手段相对落后, 研究深度与国际先进水平相比还存在一定的距离, 但发展较为迅速, 研究涵盖范围广, 研究对象包括湿地景观、沙漠绿洲景观、城市景观、森林景观等各种类型^[12-17]。

城市森林景观受自然地理条件和人为活动的共同影响, 是城市生态系统的重要组成部分, 密切影响着城市生态环境质量和居民生活水平。随着城市化进程的加快, 城市森林景观受到人为活动的干扰和影响更加强烈。在时间序列上, 结合土地覆盖变化与景观生态学方法分析城市森林景观格局及其变

化, 可以设计出与区域自然条件相协作的生产方式和生态结构, 从而提出生态系统管理的途径与措施。重庆作为中国长江上游地区的经济中心, 是中国西南地区重要的特大型城市, 因此重庆森林景观的研究对长江上游地区生态环境的保护与改善有重要意义。本文以重庆市主城区为例, 利用1986、1995、2000和2006年中4期遥感影像资料, 结合景观生态学原理, 分析20年来城市森林景观的时空变化特征, 为城市森林生态系统恢复重建和规划提供参考, 对完善生态环境建设提供理论依据和科学方法。

1 研究方法

1.1 研究范围

研究区重庆市位于东经105°17'~110°11', 北纬28°10'~32°13', 属于中亚热带季风性湿润气候区, 全年平均气温18.3℃。重庆多山地丘陵, 地势从南北方向向长江河谷逐级降低, 起伏较大, 长江干流自西向东贯穿全境。主城区包括北碚区、渝北区、江北区、渝中区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、巴南区和大渡口区9个区, 以组团式结构坐落在长江和嘉陵江汇合地带及两岸丘陵化的河流I~VI级阶地上, 面积5486.48 km², 海拔高度160~1400 m。条

* 收稿日期 2009-01-05 修回日期 2009-11-12

资助项目: 重庆市自然科学基金(No. KT080818); 重庆师范大学科研基金项目(No. 08XLz12)

作者简介: 张阳阳, 女, 硕士研究生, 研究方向为水土保持与荒漠化治理; 通讯作者: 李阳兵, E-mail: li-yabin@sohu.com

带状的山脉纵列其间,自西向东分别是缙云山脉 A、中梁山山脉 B、龙王洞山脉 C、铜锣山脉 D、明月山脉 E、桃子荡山脉 F 等(图 1)。

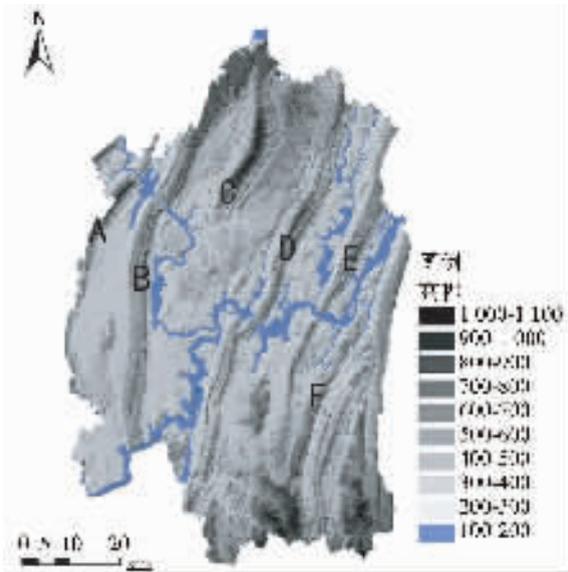


图1 研究区数字高程模型及主要山脉分布

Fig. 1 DEM of study area and main mountains distribution

1.2 数据来源

本研究以 1986、1995、2000 和 2006 年 4 期 Landsat 卫星遥感影像为基本数据源,结合 DEM 数据(1:250 000)及其派生的坡度和坡向数据、重庆市行政区划图等辅助数据,经遥感解译得到 4 期土地利用类型数据。4 期影像的成像时间接近,植被处于同一物候期,其变化在时间和空间上有较好的可比性。

1.3 影像处理

本研究选用遥感影像均已经过几何校正,误差在一个像元之内,故无需几何精校正。除去部分有云影响外,卫星图像的颜色、纹理、结构、位置等各种特征均较为清晰。首先利用 Erdas Imagine 8.5 对影像进行投影转换、波段合成等预处理,然后基于分类对象的光谱信息,借助 DEM 数据和行政区划图等辅助数据,进行非监督分类,利用进行聚类分析、过滤分析、去除分析和图斑修改,最终完成重庆市主城区的遥感影像解译与分类。最后利用 Arc GIS 软件对分类后的数据进行分析,提取森林斑块数据,生成研究区森林景观分布图(封三彩图 2)。

1.4 分析方法

景观指数计算方法:根据研究区特点和需要,利用 Fragstat 3.3 软件选取以下景观指数对研究区森林景观指数计算(表 1、2)。1)森林景观指数 1(表 1):斑块数 NP (个)、斑块总面积 A (km^2)、斑块总周长

P (km)、平均斑块面积 MA (km^2)、平均斑块周长(km)、最大斑块面积(km^2)、最小斑块面积(km^2)、最大斑块周长(km)和最小斑块周长(km)。2)森林景观指数 2(表 2):最大斑块指数(LPI)、斑块密度(PD)、边缘密度(ED)和斑块分维数(DF)。据各景观指数计算方法和计算公式,计算出上述景观指数值并进行分析,并且利用 Arc GIS 生成植被分布图(封三彩图 2),对不同地貌类型的斑块变化轨迹进行分析,揭示植被空间格局在时间序列上的演变规律。

斑块动态变化分析:在 Arc GIS 中,按照斑块的面积,利用自然断带法(Natural breaks)将研究区森林斑块自动分为 4 级,然后求取 4 个时期斑块等级分级的临界点的平均值,作为斑块等级划分的标准,将研究区 4 个时期的森林斑块划分为小型斑块、中型斑块、大型斑块、巨型斑块 4 个等级(封三彩图 2)相应的代码为 1、2、3 和 4;然后利用 Arc GIS 软件做各等级斑块的动态变化分析,按照斑块的消长,将 1986—1995 年、1995—2000 年和 2000—2006 年 3 个时段斑块等级转化划分为“消融”、“衰减”、“新生”、“稳定”和“生长”5 种类型。

2 结果分析

2.1 森林景观斑块动态变化

从面积来看,1986、1995、2000 和 2006 年研究区森林斑块总面积(A)分别为 956.57、947.53、944.51 和 956.10 km^2 ,在 1986—2000 年期间呈递减趋势,原因是燃料不足或利益驱动导致的过度砍伐。2000—2006 年森林景观面积增加了 11.59 km^2 ,原因是重庆市 2002 年启动的退耕还林政策的有力驱动^[18],1997 年直辖后经济发展和城市化进程的加速使得许多地区以天然气取代了木材作燃料和人们对森林的保护意识的增强。在斑块数量上,研究区 1986、1995、2000 和 2006 年森林景观斑块总数(N)分别是 979、936、923 和 910 个,呈递减趋势。斑块平均面积(MA)随总面积的增大和斑块总数的减少而递增,分别为 0.98、1.01、1.02 和 1.05 km^2 (表 1)。由上述可知,研究区斑块数量逐渐减少,而斑块总面积和斑块平均面积逐渐递增,显示随时间推移,小规模聚落斑块被吸收、整合或者消亡。

4 个时期森林景观斑块密度(PD)各自为 1.023 5、0.987 8、0.977 2 和 0.951 9,呈现出减小的趋势,斑块边缘密度(ED)在 1986—1995 期间减小,在 1995—2006 期间逐渐增大,以上反映了斑块形状趋

表 1 森林景观指数 1

Tab. 1 Forest landscape index 1

年份	<i>N</i>	<i>A</i> /km ²	<i>P</i> /km	<i>MA</i> /km ²	<i>MP</i> /km	<i>A_{min}</i> /km ²	<i>A_{max}</i> /km ²	<i>P_{min}</i> /km	<i>P_{max}</i> /km
1986	979	956.565 3	6 228.891 8	0.977 1	6.362 5	0.003 6	84.777 5	0.338 3	334.655 9
1995	936	947.531 9	5 983.691 6	1.012 3	6.392 8	0.000 5	101.706 0	0.108 7	365.499 6
2000	923	944.512 8	5 989.464 6	1.023 3	6.489 1	0.002 6	98.977 6	0.226 4	374.614 9
2006	910	956.095 5	6 600.642 1	1.050 7	7.253 5	0.001 1	56.272 8	0.071 1	240.247 6

于复杂。斑块分维数(*DF*)在 1986—2000 期间减小,在 2000—06 期间增大,自 1986—2006 年总体上呈增大趋势,反映了景观斑块形状的复杂化。研究区森林景观斑块最大斑块指数(*LPD*)分别为 8.86%、10.73%、10.48% 和 5.89%(表 2),除 1986—1995 期间为递增外,1995—2006 期间则逐渐递减,可见森林景观最大斑块对该区影响程度减弱。

上述分析表明,在 20 年间,研究区森林景观破碎度总体上呈降低趋势,局部地区斑块破碎化加剧;斑块边界褶皱化程度加剧,斑块形状趋向复杂化。

虽然局部地区由于人类活动干扰,森林景观消退,但是中低山区由于人为干扰因素相对较少,森林覆盖度逐渐增大,加上退耕还林和有关保护政策的实施,人们生态保护意识的提高,近年来主城区森林景观面积总体上呈现出增加的趋势。

表 2 森林景观指数 2

Tab. 2 Forest landscape index 2

年份	<i>PD</i>	<i>ED</i>	<i>DF</i>	<i>LPD</i> /%
1986	1.023 5	6.511 7	1.073 6	8.86
1995	0.987 8	6.315 0	1.072 8	10.73
2000	0.977 2	6.341 3	1.072 2	10.48
2006	0.951 9	6.903 7	1.081 4	5.89

2.2 斑块等级划分及动态变化

利用 Arc GIS 对 4 期斑块等级做叠加,得到研究区森林各等级斑块的动态变化图、表(封三彩图 3 与表 3)。

从表 3 分析可知,在研究时段研究区森林变化较为剧烈,虽相对稳定的斑块在数量上较为稳定,但面积在逐年下降,由 1 043.816 km² 骤降至 612 km²,新生斑块在 1995—2000 年面积最大,达 467.29 km²,这主要是由于重庆市在 2000 年起开始实施“退耕还林”政策,沿江、铁路及公路实施造林绿化工程,消亡斑块无论从斑块数量,还是从变化面积方面,研究区在 2000—2006 年这一时段变化最为显著,这主要是由于随着城市化进程的加快,城市扩展过程中,道路交通等基础设施、居民建设用地、工业园区的建设等不断的侵占林地,造成林地斑块的破碎,消亡数量激增。

表 3 研究区各时段森林斑块数量及面积转化统计

Tab. 3 Forest plaque count and area dynamic statistics of study area

类型	1986—1995		1995—2000		2000—2006		
	斑块数/个	总面积/km ²	斑块数/个	总面积/km ²	斑块数/个	总面积/km ²	
消亡	10	174	17.793 6	90	4.114 6	144	32.883 4
斑块	20	17	5.119 5	10	0.318 8	22	17.368 0
	30	5	0.402 7	4	0.118 9	8	19.564 5
	40	5	2.566 3	4	3.030 7	5	1.913 8
	21	10	3.597 0	8	0.000 1	94	40.395 8
衰减	31	2	0.000 0	1	0.000 0	31	14.070 3
斑块	32	1	8.932 1	0		8	48.014 8
	41	1	0.205 0	0		55	16.403 1
	42	1	0.526 4	0		6	40.946 6
	43	0		0		3	62.375 9
新生	01	120	1.619 2	90	45.110 7	186	41.435 0
斑块	02	16	2.003 1	10	68.376 9	14	40.181 6
	03	7	0.774 7	4	104.144 0	6	53.185 6
	04	5	5.789 9	4	249.658 6	3	37.005 8
稳定	11	126 6	375.458 0	1253	408.963 5	1 278	306.820 4
斑块	22	33	209.552 7	31	211.765 5	21	105.302 0
	33	8	187.070 2	8	200.073 3	6	67.981 1
	44	5	271.735 3	5	0.000 3	3	131.896 7
	12	9	0.000 1	7	59.542 5	25	13.465 0
生长	13	5	3.403 1	1	25.559 4	24	13.894 1
斑块	14	9	3.206 0	1	98.977 6	3	2.586 1
	23	0		1	25.559 4	7	21.173 0
	24	3	10.927 3	1	98.977 6	3	8.748 7
	34	0		0		2	16.821 6

从各个等级的斑块分布来看,研究区 1986—2000 年巨型斑块主要分布在主城区的中梁山、龙王洞山和明月山脉(封三彩图 3);在 2000—2006 年除龙王洞山变化相对较少外,其他地区森林斑块均较为剧烈,尤其是缙云山、中梁山脉最为明显。随着森林景观的破碎化,缙云山、中梁山脉的森林斑块破碎加剧,由巨型斑块向大、中型斑块转化,3 个时段铜锣山脉森林斑块主要是大型斑块与中型斑块之间的转化。

从斑块等级消长类型来看,研究区各时段的小

斑块无论是消亡类型还是新生类型,数量比例均相对较大,但变化面积相对较少。其中,新生小斑块分别占新生斑块数量的81.08%、83.33%和89.0%,变化面积分别占新生斑块面积的15.59%、9.65%和45.84%,新生小斑块数量在研究时段比重不断增加,尤其在2000—2006年间数量和面积上均相对较大,人类活动作用明显;消亡斑块中,消亡小斑块分别占消亡斑块总数的86.57%、83.33%和80.45%,变化面积分别占消亡斑块面积的68.75%、54.26%和24.12%,消亡小斑块数量在研究时段比重不断减少,面积比重也不断减少。

新生大型斑块在1995—2000年面积变化较大,总面积达577.317 2 km²,占变化面积的34.95%,新增的斑块数量比例较少,仅占0.65%。1986—1995年森林斑块变化较弱,仅有6.02%面积发生变化,新增斑块在1995—2000年变化明显,消融斑块在2000—2006年变化较明显。

整体来看,研究区在1986—1995年间,森林斑块等级变化不明显,处于相对稳定状态,在1995—2000年间,小斑块变大的趋势明显;在2000—2006年间,斑块等级变化最为剧烈。

2.3 森林景观空间格局变化及影响因素

研究区森林景观主要分布在背斜低山区,即缙云山、中梁山、龙王洞山、铜锣山、明月山以及桃子荡山为主要分布地区,在向斜谷地也有零星分布,缙云山国家森林公园、华蓥山国家森林公园、歌乐山国家森林公园以及其他一些风景区,是主城区绿地的主要组成部分。从林地类型来看,有林地多分布在各低山丘陵区,而疏林地主要分布在地势较低的山间谷地、平坝地区。中梁山和铜锣山属石灰岩槽谷地带,使得植被沿山脉两侧砂岩出露区分布,在两背斜山区,由于地势较高,而人类活动干扰较少,以及林场或保护区的存在,受政策保护植被覆盖率相对较高,在地势较低的向斜谷地多分布着耕地,城区则由于人类活动的干扰程度大以及对城区绿地的保护和建设不足,植被覆盖度相对较低。

受人类活动影响,老城区大规模的扩张及北部和南部新城区的开发,城镇密集区森林景观面积减少,破碎化程度不断加剧,逐渐向主城区边缘退缩。城区扩张范围逐年增大,使得原城镇周围的植被在城市化过程中消失,植被向远离市中心的方向退缩,而城区内部植被进一步破碎化。森林景观主要分布在近郊区,北部的渝北区和北碚区以及南部的南山

和巴南区,这些地区人为干扰较少,植被保存较好,相对面积较大,是主城区的生态屏障,发挥着重要的调节气候、涵养水源等生态功能;而随时间推移,城镇化进程加剧,越靠近经济活跃、人口密集的渝中区、江北区、沙坪坝区等地区森林景观覆盖度越低,破碎度越高。

综上所述,影响研究区森林景观格局的主要有自然和人为两方面因素:1)自然因素,如地形地貌、岩石特性等使得森林景观主要分布于低山丘陵区,石灰岩槽谷地带则鲜有森林分布;城区组团式结构及条带状山脉不利于景观斑块间的交流。2)人为因素。人类活动影响程度大的地区景观破碎化程度高,反之则低。研究区20年来森林景观空间格局演化主要受地形条件的控制,并随城市化进程受人类活动影响程度不断加深而时刻变化。

3 结论

3.1 结论

1)研究区森林景观分布不均匀,基本密集分布近南北走向的背斜低山部位,在向斜谷地有零星分布,分布相对较分散,空间相关性弱。

2)在20年间,研究区森林景观面积1986—2000年逐年递减,2000—2006年增加;森林景观破碎度总体上呈降低趋势,局部地区受人类活动影响破碎化加剧,斑块边界褶皱化程度加剧,斑块形状趋向复杂化。

3)研究区20年来森林景观空间格局演化主要受地形条件的控制,并随城市化进程受人类活动影响程度不断加深而时刻变化。

3.2 本研究的不足

本研究利用GIS技术,结合景观格局指数对研究区4期数据进行较为真实准确的对比分析,能够较好地说明研究区景观格局时空动态演变趋势,对大区域上的整体宏观调控有积极的指导意义。但也存在以下不足:首先,本研究的数据主要来源于遥感解译,研究区影像的遥感解译总体分类效果达到了一定精度,但研究区采用的是30 m分辨率多光谱影像,其中疏林地、灌木林地及草地部分类型之间有一定程度的混淆,从而降低了总体分类精度,对研究的结论有一定的影响。其次,如果能够利用景观生态学理论结合景观格局分析模型和景观动态模拟模型进行深度解析,结合具体的地质地貌条件及人类社会经济活动的动态变化对该区域森林景观进一步开

展小尺度和微观空间单元研究,对景观格局生态安全分析和景观生态安全格局的优化措施进行深入探讨,将具有更好的实用价值;同时,研究区未来景观格局模拟研究也是进一步深入探讨的方向。

参考文献:

- [1] 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: 1-220.
- [2] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology[M]. New York: John Wiley&Sons, 1986.
- [3] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991: 192-198.
- [4] Monica G T, Ruscher C L. Changes in landscape patterns in Georgia, USA[J]. Landscape Ecology, 1988, 1(4): 241-251.
- [5] Girvetz E H, Thorne J H, Berry A M, et al. Integration of landscape fragmentation analysis into regional planning: A statewide multi-scale case study from California, USA[J/OL]. (2008-02-19) [2009-10-30]. <http://www.elsevier.com/locate/landurbplan>.
- [6] Turner M G. Landscape changes in landscape patterns in Georgia, USA [J]. Landscape Ecology, 1988, 1(4): 241-251.
- [7] Frank W D, Scott G Z. Modeling vegetation pattern using digital terrain data landscape ecology[J]. Landscape Ecology, 1990(1): 69-80.
- [8] Forman R T T, Mosacis L. the ecology of Landscape and Regions[M]. London: Cambridge University Press, 1995: 4.
- [9] Turner M G. Landscape changes in landscape patterns in Georgia[J]. Photogram Eng remote Sensing, 1990(56): 379-386.
- [10] Krummel J R, Gardner R H, Sugihrar G, et al. Landscape patterns in a disturbed environment[J]. Oikos, 1987(48): 321-324.
- [11] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R H. Indices of landscape pattern[J]. Landscape Ecology, 1988, 1: 153-162.
- [12] 郭澎湃, 武伟, 刘洪斌. 重庆市景观格局与动态变化分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2007, 32(6): 119-124.
- [13] 陈四清, 刘纪远, 庄大方, 等. 基于 Landsat TM/ETM 数据的锡林河流域土地覆盖变化[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 045-052.
- [14] 王根绪, 程国栋. 荒漠绿洲生态系统的景观格局分析: 景观空间方法与应用[J]. 干旱区研究, 1999, 16(3): 6-11.
- [15] 宋治清, 王仰麟. 城市景观及其格局的生态效应研究进展[J]. 地球科学进展, 2004, 23(2): 97-106.
- [16] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 317-323.
- [17] 李阳兵, 谢德体, 魏朝富. 三峡库区典型岩溶山地土壤种子库研究——以重庆市为例[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2009, 26(2): 44-48.
- [18] 谭宏, 刘定祥. 重庆市退耕还林后续发展的问题和对策研究——以重庆地区为例[J]. 农业经济, 2008(9): 41-45.

Resources , Environment and Ecology in Three Gorges Area

Temporal and Spatial Features of Forest Landscape Patch in Main Districts of Chongqing City

ZHANG Yang-yang , LI Yang-bing

(College of Geography & Tourism , Chongqing Normal University , Chongqing 400047 , China)

Abstract : The study of the landscape pattern is the important part of landscape ecology. With the support of related ancillary data and the remote sensing image in 1986, 1995, 2000 and 2006 of Chongqing city, based on the integrated use of RS and GIS technology, combined with the principle of landscape ecology, the space evolution of landscape and geo-spatial differentiation characteristics and laws of the four-period data are quantitatively analyzed. The results are shown in the following aspects: 1) forest landscape change of study area during the 20 years of study, forest landscape area reduced gradually from 1986 to 2000, and increase from 2000 to 2006; landscape fragmentation showed a reducing trend, some areas were of a high degree of landscape fragmentation bearing more human activities impact, patch edge degree was enhanced and patch shape was intended to be more complicated; 2) forest patch change of study area: during the year 1986 to 1995, forest patch degree variety was not evidence and in a stable condition, in 1995 to 2000, small patches showed an evident growing trend in general; in 2000 to 2006, the variety of patch degree was the strongest; 3) forest landscape pattern evolution was mainly controlled by topography, and continually changed with urbanization.

Key words : forest landscape patch; temporal and spatial features; remote sensing image; Chongqing city

