

# 基于马尔科夫模型的土地景观动态模拟预测研究——以重庆永川市为例

彭月, 魏虹\*, 朱韦 (西南大学生命科学学院, 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆400715)

**摘要** 在遥感和地理信息技术支持下, 利用马尔科夫模型模拟和预测重庆永川市的土地景观变化。结果表明: 在现有的干扰不变情况下, 研究区景观将达到一个稳定时状态, 此时各土地景观面积分别为: 耕地41.88 hm<sup>2</sup>、林地0、草地18.13 hm<sup>2</sup>、水域11.98 hm<sup>2</sup>、城乡用地1383.62 hm<sup>2</sup>。研究区几乎全为城乡用地所覆盖。

**关键词** 马尔科夫模型; 重庆; 永川; 景观动态

中图分类号 S11+6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2006)23-6172-02

## Application of the Markov Model on the Dynamic Change of Landscape Pattern in Yongchuan of Chongqing

PENG Yue et al (Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region, School of Life Science, Southwest China University, Chongqing 400715)

**Abstract** In this paper, the Markov Model was introduced in the trend analysis and forecasts about the dynamic change of the landscape in Yongchuan, Chongqing. The satellite images of 1995 and 2000 from the remote sensing technique were analyzed with GIS method and Markov model and the research on the dynamic change of the landscape was taken. The results showed that the landscape pattern would reach relatively steady state in future period. The plowland area was 41.88 hm<sup>2</sup>; woodland, 0 hm<sup>2</sup>; grassland, 18.13 hm<sup>2</sup>; water, 11.98 hm<sup>2</sup> and urban and rural land use, 1383.62 hm<sup>2</sup>. The region would be covered with urban and rural land use.

**Key words** Markov Model; Chongqing; Yongchuan; Dynamic change of landscape

城市化在多尺度上对人类环境都会造成影响<sup>[1]</sup>。我国的城市化进程表现为城市用地的扩张, 乡村发展成为城市<sup>[2]</sup>。目前全国城市化水平约为30.9%<sup>[3]</sup>, 随着经济的发展, 这种趋势将会加快。永川市是重庆西部和四川省东南地区交通、通讯枢纽和商品物资集散中心。随着国家的西部大开发, 小城镇建设等进程的影响, 研究区内城乡建设用地增加明显, 但这是以减少其他用地类型为代价的。因此, 通过马尔科夫模型对永川市土地景观的动态模拟和预测, 定量的分析演变特点, 可以为制定有关永川市的土地景观的保护和利用的科学规划提供依据, 为永川市的城市景观规划和长远发展提供借鉴。

### 1 研究区概况

永川市位于重庆市西部、长江上游北岸, 地理坐标为29°22'N, 105°54'E, 面积1575 hm<sup>2</sup>。地形以宽谷浅丘为主, 属中亚热带湿润季风气候区, 四季分明, 雨量充足, 农业生产条件较好。距重庆63 km, 成渝高速公路、成渝铁路横贯全境, 陆路交通四通八达, “黄金水道”——长江穿越市境南部。永川背靠四川腹地, 面临三峡库区, 连接成渝2市, 辐射周边地区, 历来是重庆西部和川东南地区重要的商流、物流中心、重庆西部的桥头堡、四川进入重庆的中继站、全国经济体制综合改革试点市、重庆市确定的4个次区域中心城市和渝西经济走廊上的地区性中心城市。永川市辖3个街道办事处、31个镇、1个乡、109个社区居民委员会、631个行政村。

### 2 研究方法

**2.1 研究区景观的分类** 将1995、2000年2个时期遥感影像导入影像处理软件ERDAS 8.6, 结合永川市地形图等相关资料, 通过人工判读, 修改、检测等过程, 同时参照中国土地分类系统, 完成对研究区景观的分类(耕地、林地、草地、水域、城乡用地5类)。利用ARCMW3.2的空间分析模块, 得到各土地景观类型转化数据(表1)。通过ARCMW3.2后期

制作, 生成研究区景观分布(图1)。

类型	1995~2000年面积转化						2000年面积
	1995年面积	耕地	林地	草地	水域	城乡用地	
耕地	936.63	932.05	0.02	0	0	4.56	978.18
林地	487.02	46.13	437.95	1.51	0	1.43	437.97
草地	3.10	0	0	3.1	0	0	4.61
水域	11.98	0	0	0	11.98	0	11.98
城乡用地	15.38	0	0	0	0	15.38	21.37

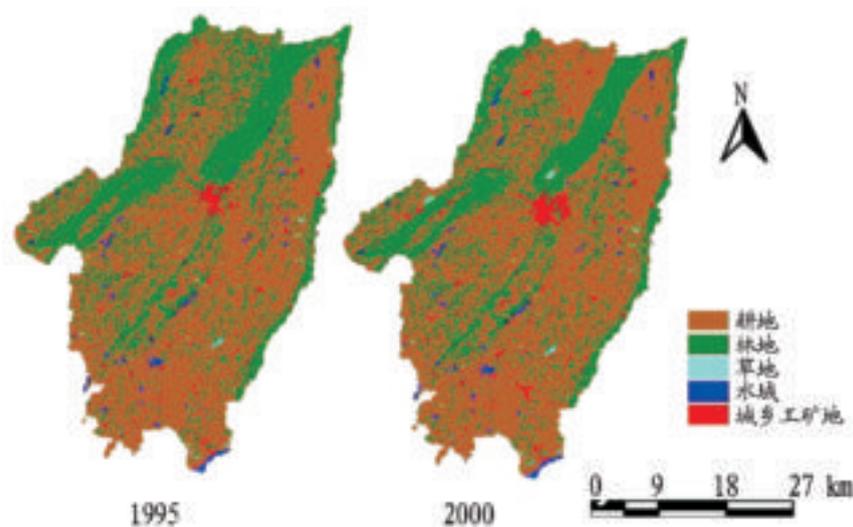


图1 2个时期永川市景观分布

**2.2 马尔科夫模型简介** 马尔科夫过程是一种特殊的随机运动过程。它将研究对象看作是一个独立的系统, 一个运动系统在T+1时刻的状态和T时刻的状态有关, 而和以前的状态无关。这对研究景观动态演变较为合适, 因为在一定条件下, 研究区内景观动态演变具有马尔科夫过程的性质: 在一定区域内, 不同景观类型具有相互转化的可能。各类型之间的转化过程有一些难以用函数关系准确描述的事件<sup>[4]</sup>。

### 3 永川市景观动态模拟和预测

**3.1 确定初始概率** 研究以2个时期的间隔5年作为1个步长模拟和预测景观动态。1995~2000年各景观类型平均单位转化面积占原来该景观类型面积的百分比作为平均转化率。首行为耕地向各景观类型的转化率, 次行为林地各景

基金项目 中国博士后科学基金资助项目(2003033483)。

作者简介 彭月(1978-), 男, 湖南湘西人, 硕士研究生, 研究方向: 应用生态学。\* 通讯作者, E-mail: wei.hong@swu.edu.cn。

收稿日期 2006-09-11

观类型转化率,以此类推,建立初始转移概率矩阵(表2)。其数学表达如下:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix}$$

其中:  $P_{ij}$  表示景观类型  $i$  向  $j$  转移的概率,  $P_{ij}$  为非负值,每行概率之和为1<sup>[5]</sup>。

表2 1995~2000年景观类型的初始转移矩阵

类型	耕地	林地	草地	水域	城乡工矿地
耕地	0.995 11	0.000 02	0.000 00	0.000 00	0.004 87
林地	0.094 72	0.899 24	0.003 10	0.000 00	0.002 94
草地	0.000 00	0.000 00	1.000 00	0.000 00	0.000 00
水域	0.000 00	0.000 00	0.000 00	1.000 00	0.000 00
城乡工矿地	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.000 00	1.000 00

表3 各时期的景观面积预测

类型	年份								hm <sup>2</sup>
	2005	2010	2015	2020	2495	2995	4495	...	
耕地	978.18	1046.63	1075.65	1100.56	869.89	534.19	123.41	...	41.88
林地	437.97	354.19	318.52	286.45	0.19	0.12	0.03	...	0
草地	4.61	7.19	8.29	9.27	18.52	18.19	18.22	...	18.13
水域	11.98	11.98	11.98	11.98	11.98	11.98	11.98	...	11.98
城乡工矿地	21.37	33.52	39.67	45.84	553.91	890.51	1300.48	...	1383.62

#### 4 结论与讨论

(1) 通过1995~2000年的永川市土地景观转化情况(表1),5年内,耕地、城乡用地、草地面积分别增加了41.55、5.99、1.51 km<sup>2</sup>,林地面积减少了49.05 hm<sup>2</sup>,占原来该类型面积的10.07%。水域面积在研究时期内未发生变化;耕地和草地面积增加主要来自于林地的转化;而城乡用地增加的面积分别有76.13%、23.78%来自于耕地和林地的转化。这主要体现了:一是人类活动的影响。随着人口增加,经济开发,以及提倡的城镇建设,人们对于土地利用程度加剧了,造成了城市周围地区的林地等自然景观向耕地、工矿用地等人文景观的转变。二是城乡用地面积快速增加体现了研究区内大规模城镇建设。如投入2500万元,建成面积2.8万 m<sup>2</sup>的渝西光华世纪广场,2001年已竣工投入使用的永青高架立交桥、车用压缩天然气站,到2001年基本完成旧城改造,加速建设新区。三是小城镇建设稳步推进。集镇基础设施不断完善,启动建设12个居民新村,集镇新增建房面积35万 m<sup>2</sup>,新增小康房面积118万 m<sup>2</sup><sup>[8]</sup>。四是研究时期内耕地的总面积并没有因城乡用地的增加而减少,相反有一定程度的增加。从另一方面反映人类活动的影响,如,人为毁林开荒是导致耕地面积增加的一个重要原因。

(2) 从表3可见,未来研究区景观面积的变化趋势。最明显的是:耕地面积表现先增后减,林地则是连续减少,草地在前期有所增加,水域基本不发生太大的变化,城乡用地面积持续增加。当到达稳定期时(21995年),此时各土地景观面积分别为:耕地41.88 hm<sup>2</sup>、林地0 hm<sup>2</sup>、草地18.13 hm<sup>2</sup>、水域

3.2 动态模拟和预测 根据马尔科夫模型理论,可以利用已知的初始状态矩阵,模拟出初始年后若干年的景观类型面积<sup>[6]</sup>。因研究选择以每5年作为1个单位,可模拟出初始年后5倍数年份的值。又根据公式:

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=0}^{n-1} P_{ik} P_{kj}^{(n-1)} = \sum_{k=0}^{n-1} P_{ij}^{(n-1)} P_{kj} \quad (1)$$

由公式(1)计算得到第  $n$  期的转移概率  $P_{ij}$ 。有等式:  $P = P * P^{t-1}$ 。其中,  $P$  为  $t$  时期的状态矩阵,  $P$  为由  $t-1$  期向  $t$  时期转化的转化概率,  $P^{-1}$  为  $t-1$  时期的状态矩阵。用初始状态矩阵,与第  $5n$  ( $n=1,2,3\dots$ ) 年的转移概率相乘,得到第  $5n$  年末的状态矩阵。在该研究中可以算出第  $5n$  年末的面积。对于正则马尔科夫链模型,随着时间参数的延续,不管初始状态如何,当时间无限大时,最终会达到一个稳定状态<sup>[7]</sup>。研究中以2000年以后(即21995年)的数据来表示。在实际中利用C语言编程得出预测时期内的景观类型所占面积(表3)。

11.98 hm<sup>2</sup>、城乡用地1383.62 hm<sup>2</sup>,研究区内几乎全是城乡用地。当然这不符合实际情况,由于马尔科夫模型本身的局限性,该模型强调一个随机过程且具有平稳过程等均值特点,实际中,研究区内景观的变化会受到自然和人为的影响,不是一个完全平稳的过程。进行预测的前提是不考虑其他自然和人为因素(如政策,自然灾害等),在当前的这种趋势下,随着时间的推移,可能会出现最终研究区完全被城乡用地所占据,其他类型土地景观类型几乎消失的情况。这从侧面反映了当前土地景观变化的一个趋势,以便及时采取相应的应对措施来改善当前趋势下的这种状况,如从2001年后在重庆市全面开展退耕还林的政策,可以有效地缓解这种状况。

#### 参考文献

- [1] TURNER I B L, CLARK W C, KAIES R W, et al. The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years [M]. Cambridge: Cambridge university press with dark university, 1990:713.
- [2] 田光进,张增祥,张国平,等.基于遥感和GIS的海口市景观格局动态演化[J].生态学报,2002,22(7):974-979.
- [3] HSB(Hunan statistics bureau). Hunan statistical annuals [M]. Hunan City: Hunan Press, 1999.
- [4] 李德成,徐彬彬,石晓日.利用马氏过程模拟和预测土壤侵蚀的动态演变——以安徽省岳西县为例[J].环境遥感,1995,10(2):89-96.
- [5] 王学雷,吴宜进.马尔柯夫模型在四湖地区湿地景观变化研究中的应用[J].华中农业大学学报,2002,21(3):288-289.
- [6] 宁龙梅,王学雷,胡望斌.利用马尔科夫过程模拟和预测武汉市湿地景观的动态演变[J].华中师范大学学报:自然科学版,2004,38(2):255-258.
- [7] 徐克学.生物数学[M].北京:科学出版社,2001.
- [8] 《重庆经济年鉴》编辑部.重庆经济年鉴[M].重庆:重庆出版社,2001:634-637.