

基于遥感与 GIS 的 LUCC 及马尔柯夫过程趋势预测 —以重庆市南岸区为例*

夏小梅^{1,2}, 陈阿林^{1,2,3}, 杨 华^{1,2}

(1. 重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047; 2. 重庆高校市级 GIS 应用研究重点实验室, 重庆 400047;
3. 重庆师范大学 网络中心, 重庆 400047)

摘 要:重庆市南岸区近年来经济迅速发展,但土地利用中也存在一定的问题,通过对其土地利用/土地覆盖变化的研究,为土地合理规划、管理和使用提供有力工具。以南岸区 1993 年、2001 年、2007 年 3 个时期的遥感数据作数据源,在遥感和 GIS 技术支持下对该区域 1993 - 2007 年土地利用/土地覆盖类型的动态变化、转换变化和驱动力进行分析,确定了土地利用/土地覆盖类型的初始状态矩阵和转移概率矩阵,并且用马尔柯夫过程模型预测了该区 2012 - 2024 年 LUCC 的演变趋势。结果表明,在这 14 a 内,城市建设用地的增加主要是由耕地和林地转换来的,还有部分水域的出入转换。南岸区经济的快速发展是导致土地利用/土地覆盖类型发生变化的主要驱动力。此外,政府在城市发展中对城市的规划对土地利用的变化也起着重要的作用。经预测表明,在现有干扰不变的情况下,南岸区 2012 - 2024 年土地利用/土地覆盖类型将呈现耕地、林地和未利用地面积逐渐减少,而水域和城市建设用地面积逐渐增加的趋势。因此为实现研究区土地资源的可持续利用,必须采取措施保护耕地和林地,加强城市建设用地的管理。

关键词:马尔柯夫过程;土地利用/土地覆盖变化;南岸区

中图分类号:F301.24;TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)05-0019-06

Land Use and Land Cover Change and the Tendency Forecast of Markov Process Based on RS and GIS - A Case Study in Nan 'an District, Chongqing City

XIA Xiao-mei^{1,2}, CHEN A-lin^{1,2,3}, YANG Hua^{1,2}

(1. College of Geographical Science, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China; 2. Municipal GIS Applied Research Key Laboratory in Chongqing Colleges and Universities, Chongqing 400047, China; 3. Network Center, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract :With the rapid economic development of Nan 'an District of Chongqing in recent years, there is a certain land use issues. We hope to provide a powerful tool for reasonable planning, management and use land through its land use and land cover change research. According to three periods of the remote sensing data in 1993, 2001, 2007 of Nan 'an District, with the help of RS and GIS, we analyze the dynamic degree change, conversion change and driving force of the land use and land cover types in this district from 1993 to 2007. A primitive status matrix and a transition probability matrix of the land use and land cover patterns are defined. Change tendency of the land use and land cover change from 2012 to 2024 is forecasted with application of Markov process model. The results show that the increasement of urban construction land is mainly converted from arable land and woodland within these fourteen years, as well as conversion among parts of waters. The rapid economic development is the main driving force leading to the change of the land use and land cover types in the Nan 'an District. In addition, the city planning carried out by the government in the urban development also plays an important role in the land use change. The forecast in-

* 收稿日期:2009-03-13

基金项目:国家自然科学基金面上项目(40771135)

作者简介:夏小梅(1982-),女,福建三明人,在读硕士,主要从事资源遥感与 GIS 方面的研究。E-mail:xm_xia2006@163.com

通信作者:杨华(1963-),男,重庆石柱人,在读博士生,副教授,主要研究方向为岩土工程、资源环境与 GIS。E-mail:csyanghua@263.net

indicates that with constant interference in the existing circumstances, the land use and land cover types of Nan 'an District from 2012 to 2024 will present a trend that the area of arable land, woodland and unused land will decrease gradually, while the area of waters and urban construction land will continue to increase day by day. In order to realize the sustainable use of the land resources in Nan 'an District, we must take measures to protect arable land and woodland and strengthen the management of urban construction land.

Key words: Markov process; land use and land cover change; Nan 'an district

土地利用/土地覆盖变化 (Land Use and Land Cover Change, 简称 LUCC) 是目前全球变化研究的重要课题之一, 已被列为“国际地圈与生物圈计划 (IGBP)”的核心项目^[1]。长期以来, 许多学者从不同的目的出发构造了大量的土地利用/覆盖变化模型, 其中几种主要的模型有马尔柯夫链模型、多元统计模型、类似杜能模型、系统动力模型和 CLUE 模型/CA 模型。而应用马尔柯夫模型模拟和预测土地利用/土地覆盖变化的实例较为丰富^[2-5], 并且它可以根据转移概率矩阵预测出土地利用/土地覆盖各类型经过一段时间后所占比例及在远期 (即相对稳定状态时) 所占的比例, 因此本文采用马尔柯夫过程对重庆市南岸区的土地利用/土地覆盖类型进行研究和预测。

南岸区是重庆直辖市都市圈的重要组成部分, 它的西部是重庆市南部城区所在地, 东部则是重庆市近郊区, 兼具城市和农村的性质, 处于城市化的最前沿, 因此它独特的地理位置具有一定的代表性。随着中心城市经济的发展, 城区范围逐渐向外扩展, 特别是重庆直辖以来, 南岸区土地利用/土地覆盖发生了巨大的变化。在此情况下, 传统的野外调查和定位观测的方法已跟不上日新月异的国土资源环境变化速度, 迫切需要引入新的观念和技术。而利用遥感和地理信息系统 (GIS) 相结合的手段, 可以快速、准确、及时地获取大面积的土地利用/土地覆盖方面的实时信息, 对土地利用变化进行动态监测。为此, 本文以重庆市南岸区为例, 采用 1993 年、2001 年、2007 年三个时期的遥感影像分析该区的土地利用/土地覆盖变化及驱动力, 结合 GIS 技术, 运用马尔柯夫过程模型构建土地利用结构的转移概率矩阵, 预测该区未来 LUCC 的演变趋势。根据模拟结果找出土地利用类型布局中存在的问题, 调整各类土地利用/土地覆盖面积, 这不仅能为南岸区土地合理规划、管理和使用提供有力工具, 而且可以为土地资源可持续发展提供科学的决策依据。

1 研究区概况

南岸区是重庆市的市区之一, 位于东经 106°31'14" - 106°47'02"、北纬 29°27'02" - 29°37'02", 辖区西部、北部长江环绕, 与九龙坡区、渝中区、江北区、

渝北区隔江相望, 东部、南部与巴南区接壤。全区面积 265 km², 区内河流以长江为主, 过境段长 45 km, 另有大小河流 11 条。

南岸区位于川东平行岭谷区, 背斜、向斜平行分布, 背斜成山, 向斜成谷, 构成低山、丘陵、平坝、河流的组合地貌特征。该区地处亚热带季风区的四川盆地南部长江河谷, 热量丰富, 雨量充沛, 无霜期长, 冰雪少, 风小日照少, 湿度大, 云雾多, 春早夏长, 秋短冬暖, 四季分明, 多年年平均气温 18.5℃, 无霜期 347 d, 降雨量 1 097.8 mm, 雾日 67.8 d。

2 研究方法

2.1 数据来源

本研究所使用的基本数据源包括: 一期的 landsat TM5 影像 (来源于 Global Land Cover Facility) 和两期的中巴地球资源卫星 CBERS 影像 (来源于中国资源卫星应用中心), 空间分辨率分别为 28.5, 19.5, 19.5 m, 获取时间分别为 1993 年 5 月 24 日, 2001 年 8 月 4 日和 2007 年 8 月 15 日。参考数据有重庆 2008 年 1:10 000 地形图, 2005 年 1:250 000 重庆土地利用现状图, 重庆各区县行政边界图和 1:250 000 校正好的重庆遥感图。参考数据由所在 GIS 应用研究重点实验室提供。

2.2 数据处理与土地利用类型分类

在遥感影像图像处理软件 Erdas Imagine 9.1 中, 首先以 1:250 000 校正好的重庆遥感图为准, 从图中选取 50 个同名地物点作为控制点, 采用二次多项式纠正的方法分别为三个时期的遥感影像进行几何校正, 校正的误差控制在一个象元之内; 其次, 进行边界裁定, 辐射校正等数据预处理后, 参照全国最近土地利用分类标准, 结合当地的具体情况, 综合应用监督分类、聚类分析、去除分析和分类重编码的方法完成南岸区的遥感影像解译与分类, 将南岸区土地利用类型分为耕地、林地、水域、城市建设用地和未利用地 5 类。影像分类经 Kappa 系数检验, 其 Kappa 系数分别为: 0.890 5 (1993 年)、0.921 0 (2001 年) 和 0.868 3 (2007 年), 均达到最低允许判别精度 0.7 的要求^[6]; 由于判读误差, 直接从 ERDAS 软件里面解译出来的数据和实际情况有一定的差距^[7], 因此需要再次结合原来的遥感影像和

土地利用现状图在 ArcGIS 9.0 中修改一些有明显错误的图斑属性,最终完成遥感影像的解译与分类(图 1)。最后,利用 Arcmap 空间叠加分析的功能对解译出来的三期遥感影像分别求出 1993 - 2001

年,2001 - 2007 年和 1993 - 2007 年三个时段的土地利用/土地覆盖类型面积转移矩阵,同时进行各类面积量算,为下步土地利用/土地覆盖变化的分析及马尔柯夫过程趋势预测获得相应的属性数据。

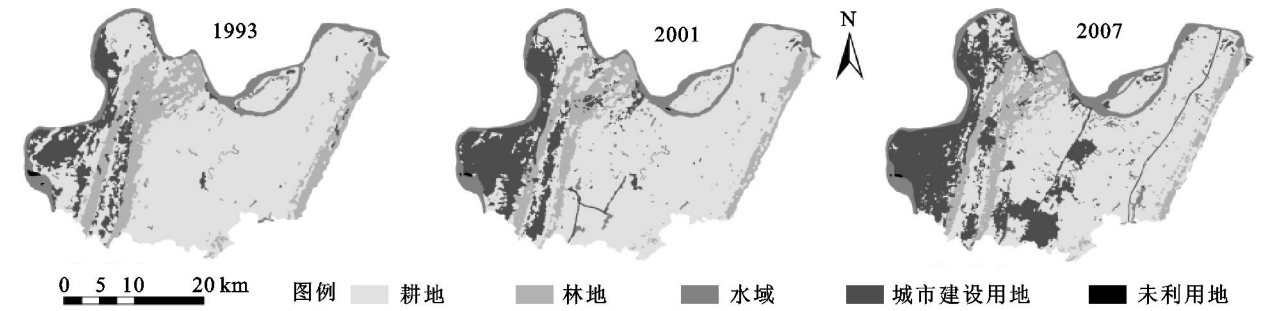


图 1 不同年份南岸区土地利用/土地覆盖类型图

3 LUCC 分析和驱动力分析

3.1 土地利用/土地覆盖类型的动态度分析

动态度可以定量地描述区域土地利用/土地覆盖类型变化的速率,对比较不同时段土地利用/土地覆盖变化的差异和预测未来土地利用/土地覆盖变化的趋势具有积极的作用。单一土地利用/土地覆盖类型动态度表示某研究区域一定时间范围内某土

地利用/土地覆盖类型的数量变化情况,表达式为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$
 (1)

式中: K ——研究时段内某土地利用/土地覆盖类型动态度; U_a, U_b ——研究期初和研究期末某种土地利用/土地覆盖类型的数量; T ——研究时段长。当设 T 为年时, K 为该研究区域某种土地利用/土地覆盖类型的年变化率。

表 1 1993 - 2007 年南岸区土地利用/土地覆盖类型结构及动态变化

| 年份 | 指 标 | 耕地 | 林地 | 水域 | 城市建设用地 | 未利用地 |
|-------------|----------------------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 1993 | 面积/ km ² | 173.81 | 43.21 | 21.24 | 26.44 | 0.30 |
| | 百分比/ % | 65.59 | 16.30 | 8.02 | 9.98 | 0.11 |
| 2001 | 面积/ km ² | 170.44 | 32.55 | 20.22 | 41.6 | 0.19 |
| | 百分比/ % | 64.32 | 12.28 | 7.63 | 15.70 | 0.07 |
| 2007 | 面积/ km ² | 146.99 | 32.77 | 22.44 | 62.67 | 0.13 |
| | 百分比/ % | 55.46 | 12.37 | 8.47 | 23.65 | 0.05 |
| 1993 - 2001 | 变化值/ km ² | - 3.37 | - 10.66 | - 1.02 | 15.16 | - 0.11 |
| | 年变化率/ % | - 0.24 | - 3.08 | - 0.60 | 7.17 | - 4.58 |
| 2001 - 2007 | 变化值/ km ² | - 23.45 | 0.22 | 2.22 | 21.07 | - 0.06 |
| | 年变化率/ % | - 2.29 | 0.11 | 1.83 | 8.44 | - 5.26 |

表 1 列出了研究区 1993 - 2007 年土地利用/土地覆盖类型的面积及变化情况,可以看出,研究区域土地利用/土地覆盖类型主要以耕地为主,1993 年研究区域的耕地面积 173.81 km²,占区域面积的 65.59%,虽然呈逐渐减少的趋势,但到 2007 年时仍占区域面积的 55.46%。其次占区域面积较大的是林地,1993 年达到 16.30%。未利用地占的面积最小,1993 年仅占 0.11%。1993 - 2001 年(前期),研究区土地利用/土地覆盖类型面积变化最大的是林地和城市建设用地,林地减少了 10.66 km²,年平均减少 3.08%;城市建设用地增加 15.16 km²,年平均增加 7.17%。2001 - 2007 年(后期),研究区土地利用/土地覆盖类型面积变化最大的是耕地和城市建设用地,耕地减少 23.45 km²,年平均减少 2.29%;

城市建设用地增加 21.07 km²,年平均增加 8.44%。在 1993 - 2007 年这 14 a 间,城市建设用地面积变化最大,从 1993 年的 26.44 km² 增加到 2007 年的 62.67 km²,增加了 36.23 km²,所占比例从 9.98% 上升到 23.65%。而未利用地虽然在前期和后期的年减少率都较大,但由于所占面积非常小,因此其数量上变化也非常有限,从 1993 年的 0.30 km² 减少到 2007 年的 0.13 km²。

3.2 土地利用/土地覆盖类型的转换分析

根据空间叠加分析功能得到两个时段的土地利用/土地覆盖类型转移矩阵,如表 2 所示。

由表 2 可知,1993 - 2001 年(前期),研究区内未发生变化的区域面积为 221.24 km²(其面积对应于转换矩阵中的对角线之和),占研究区域总面积的

83.49 %。2001 - 2007 年(后期),研究区内未发生变化的区域面积为 208.6 km²,占研究区域总面积的 78.72 %。此外,这两个时段各土地利用/土地覆盖类型的相互转换都是主要发生在耕地、林地、水域和城市建设用地之间。前期,林地面积大幅度的减少,净减面积为 13.67 km²,占 1993 年林地总面积的 31.64 %,林地主要转换为耕地,转出的面积为 11.63 km²,占转出总量的 85.08 %。与此同时,耕地也有 2.19 km²转换为林地,占耕地转出面积的 10.32 %,在一定程度上弥补了减少的林地。水域的减少主要是转换为耕地和城市建设用地,两者占水域转出面积的 95.93 %。城市建设用地的大幅度增加主要是由 17.04 km²的耕地和 1.99 km²的林地转换来的,两者占城市建设用地转入面积的

94.30 %。未利用地主要是和水域之间进行小面积的相互转换,未利用地有 0.15 km²转换为水域,同时也有 0.03 km²的水域转换为未利用地。后期土地利用/土地覆盖类型的变化趋势与前期基本相同,只是变化速度上后期大于前期。

需要指出的是,林地和水域都发生了相反的变化趋势。其中,林地面积的变化由前期的迅速减少转变为后期的缓慢增加,2007 年的林地面积相对于 2001 年增加了 0.68 %,而 1993 - 2001 年期间,林地减少的面积占到 1993 年林地面积的 24.67 %。对于水域,由前期的较慢减少转变为后期的较快增加,2001 年的水域面积相对于 1993 年减少了 4.80 %,而 2001 - 2007 年期间,水域增加的面积占 2007 年水域面积的 10.98 %。

表 2 南岸区各时段土地利用/土地覆盖类型面积的转移矩阵

| 时段 | 土地利用/土地覆盖类型 | 耕地 | 林地 | 水域 | 城市建设用地 | 未利用地 |
|-------------|-------------|--------|-------|-------|--------|------|
| 1993 - 2001 | 耕地 | 152.58 | 2.19 | 1.99 | 17.04 | 0.01 |
| | 林地 | 11.63 | 29.54 | 0.05 | 1.99 | 0.00 |
| | 水域 | 2.39 | 0.12 | 17.55 | 1.15 | 0.03 |
| | 城市建设用地 | 3.84 | 0.70 | 0.48 | 21.42 | 0.00 |
| | 未利用地 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.15 |
| 2001 - 2007 | 耕地 | 133.16 | 6.76 | 4.07 | 26.45 | 0.00 |
| | 林地 | 5.30 | 25.05 | 0.22 | 1.98 | 0.00 |
| | 水域 | 1.58 | 0.04 | 17.32 | 1.27 | 0.01 |
| | 城市建设用地 | 6.95 | 0.92 | 0.78 | 32.95 | 0.00 |
| | 未利用地 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.02 | 0.12 |

3.3 南岸区土地利用/土地覆盖变化的驱动力分析
土地资源是一个自然 - 人文综合体,土地利用/土地覆盖变化不仅受到自然因素的影响,而且受社会经济因素的综合作用^[8]。但在 14 a 较短的时间尺度内,社会经济等人文因素无疑是土地利用/土地覆盖变化的主要驱动因素。结合南岸区各方面的发展状况,从以下几方面探求其土地利用/土地覆盖变化的驱动力因子。(1) 社会经济发展的因素。14 a 来,随着社会经济的发展,南岸区建设了一系列的工业园区,如重庆经济技术开发区南区、信息产业工业区、丹桂工业区、回龙工业区和茶园新区等,直接导致了南岸区城市建设用地的显著增加。特别是在重庆成为直辖市以后,在其加快发展的同时南岸区作为重庆主城区的南部城区所在地也受到了影响,工业化和城镇化发展速度加快,人口快速增长,导致基础设施、居住用地和生活配套用地都相应增长,这也使得城市建设用地的快速增长。而南岸区主要以耕地和林地为主,所以就占用了大量的耕地及部分林地。(2) 政府在城市发展中对城市规划的因素。为了进一步提高影响力,南岸区在实施产业结构调整时特别注重旅游业的发展。为了创造一个良好的投资、旅游和居住环境,

南岸区不断通过各种途径保护和提高植被覆盖面积。例如,为了彻底改变沿江地带生态环境恶劣,绿化几乎为零的面貌,创建良好的人居生态环境,南岸区政府实施了滨江路人居环境综合整治工程,开展大规模旧城改造,同步进行沿线景观建设和以路网绿化、公园绿化和住宅小区绿化为主要方式的大规模的生态绿化工程,使得南滨路成为集居住、商贸、都市旅游和休闲于一体的滨水花园城区。绿化工程的实施显著提高了植被覆盖率,这是使得南岸区林地面积由 1993 - 2001 年的迅速减少转变为 2001 - 2007 年的缓慢增加的其中一个原因。(3) 人为因素。随着三峡工程的完成和开始蓄水,长江上游水位在不断增加,而南岸区的西部、北部长江环绕以及南岸区在建设过程中修建了一些水库,因此使得区内水域面积在 2001 - 2007 年呈逐渐增加的趋势。

4 马尔柯夫过程趋势预测

从驱动力的分析可知,土地利用/土地覆盖类型的变化是由自然因素和社会经济因素共同影响的,而这些因素又有许多不确定性,使得土地利用/土地覆盖类型的变化成为一种很强的随机性过程,并且

其变化态势通常只与现在某一状态有关,因此用马尔柯夫过程来预测土地利用/土地覆盖类型变化是合适的。因为马尔柯夫过程是指具有“无后效性”的特殊随机过程,即某随机过程在 $t+1$ 时刻的状态只与 t 时刻的状态有关,而与以前各时刻的状态无关的性质^[9]。而土地利用/土地覆盖类型的变化在一定条件下正是具有了马尔柯夫过程的性质:一定区域内,不同土地利用类型之间具有相互可转化性;

土地利用类型之间的相互转化过程包含着较多尚难用函数关系准确描述的事件^[10]。

4.1 状态划分及初始状态矩阵的确定

把土地利用/土地覆盖系统按土地利用/土地覆盖类型划分为一系列相互演化的状态,各状态在系统中所占的份额,即每种土地利用/土地覆盖类型面积占全部土地利用/土地覆盖类型面积的百分比作为各状态的初始概率。各状态的初始概率构成初始状态矩阵。设初始状态矩阵为 $A(0)$,以 1993 年各土地利用/土地覆盖类型所占面积百分比构成初始状态矩阵:

| | |
|-------|--------|
| 65.59 | 耕地 |
| 16.30 | 林地 |
| 8.02 | = 水域 |
| 9.98 | 城市建设用地 |
| 0.11 | 未利用地 |

4.2 马尔柯夫过程转移概率矩阵的确定

成功应用马尔柯夫过程模型的关键在于确定土地利用/土地覆盖类型的转移概率矩阵,其数学表达式为

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1N} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2N} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & \dots & P_{3N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N1} & P_{N2} & P_{N3} & \dots & P_{NN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: N ——土地利用/土地覆盖类型的数目;
 P_{ij} ——土地利用/土地覆盖类型 i 转化为 j 的概率。
转移概率矩阵的每一个元素满足以下条件:

0 P_{ij} 1 ($i, j = 1, 2, \dots, N$), 即矩阵中各元素都为非负值;
 $\sum_{j=1}^N P_{ij} = 1$ ($i = 1, 2, \dots, N$), 即矩阵中每行元素之和为 1。

转移概率矩阵的具体计算方法是利用已求出的某时间段内的土地利用/土地覆盖类型面积转移矩阵,以年为基本时间单位,求出时间段内某类土地利用/土地覆盖类型的年平均转化概率即为转移概率,即由某种地类所转化的各土地利用/土地覆盖类型面积占转化前该地类的年平均百分比,计算公式为

$$\left. \begin{aligned} P_{ij} &= (S_{ij}/n)/S_0 \times 100\% \\ P_{ii} &= 1 - \sum_{j=1}^N P_{ij} \end{aligned} \right\} (i, j = 1, 2, \dots, N, \text{且 } i \neq j) \quad (3)$$

式中: S_{ij} ——研究时段内土地利用/土地覆盖类型 i 转化为土地利用/土地覆盖类型 j 的面积; n ——研究时段(年); S_0 ——初始时刻 0 土地利用/土地覆盖类型 i 的总面积; P_{ii} ——土地利用/土地覆盖类型 i 转化为 i 的概率。

根据研究区实际情况用 1993 - 2007 年时间段的土地利用/土地覆盖类型面积转移矩阵(表 3)来求转移概率矩阵。根据表 3 以及式(3)求出各土地利用/土地覆盖类型面积的年平均转化状况(km^2/a),再由年平均转化状况计算得到 1993 - 2007 年各土地利用/土地覆盖类型的转移概率矩阵(步长为 1 a),即为初始状态转移概率矩阵($n=0$)(表 4)。

表 3 1993 - 2007 年各土地利用/土地覆盖类型面积的转移矩阵 km^2

| 1993 年 | 2007 年 | | | | |
|--------|--------|-------|-------|--------|------|
| | 耕地 | 林地 | 水域 | 城市建设用地 | 未利用地 |
| 耕地 | 129.47 | 2.84 | 4.11 | 37.39 | 0.00 |
| 林地 | 11.35 | 28.82 | 0.06 | 2.98 | 0.00 |
| 水域 | 2.12 | 0.25 | 17.51 | 1.36 | 0.00 |
| 城市建设用地 | 4.05 | 0.86 | 0.60 | 20.93 | 0.00 |
| 未利用地 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.01 | 0.13 |

表 4 初始状态各土地利用/土地覆盖类型的转移概率矩阵($n=0$)

| 年代 k | 年代 $k+1$ | | | | |
|--------|----------|--------|--------|--------|--------|
| | 耕地 | 林地 | 水域 | 城市建设用地 | 未利用地 |
| 耕地 | 0.9817 | 0.0012 | 0.0017 | 0.0154 | 0.0000 |
| 林地 | 0.0188 | 0.9762 | 0.0001 | 0.0049 | 0.0000 |
| 水域 | 0.0071 | 0.0008 | 0.9875 | 0.0046 | 0.0000 |
| 城市建设用地 | 0.0109 | 0.0023 | 0.0016 | 0.9852 | 0.0000 |
| 未利用地 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0392 | 0.0024 | 0.9584 |

4.3 2012 - 2024 年南岸区土地利用/土地覆盖类型的趋势预测

根据马尔柯夫过程性质和条件概率的定义,运用马尔柯夫过程的基本方程:

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

将初始状态矩阵和初始状态转移概率矩阵输入计算机,同时借助 MATLAB 7.01 可以求出 1993 年后任何一年的土地利用/土地覆盖类型的转移概率矩阵 $P^{(n)}$ 及各土地利用/土地覆盖类型所占比例 $A(n)$,因此可以模拟出各土地利用/土地覆盖类型所占比例的变化情况。

当 $n=19, 23, 27, 31$ 时,利用马尔柯夫过程分别

计算得到 2012 年、2016 年、2020 年和 2024 年南岸区各土地利用/土地覆盖类型的面积比例(表 5)。

表 5 2012 - 2024 年南岸区各土地利用/
土地覆盖类型比例预测 %

| 年份 | 土地利用/土地覆盖类型 | | | | |
|------|-------------|-------|------|--------|------|
| | 耕地 | 林地 | 水域 | 城市建设用地 | 未利用地 |
| 2012 | 54.57 | 12.16 | 8.60 | 24.62 | 0.05 |
| 2016 | 52.88 | 11.55 | 8.71 | 26.83 | 0.04 |
| 2020 | 51.35 | 11.00 | 8.82 | 28.80 | 0.03 |
| 2024 | 49.98 | 10.51 | 8.92 | 30.56 | 0.03 |

5 结论与讨论

(1) 根据三个时期的遥感影像资料,在 GIS 技术支持下,对南岸区土地利用/土地覆盖类型变化进行分析,可以在短时间内对土地利用变化的情况进行监测和分析,能够及时反映土地的属性变化。但遥感数据获取时间的一致性、成图比例尺、遥感影像的分辨力和解译人员的专业知识、遥感知识以及对工作区域的熟悉程度等都会对解译、成图精度和可靠性产生影响。

(2) 土地利用/土地覆盖类型变化的遥感动态监测表明,从 1993 - 2007 年,南岸区的土地利用/土地覆盖类型发生了很大的变化,在 1993 - 2001 年(前期),土地利用/土地覆盖类型的显著变化是林地的迅速减少和城市建设用地的持续增加;在 2001 - 2007 年(后期),土地利用/土地覆盖类型的变化主要表现在耕地的持续下降和城市建设用地的迅速增加。在这 14 a 内,城市建设用地的增加主要是由耕地和林地转换来的,还有部分水域的出入转换。

(3) 南岸区经济的快速发展是导致土地利用/土地覆盖类型发生变化的主要驱动力。此外,政府在城市发展中对城市规划土地利用的变化也起着重要的作用。

(4) 从马尔柯夫过程的预测结果(表 5)表明,如果继续保持 1993 - 2007 年的变化速度而不采取相应的措施,2012 年后未来 12 a 南岸区的耕地、林地和未利用呈逐年减少的趋势,其中,耕地减少最为剧烈,从 2007 年的 55.46% 减少到 2024 年的 49.98%;未利用地虽然也在减少,但由于它占的比例极小,因此对其他土地利用/土地覆盖类型的影响几乎可以忽略不计。而水域和城市建设用地将逐渐增加。可见,南岸区城市建设用地主要是由耕地和林地面积转换而来的。为了实现土地资源的可持续利用,对于这种不合理的发展趋势,应该采取有效的措施,使之向合理方向发展。

6 建议

(1) 采取措施保护耕地资源,防止耕地面积进一

步减少。耕地是不可再生的农业资源,所以必须对耕地实行特殊保护,以保证社会经济长期、稳定发展。土地管理部门和规划管理部门应通力合作,共同编制城镇发展控制区和基本农田保护区。同时,大力挖掘城镇内部的潜力,尽量少占耕地。

(2) 大力提高植被覆盖率,加强南山的森林保护。因为植被覆盖率的高低直接决定了一个地区生态环境的好坏,而林地减少会降低植被覆盖率以及造成严重的水土流失,生态环境趋于恶化。因此,坚决制止一切乱砍滥伐、毁林开荒种地的活动,封山育林,并积极造林,保护和恢复森林资源。此外,也应加大城镇内部绿化力度。而最近重庆市正在提出“森林城市”的概念,且长江两岸森林工程已经启动,这使得在未来十年南岸区的林地面积还可能较大比例地增加,大大改善南岸区的生态环境。

(3) 加强城市建设用地的管理,严格控制工业园区、房产开发等大型开发建设项目。因为城市建设用地的大量增加可能导致地面硬化、排水不畅,进而引发洪涝灾害。同时,城市建设用地的边坡特别容易引发地质灾害。

参考文献:

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558.
- [2] 徐岚, 赵羿. 利用马尔柯夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 272-277.
- [3] 赵庚星, 李强, 李玉环, 等. GIS 支持下的马尔柯夫链模型模拟垦利县土地利用空间格局变化. 山东农业大学学报, 1999, 30(4): 345-349.
- [4] 全斌, 朱鹤健, 晏路明, 等. 厦门岛土地利用变化趋势预测[J]. 资源科学, 2004, 26(5): 98-103.
- [5] 曹晶晶, 吴静, 李存斌. 基于马尔柯夫模型的酒泉市肃州区 LUCC 趋势预测[J]. 国土与自然资源研究, 2008, (1): 45-47.
- [6] Janssen M R, Brooner W. Accuracy assessment of satellite derived land - cover data: a review[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994, 60(4): 419-426.
- [7] 赵卫权, 杨华. 基于 RS 与 GIS 的重庆主城区土地利用及土地覆盖变化分析[J]. 水土保持通报, 2008, 28(1): 110-114.
- [8] 可华明, 王金亮, 韩文萍, 等. 香格里拉县土地利用/土地覆盖变化与趋势预测研究[J]. 云南地理环境研究, 2006, 18(6): 11-15.
- [9] 盛聚, 谢式干, 潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 316-324.
- [10] 王良健, 包浩生, 彭补拙. 基于遥感与 GIS 的区域土地利用变化的动态监测与预测研究[J]. 经济地理, 2000, 20(2): 47-50.