

# 基于RS和GIS巫山县20年土地利用 特征变化及其预测研究

陈 玮

(山西农业大学 文理学院, 山西 太谷 030801)

**摘 要:**巫山县地处三峡库区腹地,不仅是三峡移民安置区重点建设区域之一,更是研究三峡库区土地利用变化的典型个案。以巫山县1990年和2010年的Landsat TM遥感数据为主要数据源,基于RS和GIS技术获取研究区的土地利用数据,应用土地利用变化模型探究该区域20年间土地利用时空演变特征,借助Markov模型建立其土地利用格局预测,探究今后土地利用类型变化特征和发展趋势。结果表明:研究区土地利用类型总体呈现出以林地、草地和耕地为主体的农林生产格局现状;20年间林地、草地、园地、水域和居民工矿用地面积增加,耕地和未利用地面积减少,水域和耕地面积增加和减少的最多,分别为47.67 km<sup>2</sup>、136.10 km<sup>2</sup>;林地和水域具有较高的未变化率(保留率),未利用地变化率最小,林地和耕地之间具有较高的转换率,林地新增面积最大,变化速率最小,居民工矿用地变化速率最大;2090年后,研究区土地利用基本达到相对稳定状态,林地、耕地、草地、水域、居民工矿用地、未利用土地和园地的面积比重分别为52.96%、6.15%、26.69%、8.71%、1.38%、0.04%和3.97%。

**关键词:**土地利用变化;变化特征;巫山县;马尔科夫链

**中图分类号:**F301.24

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2017)04-0089-06

## Analysis and Forecast of Land Use Change Characteristics in Wushan County from 1990 to 2010 Based on RS and GIS

CHEN Wei

(College of Arts and Sciences, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China)

**Abstract:** Wushan County is located in the hinterland of the Three Gorges Reservoir area, is also one of the key construction areas of the Three Gorges resettlement area, further, is the typical sample of land use in Three Gorges Reservoir area. Therefore, We took Wushan County as the study area, and used the Landsat TM remote sensing images in 1990 and 2010 as the main data source to explore the spatial-temporal evolution during 20 years based on RS and GIS technology and other relative data, the land use change model, and used the Markov model to forecast the change characteristics and development trend in future. The results showed that the total areas of forestland, grassland and cropland occupied the dominate situation, and formed the current land use pattern; during the 20 years, the areas of forestland, grassland, orchard, water bodies and built-up land increased, on the country, the cropland and unused land decreased. Meanwhile, the increasing and decreasing areas of water bodies and cropland were the greatest, which accounted for 47.67 km<sup>2</sup> and 136.10 km<sup>2</sup>, respectively. The forestland and water bodies had the high reserving rate, while the reserving rate for unused land was least, meanwhile, the transformation ration between forestland and cropland was higher, the adding area of forestland was maximum, the change rate of forestland was minimum, and change rate of built-up land was maximum. After 2090, the land use will reach the relatively stable state in the study area, which means that the percentage of forestland, cropland, grassland, water bodies, built-up land, unused land and orchard will be 52.96%, 6.15%, 26.69%, 8.71%, 1.38%, 0.04% and 3.97%, respectively.

**Keywords:** land use change; change characteristics; Wushan County; Markov chain

土地利用是地球表面的社会利用状态和人类对土地进行长期或周期性的经营所表现的景观<sup>[1-2]</sup>,随着人类活动对自然环境影响日益深刻,致使区域土地利用格局及其结构发生剧烈变化,且土地利用变化导致景观结构或土地利用格局(自然状态的土地覆被格局)发生变化<sup>[3]</sup>,不仅会对区域生物多样性、实际和潜在初级生产力、土壤质量、河川径流和沉积速率等产生重要影响<sup>[4-7]</sup>,而且也是全球及区域气候变化的主要驱动力之一<sup>[8]</sup>。且土地利用变化研究已成为全球变化研究的前沿和热点,在全球环境变化和可持续发展中占有重要的地位<sup>[9]</sup>,已被列入“国际地圈与生物圈计划(IGBP)”的核心项目<sup>[10]</sup>。土地资源在受到各种驱动力的作用下<sup>[11]</sup>,其数量、质量与土地利用结构随时间尺度呈现出变化,在多种时空尺度上土地利用空间格局和结构也呈现出相应变化<sup>[12]</sup>。因此,基于土地利用格局的时空动态演变研究,不仅有助于了解造成其变化原因、机理及演变趋势<sup>[13]</sup>,而、并且基于RS和GIS技术土地资源变化与驱动力研究是当今相关研究领域的热点问题<sup>[14-16]</sup>。

随着三峡工程建设和三峡后扶工程的推进<sup>[17]</sup>,使三峡库区土地利用结构发生很大变化,同时三峡库区以其特殊的自然、社会、经济等条件在全国占据特殊的战略地位,其土地利用、生态环境状况等得到越来越多专家和学者的关注<sup>[18]</sup>,一直是学术界开展相关研究的热点区域,研究其土地利用时空演变也成为当前的热点问题。巫山县位于重庆市东部,地处长江三峡腹地,扼长江“黄金水道”,有“渝东大门”之称<sup>[19]</sup>,是三峡移民安置区的重点建设区域之一,也是国家扶贫工作重点县和三峡库区的首淹首迁县之一,更是研究三峡库区土地利用变化的典型个案。巫山县作为三峡库区特殊的区位,以县级尺度研究区域性土地利用变化规律,不仅有助于掌握土地利用格局变化原因和形成机制,更为该区域大尺度土地利用变化研究提供佐证。基于此,本文选取巫山县为研究对象,借助于RS和GIS技术,以1990年、2010年Landsat TM遥感影像为主要数据源,在提取研究期内土地利用数量、质量和空间格局分布基础上,应用土地利用变化模型探究20 a区域土地利用数量和结构变化及空间演变特征,并基于Markov模型建立今后土地利用格局模拟,以其为该区域今后土地资源的合理利用、土地利用整理和可持续发展提供理论依据和技术参考。

## 1 研究区概况

巫山县地理坐标为:109°33′—110°11′E, 30°46′—31°28′N,地处四川盆地东缘山地、大巴山和鄂

西高地接壤带,长江东西向横跨县境中部,位于重庆市的最东端,有“渝东大门”之称,是长江三峡腹心地带,东邻湖北省巴东县,南连湖北省建始县,西依奉节县,北靠巫溪县和湖北省神农架林区,属四川盆地东部边缘山地,大巴山和鄂西山地接壤地带,地势南北高,中间低,相对高差为2 618.7 m,全境从南到北分布着呈条带状的三个中山区和三个低山区。研究区属于属亚热带季风性湿润气候区,立体气候特征明显,日照充足,全年气候温和,年均温度18.4℃,雨量充沛,年平均降水量1 041 mm。雨热同季,一年中降雨分布不均,主要降雨集中在5—9月,县域内有长江、大宁河两大水系,并网络大溪河、官渡河、抱龙河、小溪河、三溪河、马渡河、红岩河、福田河等条支流和条小溪分布呈树枝状,水资源丰富,但时空分布不均且可开发利用程度低<sup>[17]</sup>。典型森林植被为常绿阔叶林,珍稀植物有猕猴桃、野生大豆、三叶、银杏、红豆、珙桐、三尖杉、杜仲等,矿产资源丰富,黑色金属、有色金属、化工原料、非金属矿四大类。研究区耕地承载力达到40.54%<sup>[17]</sup>,致使该区域的人口和环境压力较大,已成为阻碍区域社会经济发展、生态环境保护的重要因素之一<sup>[17]</sup>。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源及处理

以巫山县1990年和2010年两期Landsat TM遥感图像为主要数据源,以部分野外调查数据、1:10万地形图、部分区域土地利用数据、DEM、社会经济数据及其他相关文献资料等为辅。在遥感图像处理软件ENVI 5.2支持下,基于地形图选择地面控制点,控制点多为道路交叉和河流交叉等明显地点,且尽可能均匀分布在整個图像中,利用双线性内插方法完成2010年遥感图像几何精校正,最终校正精度控制在0.5个像元之内,投影方式为UTM。在此基础上,以该校正后的数据为基准,基于图像自动匹配模块完成1990年图像配准。两期数据都采用TM453假彩色合成,在辐射增强等处理的基础上,基于该区域行政边界完成遥感图像裁剪处理。

### 2.2 土地利用信息提取

结合部分收集野外调查信息,并参照三峡库区土地利用现状分类《土地利用现状分类》和(GB/T21010—2007)标准<sup>[11]</sup>,考虑其实际土地利用现状,借助于部分土地利用数据和Google Earth高分辨率卫星,本文将其土地利用分为七类:林地、耕地、草地、园地、居民工矿用地、水域和未利用地,在ENVI中利用AOI选取典型地类作为样本,采用支持向量机(SVM, Support

Vector Model)的分类方法完成区域遥感图像分类,并对分类后的数据进行聚类(Clump Classes)和过滤(Aggregating)处理,实现对分类结果图类别合并和小图斑处理,并通过混淆矩阵和 Kappa 系数估测分类精度,总体分类的精度分别为 0.864,0.883,Kappa 系数分别为 0.84(1990 年)和 0.86(2010 年),超过了最低允许判别精度 Kappa 指数 $\geq 0.70$ 的要求<sup>[20]</sup>,满足土地分类的要求,在 ArcGIS 10 的支持下,获取两个时期的土地利用分类图。

### 2.3 土地利用数量变化研究

土地利用数量变化研究不仅包括土地利用类型面积变化、空间变化和质量变化<sup>[21]</sup>,而且也涵盖其图形特征变化、地类类型、组合方式及空间格局的时间序列变化。借助于 ArcGIS 10 的空间叠加运算及统计分析功能,综合应用土地利用动态变化的空间信息分析模型<sup>[22-23]</sup>,分析土地利用动态变化过程及各类型间相互转化的来源和去向<sup>[24-25]</sup>,在精细和准确刻画和测算土地利用时空演变基础上,揭示 20 a 间土地利用变化的空间过程与形成机制,该分析模型的数学表达式如下。

$$\begin{aligned} \text{TRL}_i &= \frac{(\text{LA}_{(i,t_1)} - \text{ULA}_i)}{\text{LA}_{(i,t_1)}} \times \frac{1}{(t_2 - t_1)} \times 100\% \\ &= \frac{(\text{LA}_{(i,t_1)} - \text{ULA}_i)}{\text{LA}_{(i,t_1)}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1) \end{aligned}$$

$$\text{IRL}_i = \frac{(\text{LA}_{(i,t_2)} - \text{ULA}_i)}{\text{LA}_{(i,t_1)}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{CCL}_i = \text{LA}_{(i,t_1)} - \text{ULA}_i \quad (3)$$

式中: $\text{LA}_{(i,t_1)} - \text{ULA}_i$ 第  $i$  种土地利用类型转化为其他非  $i$  类土地利用类型的面积总和,即为在监测期间转移部分面积; $\text{LA}_{(i,t_1)}$ 为监测期初第  $i$  种土地利用类型的面积, $\text{LA}_{(i,t_2)} - \text{ULA}_i$ 表示在监测期间非  $i$  类土地利用类型转入  $i$  类土地利用类型的面积,即为在监测期间新增的部分面积; $\text{LA}_{(i,t_2)}$ 为监测期末第  $i$  种土地利用类型的面积; $\text{ULA}_i$ 为监测期间第  $i$  种土地利用类型未变化部分的面积; $\text{CCL}_i$ 为第  $i$  种土地利用类型在监测时期  $t_1$  至  $t_2$  期间的变化速率;为其转移速率; $\text{IRL}_i$ 为其新增速率。

### 2.4 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵是研究各种土地利用类型之间的转换情况的主要方法,通过对研究期初和期末土地利用类型数量和方向特征的定量研究,以其揭示研究时段内各土地利用类型的结构特征和各类型之间的转移方向<sup>[7]</sup>,进而刻画区域土地利用变化方向以及研究期末各土地利用类型的来源与构成<sup>[26]</sup>,从而推测一些特定情景下区域土地利用的变化趋势,转移矩

阵的数学形式可以表示为<sup>[27]</sup>:

$$S = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: $n$ 为研究区土地利用类型, $P_{ij}$ 为初期到末期时段内由类型  $i$  转为类型  $j$  的转移概率,且满足以下条件:

$$\begin{cases} 0 \leq P_{ij} \leq 1 & (i, j = 1, 2, \dots, n) \\ \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 & (i = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (5)$$

对未来土地利用的预测的马尔科夫数学模型为:

$$P_{(k+1)} = P_{(k)} \times P \quad (6)$$

式中: $P_{(k)}$ 为预测对象在  $k$  时刻的状态向量; $P$ 为土地利用转移矩阵概率; $P_{(k+1)}$ 为预测对象在  $k+1$  时刻的状态向量。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用结构特征变化

在 ArcGIS 10 统计分析功能支持下,对研究区 20 a 间土地利用数据进行分类统计,计算各类土地利用类型面积(见表 1)。可以看出:林地、草地和耕地是该区域主要土地利用类型,1990 年和 2010 年 3 者面积之和占总面积比例分别为 97.05%和 94.27%,处于绝对优势地位,其中林地占据较大的比例,分别为 51.44%和 52.51%,这主要与研究区特殊的地理位置、区域人口数量及经济发展程度有关。而林地、草地、园地、水域和居民工矿用地面积增加,耕地和未利用地面积减少。不同地类变化程度和过程并不尽相同,面积数量变化上,水域面积增加最大,从 1990 年的 28.87 km<sup>2</sup> 增加到 2010 年的 76.54 km<sup>2</sup>,面积增加了 47.67 km<sup>2</sup>,得力于三峡大坝的修建及三峡库区的蓄水,林地其次,20 a 间面积增加了 31.47 km<sup>2</sup>,居民工矿用地增加最小,为 15.45 km<sup>2</sup>,虽然三峡库区淹没了部分农村居民点用地和城镇用地,但随着水利设施用地增加、移民搬迁和新城镇迁建<sup>[17]</sup>,使得城镇工矿用地呈现增加趋势。耕地和未利用地面积减少,耕地面积减少最大,为 136.1 km<sup>2</sup>,除了三峡截留淹没大量耕地外,也与该区域退耕还林等积极的林业生态政策有关,未利用地面积由 8.42 km<sup>2</sup> 减少到 3.52 km<sup>2</sup>,主要源于人类活动对该地类干扰程度在不断加剧,致使其转变为林地和园地,造成未利用地面积减少。在年变化率上,居民工矿用地最大,为 8.37%,其次是水域为 8.26%,说明这两种地类变化幅度较大,且均与三峡水利枢纽工程有关。

由表 1 可知,研究区域两个时期的总的土地格局

几乎没有发生改变,土地利用类型总体上表现为以林地、草地和耕地为主体的农林生产格局现状,水域、园地、居民工矿用地和未利用地等占据较小的比例,处于支配地位且处于镶嵌分布的空间格局,符合巫山县自身的自然区位和经济特点。

表1 1990—2010年土地利用状况及其变化

土地利用 类型	1990年		2010年	
	面积/km <sup>2</sup>	面积比例/%	面积/km <sup>2</sup>	面积比例/%
林地	1523.28	51.44	1554.75	52.51
耕地	615.70	20.79	479.60	16.20
草地	734.93	24.82	756.96	25.56
园地	40.61	1.37	64.99	2.19
水域	28.87	0.98	76.54	2.58
居民工矿用地	9.25	0.31	24.70	0.83
未利用地	8.42	0.28	3.52	0.12

### 3.2 土地利用转换特征变化

在 ArcGIS 10 的支持下,运用空间分析模型完成 1990 年和 2010 年两期数据空间叠加运算,进而获取 20 a 间各地类未变化面积、转移面积和增加面积,以其揭示土地利用类型的转换轨迹、生态过程和时空演变规律,结果见表 2。

(1) 林地未变化、转移和新增部分面积分别为 1 465.52, 57.76, 89.22 km<sup>2</sup>, 转移和新增部分积占总面积的比例分别为 1.96% 和 3.01%, 转移速率和新增速率分别为 0.19% 和 0.29%, 表明林地面积处于净增加的状态, 但具有最小的变化速率, 仅为 0.48%。新增林地主要来源于耕地和草地(见表 3), 耕地→林地转变主要源于国家林业生态政策的推行, 特别是 1997 年三峡工程截留后, 巫山县实施了较大范围的退耕还林政策和长江上游水土流失重点防治工程等, 全县范围内荒山造林成效显著<sup>[17]</sup>, 致使林地面积增加, 森林覆盖率提升, 不仅扩大山林资源、减少水土流失, 而且还调整了农业产业结构, 土地利用整体上呈现一定合理化, 区域生态环境质量有所好转。但局部区域存在着林地→耕地的转变模式, 表明林地和耕地之间的转换相对较为强烈, 说明人们加大对坡耕地的开发利用, 局部出现了乱砍滥伐、毁林开荒和陡坡垦殖等破坏森林现象<sup>[17]</sup>, 致使局部区域土地利用出现一定程度的不合理化, 很大程度上源于三峡工程实施后, 大量的耕地被淹没, 且巫山县山高坡陡且人多地少<sup>[17]</sup>, 一定程度上使得其地地关系更加紧张<sup>[28]</sup>, 造成局部区域生态环境破坏。因此, 今后要严格控制耕地侵占林地的现象, 积极实施“长江三峡为主、高山丘陵为辅”的生态安全屏障体系<sup>[17]</sup>。(2) 耕地未变化、转移和新增部分的面积分别是 457.91, 157.79, 21.69 km<sup>2</sup>, 转移率和新增率分别为 5.33% 和 0.73%, 表明研究区域内耕地面积

呈现减少趋势。其中耕地的主要流向是林地、草地、园地和水域, 耕地→林地(草地)主要得力于森林保护工程和退耕还林还草等生态工程的实施, 耕地→园地主要源于产业结构的调整和土地退化的生态恢复与重建, 当地政府加大了坡耕地和弃耕地的开发改造力度, 根据其自身资源特点, 规划并建成了较大规模的核桃、柑橘、桑蚕基地等园地区域<sup>[17]</sup>, 致使部分坡耕地转变为园地。此外, 耕地→居民工矿用地也占据一定的比例, 三峡工程的修建致使大量居民工矿用地被淹没, 其迁建和补偿性耕地整理将导致大量其被开发为城镇建设用地<sup>[28]</sup>, 这与社会经济发展、人口数量增加和城市化进程的加速息息相关。林地和草地是耕地主要新增来源, 说明局部区域人地矛盾关系紧张, 加速了土地利用呈现出不合理化。(3) 草地未变化、转移和新增部分的面积分别为 695.40 km<sup>2</sup>, 39.53 km<sup>2</sup>, 61.56 km<sup>2</sup>, 转移速率为 1.34%, 新增速率为 2.08%, 新增面积比转移面积多 22.03 km<sup>2</sup>, 说明草地处于增加的趋势。草地主要流向为林地和耕地, 面积分别为 22.04 km<sup>2</sup>, 9.11 km<sup>2</sup>, 草地→林地一定程度上反映了产业结构的调整, 草地→耕地反映了区域土地利用的不合理性, 转入草地的地类主要是耕地和林地, 其对应的面积分别为 35.68 km<sup>2</sup>, 24.09 km<sup>2</sup>, 林地→草地在一定程度上反映森林植被破坏后, 林地逐渐演变为草地, 在一定程度上表明还有毁林现象的存在, 今后要禁止毁林垦殖和过度放牧等不合理干扰活动, 减少区域环境压力, 草地→耕地则说明退耕还草工程在研究区域的成效。(4) 水域的新增和转移面积分别为 49.10, 1.44 km<sup>2</sup>, 分别占总面积的 1.66% 和 0.05%, 说明水域处于净增加的状况, 耕地和林地是水域的主要转入来源, 其面积分别为 20.59, 14.85 km<sup>2</sup>, 源于三峡大坝的修建和高水位蓄水, 致使大量的耕地和林地被淹没, 水域的转出对象为未利用地, 其面积为 0.49 km<sup>2</sup>, 源于局部水位下降而成为未利用地, 水域变化速率较大, 为 8.76%。(5) 居民工矿用地变化速率最大, 为 11.83%, 表明该地类变化最为剧烈, 耕地和林地为其主要输入来源, 其面积分别为 9.77, 5.59 km<sup>2</sup>, 随着社会经济不断发展和城镇化水平的提高<sup>[17]</sup>, 加之受移民搬迁和城镇迁建的影响, 致使部分耕地和林地被蚕食侵占, 局部区域土地利用呈现出不合理化, 生态环境恶化, 随着人口数量的增加, 人地之间的矛盾将加剧, 今后严格城镇建设用地的审批, 保护优质耕地和林地<sup>[28]</sup>, 居民工矿用地是水域的转入来源, 面积为 2.79 km<sup>2</sup>。(6) 未利用地的新增面积为 1.66 km<sup>2</sup>, 转移面积为 8.36 km<sup>2</sup>, 新增和转移速率分别为 0.87% 和 3.78%, 处于净减少状态。水域和耕地分别为其主要转出和转入类型。(7) 园地变化

速率为 3.82%,其新增和转移面积分别为 27.68,3.30 km<sup>2</sup>,耕地和草地为其主要的转入和转出类型,面积分别为 25.25,1.08 km<sup>2</sup>,耕地→园地源于当地产业结构的调整,受经济效益和政府鼓励政策的影响<sup>[28]</sup>,当地农户把耕地改为果园、茶园、桑蚕、中药材等园地,使得

该区域的农村产业也得到了快速发展。可见,三峡工程的建设一定程度上影响巫山县的产业结构调整,并导致土地利用特征的转变,耕地主要转向具有生态屏障的林地和园地;耕地和林地成为居民工矿用地和水域的主要转入来源。

表 2 研究区 1990—2010 年土地利用动态变化率

土地 类型	未变化 面积/hm <sup>2</sup>	转移部分			新增部分			
		面积/hm <sup>2</sup>	占总面积/%	转移速率/%	面积/hm <sup>2</sup>	占总面积/%	新增速率/%	变化速率/%
林地	1465.52	57.76	1.96	0.19	89.23	3.01	0.29	0.48
耕地	457.91	157.79	5.33	1.28	21.69	0.73	0.18	1.46
草地	695.40	39.53	1.34	0.27	61.56	2.08	0.42	0.69
园地	37.31	3.30	0.11	0.41	27.68	0.93	3.41	3.82
水域	27.44	1.44	0.05	0.25	49.10	1.66	8.51	8.76
居民工矿用地	6.04	3.21	0.11	1.74	18.66	0.63	10.09	11.83
未利用地	2.05	6.36	0.21	3.78	1.47	0.05	0.87	2.33

3.3 土地利用动态预测

应用马尔柯夫模型对土地利用的未来趋势进行预测的可靠性也得到了验证<sup>[29-31]</sup>。因此,本文以 1990—2010 年 20 a 间的土地利用变化矩阵作为转移概率(见表 3),以 2010 年土地利用类型所占面积百分比作为初始向量,表示为:

$$P_{(k)} = (0.5251, 0.1620, 0.2556, 0.0219, 0.0083,$$

$$0.0012, 0.0258)$$
 (7)

以 20 a 为时间隔短,基于 Matlab 软件编写马尔柯夫过程的具体运算程序,基于马尔可夫过程的转移概率和稳定动态方程建立区域今后土地利用土地利用格局模拟,预测 2030 年、2050 年及以后若干年的土地利用类型变化特征和发展趋势。

表 3 1990—2010 年研究区域土地利用转移概率

参数		2010 年						
		林地	耕地	草地	水域	居民工矿用地	未利用地	园地
1990 年	林地	96.21	0.78	1.58	0.98	0.36	0.02	0.07
	耕地	10.63	74.37	5.80	3.34	1.59	0.17	4.10
	草地	3.00	1.24	94.62	0.61	0.41	0.02	0.10
	水域	1.14	0.19	1.04	95.02	0.89	0.01	1.71
	居民工矿用地	0.66	2.02	1.42	30.23	65.31	0.01	0.35
	未利用地	4.56	0.68	3.20	66.85	0.12	24.41	0.18
	园地	2.28	1.13	2.67	1.93	0.06	0.06	91.87

在预测期间内,如果保持现有的土地利用政策和当前人类干扰活动不变的情况下<sup>[32]</sup>,基于 Markov 模型预测 2010 年以后(以 20 a 为间隔)研究区域各土地利用类型结构。由表 4 可知:林地、草地、水域、居民工矿用地和园地面积比重持续增加,水域增加幅度相对较大,其他地类的增加幅度并不是很大,耕地和未利用地的面积比重持续减少。但是到了 2090 年后,林地也呈现减少的趋势,而草地、水域、居民工矿用地和园地一直呈现递增的趋势,这种变化在 2090 年持续一段时间后,各种地类的比重基本稳定,此时占林地 52.96%、耕地占 5.24%、草地占 26.69%、水域占 8.81%、居民工矿用地占 1.38%、未利用土地占 0.04%和园地占 3.97%,基本上达到相对稳定的状态,土地利用总体特没有发生太大的变化,总体特征为林地为主农林水生产相结合格局现状。

表 4 研究区域现状及动态模拟的土地利用结构特征

土地利用类型	%					
	2010 年	2030 年	2050 年	2070 年	2090 年	t→∞
林地	52.51	53.12	53.36	53.38	53.21	52.96
耕地	16.20	12.82	10.33	8.50	7.15	6.15
草地	25.56	26.07	26.38	26.56	26.65	26.69
水域	2.19	4.04	5.38	6.63	7.78	8.81
居民工矿用地	0.83	1.12	1.27	1.34	1.37	1.38
未利用地	0.12	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
园地	2.58	2.76	3.22	3.54	3.79	3.97

4 结论

(1) 研究区地利用类型总体上以林地、草地耕地和为主体,其面积比例分别为 97.05%和 94.27%,处于绝对优势地位,林地面积比例分别为 51.44%和 52.51%,与研究区特殊的地理位置、区域人口数量及经济发展程度有关。

(2) 20 a 来不同地类变化程度和过程并不尽相同,水域面积增加最大,耕地面积减少最多,分别为 47.67 km<sup>2</sup>,136.10 km<sup>2</sup>,居民工矿用地变化率最大,为 8.37%,水域次之,为 8.26%;林地→耕地、草地和居民工矿用地表明毁林现象的存在,耕地→林地(草地)归因于林业生态政策的推行,林地→园地源于经济效益和政府鼓励政策。

(3) 在土地利用结构动态转移过程中,林地和水域具有较高的未变化率(保留率),分别为 96.21%和 95.02%,草地次之,未利用地未变化率最小,仅为 24.41%,林地和耕地之间的转换相对较为强烈,具有较高的转换率,林地变化速率最小,为 0.48%,但新增面积最大,为 89.22 km<sup>2</sup>,居民工矿用地变化速率最大,为 11.83%。

(4) 在预测期间内,研究区 2010 年后土地利用变化趋势是林地、草地、水域、居民工矿用地和园地逐年增加,耕地和未利用地面积逐年减少,但持续到 2090 年后,土地利用结构基本达到相对稳定的状态,林地、耕地、草地、水域、居民工矿用地和园地的面积比例分别为 52.96%,6.15%,26.69%,8.71%,1.38%,0.04%和 3.97%。

#### 参考文献:

- [1] 张国坤,邓伟,宋开山,等.新开河流域土地利用格局变化及其生态学意义[J].生态学报,2006,26(9):3025-3034.
- [2] 张国坤,卢京花,宋开山,等.吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化[J].生态学报,2012,2(12):3958-3965.
- [3] 傅伯杰,陈利顶,王军,等.土地利用结构与生态过程[J].第四纪研究,2003,23(3):247-255.
- [4] Qian L X, Che H S, Chang J. Impacts of land use and cover change on land surface temperature in the Zhujiang Delta[J]. Pedosphere, 2006,16(6):681-689.
- [5] Hu X F, Wu H X, Hu X, et al. Impact of urbanization on Shanghai's soil environmental quality[J]. Pedosphere, 2004,14(2):151-158.
- [6] 张殷俊,陈爽,彭立华.平原河网地区水质与土地利用格局关系[J].资源科学,2009,31(12):2150-2156.
- [7] 任斐鹏,江源,熊兴,等.东江流域近 20 年土地利用变化的时空差异特征分析[J].资源科学,2011,33(1):143-152.
- [8] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, et al. Human domination of earth's ecosystems[J]. Science, 1997,277:494-499.
- [9] 周兰萍,魏怀东,丁峰,等.1998—2005 年石羊河流域土地利用/覆盖变化及其分析[J].水土保持通报,2009,29(1):169-173.
- [10] 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):553-557.
- [11] 国洪磊,周启刚,焦欢,等.三峡库区土地利用变化特征

- 研究[J].水土保持研究,2016,23(2):313-317.
- [12] 孙希华.济南泉域土地利用动态变化及驱动力研究[J].国土资源遥感,2004(1):60-64.
- [13] 张国坤,邓伟,张洪岩,等.新开河流域土地利用格局变化图谱分析[J].地理学报,2010,65(9):1111-1120.
- [14] 段金龙,张学雷.基于仙农稿的土壤多样性和土地利用多样性关联评价[J].土壤学报,2011,48(5):1-5.
- [15] 邵景安,李阳兵,魏朝富,等.区域土地利用变化驱动力研究前景展望[J].地球科学进展,2007,22(8):798-809.
- [16] 李晓燕,赵广敏,李宝毅.我国东北地区土地资源变化态势分析[J].水土保持研究,2010,17(5):68-74.
- [17] 姚玲.巫山县土地利用变化及其对土地生态安全的影响研究[D].重庆:西南师范大学硕士论文,2012.
- [18] 谢高地,鲁霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2001,16(2):47-53.
- [19] 廖和平,洪惠坤,陈智.三峡移民安置区土地生态安全风险评价及其生态利用模式:以重庆市巫山县为例[J].地理科学进展,2007,26(4):33-43.
- [20] Lucas I F J, Frans J M, Wel V D. Accuracy assessment of satellite derived land cover data: a review [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994, 60(4):410-432.
- [21] 姬桂珍,吴承祯,洪伟.南平市土地利用结构的动态变化[J].福建农林大学学报,2006,35(1):87-92.
- [22] 刘盛和,吴传钧,沈洪泉.基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式[J].地理学报,2000,5(4):407-416.
- [23] 张新长.基于 GIS 技术的城市土地利用时空结构演变分析模型研究[D].武汉:武汉大学,2003.
- [24] 王良健,包浩生.基于遥感和 GIS 的区域土地利用变化的动态监测研究[J].经济地理,2000,20(2):47-50.
- [25] 史培军,陈晋.深圳市土地利用变化机制分析[J].地理学报,2000,52(2):151-160.
- [26] 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.
- [27] 白根川,夏建国,王昌全,等.基于地类空间转化趋势模型的眉山市东坡区土地利用转化分析[J].资源科学,2009,31(10):1793-1799.
- [28] 杨圆鉴.基于 RS/GIS 的巫山县土地利用/土地覆被变化研究[D].重庆:西南大学,2009.
- [29] 陈江龙,曲福田,王启仿.经济发达区土地利用结构变化预测[J].长江流域资源与环境,2003,12(4):317-321.
- [30] 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.
- [31] 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):272-27.
- [32] 白晓娟,赵雨森.基于 RS 与 GIS 的哈尔滨市土地利用格局演变及其预测研究[J].林业资源理,2010,2(21):102-106.