

# 漓江流域土地利用变化分析及预测

周 玲<sup>1,2</sup>, 张 丽<sup>2</sup>, 许君一<sup>1</sup>, 闫 敏<sup>1,2</sup>, 李 通<sup>3</sup>

(1. 山东科技大学 测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266590;

2. 中国科学院 遥感与数字地球研究所 数字地球重点实验室, 北京 100094; 3. 山东农业大学, 山东 泰安 271018)

**摘 要:**以 1993 年、1999 年、2006 年和 2010 年四期 Landsat 遥感数据为基础,应用混合分类法对研究区主要景观类型进行分类,并通过土地利用转移矩阵及四种常用景观指数分析了漓江流域近 20 a 来的土地利用变化特征。针对研究区近 20 a 的土地利用变化情况,应用 CLUE-S 预测模型对漓江流域 2020 年的土地利用变化情况进行预测。结果表明:漓江流域土地利用在近 20 a 间发生了较大变化,具有重要生态功能的林地面积退化明显,建设用地与耕地所占比重不断增加。通过对四期 TM 数据进行景观分析,发现研究区内景观优势度减小,破碎度增加,由此认为研究区内生态环境正在逐步退化,这主要与漓江流域水源林地遭到不断砍伐以及人类经济活动有关。基于历史土地利用数据用 CLUE-S 模型对漓江流域 2020 年土地利用格局进行模拟,发现林地面积继续减少,建设用地面积持续增加。该模拟结果可为漓江流域经济发展、土地规划及生态保护提供参考依据。

**关键词:**漓江; 土地利用; 景观分析; 生态环境; CLUE-S 预测模型

**中图分类号:**F301.2; TP79

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2013)06-0218-06

## Analysis and Prediction of the Land Use Changes in the Lijiang River Basin

ZHOU Ling<sup>1,2</sup>, ZHANG Li<sup>2</sup>, XU Jun-yi<sup>1</sup>, YAN Min<sup>1,2</sup>, LI Tong<sup>3</sup>

(1. Geomatics College, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong

266590, China; 2. Key Laboratory of Digital Earth Science, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China; 3. Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

**Abstract:**Based on the Landsat images of 1993, 1999, 2006 and 2000, hybrid classification method was used to classify the landscape of Lijiang River Basin and analyzed the land use changes through land use change detection and analysis of landscape indices (dominance index, evenness index, fragmentation index and diversity index). Furthermore, CLUE-S model was used to predict the land use spatial patterns in the future. The result showed that the land use in the Lijiang River Basin had large changes over the last 20 years, including the reduction of forest area and the increase of construction sites and cultivated area. The dominance index of the study area decreased and the fragmentation index increased, which indicated that the ecological environment had degenerated gradually because the head water forest was destroyed by human and economic activities. CLUE-S model was used to forecast the spatial patterns of land use for the year of 2020. The result indicates that the forest area will continue to decrease and the construction land will continue to increase. The results can provide some references for economic development, land use planning and ecological protection of the study area.

**Key words:**Lijiang River; land use; landscape analysis; ecological environment; CLUE-S model

土地利用是人类活动影响自然界的直接反映,也是全球变化研究的重要组成部分。近年来,越来越多的学者致力于土地利用变化研究。漓江是桂林山水的纽带和桂林市旅游业的黄金水道乃至生命线,在生

态和经济领域有着重要的地位,于 1978 年被列为国家重点保护的 13 条江河之一<sup>[1]</sup>。近 20 a 来,随着桂林市经济步伐的加快,人口数量的不断增加,流域城镇化速度加快,漓江流域的土地利用格局发生了较大

收稿日期:2013-04-10

修回日期:2013-05-06

资助项目:国家科技支撑计划课题(2012BAC16B01)

作者简介:周玲(1989—),女,山东济南人,硕士研究生,主要从事遥感应用方面的研究。E-mail:zhouling8903@163.com

通信作者:张丽(1975—),女,新疆伊宁人,博士,副研究员,主要从事植被遥感与国土资源调查方面的研究。E-mail:lizhang@ceode.ac.cn

变化。土地利用的变化与漓江水量急剧减少,枯水期越来越长,水质降低,生态环境退化等问题密切相关<sup>[2]</sup>。

为了及时掌握漓江流域土地利用和植被覆盖变化等情况,实现资源与环境的可持续发展,应用遥感技术实现对土地利用变化进行监测变得尤为重要。目前,吴虹<sup>[3]</sup>、向悟生<sup>[4]</sup>、杨永德<sup>[5]</sup>等学者,基于三期 Landsat 中分辨率影像获取了流域内土地利用变化信息,分析了漓江流域的生态退化情况。但由于漓江流域经济的快速发展,及土地利用变化监测的强时效性。

因此,本文应用四期 Landsat 遥感影像对漓江流域土地利用变化进行研究,探讨近 20 a 来漓江流域的土地利用演变特征,并基于已有的土地利用数据和 CLUE-S(Conversion of Land Use and its Effects at Small region extent)模型对漓江流域未来土地利用变化情况进行预测模拟。这对漓江流域土地利用方式的合理配置,漓江生态环境保护以及流域经济社会的可持续发展具有十分重要的意义。

## 1 数据资料及研究方法

### 1.1 研究区概况

漓江隶属珠江水系,发源于广西北部兴安县境内的猫儿山,由北向南流经兴安、桂林、灵川、阳朔、平乐诸县市,东西宽度约 34 km,全长约 214 km,河流总面积约有 6 050 km<sup>2</sup>。研究区地处 109°45′—110°40′E, 24°18′—25°41′N,位于广西壮族自治区东北部,总人口约 584 万,主要集中在各个县市,其中以桂林市人口最多,现有人口 498.84 万人,其中市区人口约 97.56 万人。漓江流域属于中亚热带湿润季风气候区,气候温暖,平均气温 16~23℃。由于其独特的地理条件,研究区内降雨量丰富,年降水量均在 1 000 mm 以上<sup>[6]</sup>。

研究区内整体地势北高南低,北部为碎屑岩中低山地貌,平均海拔为 900~1 100 m;中南部为盆地、丘陵或河谷地貌特征,具有典型的喀斯特地貌特征,海拔约 100~600 m。东西两侧多为山体,海拔较高,中部由于河流多年冲击,地势较低且平坦。整个流域山峦叠嶂,溪谷纵横,植被丰富,构成了丰富的景观类型,其主要土地覆盖类型有林地、灌木、草地及耕地等,建筑用地主要集中在桂林、兴安、灵川、阳朔等城市及其周围,其中以桂林市城市建筑面积最大。

本研究影像数据选取 1993 年、1999 年、2006 年和 2010 年 6—9 月的四期 Landsat TM/ETM+ 影像,空间分辨率为 30 m。研究区覆盖四幅影像,轨道号为:125-42,124-42,125-43 及 124-43。为保证实验

分类精度,在进行实验之前对四期 TM 影像进行影像配准与几何精校正,校正精度在 0.5 个像元内。

### 1.2 土地景观分类和变化监测

根据第二次全国土地调查分类系统,并结合漓江流域特有的地貌类型,将研究区土地利用类型划分为耕地、林地、灌木/草地、建设用地、水体 5 种地类;由于高大乔木林多分布在山区,且与低矮灌木植被类型相差较大,因此在对影像进行分类时能够将其较好地区分开来;而研究区内草地种类较多,与灌木的分布区域一致,主要分布于山底及中部低矮山丘,且两者具有相似的光谱信息,因此本研究将灌木与草地划分为同一地类。通过比较不同的分类方法的实验结果,最终确定应用混合分类方法对四期影像进行分类。混合分类方法是一种将非监督分类与监督分类相结合的分类方法,将非监督分类方法所具有的自动对具有相同光谱特征类别进行集群的能力,辅助于训练样本的获取<sup>[7]</sup>。该方法可以有效降低因人工判断类别光谱纯度不准确而引起的类别样本光谱混杂问题,能在一定程度上提高分类精度<sup>[8]</sup>。

通过随机选取验证样本,并结合人工筛选和目视解译,对土地景观分类结果进行精度验证,应用整体精度、Kappa 系数、生产者精度和用户精度 4 个精度指数对分类结果进行评价<sup>[9]</sup>。精度评价过程中验证样本的选取与训练样本基本没有重叠区,即使是相同地物的多个样本也相隔一定距离进行选取<sup>[10]</sup>。

在完成土地利用解译分类后,基于已有的四期土地利用数据,通过计算研究区内的优势度、破碎度等景观指数和各个地类间的转移矩阵,获取各地类所占比例及近 20 a 间转移变化数据,实现对研究区土地利用变化的定量分析。

### 1.3 景观分析

景观指数是指能够高度浓缩景观格局信息,反映景观结构组成和变化特征的定量参数<sup>[11]</sup>。本文通过计算多样性、优势度、均匀度和破碎度 4 个指数对研究区景观变化进行分析。

(1) 多样性指数的大小反映景观类型的多少以及各景观类型所占比例的均匀程度。多样性指数愈高,说明景观类型愈丰富,并且各个类型所占的比例也愈均匀,可表达为:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i) \times \ln(P_i) \quad (1)$$

式中: $P_i$ ——景观类型  $i$  所占的比例; $m$ ——景观类型的数目。

(2) 优势度指数表示景观多样性对最大多样性

之间的偏差。表征景观组成中某种或某些景观类型支配景观的程度,表示如下:

$$D=H_{\max}-H=H_{\max}-\sum_{i=1}^m(P_i) \tag{2}$$

式中: $H_{\max}$ ——在最大均匀条件下的多样性指数。

(3) 均匀度指数用于描述景观中不同类型分配的均匀程度,计算公式如下:

$$E=(\frac{H}{H_{\max}})\times 100\% \tag{3}$$

(4) 景观破碎度反映景观空间结构的复杂性。破碎度越大,景观受分割程度越大,说明林地资源被利用强度越大,其计算公式为:

$$C=\sum_{i=1}^m(n_i/A) \tag{4}$$

式中: $A$ ——研究区总面积; $n_i$ ——景观类型  $i$  的斑块总数<sup>[12]</sup>。

1.4 土地利用类型变化预测

CLUE-S 模型是荷兰瓦赫宁根大学“土地利用变化和影响”研究小组在 CLUE 模型的基础上开发的<sup>[13]</sup>。CLUE-S 模型假设一个地区的土地利用变化是受该地区的土地利用需求驱动的,并且一个地区的土地利用空间分布与该区域土地需求以及该地区的自然环境和社会经济状况处于动态的平衡之中<sup>[14]</sup>。在此假设的基础上,CLUE-S 模型运用了系统论的方法处理不同土地利用类型之间的竞争关系,实现了对不同土地利用变化的同步模拟<sup>[15]</sup>。从模型结构来看,CLUE-S 模型主要包括两个方面,一是非空间土地需求部分,另一个是空间部分。非空间土地需求模块主要计算研究区内由土地需求驱动因素导致的土地类型数量的变化,或者计算设定的不同情景条件下的土地需求;空间分配模块则把非空间土地需求模块计算出的土地需求结果分配到研究区的空间位置上,达到空间模拟的目的<sup>[16]</sup>。

CLUE-S 模型预测原理如公式(5),计算各土地利用类型在每个栅格单元的总概率。对各土地利用类型赋相同的迭代变量值(ITER<sub>u</sub>),按照每一栅格对不同土地利用类型分布的总概率(TPROP)从大到小对各栅格的土地利用变化进行初次分配。若土地利用初次分类的面积大于需求面积,就减小 ITER<sub>u</sub> 的值;反之,就增大 ITER<sub>u</sub> 的值,然后进行下一次分配,直到各土地利用变化的分配面积等于需求面积为止,然后,保持该年的分配图并开始对下一年土地利用变化进行分配<sup>[17]</sup>。

$$TPROP_{i,u}=P_{iu}+ELAS_u+ITER_u \tag{5}$$

式中:TPROP<sub>i,u</sub>—— $i$  栅格单元上土地利用类型  $u$  的总概率; $P_{iu}$ ——通过 Logistic 回归方程求得的空间

分布概率;ELAS<sub>u</sub>——土地利用类型  $u$  的转移弹性;ITER<sub>u</sub>——土地利用类型  $u$  的迭代变量。

1.4.1 实验技术流程 根据土地利用预测与模拟的原理与方法,本文基于 1993 年、2006 年土地利用类型图,结合 DEM、坡度、坡向、道路、铁路及水域分布等驱动因子数据,应用 CLUE-S 模型对漓江流域 2010 年土地利用格局进行模拟,并根据已有的 2010 年土地利用分类图进行比较验证与参数调整,在达到模拟精度后,对 2020 年土地利用格局进行模拟。具体实验技术流程见图 1。

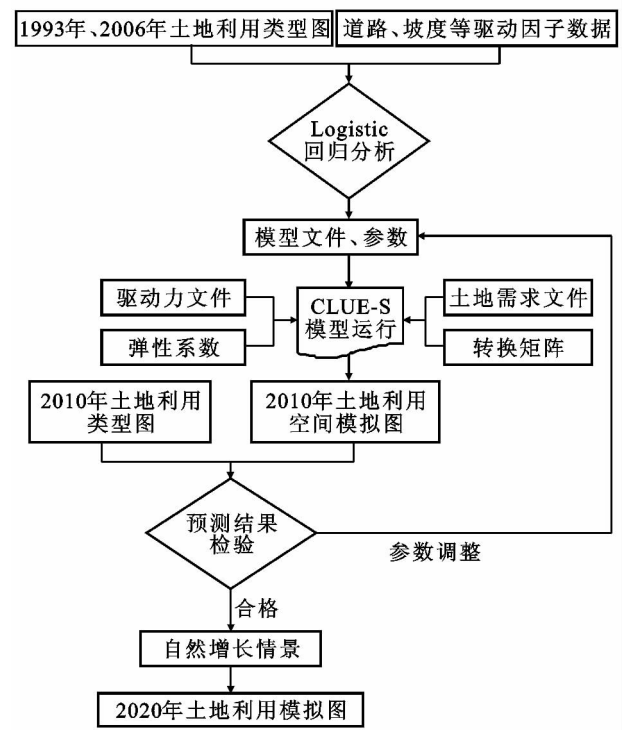


图 1 漓江流域土地利用变化预测流程

1.4.2 模拟步骤 模型动态模拟是在综合分析研究区土地利用空间分布、土地利用变化规则和研究初期土地利用现状图的基础上,对土地利用需求进行分配的过程。这种分配是模型通过多次迭代实现的,具体模拟步骤如下:

(1) Logistic 回归分析。Logistic 回归分析是 CLUE-S 模型进行土地利用动态模拟之前的重要步骤。在获取驱动因子之后,土地利用与驱动因子的关系可以用 Logistic 逐步回归进行评价分析。Logistic 回归分析是土地利用变化研究的一种常用方法,通过计算事件的发生概率,使用自变量作为预测值,可以解释土地利用类型和其驱动力因素之间的关系。

(2) 驱动因子的确定。基于 Logistic 回归分析的结果,并结合研究区具体情况,共选取了六种驱动因子:距道路距离、高程(DEM)、坡度、坡向、距水系距离和距铁路距离。在此基础上准备模型中需要输

入的文件,包括驱动力文件、土地利用图、土地需求量及限制区域文件等,且在准备文件时应注意保持所有栅格数据的分辨率必须一致。

(3) 应用 GIS 将模型所需文件统一转换为 ASCII 格式,并将文件名改为模型默认格式。运行 CLUE-S 模型,模型会计算各栅格适合土地利用类型的概率,进行迭代运算,直到各土地利用变化的分配面积等于需求面积为止。将模型模拟结果与已有土地利用图进行比较,应用公式(6)计算 Kappa 系数进行精度评价,分析模型模拟精度,对模型参数进行进一步调整,直至模拟精度符合要求为止。

$$Kappa=\frac{P_o-P_c}{P_p-P_c} \tag{6}$$

式中: $P_o$ ——正确模拟的比例; $P_c$ ——随机情况下期望的正确模拟比例; $P_p$ ——理想分类情况下正确模拟的比例。

2 结果与分析

2.1 土地利用监测

实验基于混合分类方法,获得漓江流域 1993 年、1999 年、2006 年、2010 年四期土地利用类型图(附图 8—9)。通过随机选取样本对分类结果进行精度验证,验证结果表明,四期分类影像的整体精度均达到 85% 以上,Kappa 系数达到 80% 以上。在分类过程中,由于某些地类的光谱信息相似,容易产生异物同谱的现象,导致分类结果不够精确。例如在生长季节,灌木/草地生长旺盛,其光谱信息易与林地混淆等。

图 2 为研究区内各地类所占比例及 1993—2010 四期相同地类间的变化情况。从附图 8—9、图 2 可以看出,漓江流域所占比例最大的地类为林地,为 42.58%~46.81%,其次为灌木/草地和耕地,所占比例分别为 16.52%~24.45% 和 24.21%~32.07%。研究区主要包括桂林、临桂、兴安、灵川及阳朔等城市,建设用地所占比例为 2.55%~4.42%。所占比例最小的为水体,主要包括漓江及其上游的青狮潭水库等,约为 2% 左右。1993—2010 年的近 20 a 间,漓江流域的土地利用分布发生了较大变化,林地面积比重持续降低,从 1993 到 2010 年减少了 4.23%,灌木/草地比重下降了约 8%。而耕地与建设用地所占比重增加,尤其是 2010 年,建设用地面积增幅尤为突出,临桂、桂林和阳朔等城市发展迅速,建设面积扩张明显。这表明随着经济发展及政策因素,城市人口不断增加,粮食与住房需求不断增加,耕地与建设用地呈现扩张趋势,而水源林地面积的减少表征漓江流域的生态环境正在发生退化。

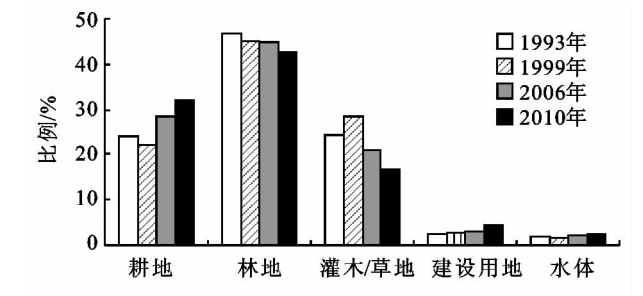


图 2 研究区各地类所占比例及变化情况

2.2 土地利用变化

表 1 为 1993—1999 年土地利用类型转移矩阵。从变化幅度看,1993—1999 年,林地面积约减少了 1.82%,灌木/草地面积约增加了 4.04%,耕地面积有所减少,但变化幅度不大。根据表 1 可知,林地主要向灌木/草地转移(16.97%),而其他四种地类向林地转换的面积总和远远小于林地减少的面积,因此在这段时间内,林地所占比例减少。而由于经济活动的发展,农民经济收入依赖于农林结合模式,毛竹、马尾松及果树等经济灌木林增加<sup>[18]</sup>,因此耕地向灌木/草地的转化比例较大,灌木/草地面积相对增加。此外,建设用地面积受人口及经济建设等因素影响也有增加。

表 1 漓江流域 1993—1999 年土地利用转移矩阵 %

土地利用类型		1993 年				
		林地	灌木/草地	耕地	建设用地	水体
1999 年	林地	81.44	19.70	2.08	6.23	20.98
	灌木/草地	16.97	71.11	25.50	18.59	20.8
	耕地	1.29	8.60	67.30	12.88	3.16
	建设用地	0.06	0.40	3.95	53.31	9.07
	水体	0.25	0.19	1.17	8.99	46.03

由表 2 可知,1999—2006 年间,灌木/草地向耕地转移了 28.81%,向建设用地转化了 1.91%,林地向耕地转化了 3.23%。这表明研究区耕地与建设用地进一步扩张。1999 年,桂林市人民政府对漓江展开了专项综合治理,总投资高达 6.5 亿元。治理内容包括植树及水土保持,目的在于改善漓江生态环境<sup>[19]</sup>。因此,1999—2006 年,代表人工植被的经济灌木植被受到抑制,灌木/草地所占比重减小,林地比重与往年基本持平,而受经济发展及人口压力的原因,耕地与建设用地的比重有所增加(表 2)。

由表 3 可知,2006—2010 年,耕地与建设用地比重持续增加,建设用地面积增幅突出,增加了 40% 左右,灌木/草地主要转移为耕地,转化了 22.92%,耕地向建设用地转移明显;研究区虽然受到生态保护,但受经济发展的影响,水源林地面积仍在减少,主要向灌木/草地及耕地转化。因此研究区总体的变化趋势是耕地与建设用地面积的增加。根据第六次全国人口普查,桂林市 2010 年总人口达到 483.28 万,

2000—2010 年 10 a 间人口增长了 15.56 万。人口增长必然增加对食物、住房的需求,因此造成耕地与建设用地的扩张。

表 2 漓江流域 1999—2006 年土地利用转移矩阵 %

土地利用类型	1999 年					
	林地	灌木/草地	耕地	建设用地	水体	
2006 年	林地	83.99	24.06	1.77	1.79	9.89
	灌木/草地	11.94	44.40	6.18	3.00	5.56
	耕地	3.23	28.81	88.10	23.85	10.58
	建设用地	0.28	1.91	2.95	56.22	4.60
	水体	0.57	0.83	1.01	15.15	69.36

表 3 漓江流域 2006—2010 年土地利用转移矩阵 %

土地利用类型	2006 年					
	林地	灌木/草地	耕地	建设用地	水体	
2010 年	林地	80.42	20.26	5.91	2.62	6.54
	灌木/草地	11.00	54.33	6.45	3.46	1.53
	耕地	7.02	22.92	81.23	19.61	12.32
	建设用地	0.57	1.27	5.56	71.47	11.75
	水体	0.99	1.22	0.85	2.84	67.85

总体而言,近 20 a 间,林地是每一时期研究区内的主要土地利用类型,但其呈现出不断退化的趋势。研究区土地利用的主要变化趋势是林地和灌木/草地向耕地和建设用地的转变,造成这种变化的原因,主要是流域内桂林、兴安等城市的快速发展、政府产业政策以及其他经济活动<sup>[4]</sup>。

### 2.3 景观格局分析

根据景观多样性、优势度、均匀度和破碎度等景观格局参数,基于四期土地利用数据,获得研究区 4 个年份土地景观参数,结果如图 3 所示。根据图 3 数据所示,1990—2010 年间,漓江流域内的景观多样性

增加,从 1.531 增加到 1.648。但研究区内的土地利用类型并未增加,说明研究区内景观多样性的增加并不是由于土地利用类型的增加引起的,而是由于各景观类型破碎度增加,斑块增多而导致的。而优势度从 0.549 减小到 0.431,说明漓江流域占主导地位的林地面积所占比重有所下降,面积优势减小。破碎度从 0.121 增加到 0.127 说明流域内斑块数量增加,景观分割程度加大。农业集约化程度提高、漓江水源地过度开发、木材加工厂大量收购木材等<sup>[1]</sup>经济活动都是导致漓江流域优势度减小、破碎度增加的原因,这进一步说明漓江流域受人类活动的影响,生态环境正在不断恶化。

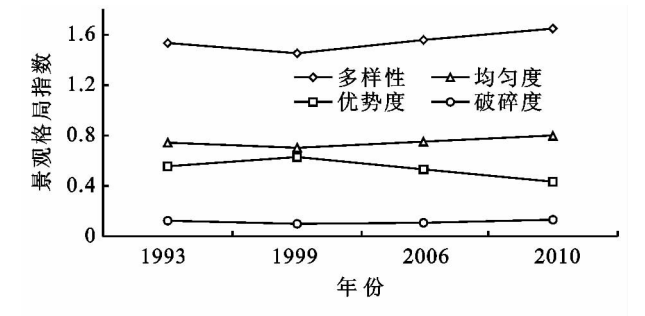


图 3 漓江流域景观格局指数

### 2.4 土地利用类型变化预测分析

以 1993 年、2006 年土地分类图以及研究区内的道路、铁路、水域分布、坡度、坡向、DEM 高程六类驱动因子数据为基础,进行 Logistic 回归分析,获取驱动因子对土地利用格局的影响关系;其中坡度与坡向两类驱动因子由 DEM 提取获得。各地类与驱动因子之间的  $\beta$  系数如表 4 所示,根据  $\beta$  系数建立各土地利用类型与驱动因子间的回归方程。

表 4 Logistic 回归分析结果

驱动因子	耕地	林地	灌木/草地	建设用地	水体
坡度	-0.1144017	0.0505983	0.0245065	-0.0160674	0.0457702
坡向	-0.0023484	0.0023963	-0.0008307	0.0007997	0.0030995
DEM(高程)	-0.0083926	0.0040794	-0.0013648	-0.0067365	-0.0090383
距道路距离	-0.0000423	0.0001220	-0.0000600	-0.0000894	0.0000490
距铁路距离	-0.0000023	-0.0000099	0.0000184	-0.0000388	-0.0000103
距水域距离	0.0000175	0.0000216	0.0000292	-0.0000476	-0.0000413
常量	2.6259082	-5.4033401	0.4334259	0.9144087	-1.5159786

基于研究区已有土地利用格局,结合 Logistic 回归分析结果(表 4)以及模型所需文件,应用 CLUE—S 预测模型,对漓江流域 2010 年土地利用格局进行模拟,结果如附图 10a 所示。通过对比 2010 年分类现状图(附图 9),认为漓江流域 2010 年的土地利用模拟图与实际土地利用格局整体基本一致,Kappa 系数为 73.6%,说明 CLUE-S 模型适用于漓江流域的土地利用变化预测。预测的漓江下游耕地分布面积之

所以小于监测结果,可能是由于近年来阳朔县推广实施农作物“三避”技术,利用智能大棚、简易大棚、天膜和地膜覆盖等技术手段保护农作物免受灾害,大力促进农业发展造成的<sup>[20]</sup>。

以 1999 年、2006 年的土地利用图和 Logistic 回归方程为基础,同时调整模型文件参数,预测漓江流域 2020 年土地利用分布图,预测结果见附图 10b。根据《桂林市城市总体规划(2010—2020 年)》的内

容,漓江流域未来建设将注重生态与人文资源的有效保护和利用,至2020年,规划区城镇建设用地总规模将达到200 km<sup>2</sup>左右,中心城区城市建设用地为131 km<sup>2</sup>,在保护漓江山水资源的基础上,实现城市与乡镇又快又好发展。如附图10b所示,漓江流域的土地利用格局将延续1993—2010年的变化趋势:灌木/草地面积减少,耕地面积有所增加。而受发展政策的保护,水源林地受到保护,未出现明显退化。建设用地出现大面积扩张,扩张区域除却桂林及其他城市,耕地及漓江沿岸周边城镇建设用地面积也有较大增幅,而转入建设用地的主要是耕地、和灌木/草地。说明预测模拟结果符合桂林未来的城市规划。

### 3 结论

本文基于漓江流域四期土地利用状况总结了近20 a来该区土地利用演变的时空特点,并对研究区未来的土地利用情况进行了模拟,为漓江流域下一步土地利用发展提供了参考依据。

通过对研究区1993—2010年四期土地利用图进行变化分析,发现漓江流域土地利用在近20 a间发生了较大变化,水源林地面积与灌木/草地面积减少,耕地与建设用地大面积扩张,土地利用类型的主要转移方向为林地和灌木/草地向耕地与建设用地的转化。受漓江流域经济的快速发展及推广农业技术发展等政策因素的影响,漓江流域水源林地不断受到砍伐、破坏,导致整个区域的优势度减小,破碎度增加。由于植被的退化和景观结构配置的不合理,研究区生态功能出现退化,从而导致水源涵养、土壤保持和生物多样性等生态指数均出现了下降。

本文针对漓江流域进行了全面的分析研究。在以往土地利用变化分析基础上,进一步研究了CLUE-S模型在漓江流域土地利用预测模拟中的应用。通过与桂林城市总体规划政策进行比较,认为研究区2020年土地利用模拟结果科学合理,耕地、林地、建设用地等主要地类在模拟结果中的空间布局符合漓江流域经济发展的一般规律,同时也符合桂林市城乡布局的总体方向。

#### 参考文献:

- [1] 向悟生,丁涛,李先琨,等. 漓江流域土地利用/覆被变化及其对生态环境效益的影响分析[J]. 湖北农业科学, 2011,50(5):934-939.
- [2] 李先琨,吕仕洪,黄玉清,等. 漓江流域红壤侵蚀区植被演替与复合农林试验[J]. 生态环境, 2007,16(1):140-148.
- [3] 吴虹,郭远飞,郭远东,等. 基于 TM/ETM+ 和 MODIS 的漓江流域生态环境遥感动态监测[J]. 国土资源遥感, 2007(3):56-62.
- [4] 向悟生,李先琨,丁涛,等. 土地利用变化对漓江流域生态服务价值影响[J]. 水土保持研究, 2009,16(6):46-55.
- [5] 杨永德,吴虹,郭建东,等. 漓江源及上游生态环境变化遥感调查[J]. 桂林工学院学报, 2005,25(1):36-41.
- [6] 栗维斌. 漓江风景区森林景观格局分析[D]. 北京:北京林业大学, 2008.
- [7] 刘咏梅,杨勤科,汤国安. 陕北黄土丘陵地区坡耕地遥感分类方法研究[J]. 水土保持通报, 2004,24(4):51-54.
- [8] 杨永恬,田昕,冯仲科. 一种遥感混合分类算法及其在森林分类中的应用[J]. 四川林勘设计, 2004(2):58-62.
- [9] 李鹏杰,何政伟,李璇琼. 基于 RS 和 GIS 的土地利用覆被动态变化监测:以九龙县为例[J]. 水土保持研究, 2012,19(2):38-42.
- [10] 闫敏,张丽,燕琴,等. 国产卫星数据在土地利用现状宏观监测中的应用评价[J]. 国土资源遥感, 2013,25(1):137-142.
- [11] 李谢辉,王磊. 河南省土地利用覆盖景观格局变化分析[J]. 水土保持研究, 2012,19(5):83-89.
- [12] 高清竹,江村旺扎,李玉娥,等. 藏北地区草地退化遥感监测与生态功能区划[M]. 北京:气象出版社, 2006.
- [13] Verburg P H, Soepbper W, Veldkamp A, et al. Modeling the spatial dynamics of regional land use the CLUE-S Model [J]. Environmental Management, 2002,30(3):391-405.
- [14] 张永民,赵士洞,Verburg P H. CLUE-S 模型及其在奈曼旗土地利用时空动态变化模拟中的应用[J]. 自然资源学报, 2003,18(3):310-318.
- [15] Verburg P H, Veldkamp A. Projecting land use transitions at forest fringes in the Philippines at two spatial scales [J]. Landscape Ecology, 2004,19(1):77-98.
- [16] 张学儒,王卫,Verburg P H,等. 唐山海岸带土地利用格局的情景模拟[J]. 资源科学, 2009,31(8):1392-1399.
- [17] 李娜,张丽,闫冬梅,等. 基于 CLUE-S 模型的天津滨海新区土地利用变化情景模拟[J]. 遥感信息, 2013,28(4):62-74.
- [18] 王修信,朱启江,梁宗经. 漓江上游植被覆盖度时空变化对地表热场影响[J]. 长江流域资源与环境, 2011,20(12):1502-1507.
- [19] 廖业桂. 关于漓江流域生态环境综合整治若干问题的思考[J]. 中国环境管理, 2004(4):16-17.
- [20] 陶金科,龙坤,曾一鸿,等. 推广应用金桔“三避”技术,提高金桔抗灾能力[J]. 广西农学报, 2009,24(1):30-32.