

# 三峡库区万州区土地利用时空变化特征研究

李辉<sup>1</sup>, 马泽忠<sup>1,2</sup>, 向宇锋<sup>3</sup>

(1. 重庆工商大学 旅游与国土资源学院, 重庆 400067;

2. 重庆市国土资源和房屋勘测规划院, 重庆 400021; 3. 重庆市石柱县国土资源与房屋管理局, 重庆 409100)

**摘要:**以RS和GIS技术为手段,利用TM遥感数据分别提取研究区2000年、2004年、2007年、2012年四期土地利用现状数据,通过土地利用变化相关模型对区内土地利用现状数据进行系统分析与研究。结果表明:近12 a来,研究区土地利用结构保持稳定,耕地、林地为主要土地利用类型;土地利用综合程度处于中等水平,且呈上升趋势;土地利用流向特征明显,主要表现为耕地和林地转向水域和建设用地;耕地、林地、水域及草地单一动态变化不大,建设用地土地利用动态呈正向变化,未利用地呈负向变化。文章旨在三峡库区万州区资源环境和社会经济的可持续发展提供参考。

**关键词:**土地利用变化; GIS和RS; 三峡库区; 万州区

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)02-0084-06

## Study on Spatiotemporal Characteristics of Land Use Change of Wanzhou District in the Three Gorges Reservoir Area

LI Hui<sup>1</sup>, MA Zezhong<sup>1,2</sup>, XIANG Yufeng<sup>3</sup>

(1. School of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University,

Chongqing 400067, China; 2. Chongqing Institute of Surveying and Planning for Land,

Chongqing 400021, China; 3. Bureau of Land Resources and Housing Management of Shizhu, Chongqing 409100, China)

**Abstract:** Based on RS and GIS Technology, using TM data to get four periods of land use status data, the land use status data of the years of 2000, 2004, 2007 and 2012 were analyzed by employing land use change model. The results showed that in the past 12 years, the structure of land use in the study area kept stable, cultivated land and forestland were the main land use types, the comprehensive degree of land use was at the medium level, and showed an increasing tendency. The transfer direction of land use was very significant, mainly presented the conversion of cultivated land and woodland to the water and the construction land. The single dynamic degrees of cultivated land, forestland, grassland and waters almost did not change. Land use dynamic of construction land showed positive change, unutilized land showed negative change. The aim of this article was to provide reference for sustainable development of the resources, environment and social economy in the Three Gorges Reservoir Area of Wanzhou District.

**Keywords:** change of land use; GIS and GS; Three Gorges Reservoir area; Wanzhou District

土地利用/土地覆盖变化(Land use/Land cover change, LUCC)涉及区域经济稳定、环境质量、生物多样性等所有与可持续发展相关的问题,在全球气候变化和城市化进程不断加快的背景下,已成为全球变化研究领域的前沿和热点<sup>[1]</sup>。三峡库区自蓄水以来,库区大量平坝河谷地带被淹没,使本已十分有限的土

地资源更加匮乏,加上库区还面临移民搬迁、城镇化、经济发展等多重压力,人地矛盾日益加剧。三峡库区万州段地处三峡库区腹心,是库区淹没土地最多,损失最大、移民迁建任务最重的地区之一。

目前,学者们在土地利用时空变化特征方面展开了大量的研究,并取得了一系列的研究成果<sup>[2]</sup>。总体

收稿日期:2014-05-10

修回日期:2014-06-06

资助项目:重庆工商大学研究生创新型科研项目(yisxxx2014-052-29);重庆工商大学研究生创新型科研项目(yjscxx2014-052-35)

第一作者:李辉(1989—),男,湖南攸县人,硕士研究生,主要研究方向:3S技术应用研究。E-mail:lh25941630@163.com

通信作者:马泽忠(1973—),男(土家族),重庆石柱县人,博士,教授级高工,硕士生导师,主要研究方向:3S理论与应用。E-mail:mazezhong@yahoo.com

来看,学者们对大尺度范围土地利用时空变化特征研究较多;经济发达地区和经济落后地区的土地利用时空变化特征研究也得到了较多的关注,然而,对三峡库区中小范围典型区域的土地利用时空变化特征的研究相对较少。

本文以 RS 和 GIS 技术为支撑,以 LandsatTM 解译数据作为数据源,运用人机交互解译,定量遥感以及地统计学方法,对三峡库区万州段土地利用变化时空特征,从数量、程度、变化速率等方面对区域 2000—2012 年的土地利用结构进行定量分析,以揭示该区域土地利用的时空动态变化的规律,为该区土地管理决策、生态环境可持续发展提供参考。

1 研究区概况

万州区位于四川盆地东部,长江三峡库区腹心,是重庆第二大城市,地跨东经 107°55′22″—108°53′25″,北纬 30°24′25″—31°14′58″。东与云阳,南与石柱和湖北利川,西与忠县和梁平,北与开江和开县接壤。研究区总面积 3 457 km<sup>2</sup>,涉及 52 个镇乡街道,总人口 156.31 万人。境内低山、丘陵面积约占 1/4,低中山和山间平地面积约占 1/4,极少平坝和台地,且零星散布。区内气候属亚热带季风湿润带,四季分明,冬暖夏热,春早秋长;整体日照充足,雨量充沛,天气温和,无霜期长,雪霜稀少。该区域森林覆盖率达 49.6%,植被以次生林被和灌丛草被为主,土壤类型有紫色土、水稻土、黄壤、石灰土、黄棕壤等。

三峡库区面积广,涉及人口多,对促进长江沿岸经济带的发展和西部大开发战略的实施有着十分重要意义。万州区是三峡库区腹心,其地理位置具有特殊性,文章对研究区 2000—2012 年的土地利用及其变化进行系统、准确跟踪和分析,以揭示万州区的土地利用及其变化过程,对保护万州区及整个三峡库区的生态环境具有重要的意义<sup>[3]</sup>。

2 数据源与研究方法

2.1 数据源

本研究数据源分别采用 2000 年、2004 年、2007 年、2012 年 4 期美国陆地资源卫星 TM 遥感影像,空间分辨率为 30 m。采用高斯—克吕格投影、432 波段假彩色合成,同时参考该区域 1:5 万地形图。

2.2 数据处理

文章选取万州区 2000 年、2004 年、2007 年、2012 年的 LandsatTM 数据,运用 ENVI,erdas,matlab 等软件对影像进行大气辐射校正、几何校正、图像增强以及降噪处理,并且采用阿尔伯特等面积圆锥投影进

行影像重投影<sup>[4]</sup>。在处理影像工程中,对于部分存在局部地形阴影的影像进行了光谱和地形的纠正。

表 1 TM 遥感数据来源信息

年份	列号	行号	拍摄时间
2000	126	038,039	8 月 5 日
	127	038,039	8 月 8 日
2004	126	038,039	8 月 31 日
	127	038,039	8 月 22 日
2007	126	038,039	8 月 19 日
	127	038,039	8 月 12 日
2012	126	038,039	8 月 18 日
	127	038,039	8 月 20 日

2.3 研究方法

2.3.1 人机交互解译 运用室内预判,样点选择,野外验证相结合的方式建立区域遥感影像解译标志,并采用人机交互式的全数字解译方式进行地物识别<sup>[5]</sup>。将研究区内土地利用/覆盖类型划分为 6 类:林地、草地、建设用地(包含城镇居民点、农村居民点和交通、工矿用地)、耕地、水域、未利用地。采用最大似然法对 2000 年、2004 年、2007 年、2012 年遥感影像进行监督分类,分别得到研究区 4 期土地利用现状图。本文采用抽样法进行解译精度验证,在采样点的选取过程中,坚持差异性和代表性原则,结果显示本次人机交互解译精度达到 88.35%,符合研究要求。

2.3.2 土地利用程度综合指数 土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度,体现了土地系统中自然和人为因素的影响程度。根据刘纪远等<sup>[6]</sup>提出的土地利用程度的综合分析方法,构建土地利用程度综合指数模型。

$$D=100\times\sum_{i=1}^nA_i\times CC_i/HJ,D\in[100,400],$$

$i=1,2,3,4$

(1)

式中:D——土地利用程度综合指数;A<sub>i</sub>——第 i 级土地利用程度分级指数;CC<sub>i</sub>——第 i 级土地利用类型面积;HJ——土地利用评价区域内土地的总面积。

表 2 万州区土地利用程度分级及赋值

土地利用 程度分级	未利用 地级	林、草、 水用地级	农业 用地级	城镇用 地级
土地利用 类型	未利用地	林地、 草地、水域	耕地	建设 用地
分级指数	1	2	3	4

2.3.3 综合土地利用动态度 该方法可描述区域土地利用变化的速度,其公式表示为<sup>[7]</sup>:

$$LC=\left[\frac{\left|\sum_{i=1}^n\Delta LU_{i-j}\right|}{2\sum_{i=1}^nLU_i}\right]\times\frac{1}{T}\times100\%$$

(2)

式中:LU<sub>i</sub>——监测起始时间第 i 类土地利用类型面

积; $\Delta LU_{i-j}$ ——不同研究时段第  $i$  类土地利用类型转化为非  $i$  类土地利用类型面积的绝对值; $T$ ——不同研究时段长度。当  $T$  的时段设定为年时,  $LC$  的值就是该研究区域土地利用年变化率。

2.3.4 单一土地利用动态度 可表达区域一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,其计算公式为<sup>[8]</sup>:

$$K=\frac{U_b-U_a}{U_a}\times\frac{1}{T}\times100\% \tag{3}$$

表 3 2000—2012 年万州区土地利用结构

土地利用 类型	2000 年		2004 年		2007 年		2012 年	
	面积/hm <sup>2</sup>	面积比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	面积比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	面积比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	面积比例/%
耕地	152476.83	44.38	151921.62	44.22	150627.59	43.84	148911.76	43.34
林地	170120.67	49.51	169879.16	49.44	169613.74	49.37	169045.96	49.20
草地	5918.98	1.72	5937.41	1.73	5839.71	1.70	5757.88	1.68
水域	9385.48	2.73	9719.66	2.83	10062.63	2.93	11561.83	3.37
建设用地	5640.69	1.64	6103.19	1.78	7424.07	2.16	8292.37	2.41
未利用地	31.82	0.01	13.41	0.01	6.73	0.00	4.66	0.00
合计	343574.47	100	343574.45	100	343574.47	100	343574.46	100

通过表 3 可以看出,万州区土地利用结构在近 12 a 间保持相对稳定。研究区优势地类为耕地、林地,其面积之和分别占相应年份区域土地总面积的 93.89%,93.66%,93.21%,92.54%,其他土地利用类型占研究区土地总面积的 6%~8%。

由于三峡库区的蓄水以及城市化进程的加快,建设用地和水域面积与比例保持逐年上升的特点,并且增加幅度较大。建设用地和水域面积在 12 a 间分别增加了 2 651.68,2 176.35 hm<sup>2</sup>;年平均变化量分别为 220.97,181.36 hm<sup>2</sup>。未利用地呈现逐年下降的趋势,12 a 间共减少 27.16 hm<sup>2</sup>。草地面积和比例表现为先增加后减少,总体变化不大,比例保持在 1.7%左右。土地利用结构保持稳定;耕地、林地、未

式中: $K$ ——研究时段内某一土地利用类型的动态度; $U_a,U_b$ ——研究期初及研究期末某一土地类型的数量; $T$ ——研究时段长,当  $T$  的时段设为年时,  $K$  的值就是该研究区域某种土地利用类型年变化率。

3 结果与分析

3.1 土地利用结构特征分析

通过运用 GIS 和遥感技术对 TM 影像进行解译,得到研究区 2000—2012 年土地利用结构表(表 3)。

利用地的减少,建设用地、水域的增加以及草地保持基本不变是万州区在研究年限内土地利用结构的主要特征。

3.2 土地利用流向特征分析

土地利用转移矩阵指土地利用类型由一种类型转移到另一种类型的一种类型的量化表达,体现在不同年份土地利用类型的面积变化及变化幅度,可反映土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化。根据万州区 2000 年、2004 年、2007 年、2012 年的土地利用现状统计数据,利用地理信息系统统计方法,得到土地利用转移矩阵;表 4—7 分别为研究区 2000—2012 年、2000—2004 年、2004—2007 年以及 2007—2012 年的土地利用转移矩阵。

表 4 2000—2012 年万州区土地利用转移矩阵

项 目	耕地/ hm <sup>2</sup>	林地/ hm <sup>2</sup>	草地/ hm <sup>2</sup>	水域/ hm <sup>2</sup>	建设用地/ hm <sup>2</sup>	未利用地/ hm <sup>2</sup>	转出总量/ hm <sup>2</sup>	转出 比例/%
耕地	—	53.37	0	1451.97	2144.07	3.51	3652.92	2.40
林地	13.95	—	1.26	660.96	502.65	1.17	1179.99	0.69
草地	29.61	43.02	—	28.35	66.33	0	167.31	2.83
水域	27.18	0	0	—	5.85	0	33.03	0.35
建设用地	0	0	0	63.45	—	0	63.45	1.12
未利用地	19.26	7.65	4.86	0	0	—	31.77	99.83
转入总量/hm <sup>2</sup>	90	104.04	6.12	2204.73	2718.9	4.68	—	—
转入比例/%	0.06%	0.06	0.10	23.49	48.20	14.71	—	—

从表 4 可以看出,由于城市化进程的加快和三峡库区蓄水的原因,研究区 2000—2012 年,土地利用类型流向明显,从流出来看,耕地流向水域和建设用地的

面积较大,其流向面积为 1 451.97,2 144.07 hm<sup>2</sup>;耕地转出总量达到 3 652.92 hm<sup>2</sup>,占 2000 年耕地面积的 2.4%。林地主要流向水域和建设用地,12 a 来总共转

出 1 179.99 hm<sup>2</sup>, 占林地面积的 0.69%, 转出比例相对较小。草地变化相对较小; 建设用地唯一流向目标为水域, 12 a 间共有 63.45 hm<sup>2</sup> 的建设用地转向水域。未利用地分别转向耕地、林地、草地, 总转出面积为 31.77 hm<sup>2</sup>, 转出总比例达到 99.83%。从转入来看,

水域及建设用地的转入比例较大, 其转入面积和比例分别达到 2 204.73, 2 718.9 hm<sup>2</sup> 以及 23.49% 和 48.20%, 其次是未利用地的转入, 未利用地总转入面积占 2000 年总量的比例为 14.71%, 耕地和林地的转入面积及比例最小。

表 5 2000 年—2004 年万州区土地利用转移矩阵

	耕地/ hm <sup>2</sup>	林地/ hm <sup>2</sup>	草地/ hm <sup>2</sup>	水域/ hm <sup>2</sup>	建设用地/ hm <sup>2</sup>	未利用地/ hm <sup>2</sup>	转出总量/ hm <sup>2</sup>	转出 比例/%
耕地	—	30.33	36.72	230.22	283.68	0	580.95	0.38
林地	3.06	—	23.76	115.11	179.73	1.89	323.55	0.19
草地	13.14	43.56	—	0	0	0	56.7	0.96
水域	0	0	9.45	—	0	0	9.45	0.10
建设用地	0	0	0	0	—	0	0	0
未利用地	7.74	7.83	5.04	0	0	—	20.61	64.77
转入总量/hm <sup>2</sup>	23.94	51.39	38.25	115.11	179.73	1.89	—	—
转入比例/%	0.02	0.05	1.27	3.68	8.22	5.94	—	—

从表 5 可以看出, 2000—2004 年万州区土地利用结构保持稳定, 未利用地的转出比例相对较大, 达到 64.76%, 未利用地主要转化为耕地和林地, 转出总面积和比例分别为 20.61 hm<sup>2</sup> 和 64.77%; 其次, 耕地、林地转向水域和建设用地的面积较大, 耕地转向水域和建设用地的面积分别达到 230.22 hm<sup>2</sup> 和 283.68 hm<sup>2</sup>, 占 2000 年耕地总面积的 0.38%, 林地转向水域和建设用地的面积分别达到 115.11 hm<sup>2</sup> 和 179.73 hm<sup>2</sup>, 转出总量占 2000 年林地总量的 0.19%。草地转化面积和比例相对较少, 草地在 2000—2004 年共转出 56.7 hm<sup>2</sup>, 主要转向林地和耕地; 建设用地没有转向其他用地类型。

从表 6 可以看出, 2004—2007 年万州区土地利用类型流向规律明显。从流出的情况看, 建设用地和未利用地的变化较大, 由于库区周边消落带的原因, 未利用地的转出面积达到 13.23 hm<sup>2</sup>, 占 2004 年未利用地总面积的 98.69%。草地在 4 a 间共转出 114.21 hm<sup>2</sup>, 占 2004 年草地总面积的 1.92%。水域总转出面积为 24.03 hm<sup>2</sup>, 比例仅为 0.25%, 变化不明显。从流入来看, 未利用地的转入达到 3.06 hm<sup>2</sup>, 占 2004 年未利用地总面积的 48.34%。建设用地面积增加明显, 4 a 间万州区新增建设用地面积 153.09 hm<sup>2</sup>, 占 2004 年建设用地总面积的 21.62%。水域面积增加 178.11 hm<sup>2</sup>, 占 2004 年水域总面积的 3.78%。

表 6 2004—2007 年万州区土地利用转移矩阵

项 目	耕地/ hm <sup>2</sup>	林地/ hm <sup>2</sup>	草地/ hm <sup>2</sup>	水域/ hm <sup>2</sup>	建设用地/ hm <sup>2</sup>	未利用地/ hm <sup>2</sup>	转出总量/ hm <sup>2</sup>	转出 比例/%
耕地	—	8.91	0	189.54	1166.49	3.42	1368.36	0.90
林地	0	—	12.96	141.30	121.50	3.06	278.82	0.16
草地	42.39	3.42	—	36.81	31.59	0	114.21	1.92
水域	20.88	0	3.15	—	0	0	24.03	0.25
建设用地	0	0	0	0	—	0	0	0
未利用地	11.34	1.89	0	0	0	—	13.23	98.69
转入总量/hm <sup>2</sup>	74.61	5.31	16.11	178.11	153.09	3.06	—	—
转入比例/%	0.05	0.01	0.27	3.78	21.62	48.34	—	—

从表 7 来看, 2007—2012 年万州区土地利用总体变化较小, 其中未利用地、建设用地以及水域变化相对较大, 未利用地转出转入面积及比例分别为 6.66 hm<sup>2</sup> 和 1.26 hm<sup>2</sup>, 98.96% 和 18.72%。建设用地转出转入面积及比例分别为 63.18 hm<sup>2</sup> 和 153.09 hm<sup>2</sup>, 98.96% 和 12.59%。水域面积增加 468.99 hm<sup>2</sup>, 占 2007 年水域总面积的 14.96%。

特征明显, 耕地、林地、未利用地逐年递减, 建设用地和水域面积明显增加, 草地变化较小; 其中水域面积的增加主要是由林地和耕地的转入, 耕地的减少是由于城镇化水平的不断提高, 基础设施建设对土地的需求量大幅度提高, 大量的农用地尤其是耕地不断转化为建设用地。并且, 万州区地处三峡库区腹地, 三峡库区的三次蓄水及移民搬迁, 促使耕地不断地向其他土地利用类型转变, 特别是耕地向

总体来说, 2000—2012 年, 万州区土地利用流向

水域的转变。以上分析结果表明,近 12 a 间,万州区土地利用变化除自然因素影响外,主要的驱动因

子主要是三峡库区蓄水、人口增长、工业化发展以及城镇化的扩张。

表 7 2007 年—2012 年万州区土地利用转移矩阵

项 目	耕地/ hm <sup>2</sup>	林地/ hm <sup>2</sup>	草地/ hm <sup>2</sup>	水域/ hm <sup>2</sup>	建设用地/ hm <sup>2</sup>	未利用地/ hm <sup>2</sup>	转出总量/ hm <sup>2</sup>	转出 比例/%
耕地	—	13.86	0	1036.71	693.63	3.69	1747.89	1.16
林地	10.71	—	0.99	384.30	200.16	1.26	597.42	0.35
草地	11.52	13.14	—	21.51	38.07	0	84.24	1.44
水域	7.47	0	0	—	2.61	0	10.08	0.10
建设用地	0	0	0	63.18	—	0	63.18	0.85
未利用地	3.60	3.06	0	0	0	—	6.66	98.96
转入总量/hm <sup>2</sup>	33.3	16.2	0.99	468.99	240.84	1.26	—	—
转入比例/%	0.02	0.02	0.02	14.96	12.59	18.72	—	—

3.3 土地利用动态度分析

在 ArcGIS 10.1 的支持下,利用土地利用动态度模型计算出万州区 2000—2012 年综合土地利用动态度以及单一土地利用动态度,图 1 为研究区不同时段综合土地利用动态度,图 2 为研究区不同时段各地类的土地利用动态度。

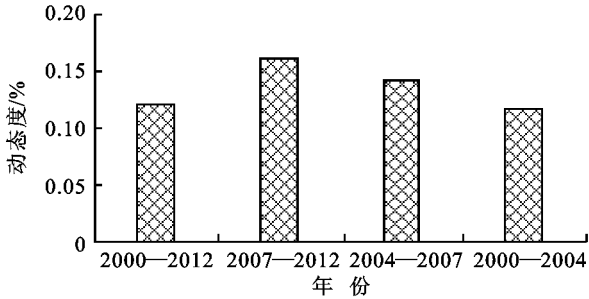


图 1 万州区各期综合土地利用动态度变化

从图 1 来看,研究区综合土地利用动态度从大到小依次为 2004—2007 年的 0.16%,2007—2012 年的 0.14%以及 2000—2004 年的 0.12%;由于三峡库区的建设以及城市化进程的加快,研究区 2004—2007 年万州区土地利用变化最大,在政策导向的原因下,2007—2012 年土地利用变化呈现下降的趋势。

图 2 显示,研究区各地类土地利用动态度变化趋势大致保持稳定。耕地、林地及草地单一土地利用动态度呈负,说明在研究期限内呈现面积逐年递减的态势;水域单一土地动态度由负到正,表明水域面积先增加后减少;但总的变化量都不大,基本保持稳定状态。万州区主要是由三峡库区蓄水和经济社会的不断发展引起的,另一方面,由于政策导向的作用,其变

化率相对较小。建设用地土地利用动态度在 2000—2012 年呈现正向变化,且动态度处于 4%~5%,虽然动态度呈现先增后减的变化趋势,但建设用地在 12 a 间一直处于增加状态,其中,2004—2007 年建设用地增加最为明显,动态度达到了 5.41%。在万州区用地分类中,未利用地在 2000—2012 年的变化最为突出,在 2000—2004 年、2004—2007 年以及 2007—2012 年其动态度都是呈负值且绝对值较大,表明未利用地的减少量也很大,此外,未利用地动态度绝对值逐年递减,说明了未利用地在近 12 a 间的减少幅度逐年下降。

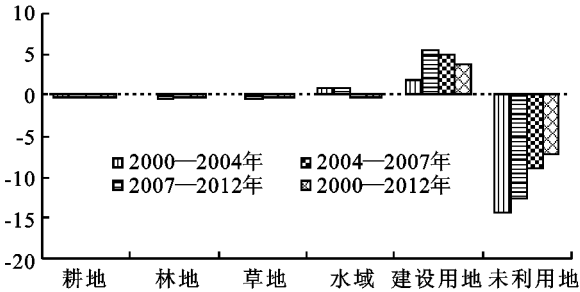


图 2 万州区各期单一土地利用动态度变化

综上所述,在 2000—2012 年,研究区未利用地面积减少最快,达到-7.11%,建设用地面积增加最快,达到 3.92%,耕地、林地、草地动态度较小,保持相对稳定,水域呈现先增加后减少的趋势。

3.4 土地利用综合程度特征分析

在遥感解译的数据基础上,运用土地利用综合程度模型得到万州区 2000 年、2004 年、2007 年以及 2012 年的土地利用综合指数(表 8)。

表 8 土地利用程度综合指数及变化表

综合指数				变化量		
2000 年	2004 年	2007 年	2012 年	2000—2004 年	2004—2007 年	2007—2012 年
246.12	246.24	246.64	246.65	0.12	0.4	0.01

万州区 2000—2012 年土地利用程度呈逐年增长趋势,土地利用的深度和广度不断增强。2000—2004

年增加量为 0.12,2004—2007 年增加量为 0.4,2007—2012 年增加量为 0.01。研究区土地利用程度

综合指数的逐年增加表明等级为 4 的建设用地的增加量大于等级为 3 的耕地的减少量;从土地利用程度综合指数变化量来看,2004—2007 年土地利用综合指数变化量要远远超过 2000—2004 年和 2007—2012 年的土地利用变化综合指数变化量,表明 2004—2007 年土地利用程度提高速度最快,也间接说明了 2004—2007 年经济发展相对迅速。从近 12 a 来看,万州区土地利用程度综合指数保持相对稳定,但与土地利用程度综合指数模型的理论极限值 400 相比,研究区土地利用综合程度还处于中等水平。

4 结 论

本文以 TM 遥感解译数据为基础,运用 GIS 和遥感技术,分析了 2000—2012 年三峡库区典型地区万州区 4 个时段土地利用时空变化特征,主要结论如下:

- 1) 2000—2012 年,研究区土地利用结构保持相对稳定,耕地、林地为主要土地利用类型。
- 2) 2000—2012 年,万州区土地利用流向特征明显,总趋势表现为耕地和林地流向建用地和水域,未利用地转出比例最大,其他地类变化相对较小。
- 3) 从土地利用动态度来看,首先,土地利用综合动态度 2000—2012 年为 0.12%,其次,单一土地利用动态度 2000—2012 年末利用地达到 -1.77%;说明在研究年限内,研究区土地利用整体变化不大,未利用地快速减少。

4) 研究区土地利用综合程度处于中等水平。2000 年、2004 年、2007 年、2012 年土地利用综合指数分别为 246.12,246.24,246.64,246.65,呈现正向变化,说明研究区土地利用的深度和广度不断增大。

参考文献:

- [1] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014,69(1):3-14.
- [2] 常春艳,赵庚星,王凌,等. 黄河口生态脆弱区土地利用时空变化及驱动因素分析[J]. 农业工程学报,2013,28(24):226-234.
- [3] Zhou Q G, Lv Z Q, Ma Z, et al. Barrier Belt Division Based on RS and GIS in the Three Gorges Reservoir Area: A Case of Wanzhou District[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011(10):1257-1263.
- [4] 陈丹,周启刚,黄永安,等. 基于 RS 和 GIS 的三峡库区景观格局分析:以万州区为例[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2012,29(1):69-75.
- [5] 周启刚,张叶. 基于 RS 和 GIS 的成都市郊区景观格局分析[J]. 土壤,2007,39(5):813-818.
- [6] 王福海,周启刚,杨霖. 三峡库区 2010 年度土地利用现状分析[J]. 水土保持研究,2013,20(5):221-225.
- [7] 赵小沉,代力民,王庆礼. 基于 RS 和 GIS 的县域土地利用变化特征分析[J]. 土壤,2007,39(3):415-420.
- [8] 凌侠,王丹秋. 基于 RS 和 GIS 的固阳县土地利用动态变化研究[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,2013,34(5):47-52.

(上接第 83 页)

- [14] 田小明,李俊华,王成,等. 连续 3 年施用生物有机肥对土壤养分、微生物生物量及酶活性的影响[J]. 土壤, 2014,46(3):481-488.
- [15] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京:农业出版社, 1986:274-232.
- [16] 杜社妮,梁银丽,徐福利,等. 施肥对日光温室土壤微生物与酶活性变化的影响[J]. 中国生态农业学报,2007, 15(4):68-71.
- [17] 李娟. 长期不同施肥制度土壤微生物学特性及其季节变化[D]. 北京:中国农业科学院,2008.
- [18] 袁玲,杨邦俊,郑兰君,等. 长期施肥对土壤酶活性和氮磷养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1997,3(4): 300-306.
- [19] 王延军,宗良纲,李锐,等. 不同肥料对有机栽培番茄生
- 长和土壤酶及微生物量的影响[J]. 南京农业大学学报,2007,30(3):83-87.
- [20] 李世清,李生秀. 有机物料在维持土壤微生物体氮库中的作用[J]. 生态学报,2001,21(1):136-142.
- [21] 荆瑞勇,王丽艳. 氯噻磺隆对土壤微生物数量、酶活性及呼吸强度的影响[J]. 水土保持研究,2013,20(3):60-64.
- [22] 张信娣,曹慧,徐冬青,等. 光合细菌和有机肥对土壤主要微生物类群和土壤酶活性的影响[J]. 土壤,2008,40(3):443-447.
- [23] Marcote I, Hernández T, Garcia C, et al. Influence of one or two successive annual applications of organic fertilisers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation[J]. Bioresource Technology,2001,79(2): 147-154.