

doi: 10.6046/gtzyyg.2017.04.20

引用格式: 李石华,周峻松,王金亮. 1974—2014年抚仙湖流域土地利用/覆盖时空变化与驱动力分析[J]. 国土资源遥感, 2017,29(4):132-139. (Li S H, Zhou J S, Wang J L. Spatio-temporal LUCC and driving force in Fuxian Lake watershed from 1974 to 2014[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2017, 29(4): 132-139.)

1974—2014年抚仙湖流域土地利用/覆盖 时空变化与驱动力分析

李石华^{1,2}, 周峻松², 王金亮¹

(1. 云南师范大学旅游与地理科学学院, 昆明 650500; 2. 云南省基础地理信息中心, 昆明 650034)

摘要: 研究某一区域土地利用的时空变化,厘清其驱动机制,对整个地区的环境保护以及经济发展具有重要意义。以1974—2014年间共10期遥感影像为主要数据源,参考抚仙湖流域的第一次全国地理国情普查成果数据,利用监督分类和人工解译、地面实地验证相结合的方法提取抚仙湖流域土地利用与地表覆盖信息,得出近40a来抚仙湖流域的地表覆盖类型变化的时空特征。最后基于抚仙湖流域的社会经济数据,采用主成分和多元回归分析方法,对抚仙湖流域土地利用/覆盖变化的驱动力进行分析。研究表明,抚仙湖流域在近40a间,园地、房屋建筑(区)、道路、构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表面积明显增加,而耕地、林地、草地和水域面积则呈减少趋势;地表覆盖的年际变化差异明显,各土地利用类型转移差异显著,林地、草地与耕地转移比例较大,水域较小;流域土地利用变化主要受社会经济因子的影响。

关键词: 抚仙湖流域; 土地利用/覆盖变化; 时空变化; 驱动机制

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2017)04-0132-08

0 引言

土地是人类赖以生存和发展的最基本的自然资源和物质基础^[1]。土地利用/覆被变化(land use / cover change, LUCC)是全球环境变化的重要组成部分和主要原因之一^[2-4]。对土地利用过程、格局和驱动力的研究被认为是揭示土地利用时空变化规律的有效方法^[1-3]。国内外学者关于土地利用动态变化及其驱动力分析进行了大量研究,以Turner等^[3]为代表的北美学者^[5-6]通常从宏观角度出发,采用对比案例的研究方法将土地利用变化与土地过程管理进行分析和建模,定性研究全球土地利用变化与环境变化的关系;Fischer等欧洲学者^[7]多将土地利用作为整体系统,对不同时空土地利用变化仿真,以福利分析为出发点,研究社会经济驱动因素;日本学者Otsubo^[8]主要将经济学模型和数量模型结合,采用相关分析方法选取变量,采用KSIM等模拟方法对土地利用变化及政策环境进行模拟,定量研究区域土地利用变化过程;国内学者则大多基于RS

和GIS技术,以人地矛盾突出、经济发展迅速的区域为研究区,采用土地利用程度变化模型^[9]、驱动力诊断模型^[10]、土地利用结构预测模型等^[11]与数理统计分析方法相结合的技术手段^[12]研究土地利用变化及其驱动因素。

考虑到不同地区的LUCC对全球变化的贡献和响应不同,区域尺度的LUCC研究集中在“热点地区”、“脆弱地区”和“关键地区”^[13]。由于气候异常和人类经济活动的增加,云南省抚仙湖流域正面临着越来越严重的威胁,但对其开展长时段的土地利用变化综合研究还未见报道。该区域所涉及的第一次全国地理国情普查已完成,如何充分发挥区域第一次全国地理国情普查成果的作用,体现“边普查、边监测、边应用”的原则,亟需结合区域特色与问题,充分发挥区域第一次全国地理国情普查成果的应用。通过开展抚仙湖流域土地利用变化监测,分析其驱动机制,为抚仙湖流域综合管理提供决策支持,为云南省开展九大高原湖泊生态环境监测奠定基础,也是“十三五”开展常态化地理国情监测的有益探索。

收稿日期: 2016-04-12; 修订日期: 2016-07-12

基金项目: 国家测绘地理信息局地理国情监测示范项目“抚仙湖流域生态环境动态监测”(编号: 测国土函[2014]35号)资助。

第一作者: 李石华(1980-),男,高级工程师,博士生,主要从事遥感数字图像处理、资源环境遥感、区域LUCC时空动态模拟与分析等

万方数据 Email: lsh8010@163.com。

1 研究区概况

抚仙湖地处云南省中部的玉溪市境内,居滇中盆地中心,中国最大的深水型淡水湖泊,珠江源头第一大湖,属南盘江水系。地理位置为 $N24^{\circ}21'28'' \sim 24^{\circ}38'00''$, $E102^{\circ}49'12'' \sim 102^{\circ}57'26''$ 。图1为研究区 QuickBird 影像,采用 B1(R), B2(G), B3(B) 假彩色合成。

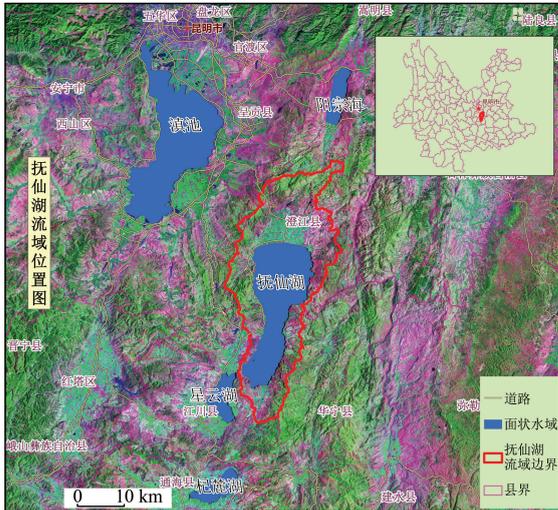


图1 抚仙湖流域位置

Fig. 1 Location of Fuxian Lake watershed

抚仙湖作为云南九大高原湖泊之一,是我国目前已探明的第二深水湖泊,湖泊面积和蓄水量分别占全国第8位和第3位^[14]。由于其所处地理位置的特殊性及其强大的供水能力及游憩观赏价值,被

誉为滇中地区的“高原明珠”,既是滇中地区社会经济可持续发展的重要资源保障,又是泛珠三角区域发展的战略水资源,也是珠江流域、西南地区重大战略意义的饮用水源^[15]。抚仙湖水质为I类,是我国水质最好的天然湖泊之一。流域内人口约16.03万人;植被以草丛、灌丛和针叶林等次生植被为主;农村经济以种植业为主,主要粮食作物为水稻、玉米和小麦等,经济作物为烤烟、油菜;工业以磷化工、建材、食品加工和水产品为主,其中磷化工是该地区的支柱产业。抚仙湖流域的土地利用类型原本以森林和水域为主,但是近些年来出现了围湖造田、毁林开垦、过度开发旅游资源、各种功能性建筑用地增加等现象,使得抚仙湖流域土地覆盖类型发生了一定程度上的变化。

2 数据源与研究方法

2.1 数据源与数据处理

2.1.1 数据源

本研究采用的遥感影像主要为 MSS, TM, ETM+, QuickBird 和 WorldView-2 等中高等空间分辨率影像,共10期,详见表1。基础地理信息数据主要包括抚仙湖流域 1:10 000 和 1:250 000 比例尺 DLG 数据,社会经济数据从玉溪市统计局获取,抚仙湖流域界线由玉溪市抚仙湖管理局提供。流域范围内地理国情普查成果数据来源于云南省第一次全国地理国情普查领导小组办公室。流域范围内第一次和第二次全国土地调查成果来源于云南省国土资源厅。

表1 遥感数据列表

Tab. 1 List of remote sensing data

| 卫星传感器 | 时相 | 空间分辨率/m | 行号 | 列号 | 来源 |
|--------------|------------|---------|-----|----|---------------------------------------------------------------|
| Landsat MSS | 1974-01-02 | 79 | 139 | 43 | http://glovis.usgs.gov/ |
| Landsat MSS | 1977-01-05 | 79 | 139 | 43 | http://glovis.usgs.gov/ |
| Landsat TM | 1987-01-07 | 30 | 129 | 44 | http://glovis.usgs.gov/ |
| Landsat TM | 1990-11-15 | 30 | 129 | 43 | http://glovis.usgs.gov/ |
| Landsat TM | 1996-01-16 | 30 | 130 | 44 | http://glovis.usgs.gov/ |
| Landsat ETM+ | 2000-02-20 | 30 | 129 | 44 | http://glovis.usgs.gov/ |
| QuickBird | 2006-03-09 | 0.61 | — | — | 云南省第二次土地调查影像成果(DOM) |
| QuickBird | 2009-12-18 | 0.61 | — | — | 卫星代理商购买 |
| WorldView-2 | 2012-01-29 | 0.5 | — | — | 云南省第一次全国地理国情普查影像成果(DOM) |
| WorldView-2 | 2014-01-26 | 0.5 | — | — | 卫星代理商购买 |

2.1.2 数据处理

MSS, TM 和 ETM+ 影像利用 1:250 000 比例尺 DLG 数据作为参考,而 2009 年的 QuickBird 影像、2014 年 WorldView-2 影像则以 2012 年的云南省第一次全国地理国情普查影像成果(digital orthophoto map, DOM)作为参考,分别采用二次多项式模型进行几何精校正,几何误差控制在 1 个像元内,空间参考使用 2000 国家大地坐标系,投影类型采用中央经线为 105° 的高斯-克吕格 6 度分带投影。

影像分类系统采用第一次全国地理国情普查内容与指标^[16]中的一级分类体系,将地表覆盖类型分为:林地、耕地、园地、草地、房屋建筑(区)、道路、构

筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表及水域等 10 大类,覆盖整个抚仙湖流域范围。采用遥感分类软件 ERDAS 进行地表覆盖类型分类。

2.2 研究方法

2.2.1 流域土地利用覆盖信息提取方法

由于采用了多时相、多空间分辨率的遥感影像,虽然使用同一参考源对影像进行几何精纠正,但精度不能完全保证一致,因此在地表覆盖信息提取时,存在由纠正精度差异造成非变化的地物被提取为变化地物的现象。为解决该问题,以 2012 年流域范围内的地理国情普查成果—地表覆盖数据为本底数据,叠加在 2006 年、2009 年和 2014 年高空间分辨率影像开展人工判读,对变化区域进行边界和属性修改,未变化区域不做修改,并结合流域范围第一次和第二次全国土地调查成果数据进行比对,最后得出各时期土地利用类型图以及各覆盖类型的面积统计表。这一过程可以保证信息提取的准确性,保证了抚仙湖流域土地利用覆盖类型变化转移监测结果的可靠性。

2.2.2 土地利用时空变化研究方法

不同土地利用类型,受自然和人为因素的干扰不同,其变化速率也不相同。而土地利用变化速率的区域差异可以用土地利用动态度模型来加以表述^[17]。本次研究主要采用单一土地利用动态度和综合土地利用动态度来定量描述抚仙湖流域近 40 a 来各地类土地利用类型变化的速度和土地利用的整体动态。

单一土地利用动态度是指某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,此指标可定量描述区域一定时间范围内某种土地利用类型变

化的速度。而综合土地利用动态度则表示某一区域土地利用的整体动态^[18],其计算公式可参阅文献[18]。土地利用空间变化研究方法主要采用转移矩阵来反映土地利用变化的结构特征和各类型之间的转移方向^[19],其计算方式详见文献[19]。

2.3 流域土地利用变化驱动力分析

土地利用变化驱动力包括自然生物、社会经济、制度及技术因素^[24]。如何选取分析方法和驱动因子需要根据研究区域的特点来决定^[25]。根据主成分分析法的思路和要求,以及抚仙湖流域现有的资料情况,选择 1990—2012 年间云南省玉溪市国民经济统计资料作为基础数据,运用德尔菲法选取 20 个影响因子: X_1 总人口(人)、 X_2 农业人口(人)、 X_3 人口自然增长率(%)、 X_4 第一产业产值(万元)、 X_5 第二产业产值(万元)、 X_6 第三产业产值(万元)、 X_7 工业产值(万元)、 X_8 农业产值(万元)、 X_9 国内生产总值(万元)、 X_{10} 财政收入(万元)、 X_{11} 财政支出(万元)、 X_{12} 农民人均收入(元)、 X_{13} 社会消费品零售总额(万元)、 X_{14} 人均生活消费支出(元)、 X_{15} 粮食总产量(万 kg)、 X_{16} 粮食单产(kg)、 X_{17} 农业化肥使用量(t)、 X_{18} 农业农药使用量(万 kg)、 X_{19} 全年平均气温(°C)、 X_{20} 全年平均降水(mm)和 Y 耕地面积(hm^2)。

通过对上述选取的影响抚仙湖流域土地利用变化的 20 个因子进行相关系数矩阵分析。这 20 个因子中存在着不同程度的相关性,存在着高度相关性的有 54 组($|r| \geq 0.9$),其中 X_5 与 X_6 , X_4 与 X_8 , X_9 与 X_{10} 之间具有较大的相关性,其相关系数为 0.997。

根据主成分综合模型即可计算综合主成分值,并对其按各主成分值(F_1 , F_2 和 F_3)进行排序,即对各地区进行综合评价比较,结果如表 2 所示。

表 2 综合主成分值

Tab.2 Integrated principal component value

| 因子 | F_1 | 排名 | F_2 | 排名 | F_3 | 排名 | 因子 | F_1 | 排名 | F_2 | 排名 | F_3 | 排名 |
|----------|--------|----|--------|----|--------|----|----------|--------|----|--------|----|--------|----|
| X_1 | 0.817 | 12 | -0.513 | 19 | 0.063 | 6 | X_{11} | 0.964 | 11 | 0.234 | 4 | -0.039 | 18 |
| X_2 | 0.622 | 16 | -0.747 | 20 | 0.014 | 10 | X_{12} | 0.992 | 3 | 0.042 | 14 | 0.006 | 14 |
| X_3 | -0.887 | 20 | 0.330 | 3 | 0.131 | 5 | X_{13} | 0.773 | 13 | 0.486 | 1 | 0.047 | 7 |
| X_4 | 0.979 | 6 | 0.180 | 8 | 0.010 | 11 | X_{14} | 0.987 | 4 | 0.130 | 9 | 0.033 | 8 |
| X_5 | 0.974 | 9 | 0.204 | 5 | -0.019 | 16 | X_{15} | 0.382 | 18 | 0.334 | 2 | 0.694 | 1 |
| X_6 | 0.974 | 9 | 0.203 | 6 | -0.023 | 17 | X_{16} | 0.677 | 15 | -0.398 | 17 | 0.189 | 4 |
| X_7 | 0.984 | 5 | 0.110 | 11 | -0.048 | 19 | X_{17} | 0.460 | 17 | 0.113 | 10 | -0.663 | 20 |
| X_8 | 0.977 | 7 | 0.185 | 7 | 0.022 | 9 | X_{18} | 0.976 | 8 | -0.017 | 16 | -0.009 | 14 |
| X_9 | 0.994 | 1 | 0.046 | 13 | 0.007 | 12 | X_{19} | 0.726 | 14 | -0.398 | 18 | 0.245 | 3 |
| X_{10} | 0.994 | 1 | 0.073 | 12 | 0.010 | 13 | X_{20} | -0.597 | 19 | 0.035 | 15 | 0.388 | 2 |

根据主成分分析的结果,在自然因素和人文因素 2 个影响因素中选取这 20 个代表性因子为主要影响抚仙湖流域 LUCC 的因子,结合抚仙湖流域统计年鉴数据,通过 SPSS 软件包计算得到抚仙湖流域
 万方数据

LUCC 中耕地与其驱动力因子的多元线性回归模型,表达式为

$$Y = -278\ 415.849 + 4.369X_1 - 3.390X_2 + 23\ 673.866X_3 + 0.931X_4 + 0.966X_6 + 0.055X_7 -$$

$$1.258X_8 + 0.586X_9 + 1.388X_{11} - 160.638X_{12} - 0.341X_{13} + 64.143X_{14} - 12.725X_{15} - 851.267X_{16} - 0.683X_{17} - 0.094X_{18} + 32\ 630.417X_{19} - 1\ 382.148X_{20} \quad (1)$$

模型的 R^2 为 0.842, 方程的拟合度很好; F 检验值为 1.187, 通过检验, 各因变量系数的 t 检验值分别为 (-0.438, 1.516, -1.460, 1.819, 0.456, 0.686, 0.052, -0.694, 1.133, 1.804, -1.767, -1.427, 0.800, -1.094, -0.443, -1.068,

$-0.410, 1.650, -1.382$), 基本通过检验, 模型的共线性也通过检验, 模型可信度好。

3 结果与分析

3.1 抚仙湖流域近 40 a 来 LUCC

依据遥感影像分类系统, 利用 ArcGIS 软件对提取的流域 LUCC 结果进行可视化整合与统计分析 (图 2 和表 3)。

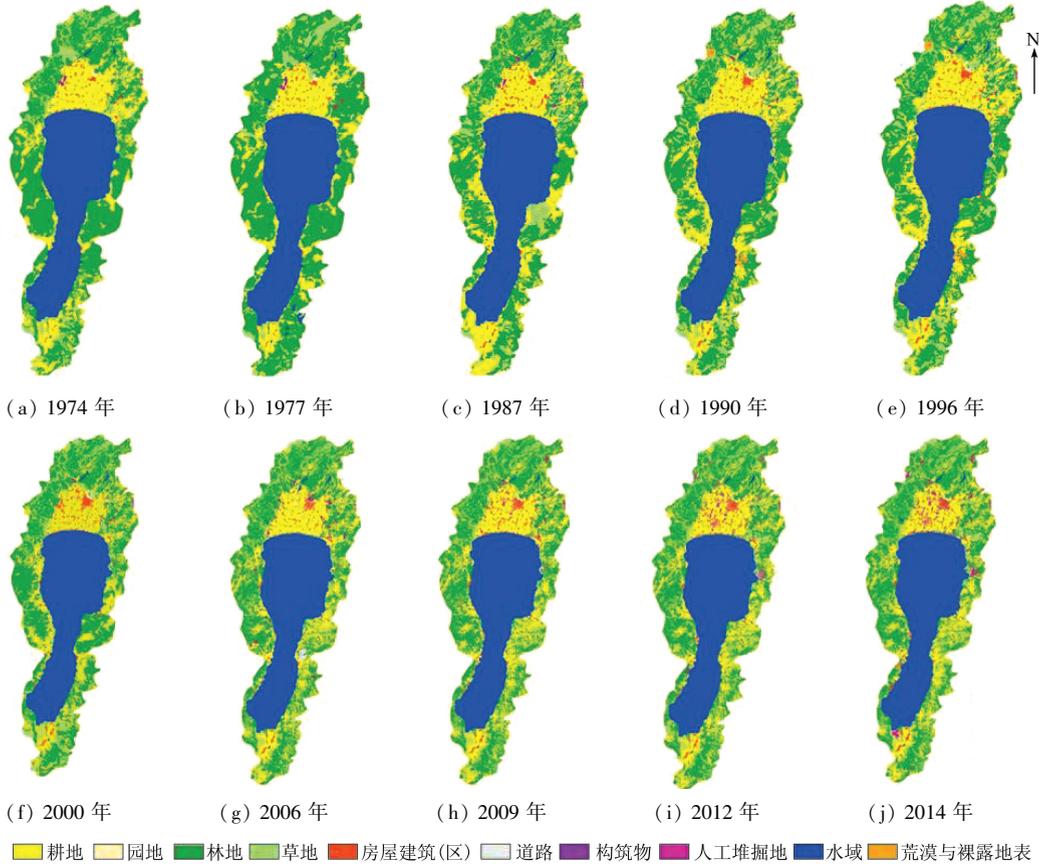


图 2 1974—2014 年间抚仙湖流域土地利用覆盖类型

Fig. 2 Distribution of LUCC type from 1974 to 2014 in Fuxian Lake watershed

表 3 抚仙湖流域 40 a 来 LUCC 各类型面积

Tab. 3 Area of LUCC types over 40 years in Fuxian Lake watershed

(hm^2)

| LUCC 类型 | 1974 年 | 1977 年 | 1987 年 | 1990 年 | 1996 年 | 2000 年 | 2006 年 | 2009 年 | 2012 年 | 2014 年 |
|---------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 耕地 | 7 556.85 | 7 717.40 | 13 830.38 | 13 944.29 | 12 477.21 | 12 225.08 | 15 798.89 | 15 355.33 | 14 391.91 | 13 840.46 |
| 园地 | — ^① | — | — | — | — | — | 386.51 | 496.40 | 783.78 | 973.87 |
| 林地 | 31 427.69 | 31 221.07 | 27 559.20 | 27 397.42 | 26 496.01 | 25 392.99 | 21 806.08 | 21 947.51 | 22 596.69 | 22 472.71 |
| 草地 | 6 182.12 | 6 216.23 | 2 983.87 | 3 041.31 | 4 952.32 | 6 307.94 | 4 991.60 | 4 924.57 | 4 643.56 | 4 940.17 |
| 房屋建筑(区) | 552.39 | 568.49 | 1 101.12 | 1 105.28 | 1 273.08 | 1 287.13 | 1 293.21 | 1 368.25 | 1 465.68 | 1 486.01 |
| 道路 | — | — | 54.75 | 57.47 | 220.61 | 338.06 | 650.19 | 674.57 | 732.43 | 732.93 |
| 构筑物 | — | — | — | — | — | — | 325.65 | 424.57 | 591.36 | 443.08 |
| 人工堆掘地 | — | — | — | — | — | — | 202.80 | 288.87 | 412.46 | 703.49 |
| 荒漠与裸露地表 | — | — | 84.42 | 81.48 | 90.86 | 66.56 | 118.86 | 127.03 | 142.81 | 100.25 |
| 水域 | 21 813.23 | 21 809.07 | 21 918.52 | 21 905.03 | 22 022.18 | 21 914.50 | 21 958.48 | 21 925.16 | 21 771.58 | 21 839.30 |

①表示受影像空间分辨率的限制, 该类型无法准确提取, 但并不表示该类型在当年份没有。

通过计算各类型随时间的面积变化率和转移矩阵, 获取地表覆盖面积的时间变化过程及其地类间的相互转化关系。由表 3 可知, 总体上 1974—2014

年间, 道路、构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表变化较大, 其他类型土地变化较小。耕地、园地、房屋建筑(区)、道路、构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露

地表的面积均有所增加,水域面积基本上维持不变。利用单一土地利用动态度公式计算得出抚仙湖流域 40 a 间土地利用各类型动态度,利用综合土地利用

类型动态度计算得出抚仙湖流域 40 a 综合土地利用类型动态度。单一土地利用类型动态度结果如表 4 所示。

表 4 抚仙湖流域近 40 a 间单一土地利用类型动态度

Tab.4 Single LUCC types dynamic degree of Juxia lake watershed over 40 years

(%)

| LUCC 类型 | 1974— 1977 年 | 1977— 1987 年 | 1987— 1990 年 | 1990— 1996 年 | 1996— 2000 年 | 2000— 2006 年 | 2006— 2009 年 | 2009— 2012 年 | 2012— 2014 年 | 1974— 2014 年 |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 耕地 | 0.71 | 7.92 | 0.27 | -1.75 | -0.51 | 4.87 | -0.94 | -2.09 | -1.92 | 2.08 |
| 园地 | — ^① | — | — | — | — | — | 9.48 | 19.30 | 12.13 | — |
| 林地 | -0.22 | -1.17 | -0.20 | -0.55 | -1.04 | -2.35 | 0.22 | 0.99 | -0.27 | -0.71 |
| 草地 | 0.18 | -5.20 | 0.64 | 10.47 | 6.84 | -3.48 | -0.45 | -1.90 | 3.19 | -0.50 |
| 房屋建筑(区) | 0.97 | 9.37 | 0.13 | 2.53 | 0.28 | 0.08 | 1.93 | 2.37 | 0.69 | 4.23 |
| 道路 | — | — | 1.66 | 47.31 | 13.31 | 15.39 | 1.25 | 2.86 | 0.03 | — |
| 构筑物 | — | — | — | — | — | — | 10.13 | 13.09 | -12.54 | — |
| 人工堆掘地 | — | — | — | — | — | — | 14.15 | 14.26 | 35.28 | — |
| 荒漠与裸露地表 | — | — | -1.16 | 1.92 | -6.69 | 13.10 | 2.29 | 4.14 | -14.90 | — |
| 水域 | -0.01 | 0.05 | -0.02 | 0.09 | -0.12 | 0.03 | -0.05 | -0.23 | 0.16 | 0.00 |

①表示因影像空间分辨率不同,无法准确地计算出土地利用类型动态度。

单一动态度为正值表示某类型面积增加,为负值表示该类型面积减小。用单位动态度的绝对值来衡量某类型的变化程度更为准确。通过分析表 4 可知,耕地在 1977—1987 年和 2000—2006 年这 2 个时间段内动态度绝对值较大,分别为 7.92% 和 4.87%; 园地从 2006 年才有监测数据,3 个时间段动态度绝对值均较大; 林地只在 2000—2006 年间的动态度变化稍大,而在其余时间段基本保持稳定; 草地在 1977—1987 年、1990—1996 年、1996—2000 年、2000—2006 年和 2012—2014 年间动态度绝对值分别达 5.20%, 10.47%, 6.84%, 3.48% 和 3.19%; 房屋建筑(区)在 1977—1987 年、1990—1996 年和 2009—2012 年动态度绝对值分别达到了 9.37%、2.53% 和 2.37%; 道路从 1990 年开始,直到 2006 年的 3 个时间段内,土地利用类型动态度变

化很大; 构筑物和人工堆掘地的土地利用类型动态度均从 2006 年开始,其动态变化也较大; 荒漠与裸露地表在 1996—2000 年、2000—2006 年、2009—2012 年、2012—2014 年土地利用动态度绝对值较大; 水域近 40 a 来土地利用类型动态度基本持平。通过以上分析可以看出,园地、林地、道路、构筑物和人工堆掘地 5 类变化最为活跃,其余 5 类相对稳定。

就综合土地利用类型动态度而言,1990—1996 年和 2000—2006 年动态度变化较大,分别为 0.67% 和 0.63%, 变化较小的为 1974—1977 年,仅为 0.16%。说明随着经济的发展,人类活动对土地利用变化的影响力度不断增强。

3.2 抚仙湖流域土地利用转移矩阵

以抚仙湖流域 LUCC 为依据,可计算出 1974—2014 年间的该流域土地利用转移矩阵,如表 5 所示。

表 5 抚仙湖流域 1974—2014 年间土地利用类型变化转移矩阵

Tab.5 Conversion matrix of land use change from 1974 to 2014 in Fuxian lake watershed

(hm²)

| LUCC 类型 | 耕地 | 园地 | 林地 | 草地 | 房屋建筑 (区) | 道路 | 构筑物 | 人工堆 掘地 | 荒漠与裸 露地表 | 水域 | 总计 |
|-------------|-----------|--------|-----------|----------|-------------|--------|--------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| 耕地 | 4 600.60 | 229.89 | 1 022.96 | 240.92 | 700.26 | 305.45 | 247.26 | 112.95 | 18.62 | 77.94 | 7 556.85 |
| 林地 | 7 252.81 | 579.43 | 1 8761.12 | 3 410.34 | 384.86 | 324.92 | 124.75 | 435.20 | 51.23 | 103.03 | 31 427.68 |
| 草地 | 1 816.59 | 146.93 | 2 611.23 | 1 226.62 | 84.27 | 74.72 | 46.57 | 152.43 | 6.19 | 16.57 | 6 182.12 |
| 房屋建筑 (区) | 157.28 | 9.65 | 24.15 | 10.22 | 311.43 | 21.23 | 13.46 | 1.84 | 0.23 | 2.90 | 552.39 |
| 水域 | 13.19 | 7.97 | 53.26 | 52.06 | 5.19 | 6.60 | 11.04 | 1.07 | 23.98 | 21 638.86 | 21 813.23 |
| 总计 | 13 840.46 | 973.87 | 22 472.71 | 4 940.17 | 1 486.01 | 732.93 | 443.08 | 703.49 | 100.25 | 21 839.30 | 67 532.27 |

1974—2014 年间,抚仙湖流域的耕地转变为林地、草地、园地、房屋建筑(区)和道路等类型,其中较大部分转变为林地; 部分林地转为了耕地(高于耕地转为林地的面积),加上还有一部分转为草地,说明林地面积有所减少; 而草地也有大部分又转变成了林地和草地,房屋建筑(区)的面积也呈增长趋

势,但由于该类型在整个流域范围内所占比例较小,除了一部分转变为耕地外,其余转化率很小; 水域的面积基本上保持稳定,只有很少的一部分转化为其他类型。由此可见,在 1974—2014 这 40 a 间,土地利用变化的类型主要是耕地、林地和草地,3 种土地利用类型转移比例较大。

3.3 抚仙湖流域 LUCC 各类型变化

通过对比 1974—2014 年近 40 a 来抚仙湖流域

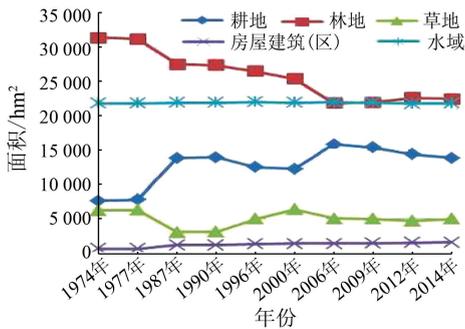


图3 抚仙湖流域 LUCC 各类型面积变化趋势

Fig. 3 Change trend of LUCC types from 1974 to 2014 in Fuxian lake watershed

根据以上变化趋势可知,自 1974 年以来的 40 a 内,抚仙湖流域的园地、房屋建筑(区)、道路、构筑物 and 人工堆掘地面积总体呈增加趋势,可见由于经济发展和人类活动的增强,这些与人类经济活动密切相关的类型呈现出很强的增长势头;耕地在 2000 年前均为增长趋势,2000 年以后逐渐由增长变为减少的趋势,主要原因是退耕还林还草;林地面积呈现出明显的下降趋势,说明人类对林地的破坏较大,2006 年以后由于退耕还林政策的施行,林地面积不再减少,还有增加的趋势;草地的变化趋势基本不大,主要原因是由于自然演替、退耕还草以及人工播种等;荒漠与裸露地表的面积由逐年上升转变为逐年下降,表现出该区域对未利用土地进行植树造林或其他经济活动;水域面积则基本维持不变。

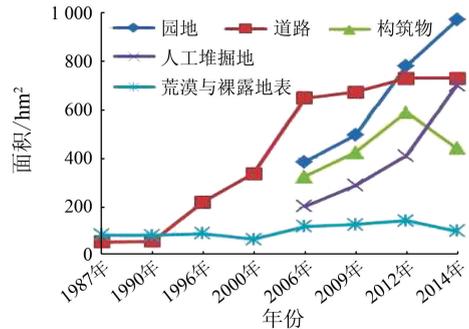
3.4 抚仙湖流域 LUCC 驱动因子

从回归方程中可以看出,耕地面积与总人口、人口自然增长率、第一产业产值、第三产业产值、工业产值、国内生产总值、财政支出、人均生活消费支出及全年平均气温呈正相关关系。耕地面积与农业人口、农业产值、农民人均收入、社会消费品零售总额、粮食总产量、粮食单产、农业化肥使用量、农业农药使用量及全年平均降水呈负相关关系。

4 结论与讨论

1) 近 40 a 来,人类活动和经济发展以及产业结构的优化调整对抚仙湖流域的土地利用产生了一定的影响。房屋建筑(区)、道路、构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表、园地的面积明显呈增加的趋势,而耕地、林地、草地和水域的面积则呈减少趋势。抚仙湖流域草地和林地减少,植被覆盖状况明显下降,到 2006 年后趋于平稳,说明实施退耕还林还草政策以来,土地生态环境有所改善,耕地的扩张趋于

的 LUCC 类型变化,可以得出各类型的面积变化趋势(图 3)。



减缓,但由于各种基础设施的建设,房屋建筑(区)、道路等与人民生活相关的地表类型仍会处于扩张趋势,而水域的变化与气候、人文方面都有很大的关联,加上近几 a 云南地区连续干旱、城市化建设的提速、抚仙湖旅游业快速发展,均对水域面积变化有较大影响。

2) 流域土地利用变化主要受社会经济因子的影响。总人口、人口自然增长率、第一产业产值和第三产业产值是流域土地利用变化的主要驱动因子。

3) 通过采用 RS 与 GIS 相结合的技术手段,研究抚仙湖流域土地利用变化特征及其驱动力,有利于解决高原湖泊生态脆弱区土地利用与社会发展之间的矛盾,促进区域人地关系的协调发展,为人地系统的合理调控提供数据、资料支持,对区域生态安全与可持续发展具有重要的科学意义。土地利用强度和结构的巨大变化会引起一系列区域性生态环境问题,抚仙湖流域土地利用变化与生态环境变化的响应将是今后研究的重要方向。

参考文献 (References):

- [1] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究,2003,22(1):1-12. Liu J Y, Zhang Z X, Zhuang D F, et al. A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990s[J]. Geographical Research, 2003, 22(1): 1-12.
- [2] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报,2009,64(12):1411-1420. Liu J Y, Zhang Z X, Xu X L, et al. Spatial patterns and driving forces of land use change in china in the early 21st century[J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(12): 1411-1420.
- [3] Turner II B L, Lambin E F, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007, 104(52): 20666-20671.

- [4] Wasige J E, Groen T A, Smaling E, et al. Monitoring basin – scale land cover changes in Kagera Basin of Lake Victoria using ancillary data and remote sensing[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2013, 21: 32 – 42.
- [5] Skole D, Tucker C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988 [J]. *Science*, 1993, 260(5116): 1905 – 1910.
- [6] Ojima D S, Galvin K A, Turner II B L. The global impact of land – use change: To understand global change, natural scientists must consider the social context influencing human impact on environment[J]. *BioScience*, 1994, 44(5): 300 – 304.
- [7] Fischer G, Sun L X. Model based analysis of future land – use development in China [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001, 85(1/3): 163 – 176.
- [8] Otsubo K. Land Use for Global Environmental Conservation (LU/GEC): Final Report of the LU/GEC First Phase: 1995—1997 [R]. Tokyo: National Institute for Environmental Studies, Environmental Agency of Japan, 1997.
- [9] 刘冠志, 甄江红, 刘果厚, 等. 近 20 年元上都遗址周边土地利用变化及驱动力[J]. *草业科学*, 2015, 32(8): 1363 – 1371.
Liu G Z, Zhen J H, Liu G H, et al. Analysis of land usage variations and driving forces in the area around Xanadu Relics[J]. *Practical Science*, 2015, 32(8): 1363 – 1371.
- [10] 孙云华, 郭涛, 崔希民. 昆明市土地利用变化的强度分析与稳定性研究[J]. *地理科学进展*, 2016, 35(2): 245 – 254.
Sun Y H, Guo T, Cui X M. Intensity analysis and stationarity of land use change in Kunming City [J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(2): 245 – 254.
- [11] 吴坤, 王文杰, 刘军会, 等. 成渝经济区土地利用变化特征与驱动力分析[J]. *环境工程技术学报*, 2015, 5(1): 29 – 37.
Wu K, Wang W J, Liu J H, et al. Analysis on characteristics and driving force of land use change in Chengdu – Chongqing economic zone[J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2015, 5(1): 29 – 37.
- [12] 李均力, 姜亮亮, 包安明, 等. 1962—2010 年玛纳斯流域耕地景观的时空变化分析[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(4): 277 – 285.
Li J L, Jiang L L, Bao A M, et al. Spatio – temporal change analysis of cultivated land in Manas drainage basin during 1962—2010 [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(4): 277 – 285.
- [13] Fu P, Weng Q H. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2016, 175: 205 – 214.
- [14] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 374 – 377.
Wang S M, Dou H S. The Blog of China Lake [M]. Beijing: Science Press, 1998: 374 – 377.
- [15] 高伟, 陈岩, 徐敏, 等. 抚仙湖水质变化(1980—2011 年)趋势与驱动力分析[J]. *湖泊科学*, 2013, 25(5): 635 – 642.
Gao W, Chen Y, Xu M, et al. Trend and driving factors of water quality change in Lake Fuxian(1980—2011) [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2013, 25(5): 635 – 642.
- [16] 国务院第一次全国地理国情普查领导小组办公室. 第一次全国地理国情普查培训教材之二——地理国情普查内容与指标 [M]. 北京: 测绘出版社, 2013.
First National Geographic National Census Leading Group Office of the State Council. First National Census Geography Training Materials 2: Geography Census Contents and Index [M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2013.
- [17] 韩会庆, 杨广斌, 张凤太. 基于地貌特征的贵州省土地利用时空变化分析[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2015, 39(5): 99 – 105.
Han H Q, Yang G B, Zhang F T. Spatio – temporal analysis of land use changes in Guizhou Province based on landform characteristics [J]. *Journal of Nanjing Forestry University(Natural Sciences Edition)*, 2015, 39(5): 99 – 105.
- [18] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81 – 87.
Wang X L, Bao Y H. Study on the methods of land use dynamic change research[J]. *Progress in Geography*, 1999, 18(1): 81 – 87.
- [19] 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.
Bai G C, Xia J G, Wang C Q, et al. Land use transition in Dongpo District, Meishan City in China based on a tendentious model for analyzing spatial transition of land use types [J]. *Resources Science*, 2009, 31(10): 1793 – 1799.
- [20] 刘萌, 杨武年, 邵怀勇, 等. 青川县 LUCC 遥感动态监测及驱动力分析[J]. *国土资源遥感*, 2014, 26(3): 160 – 165. doi: 10.6046/gtzyyg. 2014. 03. 26.
Liu M, Yang W N, Shao H Y, et al. Remote sensing dynamic monitoring and driving force analysis of land use/cover changes in Qingchuan County [J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2014, 26(3): 160 – 165. doi: 10.6046/gtzyyg. 2014. 03. 26.

Spatio – temporal LUCC and driving force in Fuxian Lake watershed from 1974 to 2014

LI Shihua^{1,2}, ZHOU Junsong², WANG Jinliang¹

(1. College of Tourism and Geographic Sciences, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China;

2. Yunnan Provincial Geomatics Centre, Kunming 650034, China)

Abstract: Land use and land cover change (LUCC) is one of the important aspects in global change research, and

it plays a key role in the regional environmental protection and economy by carrying out the study of regional spatio-temporal LUC. In order to analyze spatio-temporal LUC in the Fuxian Lake watershed from 1974 to 2014, the authors took a total of 10 periods of remote sensing images as the main data sources, consulted the first national geographic conditions census data, and acquired the LUC information by using supervised classification and artificial interpretation from remote sensing images. At last, the authors further revealed the driving force mechanism by analyzing regional spatio-temporal LUC in the past 40 years in the Fuxian Lake watershed based on socioeconomic data by principal component analysis and linear regression analysis methods. Some conclusions have been reached: With the increasing of human social and economic activities, garden land, housing construction area, roads and structures, artificial pile digging, a desert with bare surface increased significantly, while the cultivated land, forest land, grassland and water showed a trend of decrease in the Fuxian Lake watershed in the past 40 years. The LUC changed significantly from 1990 to 1996 and 1996 to 2006, while the change was insignificant from 1974 to 1977. From the result of transition of LUC types, it can be concluded that the transitional ratio of forest land, grassland and farmland were more than other types of land, while water had steady condition. The LUC is mainly affected by social and economic factors.

Keywords: Fuxian Lake watershed; land use/cover change; spatio-temporal change; driving force mechanism

(责任编辑:李瑜)