

江西省土地利用变化及其对人类活动的响应

徐 羽¹, 钟业喜¹, 冯兴华¹, 徐丽婷¹, 郑 林¹, 吴 巍²

(1. 江西师范大学 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室/地理与环境学院, 南昌 330022; 2. 江西师范大学 城市建设学院, 南昌 330022)

摘 要:采用人机交互式判读解译 2005 年、2010 年、2013 年 3 期 TM/ETM+ 遥感影像, 提取获得江西省土地利用数据。从土地利用变化速度、土地利用转移空间特征与方向、土地利用程度等角度对江西省人类活动作用下的土地利用变化时空规律进行了深入分析。结果表明: (1) 2005—2010 年、2010—2013 年两个时间段, 江西土地利用变化速度呈现下降趋势, 各地类增减变化较为显著; (2) 2005 年以来, 耕地与建设用地、林地 3 种地类间的转移流在土地转移网络中占主导地位; 地类间转移面积密度总体呈下降趋势, 土地利用类型转移热点区呈片状及散点状分布; (3) 总体来看, 江西省土地利用程度整体水平普遍提升, 土地利用程度综合变化指数区域差异逐步缩小; 土地利用程度综合指数变化极值区受政策影响显著, 在两个时期内促使了赣北环鄱区、赣南地区土地利用活跃区的形成。

关键词:土地利用变化; 人类活动; 江西省

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)01-0181-06

Response of Land Use Change to the Human Activities in Jiangxi Province

XU Yu¹, ZHONG Yexi¹, FENG Xinghua¹, XU Liting¹, ZHENG Lin¹, WU Wei²

(1. Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education, School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; 2. College of City Construction, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: Based on the remote sensing data of Jiangxi Province, we used man computer interactive image processing methods to acquire the land use data in 2005, 2010, 2013. With the help of GIS and Ucinet software, the spatiotemporal variations of land use change were quantitatively analyzed, including land use change rate, land use transformation pattern and land use intensity. The results showed that: (1) the integrated dynamic degree of land use showed the decreasing tendency, during 2005—2013, the area of grassland, arable land and unutilized land decreased gradually, the area of construction land increased gradually, the water area increased during 2005—2010 and then decreased during 2010—2013, forest area decreased during 2005—2010 and then increased during 2010—2013; (2) since 2005, the land use interchange flowing between arable land, forest land and construction land had been dominant in the land use change of Jiangxi Province; in general, the density of the area of land use change decreased and the range of high density reduced, the hot area of land use transformation distributed in patches or dots; (3) in general, the land use intensity in Jiangxi Province showed increasing tendency during 2005—2013, and the gap narrowed between the area of high land use intensity and the area of low land use intensity. Affected by the central policy, the Poyang Lake ring area and Gannan area become the areas of obviously high land use intensity.

Keywords: land use/land cover; human activities; Jiangxi Province

土地利用/土地覆被变化是区域自然环境对人类 社会经济活动和地球陆表系统自然生态过程^[1]。经济活动最直接的响应, 作为联系纽带密切联通着人 类社会根据不同的发展需求, 驱动着区域自然环境

收稿日期: 2015-11-07

修回日期: 2015-12-07

资助项目: 国家自然科学基金(41561025); 江西省重大生态安全问题监控协同创新中心资助项目(JXS-EW-00)

第一作者: 徐羽(1991—), 男, 江西信丰人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用与城乡发展。E-mail: xuyu91@126.com

通信作者: 钟业喜(1973—), 男, 江西南康人, 教授, 主要从事经济地理与空间规划研究。E-mail: zhongyexi@126.com

发生变化,使陆地表层表现出不同土地利用方式,所以土地利用变化是对人类社会经济活动的重要响应和表现^[2]。构建模型开展土地利用变化的速度、转移方向和土地利用程度等方面的研究,有助于全面把握区域土地利用变化的时空特征和空间格局,揭示土地利用对人类变化的响应程度。目前,已有研究主要基于遥感影像解译数据,运用不同指标和土地利用变化模型对不同尺度的研究区域进行了研究,取得了丰富成果。刘纪远等^[3]从全国尺度研究了20世纪80年代以来全国土地利用变化的基本特征和空间格局,并对全国土地利用动态变化进行分区;宋开山等^[4]对三江平原西部土地利用方式、景观格局的动态变化进行定量研究;乔伟峰等^[5]运用土地利用变更调查数据,通过构建土地利用数量变化、程度变化和空间变化等指标测算模型分析苏州土地利用时空演化规律。其中“生态脆弱区”^[6-8]和“快速城市化区域”^[9-11]成为学界研究的重点和热点区域。从研究方法来看,从早期侧重采用单一指标和部分指标发展到之后全面运用单一/综合土地利用动态度、土地利用程度、土地利用转移矩阵、景观特征指数、重心模型等方法^[12],当前集成土地利用信息图谱^[13]、复杂网络^[14]等空间分析技术和传统方法研究土地利用变化规律逐渐成为趋势^[15-16]。

江西省作为内陆地区欠发达省份,经济社会发展水平相对滞后,长期以来一直是我国扶贫开发的主阵地。近年来,随着环鄱阳湖生态经济区、振兴赣南苏区等一批国家战略的实施,江西发展迎来新的机遇,经济社会发展速度位于全国前列。同时,作为全境入选国家生态文明先行示范区的省份,也承担着极为重要的生态保护功能。因此,全面分析全省土地利用特征及其变化过程和格局,对省域国土空间的合理开发和利用具有一定参考价值。既有研究中,对江西省土地的研究,较多的关注个别地区^[17-18]、流域^[19-21]、个别地类^[22-23]的土地利用及变化情况,对全省土地利用变化时空规律进行研究的成果不多见。因此,本研究充分借助空间分析技术、信息图谱分析技术以及社会网络分析方法,尝试对江西省土地利用变化时空规律及其对人类活动的响应进行全面分析,为区域土地资源科学开发和利用提供参考。

1 研究区概况

江西位于北纬24°29′—30°04′、东经113°34′—118°28′,长江中下游交接处的南岸,东邻浙闽、南连广东、西接湖南、北毗鄂皖,素有“吴头楚尾粤户闽庭”之称。京广线和浙赣线贯通全境,构成全省发展的“十”字型主体框架。全省三面环山,内侧丘陵广亘,

中北部平原坦荡,整个地势由外及里、自南向北,渐次向鄱阳湖倾斜,形成一个向北开口的巨大盆地。全省面积16.69万km²,主要以山地、丘陵为主。主要山脉分布于省境边陲。全省大小河流2400多条,总长约18400km,大部分河流汇向鄱阳湖,再注入长江,鄱阳湖是全国最大淡水湖,它是江西最大的聚水盆,长江水量的巨大调节器,也是沟通省内外各地航道的中转站。江西为亚热带季风湿润气候,2014年年平均气温19.2℃,降水量达到2523mm。随着鄱阳湖生态经济区和赣南原中央苏区等一系列国家和地区发展战略的实施,江西绿色崛起速度加快,2014年年总人口为4542万人,实现地区生产总值15708亿元。

2 数据来源与处理

利用美国地质调查局官网(<http://www.usgs.gov/>)开放下载的TM/ETM+遥感影像数据库,下载2005年、2010年、2013年3期覆盖江西全省的卫星影像作为数据源。借助遥感影像处理软件Erdas Imagine 9.3进行校正、融合、镶嵌、裁剪等预处理工作,统一3期遥感影像坐标系统为WGS 1984地理坐标系和Albers投影坐标系。之后根据土地利用现状分类标准(GB/T21010—2007),利用ArcInfo Workstation进行人机交互式判断解译,解译精度达到90%以上,共划分为6类一级地类、20类二级地类,包括草地(高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地)、耕地(旱地、水田)、林地(有林地、灌木林地、疏林地、其他林地)、建设用地(城镇用地、农村居民点、工交建设用地)、水域(水库/坑塘、河渠、湖泊、滩地、海涂)、未利用地(裸土地、裸岩、沼泽地、沙地),从而得到2005年、2010年、2013年3期土地利用数据(图1)。

3 研究方法

3.1 土地利用动态度

土地利用动态度是刻画区域土地利用在一定时间内的变化速度,综合土地利用动态度(P)用于测算区域整体的土地利用变化速度,单一土地利用动态度(K)用于计算某种土地类型的变化速度^[12]。指标数值越大,表示土地利用变化剧烈程度越高,数值越低,土地利用变化越缓慢。计算公式为:

$$P = \left[\sum_{ij} (\Delta U_{i-j} / U_i) \right] \frac{1}{t} \times 100\% \quad (1)$$

式中: P 为综合土地利用动态度; ΔU_{i-j} 为研究期初至期末第 i 类用地类型向其他类型土地转出的面积之和; U_i 为研究期初第 i 类土地利用类型的面积; t 为研究期初至期末的间隔年数。

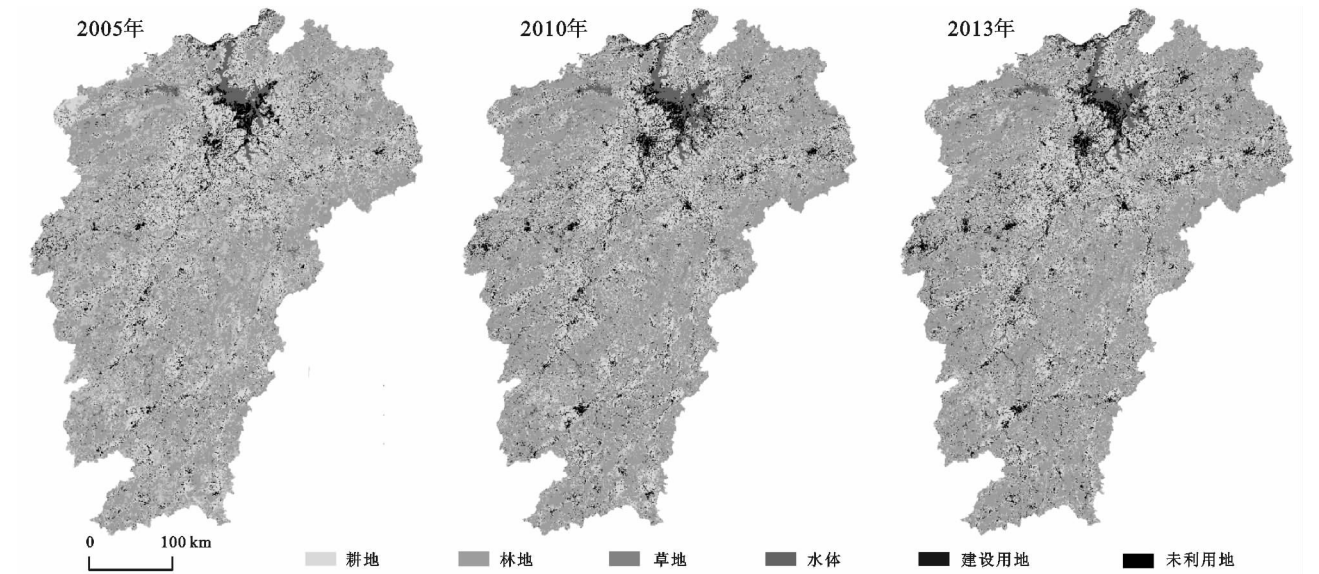


图 1 江西省土地利用空间格局

$$K=\frac{U_b-U_a}{U_a}\cdot\frac{1}{t}\times100\% \tag{2}$$

式中: K 为单一土地利用动态度; U_a,U_b 分别是研究期初和研究期末某土地利用类型的面积数量; t 为研究期初至研究期末的间隔年数。

3.2 土地利用转移流

利用 ArcGIS 软件空间叠置功能考察全省各地类转移交互情况,据此建立土地利用转移矩阵。同时,引入“土地利用转移流”^[24] 指标对各土地利用类型的“转出流”、“转入流”进行测算,并借助社会网络分析工具 Ucinet 软件对其进行可视化,厘清全省各类用地的转移交互方向和数量。

$$L_f=L_{out}+L_{in} \tag{3}$$

$$L_{nf}=L_{in}-L_{out} \tag{4}$$

式中: L_f 为土地利用转移流; L_{out} 为转出流; L_{in} 为转入流; L_{nf} 为土地转移流净值,其值为正时,表示净流入;其值为负,则表示净流出。

3.3 土地利用程度

不同的土地利用类型可以表征土地系统对人类活动的响应程度。因此,刘纪远等^[2] 提出了土地利用程度综合指数分析方法,他根据人类活动强度由低到高对土地利用程度进行分级,将土地利用划分为未利用级、林、草、水用地级,农业用地级(含耕地、园地),城镇聚落用地级 4 类,分别赋值为 1,2,3,4。可利用土地利用程度综合指数指标来描述土地利用程度,其计算公式为:

$$X=100\sum_{i=1}^nA_iW_i \tag{5}$$

进一步构建土地利用程度综合变化指数,分析土地利用程度的演变趋势和地域差异,其计算公式为:

$$\Delta X_{b-a}=X_b-X_a=[(\sum_{i=1}^nA_iW_{ib})-(\sum_{i=1}^nA_iW_{ia})]\times100\% \tag{6}$$

式中: X 为土地利用程度综合指数; A_i 代表第 i 级土地利用程度分级指数; W_i 代表第 i 级土地利用程度面积所占比例; ΔX_{b-a} 代表土地利用程度综合变化指数,其值可为正值或负值,分别表征区域土地利用程度增强或减弱; X_a,X_b 代表 a 时期和 b 时期的土地利用程度综合指数; W_{ia},W_{ib} 分别表示 a 时期和 b 时期第 i 级别土地利用程度面积所占比例。

4 结果与分析

4.1 土地利用变化速度分析

4.1.1 全省土地利用动态度分析 2005—2010 年,江西省土地利用综合动态度为 23.59%;2010—2013 年,全省土地利用综合动态度下降为 12.82%。土地利用变化速度的大小表征人类活动对自然环境影响强弱。研究期内,江西省土地利用变化速度呈现下降的趋势,表明区域人类社会经济活动对自然环境系统影响的减弱。

为进一步深入分析全省土地利用变化速度的区域差异,把握土地系统对人类活动强度响应的空间格局。利用公式(1)计算得到各县(市)2000—2010 年、2010—2013 年两期的土地利用动态度,根据其动态度值域范围并借助 Nature Breaks 分类法将 91 个研究单元划分为 4 类变化区域:急剧变化型(25%~49.98%)、快速变化型(15%~25%)、慢速变化型(8%~15%)、极慢变化型(1.35%~8%)(图 2)。从数值表现来看,2005—2010 年,各县(市)综合动态度为 3.58%~49.69%,平均值为 24.55%;2010—2013 年,各县(市)综合动态度为 1.35%~49.98%,平均值为 15.99%,这一结果与全省综合动态度的变化情况相一致。从各类型区域变动情况来看,2005—2010 年,急剧变化型(43

个)和快速变化型(30个)区域占据主导,占据全部研究单元的81%;2010—2013年,这一时期与前一时期情况发生较大改变,急剧变化型(17个)和快速变化型(11个)区域分布范围大幅缩减,占比减小为42%;而慢速变化型(26个)和极慢变化型(27个)区域分布范围显著扩大,所占比重超过50%。从各类型区域分布范围来看,呈现出两个突出特征,其一为环鄱阳湖区域成为急剧变化型区域集聚地带,可见环鄱阳湖生态经济区作为江西绿色崛起的“北翼”,城镇化和工业发展水平较高,全省经济发展格局中地位重要,因此,对土地系统的影响较强;其二,动态度高值区围绕中心城市集聚特征明显,这主要是因为中心城市空间扩展过程中首先向周边县市扩张,空间近邻效应显现。

4.1.2 各地类变化动态度分析 如图3所示,草地、耕地、未利用地面积持续减少,草地和耕地面积减少速度下降,未利用地面积减少速度增大,其中以草地面积的减少速度最大。草地面积减少速度由2005—2010年的2.58%增大至2010—2013年的3.46%,耕地面积减少速度由2000—2010年的0.54%增大至2010—2013年的0.84%,未利用地面积减少速度由2005—2010年的2.07%下降至2010—2013年的1.92%。

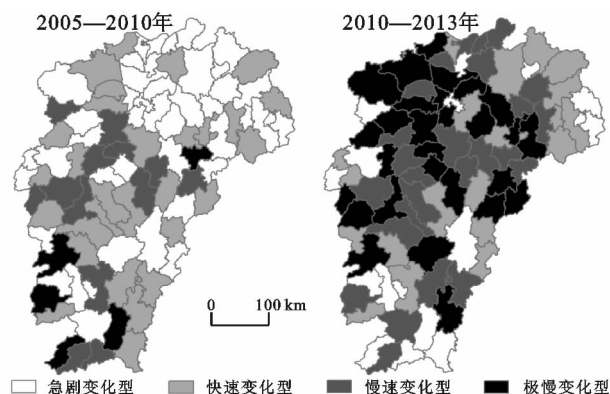


图2 各县市土地利用变化速度

建设用地面积持续扩张,增长速度小幅降低。2005—2010年建设用地扩张速度为4.78%,2010—2013年扩张速度小幅降低至年均4.06%。林地面积呈现先减后增的趋势,水域则与之相反,面积先增加后减少。2005—2010年林地面积年均减少0.11%,2010—2013年林地面积年均增加0.26%;2005—2010年水域面积增加速度为1.53%,2010—2013年水域逐年减少,减少速度为0.95%。

4.2 土地利用类型转移空间特征及方向

为分析人类活动对土地利用类型转移的影响的空间分异特征,研究对土地利用类型转移面积进行核密度分析,并利用Natural Breaks(Jenks)进行分层(图4),以探讨土地利用类型转移的热点区域。2005—2010年核密度最大值达到113.4 hm^2/km^2 ,

高值区在环鄱阳湖地区和瑞兴于地区呈片状分布,而在部分地级市周边地区则呈散点状分布;热点区域分布范围广泛但地域差异性显著,核密度高值区的南北差异十分明显。受研究年限较短因素限制,2010—2013年区域核密度最高值仅为50.3 hm^2/km^2 ,环湖区土地转移虽呈现环状趋势但密度较低;随着赣南原中央苏区上升为国家战略发展区域,赣南地区土地转移速度明显加快,瑞兴于地区仍为热点区域,而热点区在省际边缘山区则形成了寻(乌)—安(远)—定(南)的核心—边缘式的空间结构。总体来看,江西省土地利用受人类活动、政策等因素影响显示出明显的阶段性和地域性特征。2005—2010年的赣北环鄱湖区及2010—2013年的赣南瑞兴于、寻安定地区受到人类活动的影响明显增强。

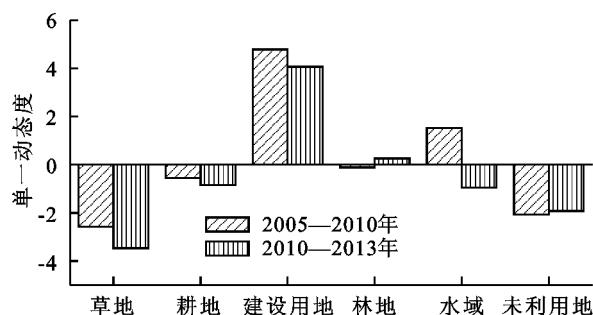


图3 各地类土地利用变化速度

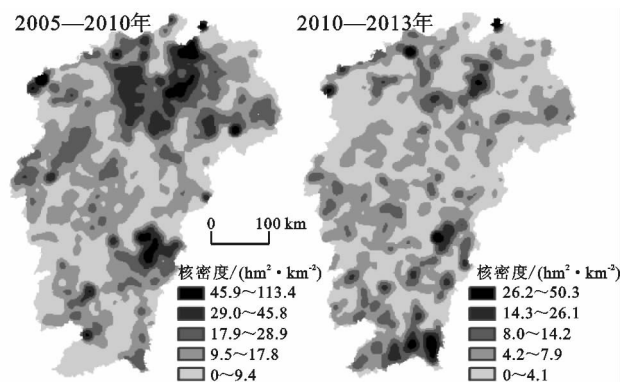


图4 江西省土地利用转移面积核密度

在构建土地利用转移矩阵基础上进行网络分析,以探讨江西省各类土地转移关系。结果表明:2005年以来江西省各类型土地利用均存在转移关系,而人类活动导致了36种土地类型转移关系;在众多土地利用转移流中,耕地与建设用地、林地3种土地类型之间的转移占明显优势(图5)。2005—2010年,耕地与建设用地、林地3种地类转移流强度达到802 349 hm^2 ,占有土地转移流的62.5%;2010—2013年,转移强度进一步提升,达到了325 714 hm^2 ,占有土地转移流的75.5%,成为江西省土地利用变化的优势地类。在优势地类转移流中,耕地与林地之间的转移流占主导地位,而耕地与建设用地间的转移流强度

也较大,处于次要地位。从优势地类转移流来看,两阶段内的最大转移流发生明显变化。2005—2010 年,林地转为耕地占优势地类转移流及整个土地转移流所占比例最大,分别达到 34.6% 及 21.6%,主要分布在环鄱阳湖周边县市及宁都、寻乌等地区;其次为耕地转为林地,其转移强度为 255 662 hm²,占优势地类转移流及整个土地转移流的比例分别达 31.8% 和 19.9%,从空间分布看,该转移流主要分布在修水西北部以及赣南省际边缘山区部分县市(如:石城、寻乌、宁都、上犹等)。2010—2013 年,耕地转为林地在 3 种优势地类转移流及整个土地转移流的强度最大、比例最高,分别达到了 43.1% 和 32.6%;耕地转为建设用地的强度次之,所占比例分别为 22.5% 和 17%,约为耕地转林地的 1/2 左右;从空间分布来看,耕地转林地多分布在省际边缘县市,而耕地转建设用地多分布于地市市辖区及其周边县市。总体来看,各地类转为建设用地及林地的强度逐步增强,其转移流占有土地转移流的比例不断提升;各类型转为建设用地的比例由 2005—2010 年的 19% 提升至 2010—2013 年的 30.6%,其中以耕地转建设用地为主导,而水域转建设用地的影响甚小;各类型转为林地的比例由 27.7% 增长至 41.1%,增长速度明显提升,其中以耕地转林地为主导,水域对其转移呈现出负增长态势。

未利用地在土地转移流中整体呈现出负增长态势,主要原因在于城镇建设及生态文明建设等因素影响,未利用地在人类活动下得到一定程度的开发。

为进一步分析地类间转移流的强度及各地类盈亏状况,在转移流比例基础上借鉴社会网络分析方法进行度中心性分析原理,将各地类转移流分为转入流及转出流,并据此将各地类分为净流入地类和净流出地类以表示地类盈亏状况。结果表明:2005—2010 年,草地转出流为 9.6%,而转入流则为 6.7%,耕地转出流为 42%,转入流仅为 31.2%,建设用地的转出流为 5.3%,转入流则达到 19.1%,林地转出流高达 31.9%,转入流 27.7%,水域转出流 6.4%,转入流则上升为 11.7%;此阶段净流入地类有建设用地、水域;而其余地类则为净流出地类。2010—2013 年,江西省净流入地类则有建设用地及林地,其中建设用地流入比例增加明显;其余地类则为净流出地类,其中耕地流出量迅速增加。从两个阶段比较来看,建设用地及林地的净流入量增长显著,而在净流出地类中,耕地的流出量较大。

4.3 土地利用程度分析

以县(区)为研究单元分别计算 2005 年、2010 年及 2013 年土地利用程度综合指数和土地利用程度综合变化指数,以反映 2 个时间段人类活动对土地利用变化的影响程度(图 6)。

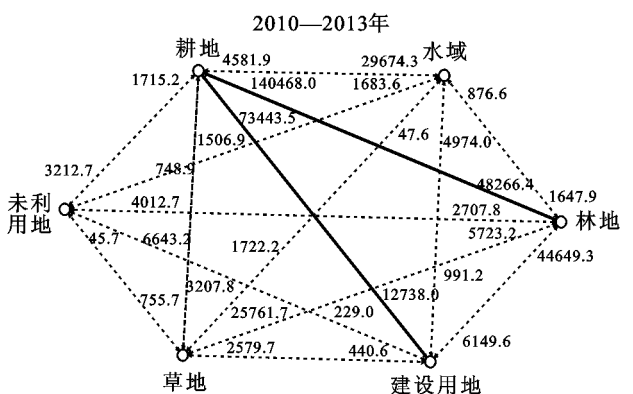
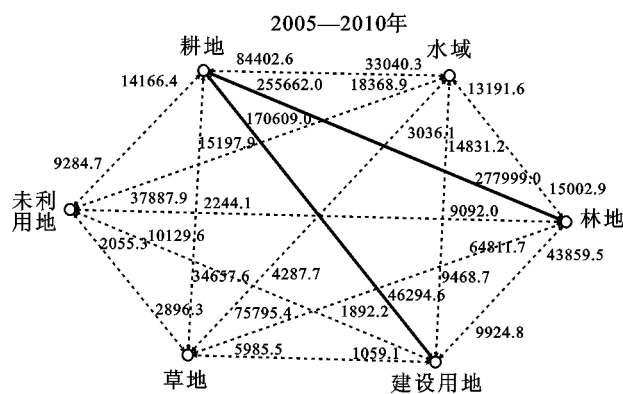


图 5 江西省土地转移矩阵网络结构

2005—2010 年,江西省 91 个评价单元中有 76 个单元的土地利用程度综合指数变化值为正值,所占比例高达 83.5%,说明土地利用程度综合指数升高是江西省该时段的主要趋势。各县市土地利用综合变化差异较大,其标准差系数达到 2.51,土地利用综合指数变化值为 -7.78~10.82,土地利用综合指数变化值(正值、负值)大的区域主要出现在赣北地区,尤其是环鄱阳湖周边县市,说明在此期间赣北地区,尤其是环鄱阳湖周边地区的人类活动对土地利用的响应程度较大。其中赣北地区的南昌市、新建县、景德镇市、上饶市、鹰潭市、贵溪市、分宜县及赣南地区的赣州市土地利用综合水平变化最大,土地利用综合变化值均大于 5,说明这些县

市土地利用均处于发展期,结合土地利用变化来看,主要由于耕地及建设用地的增幅要大于林地的减少幅度。而修水县、广丰县、弋阳县、石城县、定南县、上犹县、上栗县等省际边缘县市以及余干县、永修县、星子县、都昌县、九江市等环鄱县市土地利用变化综合指数值均小于 -1,主要是由于林地的增幅远大于耕地的减少幅度,同时环鄱地区有一部分耕地转化为水域,因此这些区域土地利用综合变化值为负值。

2010—2013 年,江西省各县市土地利用程度综合指数变化值为正值的有 78 个,所占比例进一步提升,说明土地利用综合指数的升高仍是江西省该时段的主要趋势,但地域差异性较大。该阶段各县市综合

利用变化值为 $-10.86 \sim 7.08$,其标准差系数为2.12,区域内县市单元差异呈缩小趋势,但其空间分布地域差异性明显。土地利用综合指数变化高值区有赣北的九江市及鹰潭市,而变化负值区主要分布在赣南地区,表明赣南地区在这一阶段受人类活动影响较大。九江市及鹰潭市为土地利用程度变化值大于5的县域,而广昌县、石城县、宁都县、寻乌县、全南县、安远县、于都县、修水县土地利用程度指数变化为小于 -1 的县域。

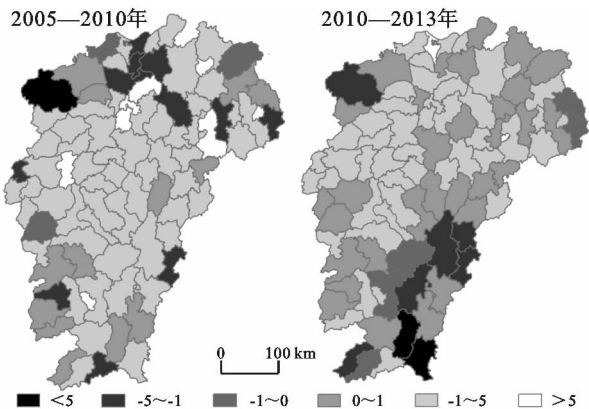


图6 江西土地利用程度综合变化指数

总体来看,土地利用程度综合指数变化值极值区域的变化受政策影响因素较为明显,江西省在两个时期分别形成了环鄱阳湖生态经济区及赣南原中央苏区两个国家级战略发展区域,受此因素影响促进了赣北环鄱区、赣南地区土地利用活跃区的形成。从土地利用程度综合指数变化值的空间分布来看,变化值大于1的县域单元逐步减少,且变化值小于 -1 的县域单元也呈缩小趋势,而变化值居于 $-1 \sim 1$ 的县域单元逐步增多,这也是造成区域差异缩小的重要原因。

5 结论

(1) 2005—2010年、2010—2013年两个时间段,江西土地利用综合动态度由23.59%下降为12.82%。动态度高值区围绕中心城市集聚特征明显。从各用地类型变化情况来看,草地、耕地、未利用地持续减少,建设用地持续增加,水域先增加后减少,林地则先减少后增加。

(2) 2005年以来,耕地、建设用地与林地3类用地类型之间的转移占明显优势,是全省用地类型转移的优势地类,地类间转移面积密度呈下降趋势,土地利用类型转移热点区域分布广泛,环鄱阳湖地区和瑞兴于地区呈现片状分布,围绕部分地级市则呈现散点状分布。江西省土地利用转移空间格局特征受政策因素影响表现出明显的阶段性和地域性特征,2005—2010年的赣北环鄱地区及2010—2013年的赣南瑞兴于、寻安定地区受到人类活动的影响明显增强。

(3) 2005年以来,江西土地利用程度整体水平普遍

提升,土地利用程度综合变化指数区域差异逐步缩小;土地利用程度综合指数变化极值区受政策影响显著,江西省在两个时期分别形成了环鄱阳湖生态经济区及赣南原中央苏区两个国家级战略发展区域,受此因素影响促进了赣北环鄱区、赣南地区土地利用活跃区的形成。

在土地利用变化驱动机制上,本文主要结合经济区位和国家政策进行分析,实际上,在市场经济条件下,受经济效率驱动土地利用变化表现出明显的指向性,各地类向建设用地转移成为土地利用转移的主流,使得建设用地面积持续增加,而耕地、林地等生态用地相对减少,进一步导致土地利用程度上升,事实上土地利用程度上升的过程也是区域土地资源经济价值整体上升的表现。因此,有必要引入经济学相关理论和方法,构建土地价格与土地利用变化的动态关联模型,开展土地利用效率及土地利用变化的经济驱动机制等方面的研究。此外,本文受数据获取限制研究时限较短,进行长时序的土地利用变化监测更有利于揭示区域土地利用与开发规律。这些都是进一步研究考虑的方向。

参考文献:

- [1] Mooney H A, Duraiappah A, Larigauderie A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013, 110(S1): 3665-3672.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 宋开山,刘殿伟,王宗明,等. 1954年以来三江平原土地利用变化及驱动力[J]. 地理学报, 2008, 63(1): 93-104.
- [5] 乔伟峰,孙在宏,邵繁荣,等. 高度城市化区域土地利用结构演化与驱动因素分析:以苏州市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(5): 557-564.
- [6] 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, 2012, 28(24): 226-234, 362. [7] 赵锦梅,张德罡,刘长仲,等. 祁连山东段高寒地区土地利用方式对土壤性状的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(2): 548-556.
- [8] 王磊,王羊,蔡运龙. 土地利用变化的ANN-CA模拟研究:以西南喀斯特地区猫跳河流域为例[J]. 北京大学学报:自然科学版, 2012, 48(1): 116-122.
- [9] 刘新卫,张定祥,陈百明. 快速城镇化过程中的中国城镇土地利用特征[J]. 地理学报, 2008, 63(3): 301-310.
- [10] 战金艳,江南,李仁东,等. 无锡市城镇化进程中土地利用变化及其环境效应[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(6): 515-521.

- [4] 李若愚,侯明明,卿华,等. 矿山废弃地生态恢复研究进展[J]. 矿产保护与利用,2007(1):50-54.
- [5] Jackson S T, Hobbs R J. Ecological restoration in the light of ecological history[J]. Science,2009,325(5940):567-569.
- [6] 马建军. 黄土高原丘陵沟壑区露天煤矿生态修复及其生态效应研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2007.
- [7] 廖晓勇,陈同斌,阎秀兰,等. 金昌镍铜矿区植物的重金属含量特征与先锋植物筛选[J]. 自然资源学报,2007,22(3):486-495.
- [8] 易扬,王越,辜再元,等. 矿山边坡生态建设的植被特征与群落动态变化[J]. 中国水土保持科学,2014,12(4):51-56.
- [9] 陈影,张利,董加强,等. 废弃矿山边坡生态修复中植物群落配置设计:以太行山北段为例[J]. 水土保持研究,2014,21(4):154-157.
- [10] 刘鸿雁,邢丹,肖玖军,等. 铅锌矿渣场植被自然演替与基质的交互效应[J]. 应用生态学报,2010,21(12):3217-3224.
- [11] 侯湖平,张绍良,闫艳,等. 基于 RS, GIS 的矿区生态景观修复研究:以徐州市城北煤矿区为例[J]. 中国土地科学,2009,23(8):62-67.
- [12] 侯湖平,张绍良,闫艳,等. 基于 RS, GIS 的徐州城北矿区生态景观修复研究[J]. 中国矿业大学学报,2010,39(4):504-510.
- [13] 章梦涛,吴长文. 岩质坡面喷混快速绿化新技术浅析[J]. 水土保持研究,2000,7(3):65-66.
- [14] 周颖,曹映泓,廖晓瑾,等. 喷混植生技术在高速公路岩石边坡防护和绿化中的应用[J]. 岩土力学,2001,22(3):353-356.
- [15] 德培,俊云. 植被护坡工程技术[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
- [16] 许文年,叶建军,周明涛,等. 植被混凝土护坡绿化技术若干问题探讨[J]. 水利水电技术,2004,35(10):50-52.
- [17] 方精云,王襄平,沈泽昊,等. 植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J]. 生物多样性,2009,17(6):533-548.
- [18] 贺山峰,蒋德明,李晓兰. 小叶锦鸡儿固沙群落草本种群重要值与生态位的研究[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(10):150-155.
- [19] 郭希娟. 浅谈灌砂法试验[J]. 山西建筑,2007,33(20):180-181.
- [20] 薛春晓,石龙,火明彩. 寒区露天煤矿排土场边坡生态修复研究[J]. 冰川冻土,2014,36(4):1026-1030.
- [21] 石健. 门头沟龙凤岭废弃矿生态修复效益评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.
- [22] 马丹丹. 野生豆科牧草根瘤菌及其固氮活性的研究[D]. 长春:东北师范大学,2006.
- [23] 刘德虎. S233 公路项目水土保持效果评价[D]. 山东泰安:山东农业大学,2011.
- [24] 杨鞞鞞. 矿山废弃地生态修复技术与效应研究[D]. 郑州:华北水利水电学院,2012.
- [25] 张光辉,梁一民. 植被盖度对水土保持功效影响的研究综述[J]. 水土保持研究,1996,3(2):104-110.
- [26] Ghidey F, Alberts E E. Plant root effects on soil erodibility, splash detachment, soil strength, and aggregate stability[J]. Transactions of the ASAE,1997,40(1):129-135.
- [27] 戴全厚,喻理飞,薛蕙,等. 植被控制水土流失机理及功能研究[J]. 水土保持研究,2008,15(2):32-35.
- [28] Carroll C, Tucker A. Effects of pasture cover on soil erosion and water quality on central Queensland coal mine rehabilitation[J]. Tropical grasslands,2000,34(3/4):254-262.

~~~~~  
(上接第 186 页)

- [11] 陈红顺,夏斌. 快速城市化地区土地利用变化研究:以广东省东莞市为例[J]. 水土保持研究,2012,19(1):239-242.
- [12] 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.
- [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] 武鹏飞,宫辉力,周德民. 基于复杂网络的官厅水库流域土地利用/覆被变化[J]. 地理学报,2012,67(1):113-121.
- [15] 吕立刚,周生路,周兵兵,等. 1985 年以来江苏省土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(7):1086-1093.
- [16] 田义超,梁铭忠,胡宝清. 北部湾钦江流域土地利用变化与生态服务价值时空异质性[J]. 热带地理,2015,35(3):403-415.
- [17] 谢花林. 基于景观结构的土地利用生态风险空间特征分析:以江西兴国县为例[J]. 中国环境科学,2011,31(4):688-695.
- [18] 赵小沉,陈文波,代力民. Markov 和灰色模型在土地利用预测中的应用[J]. 水土保持研究,2007,14(2):19-21.
- [19] 谢花林,李秀彬. 基于分形理论的土地利用空间行为特征:以江西东江源流域为例[J]. 资源科学,2008,30(12):1866-1872.
- [20] 陈昌春,张余庆,项瑛,等. 土地利用变化对赣江流域径流的影响研究[J]. 自然资源学报,2014,29(10):1758-1769.
- [21] 王盼盼,郑林,曹昀,等. 鄱阳湖沙区农户对土地利用变化的影响:以江西省都昌县多宝乡为例[J]. 中国水土保持,2014(6):39-42.
- [22] 张婷,骆希,蔡海生. 江西省耕地的动态变化及驱动因子[J]. 水土保持通报,2014,34(3):305-310.
- [23] 于法展,张忠启,陈龙乾,等. 江西庐山自然保护区不同林地水源涵养功能研究[J]. 水土保持研究,2014,21(5):255-259.
- [24] 马彩虹,任志远,李小燕. 黄土台塬区土地利用转移流及空间集聚特征分析[J]. 地理学报,2013,68(2):257-267.