

DOI: 10.5846/stxb201801150117

徐媛银, 郭烁, 薛达元, 孙思琦. 赣南地区土地利用格局及生态系统服务价值的时空演变. 生态学报, 2019, 39(1): - .

Xu N Y, Guo L, Xue D Y, Sun S Q. Land use structure and the dynamic evolution of ecosystem service value in Gannan region, China. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(1): - .

赣南地区土地利用格局及生态系统服务价值的时空演变

徐媛银^{1,2}, 郭 烁^{1,*}, 薛达元¹, 孙思琦¹

1 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081

2 北京大学城市规划与设计学院, 深圳 518055

摘要:江西省的赣南地区是典型的南方山地丘陵区,属于赣江流域重要的生态屏障区,生态保护的意义重大。以赣南为研究区域,基于 1990—2015 年间的 6 期遥感影像,利用遥感、地理信息技术和空间统计的方法,计算了该区域土地利用动态度,对不同生态用地所提供的生态系统服务价值进行评估,分析了生态系统服务价值时空差异的驱动因素,并将人均 GDP、人口密度和城市化率 3 个因素与生态系统服务价值进行空间相关性分析。结果表明:(1)1990—2015 年间,赣南地区综合土地利用动态度持续上升,各用地类型的综合土地利用动态度从 0.06 上升到 0.13。(2)1990—2015 年间赣南地区共减少生态系统服务价值 20.42×10^8 元,处于下降趋势,其中森林的生态系统服务价值损失最大。研究区调节服务价值最高,其供给服务较低,该地区森林覆盖率高,耕地分散是造成该结果的主要原因。(3)人均 GDP、人口密度和城市化率 3 个因素是生态系统服务价值变化的主要驱动因素且与生态系统服务价值的局部空间相关性高度一致。城市化率越高,生态系统服务价值越低,并形成局部低—高型和高一高型集聚分布。本研究为合理布局和保护我国南方丘陵地区的生态用地,发挥赣南地区的生态屏障作用提供了理论依据和决策支持。

关键词:赣南地区;土地利用动态;生态系统服务价值;驱动因素;空间相关性

Land use structure and the dynamic evolution of ecosystem service value in Gannan region, China

XU Nuanyin^{1,2}, GUO Luo^{1,*}, XUE Dayuan¹, SUN Siqi¹

1 College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China

2 School of Urban Planning and Design, Peking University, Shenzhen, 518055, China.

Abstract: Gannan region, an important ecological barrier in the Gan Jiang River basin, is a typical southern mountain-hill area in Jiangxi Province, China, and its ecological protection is of great significance. In this study, using data of 5-year intervals from 1990 to 2015, the land-use change dynamics and ecosystem service value in the Gannan region was investigated through the application of remote sensing, geographic information technology, and spatial statistical methods. In addition, the driving factors of spatial and temporal differences in ecosystem service value for the Gannan region and the spatial correlation between three factors—per capita GDP, population density and urbanization rate, and ecosystem service value—were also investigated. The results showed that (1) the dynamic degree of land use in the Gannan region increased over the 25 years of investigation from 0.06 to 0.13; (2) the ecosystem services assessment showed that the total value of the ecosystem services in the Gannan region declined by 20.42×10^8 yuan over the study period. The ecosystem services

基金项目:科技部重点研发计划课题(2017YFC0505601)

收稿日期:2018-01-15; 网络出版日期:2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: guoluo@muc.edu.cn

provided by the forest ecosystem led to the highest loss in value. High forest cover and scattered arable land are the main reasons for the high regulation service value and the low supply service value in the Gannan region; (3) the per capita GDP and the population density and urbanization rate were the main driving forces that led to decrease regional total ecosystem service value. They were also highly consistent with the local spatial correlation for ecosystem service value. The higher urbanization rate led to the lower ecosystem service value, and had local low—high and high—high aggregation distributions. This study provides a theoretical basis and a decision support mechanism for the rational layout and protection of ecological land in this southern hilly region. The results could lead to improved ecological barrier functions.

Key Words: Gannan region; land use dynamics; ecosystem service value; driving factors; spatial correlation

土地利用/土地覆盖变化(LUCC)是全球气候变化和全球环境变化研究中的重要内容,是人类社会经济活动行为与自然生态过程交互衔接的纽带^[1-2]。土地利用变化的同时也引起生态系统服务功能和结构的变化,从而带来生态系统服务价值的改变^[3]。生态系统服务是通过生态系统的功能直接或间接得到的产品和服务,是由自然资本的能流、物流、信息流构成的生态系统服务和非自然资本结合在一起所产生的人类福利^[4-6]。1997年 Costanza 等^[5]在 Nature 上发表的关于全球生态系统服务价值评估的文章,生态系统服务开始成为生态学的热点研究。国内外学者先后对 Costanza 提出的评估方法进行相关的研究,Dawson N.等发现由于生态系统服务理论未对社会复杂性进行考虑,使得相关研究不能为实际社会中的生态管理提供有效的指导方案^[7]。Hassan M.认为生态系统本身存在异质性,不同地区使用同一套生态系统服务价值系数的做法,其结果的准确性将会受到质疑^[8]。因此,我国学者谢高地^[9]等在 Costanza 理论上针对中国的实际情况对其进行系数修正,得到了中国陆地生态系统服务价值当量表。当量因子法与常见的条件价值法、影子工程法、市场机会法和资产价值法等相比具有使用简便、数据需求少、结果可比性高、评估全面等优点,该方法被较多研究人员用于区域的生态系统服务价值评估^[10-15]。

赣南地区是典型的南方山地丘陵区,属于赣江流域重要的生态屏障区,该区林业资源丰富,森林覆盖率高,其丰富的林业资源和保护良好的原生生态系统对区域气候调节和生态平衡至关重要。生态系统服务价值与社会经济的发展状况及区域的自然地理要素分布密切相关,生态系统服务空间格局是人类针对不同区域特征实施生态系统服务功能保护和利用的重要依据。因此本文从区域尺度上对生态系统服务价值格局的时空变化进行量化和描述,并且利用 SPSS 和 GeoDa 软件对生态系统服务价值时空变化的驱动因素进行多元回归分析和空间相关性分析,进一步为科学开展丘陵生态系统服务空间格局研究、生态系统的管理和资源的合理有效配置、生态环境保护、制定社会经济发展政策提供重要依据,对促进该区域生态环境改善和生态环境的可持续发展,人与自然的和谐发展具有重要意义。

1 研究区概况

赣南地区位于江西省南部,赣江上游,包括赣州市全区的 18 个县市,全区总面积 3934700 hm^2 ,占江西总面积的 23.6%,为江西省最大的行政区,地处 24°29′—27°09′N,113°54′—116°38′E 之间(图 1)。全区平均海拔高度在 300—500 m 之间,山地、丘陵占总面积的 80.98%,是典型的山地丘陵区。该区多年平均气温 19.3℃,多年平均降水量 1568.75 mm,属于亚热带山区湿润季风气候,水热条件好,气候条件优越。其林业资源丰富,森林覆盖率达到 74.54%,是我国商品林基地和重点开发的林区之一。该区丰富的林地资源和保护良好的原生生态系统,对全省的生态系统服务的价值有较大的贡献,但其耕地面积小,耕地后备资源不足,且该区农业生产条件较差,经济技术水平落后,城镇化水平较低。故对该区域的生态系统服务价值的空间格局进行研究,有助于优化该区的产业分布,在不破坏生态环境的前提下,实现该区域的生态系统服务最优策略,从而促进当地经济的可持续发展。

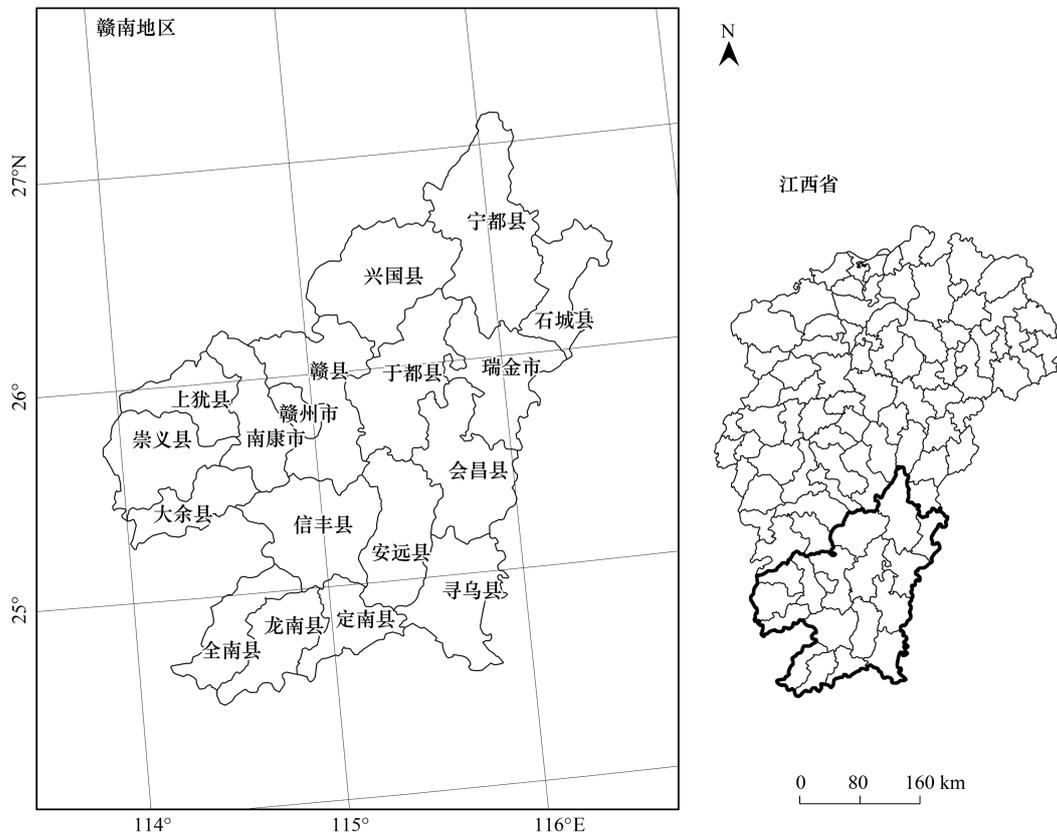


图1 研究区位图

Fig.1 Location of the study area

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

本研究采用 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 6 个时段的 Landsat TM/ETM 遥感影像,结合研究区域 1:25 万地形图、土壤和植被专题图进行分析。利用面向对象的遥感分类方法,结合区域土地类型特征,将赣南地区土地利用类型分为两级(图 2),一级用地分为 6 类:耕地、林地、草地、水体、建设用地和未利用地,二级分类中把林地分为针叶林、阔叶林、针阔混交林和灌木林,耕地分为水田和旱地,六期遥感影像解译精度均达到 80% 以上。

2.2 土地利用动态度

土地利用动态度是评价土地利用类型数量变化、土地利用程度变化及土地利用变化的区域差异的指标^[16]。本文计算了赣南地区的单一土地动态度和综合土地动态度,以分析 1990—2015 年赣南地区的土地利用动态。

综合土地利用类型动态度公式:

$$LC = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中, LU_i 监测起始时第 i 类土地利用类型的面积; ΔLU_{i-j} 为监测时段内第 i 类土地利用类型转为非 i 类土地利用类型面积的绝对值; T 为监测时段长度。当 T 的时段设定为年时, LC 的值就是该研究区土地利用年变化率。

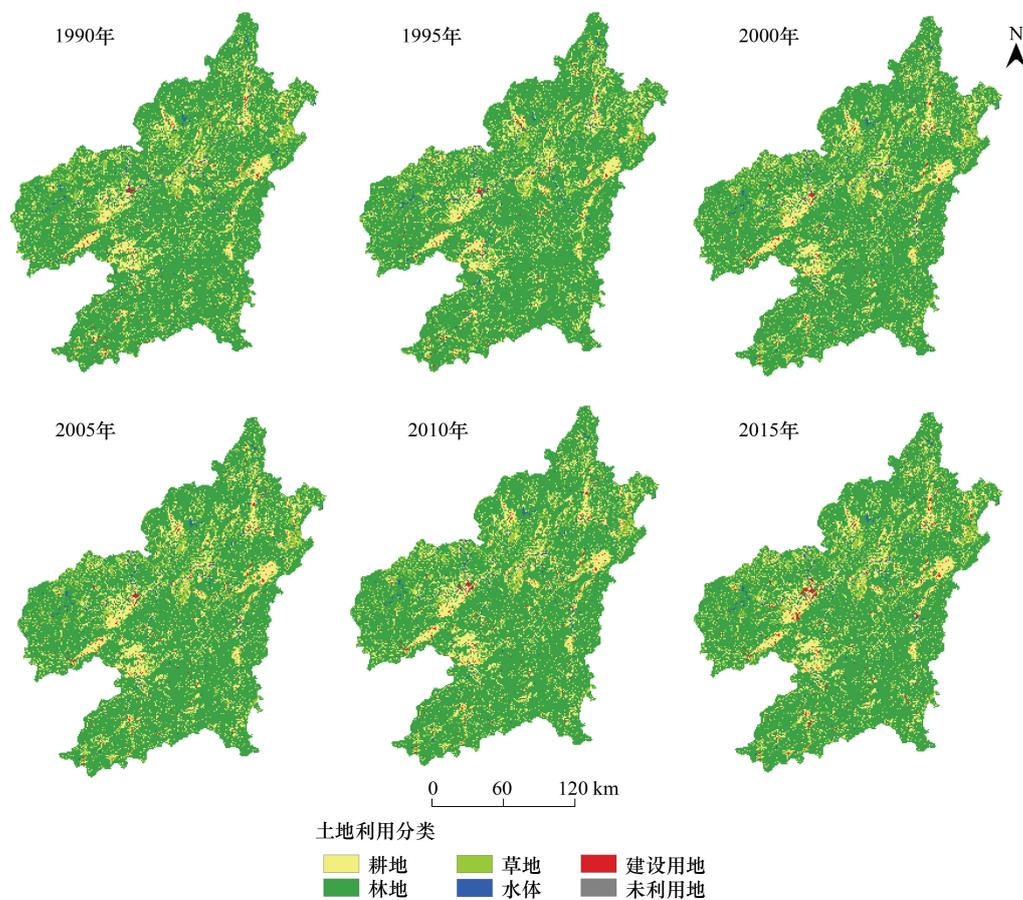


图2 赣南地区土地利用分类图
Fig.2 Land use types in Gannan region

2.3 生态系统服务价值评估

本文参照近年来关于生态系统价值的研究^[17-22],结合谢高地等^[9]提出的价值当量换算方法确定赣南地区生态系统服务价值当量表。谢高地等将生态系统生产的净利润看作该生态系统所能提供的生产价值,将单位面积农田生态系统粮食生产的净利润当作1个标准当量因子的生态系统服务价值量。确定中国2010年1个生态系统价值当量的经济价值为3406.50元/hm²,根据《2010年赣州市统计年鉴》(赣州市统计局,2011)资料,赣州市单位面积粮食产量为5345 kg/hm²,而同期全国单位面积粮食产量为4974 kg/hm²,以此对各生态系统服务当量价值进行系数修订,得出研究区的修正系数为1.075,即赣南地区的一个生态系统服务价值当量为3528.79元/hm²。根据修正后的价值当量和各用地类型的面积得到赣南地区生态系统服务价值。生态系统服务功能价值的评估公式为:

$$ESV = \sum_{i=1}^n A_i \times VC_i$$

$$ESV_f = \sum_{i=1}^n (A_i \times VC_{fi})$$

式中,ESV表示生态系统的总服务价值; A_i 表示第*i*种土地利用类型的面积(hm²); VC_i 表示第*i*种土地利用类型的生态系统服务价值系数;ESV_f表示生态系统第*f*项服务功能的价值; VC_{fi} 表示第*i*种土地利用类型的第*f*项生态系统服务价值系数。

2.4 驱动因素分析

生态系统服务价值时空差异的驱动因素包括自然因素和人为因素两大类^[23]。根据相关研究^[10-11]可知,

生态系统服务价值在短时间内主要受到人为因素的干扰。本文参考其他学者已有研究并结合数据可获取性,选取人口、经济和旅游 3 个指标的 21 个人为因素在 SPSS 19 中进行主成分分析及相关性分析,筛选出对区域生态系统服务价值时空变化差异影响较大的驱动因素进行多元线性回归分析,得到线性回归方程,从而得到生态系统服务价值时空变化的主要驱动因素。

2.5 空间自相关分析

根据驱动因素分析的结果选取人均 GDP、人口密度和城市化率三个指标进行空间相关性分析。利用 GeoDa 模型中的 Bivariate Local Moran's I 分析赣南地区 ESV 与人口密度、人均 GDP 和城镇化率相关性,绘制 BiLISA 集聚图,把集聚区域划分为:不显著、高一高型、低—低型、低—高型和高—低型^[24-25]。

3 结果与分析

3.1 赣南地区土地利用类型空间变化特征

1990—2015 年林地一直是赣南地区的主要土地利用类型,占总面积的比例分别为 75.248%, 75.266%, 75.175%, 74.969%, 75.055%, 74.542%, 处于生态系统的主导地位。耕地为面积比重第二高的土地利用类型,主要分布在赣南地区东北部的宁都县,于都县,兴国县及西北部的南康市和信丰等县。赣南地区的草地、水体、建设用地和未利用地所占面积比重较少。

根据土地利用动态评估结果(表 1)可知,1990—2015 年,赣南地区土地利用综合动态度呈上升趋势,但整体变化幅度较小。2010—2015 年,土地利用动态度达到最大值,2005—2010 年最小。这说明 2010—2015 年土地利用最为活跃,而 2005—2010 年土地利用最不活跃。林地在 1990—2005 年间一直呈现下降的趋势,在 2005—2010 年间有所上升,2010 年之后又呈现下降的趋势。与林地变化趋势恰好相反,耕地面积呈增加趋势,由 1990 年的 670800 hm²,上升到 2015 年的 680900 hm²,净增加 11100 hm²,尤其是大余县、寻乌县、赣县的耕地面积呈现迅速上升趋势。在 2005 年之前,赣南大多数地区的耕地面积都在增加,只有少部分呈现下降趋势。2005 年开始,除大余县之外,大部分县都较好地执行国家退耕还林政策,耕地面积基本保持下降或者平衡状态。草地面积在 2010 年以前持续减少,在 2010—2015 年期间出现上升,整体呈略微上升的趋势,面积的变化也表明了 2010 年以后退耕还林还草政策的作用更加显现。2000 年后赣南地区开始步入快速城镇化发展期,随着经济发展,大量农民外出务工,部分耕作条件差的农田被撂荒变为草地,这也是导致耕地面积减少的部分原因。赣南地区水体的面积基本保持稳定状态。建设用地主要分布在市区和县城,一直呈快速增加之势,其面积由 1990 年的 33000 hm²快速增加到 2015 年的 47900 hm²,净增 14900 hm²,为 1990 年的 1.5 倍。

表 1 1990—2015 年赣南地区土地利用动态度

Table 1 Dynamic degree of land use in Gannan region from 1990 to 2015

土地利用类型 Land use types	单一动态度 Dynamic degree of single land use				
	1990—1995	1995—2000	2000—2005	2005—2010	2010—2015
耕地 Farmland	0.341	-0.135	0.427	-0.078	-0.161
林地 Forest land	0.036	-0.009	-0.011	0.005	-0.027
草地 Grassland	-0.184	-0.064	-0.090	-0.039	0.258
水体 Water area	-0.840	0.077	-0.011	-0.011	0.011
建设用地 Building land	-0.669	0.352	0.081	0.113	1.256
未利用地 Unused land	0.000	10.00	0.000	0.000	0.000
综合动态度 Dynamic degree of comprehensive land use	0.060	0.053	0.067	0.022	0.130

3.2 赣南地区生态系统服务价值时空变化

3.2.1 生态系统服务价值时间维度的差异性分析

本研究以 5 年为一个时间尺度,估算了基于土地利用二级分类的 1990—2015 年赣南地区的生态系统服

务价值量(表2)。1990—2015年赣南地区的生态系统服务价值量分别为2526.48、2519.66、2516.93、2508.86、2510.63、2506.06亿元,整体呈现下降的趋势。赣南地区最突出的生态系统服务为调节服务,占总服务价值的68.50%,其次依次为支持服务,供给服务和文化服务。

表2 1990—2015年赣南地区不同类型生态系统服务价值估算表(10⁸元)

Table 2 Evaluation of ecosystem service value of different types in Gannan region from 1990 to 2015

一级类型 First classification	二级类型 Second classification	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年
供给服务 Supply services	食物生产	59.49	59.61	59.60	60.01	59.93	59.71
	原料生产	71.41	71.35	71.25	71.06	71.13	70.95
	水资源供给	5.43	4.26	4.65	3.60	3.77	4.08
	小计	136.32	135.21	135.50	134.67	134.84	134.75
调节服务 Regulation services	气体调节	242.07	242.22	241.63	241.16	241.35	240.79
	气候调节	660.28	660.41	658.61	656.21	657.00	655.46
	净化环境	202.75	202.48	202.06	201.30	201.49	201.15
	水文调节	625.66	620.29	621.56	620.33	620.06	619.25
	小计	1730.76	1725.40	1723.87	1719.00	1719.90	1716.64
支持服务 Support services	土壤保持	275.58	275.36	274.84	273.85	274.15	273.62
	维持养分	24.42	24.44	24.39	24.38	24.40	24.33
	生物多样性	249.19	249.12	248.46	247.52	247.79	247.35
	小计	549.18	548.92	547.70	545.75	546.33	545.30
文化服务 Cultural services	美学景观	110.21	110.13	109.86	109.45	109.56	109.37
总计 Total		2526.48	2519.66	2516.93	2508.86	2510.63	2506.06

调节服务主要包括气体调节、气候调节、净化环境和水文调节四个方面的内容。赣南地区气体调节、气候调节和净化环境服务功能的变化基本一致,呈下降趋势,在1990—1995年及2005—2010年有略微的回升,其他阶段均为下降趋势。这三种调节功能主要受耕地、林地和水体的影响较大,由于赣南地区林地的面积比重很大,所以调节功能变化与林地的面积变化基本保持一致。水文调节整体呈现出先下降后上升再下降的过程,该功能受水体的影响较大,水文调节价值的变化与水体的面积变化一致,均呈现出下降,上升再平稳下降的趋势。

赣南地区第二大服务功能为支持服务,该功能包括土壤保持功能、生物多样性功能和维持养分循环功能,土壤保持功能和生物多样性功能的变化趋势表现一致,在2005年之前呈现下降趋势,之后略有回升,2010年后再次下降。维持养分循环功能的价值则呈现波动下降状态,尤其是2010年后下降迅速,原因是该功能除了受草地和林地的影响之外,还受到了耕地的较大影响。耕地在2010年前稳步上升,耕地的上升弥补了林地和草地变化带来的影响,这也是维持养分循环功能在2010年之前的价值变化相比另外两个功能的价值变化较为平稳的主要原因,而2010年后林地和耕地都呈现较大的下降,所以维持养分功能下降最为剧烈。

供给服务和文化服务比重较小且在研究期内变化不大。供给服务中的食物生产功能主要受到耕地的影响,故赣南地区食物生产功能价值的变化与耕地面积变化保持一致,呈现出缓慢增加,快速增加,缓慢减少和快速减少四个阶段。原料生产受林地、草地和旱地的影响都较大,该区的原料供给功能价值变化与林地变化呈现较为同步的趋势,主要还是由于林地面积比重大,对其价值变化的引导起到了主要的作用。水资源供给受到水体和水田的影响较大,水体对于水资源供给有很大的贡献,而水田在很大程度上削弱了水资源服务的价值。赣南地区供给服务的主要贡献者是食物生产和原料生产,水资源供给价值较小,其变化对总供给服务的影响几乎为零,故其变化主要受到林地、耕地和草地3个用地类型综合影响,变化原因较为复杂,整体呈减少的趋势。文化服务价值受林地和水体的影响较大,基本处于下降,这与林地的变化趋势较为一致。

整体上,赣南地区的生态系统服务价值呈现下降的趋势,在1990—2015年期间总价值减少,总价值变化

与调节服务的变化趋势一致。

3.2.2 生态系统服务价值空间维度的差异性分析

生态系统服务价值总量随着时间的变化呈减少趋势,但总量的变化并不能反映空间上的变化,本文采用单位面积(hm^2)生态系统服务价值来分析各县生态系统服务价值(ESV)的空间变化(表3,图3),分析结果可知:崇义县的生态系统服务价值最高,1990—2015年的生态系统服务价值均排在第一,超过70000元/ hm^2 ,赣州市市区的生态系统服务价值最低,1990—2015年均排在最后,且处于持续下降状态。把生态系统服务价值变化分为I型(增长型)和II型(衰退型),赣南地区18个县中有4个I型和14个II型,在14个II型的县中有8个县的生态系统服务价值下降的值均超过1000元/ hm^2 。从图3可知,增长型主要分布在赣南地区的东部多个县市和西北部的崇义县,其他地区生态系统服务价值处于下降的状态,其中西南地区生态系统服务价值下降最为明显。

表3 1990—2015年赣南地区各县地均生态系统服务价值及类型/(元/ hm^2)

Table 3 Ecosystem service value in every counties of Gannan region from 1990 to 2015

县名 County	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年	总变化 Total change	变化类型 Types of change
崇义县	70680	71594	71421	71398	71350	71213	532	I型
瑞金市	60203	60758	60792	60759	60778	60682	479	I型
会昌县	63531	63439	64266	63889	64011	63955	424	I型
于都县	63926	63395	64300	63941	64116	64152	225	I型
安远县	65727	65218	65348	65698	65721	65708	-19	II型
上犹县	67289	64649	67315	67264	67416	67180	-108	II型
全南县	70744	69982	70595	70519	70657	70559	-185	II型
定南县	64274	65106	64362	64006	64135	64029	-245	II型
兴国县	63280	62538	62795	62777	62860	62885	-395	II型
赣县	68905	68697	68556	68328	68362	68248	-656	II型
南康市	59668	60792	59220	58892	58992	58497	-1171	II型
宁都县	62776	61371	61623	61585	61654	61583	-1193	II型
大余县	59390	62028	60198	58331	57893	58172	-1218	II型
石城县	60707	59859	59309	59325	59377	59394	-1314	II型
信丰县	60332	60805	58957	58855	58894	58705	-1627	II型
龙南县	64087	63901	62922	62475	62677	62420	-1666	II型
寻乌县	66887	66150	65702	65299	65297	65122	-1765	II型
赣州市区	53160	50652	49754	49588	49212	48571	-4589	II型
汇总 Total	64050	63787	63680	63475	63525	63423	-628	II型

3.3 赣南地区生态系统服务价值时空差异驱动因素分析

通过相关性分析和主成分分析后选取人口、经济及旅游3个指标的10个因素进行多元线性回归分析,得到生态系统服务价值与各因素之间的线性回归方程,该线性方程的拟合度大于0.99,拟合效果极好。

$$Y = -0.867X_1 + 1.669X_2 + 2.303X_3 - 1.228X_4 - 3.042X_5 + 2808.247$$

式中, Y :生态系统服务价值(亿元); X_1 :农业人口数(人); X_2 :农业总产值(万元); X_3 :接待入境旅游人数(万人); X_4 :城市化率(%); X_5 :人均GDP(元)

通过多元回归分析可知,赣南地区生态系统服务价值的整体变化受到以上5个因素的影响。本文中城市化率由城镇人口数占总人口数的比重求得,根据回归方程的相关性系数可知,城市化率越高,生态系统服务价值越低。这是因为城镇人口的增加会导致区域的经济和生态结构变化,从而导致生态系统服务价值发生变化。

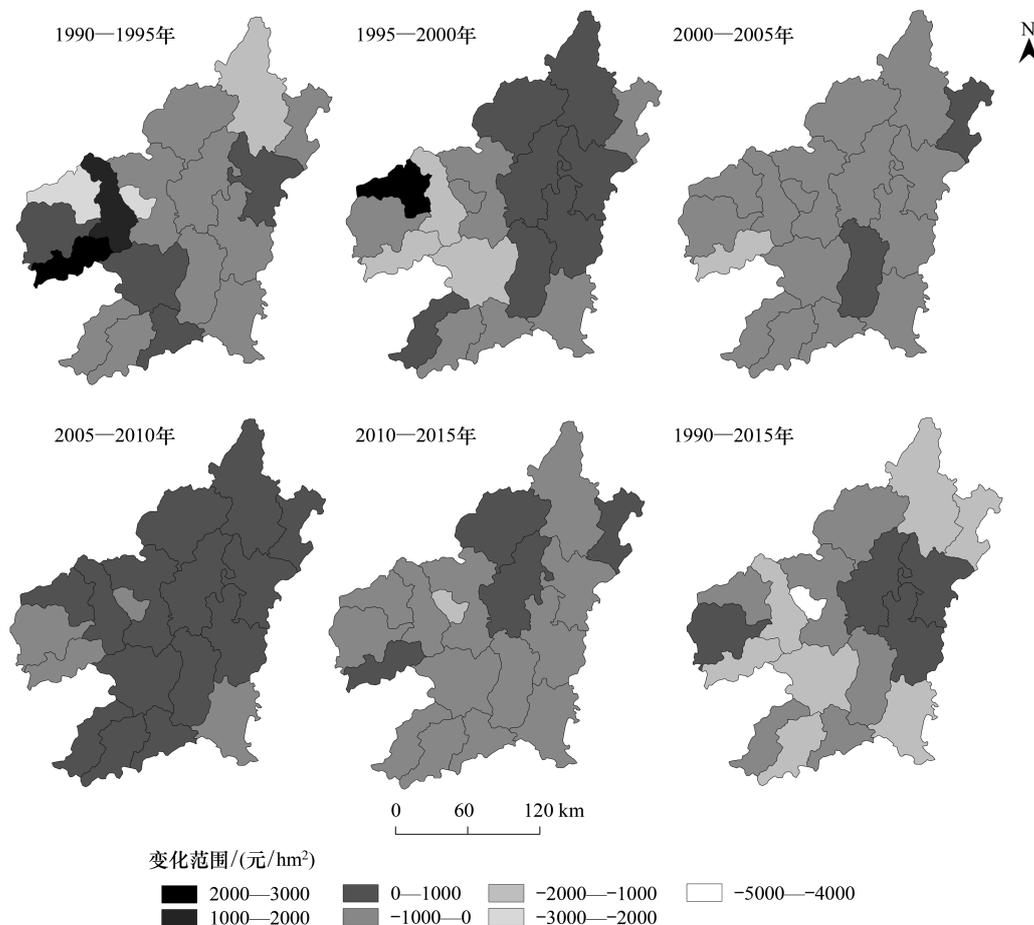


图3 1990—2015年赣南地区生态系统服务价值空间变化

Fig.3 Spatial Change of ecosystem service value in Gannan region from 1990 to 2015

3.4 赣南地区社会经济因素与生态系统服务价值空间相关性分析

根据多元回归分析结果结合数据的可获取性,选取赣南各县市表征人口和经济的3个因素与生态系统服务价值变化率进行空间相关性分析。局部分析结果(图4)显示:人均GDP、人口密度和城市化率与ESV的局部空间相关性具有高度的一致性,主要集中分布在赣南地区东北部的会昌、于都和瑞金3个县市。空间相关性分析的显著性水平达到95%以上,说明3个因素与ESV变化率的局部空间相关的显著性良好。这3个县市的ESV都呈现出较高的增长率,其中于都县和瑞金市的人均GDP变化率和城市化变化率低,人口密度变化较大,故分别在局部形成低—高型和高—高型集聚。会昌县因为高ESV变化率和高城市化率变化率,在城市化率变化率与ESV变化率的集聚上表现出与另外两个县不同的集聚模式。

4 讨论

本文在谢高地^[9]等人于2015年更新的中国陆地生态系统服务价值当量表的基础上结合赣南地区的实际情况进行系数修正,得到赣南地区生态系统服务价值当量表,该法使用简单,数据需求少,对于区域的生态系统服务价值评估特别适用。近年来关于江西及赣江区域较多研究^[23,26-28]均使用该法进行区域的生态系统服务价值评估,因此运用该方法对赣南地区的生态系统服务价值进行评估方法合理,得到结果较为准确及可靠,且能够较好的反应出赣南地区生态系统服务价值的时空动态变化。生态系统服务价值时空变化的原因较多,根据选取的指标进行相关性分析和主成分分析可以剔除大部分对其影响较小且相关性不够显著的因素,最终选取10个因素进行多元回归分析,得到生态系统服务价值的多元回归方程,拟合度高,驱动因素分析较为准

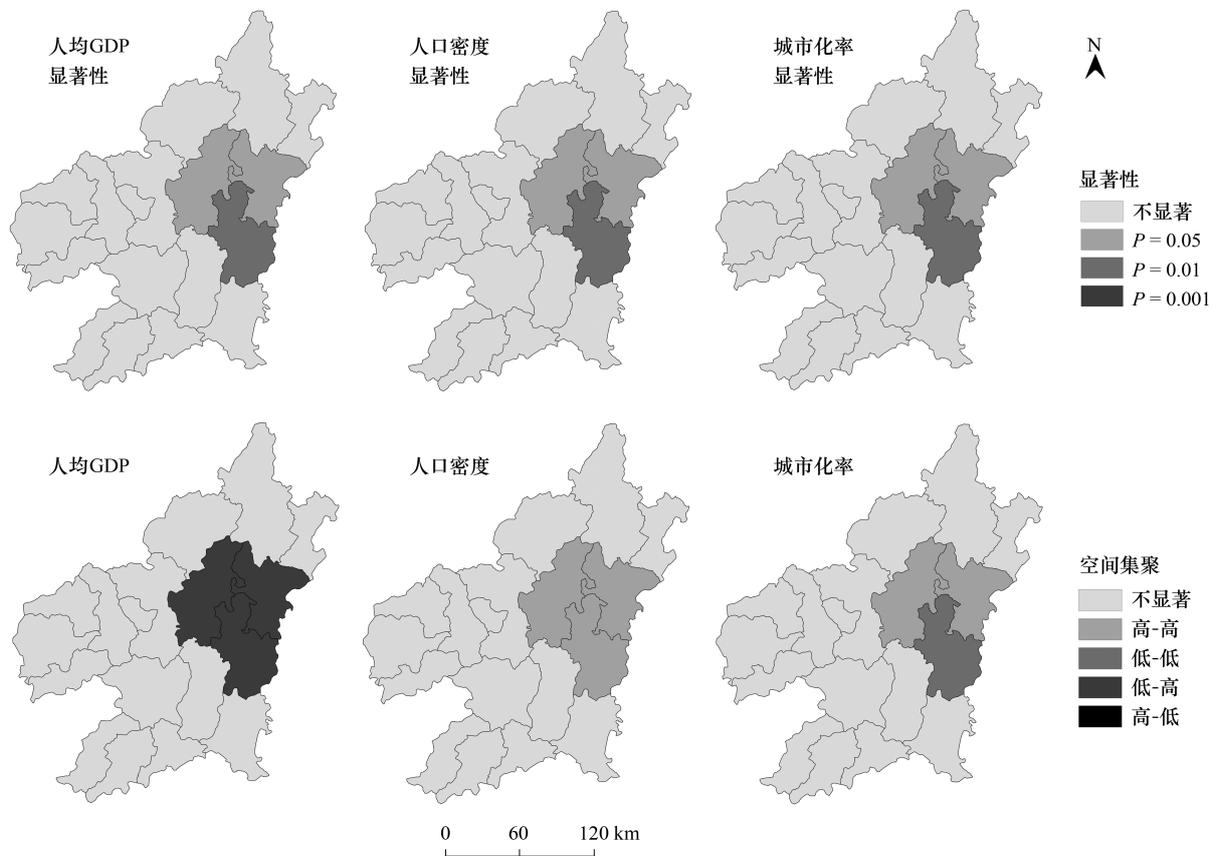


图 4 赣南地区社会经济因素与生态系统服务价值空间相关性集聚图

Fig.4 The BILISA cluster map of Socio-economic factors and ESV in Gannan region

确。并且文章在此基础上对关键驱动因素进行空间相关性分析,能够更清楚赣南地区生态系统服务价值变化受人为因素影响较大的空间分布,也有利于该区的生态系统管理。

从分析结果可知,赣南地区的林地比例高,但其在 25 年间的处于下降趋势,呈现与全国同期的林地变化相反的趋势,这与赣南地区原本就极高的森林覆盖率有极大的关联。但高的森林覆盖率并未赋予该区较高的生态系统服务价值,这与其地形特点有极大的关系。山地丘陵地形限制了其农业的发展,因此提高农业耕作技术和改善农业种植环境对于该区的生态系统服务价值提高极为重要。

5 结论

本文利用江西赣南地区 6 期遥感分类数据,研究了 25 年间该区土地利用类型结构的变化,并对生态用地所提供的生态系统服务功能的时空演变进行评估,并分析了人均 GDP 变化率、人口密度变化率及城市化率变化率与 ESV 变化率的空间相关性。主要结论如下:

(1) 赣南地区的主要用地类型为林地,根据土地利用动态度结果可知,1990—2015 年,赣南地区土地利用综合动态度呈上升趋势,但整体变化幅度较小,其中建设用地,草地和耕地的单一动态度比其他四类用地单一动态度更大,说明这 3 种类型的用地变化最为明显。

(2) 赣南地区调节服务价值为总价值的主要贡献者,占总价值的 68.49%,因此赣南地区对于临近城市乃至全省起到了很好的调节作用。但在研究期内生态系统服务价值整体呈现下降趋势。

(3) 通过多元回归分析得出,影响赣南地区生态系统服务价值时空差异的主要人为因素包括人均 GDP、城市化率、农业总产值、农业人口数和接待入境旅游人数。通过 GeoDa 空间相关分析可知,社会经济因素与

ESV 变化率的空间相关性主要集中的赣南东北地区三县,在空间分布上具有极高的显著性。

(4)林地对于赣南地区生态系统服务价值的维持起到关键性作用,未来发展应注重保持现有的林地优势,积极开展生态旅游观光等提升当地的经济效益。同时要提高农业生产技术,以改善其山地丘陵地势所带来的农业生产薄弱的劣势。

参考文献 (References):

- [1] Mooney H A, Duraiappah A, Larigauderie A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(1): 3665-3672.
- [2] 魏慧, 赵文武, 张骁, 王新志. 基于土地利用变化的区域生态系统服务价值评价——以山东省德州市为例. *生态学报*, 2017, 37(11): 3830-3839.
- [3] 刘晓娜, 封志明, 姜鲁光, 张景华. 西双版纳土地利用/土地覆被变化时空格局分析. *资源科学*, 2014, 36(2): 233-244.
- [4] 王航, 秦奋, 朱筠, 张传才. 土地利用及景观格局演变对生态系统服务价值的影响. *生态学报*, 2017, 37(4): 1286-1296.
- [5] Costanza R, D'Arge R, Groot R D, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, Belt M V D. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [6] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价. *应用生态学报*, 1999, 10(5): 635-640.
- [7] Dawson N, Martin A. Assessing the contribution of ecosystem services to human wellbeing: A disaggregated study in western Rwanda. *Ecological Economics*, 2015, 117: 62-72.
- [8] Hassan R M, Crafford J G. Measuring the contribution of ecological composition and functional services of ecosystems to the dynamics of KwaZulu-Natal coast fisheries. *Ecological Economics*, 2015, 119: 306-313.
- [9] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 肖玉, 鲁春霞. 中国生态系统服务的价值. *资源科学*, 2015, 37(9): 1740-1746.
- [10] 曾杰, 李江风, 姚小微. 武汉城市圈生态系统服务价值时空变化特征. *应用生态学报*, 2014, 25(3): 883-891.
- [11] Li T H, Li W K, Qian Z H. Variations in ecosystem service value in response to land use changes in Shenzhen. *Ecological Economics*, 2010, 69(7): 1427-1435.
- [12] 陈作志, 蔡文贵, 徐姗楠, 黄梓荣, 邱永松. 广西北部湾近岸生态系统风险评价. *应用生态学报*, 2011, 22(11): 2977-2986.
- [13] 许倍慎, 周勇, 徐理, 于雷, 吴文斌. 湖北省潜江市生态系统服务功能价值空间特征. *生态学报*, 2011, 31(24): 7379-7387.
- [14] Posner S, Verutes G, Koh I, Denu D, Ricketts T. Global use of ecosystem service models. *Ecosystem Services*, 2016, 17: 131-141.
- [15] Ghermandi A, Sheela A M, Justus J. Integrating similarity analysis and ecosystem service value transfer: Results from a tropical coastal wetland in India. *Ecosystem Services*, 2016, 22: 73-82.
- [16] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81-87.
- [17] Yao J, He X Y, Chen W, Ye Y, Guo R C, Yu L Z. A local-scale spatial analysis of ecosystem services and ecosystem service bundles in the upper Hun River catchment, China. *Ecosystem Services*, 2016, 22: 104-110.
- [18] Ninan K N, Kontoleon A. Valuing forest ecosystem services and disservices-Case study of a protected area in India. *Ecosystem Services*, 2016, 20: 1-14.
- [19] Kibria A S M G, Behie A, Costanza R, Groves C, Farrell T. The value of ecosystem services obtained from the protected forest of Cambodia: The case of Veun Sai-Siem pang national park. *Ecosystem Services*, 2017, 26: 27-36.
- [20] Soy-massoni E, Langemeyer J, Varga D, Suez M, Pintó J. The importance of ecosystem services in coastal agricultural landscapes: case study from the Costa Brava, Catalonia. *Ecosystem Services*, 2016, 17: 43-52.
- [21] 张艳军, 官冬杰, 翟俊, 邓伟. 重庆市生态系统服务功能价值时空变化研究. *环境科学学报*, 2017, 37(3): 1169-1177.
- [22] 张骞, 高明, 杨乐, 陈成龙, 孙宇, 王金柱. 1988-2013 年重庆市主城九区生态用地空间结构及其生态系统服务价值变化. *生态学报*, 2017, 37(2): 566-575.
- [23] 赵志刚, 余德, 韩成云, 王凯荣. 鄱阳湖生态经济区生态系统服务价值预测与驱动力. *生态学报*, 2017, 37(24): 8411-8421.
- [24] 王蓓, 赵军, 胡秀芳. 基于 InVEST 模型的黑河流域生态系统服务空间格局分析. *生态学杂志*, 2016, 35(10): 2783-2792.
- [25] 郜红娟, 韩会庆, 罗绪强, 俞洪燕, 韩默然. 贵州省生态系统服务价值与社会经济空间相关性分析. *水土保持研究*, 2016, 23(2): 262-266.
- [26] 刘海, 殷杰, 林苗, 陈晓玲. 基于 GIS 的鄱阳湖流域生态系统服务价值结构变化研究. *生态学报*, 2017, 37(8): 2575-2587.
- [27] 陈美球, 赵宝苹, 罗志军, 黄宏胜, 魏晓华, 吕添贵, 许莉. 基于 RS 与 GIS 的赣江上游流域生态系统服务价值变化. *生态学报*, 2013, 33(9): 2761-2767.
- [28] 朱治州, 钟业喜, 徐羽. 鄱阳湖流域生态系统服务价值演变研究. *江西师范大学学报: 自然科学版*, 2017, 41(5): 538-545.