

县域“三生空间”格局与功能演变特征 及可能影响因素分析 ——以江西婺源县为例

焦庚英^{1,2}, 杨效忠¹, 黄志强³, 张 潇¹, 陆 林¹

(1. 安徽师范大学地理与旅游学院, 芜湖 241002; 2. 江西科技师范大学旅游学院, 南昌 330038;

3. 东华理工大学自然保护地规划研究院, 南昌 330013)

摘要: 基于“三生空间”理论,对婺源县国土空间按功能属性分为生产、生活和生态空间,采用景观格局指数分析婺源县“三生空间”的分布格局及其演变特征,并采用空间核密度估计方法分析“三生空间”功能转换面积的空间分异特征,以揭示全域旅游发展背景下县域“三生空间”的演变特征;同时采用冗余分析方法(RDA)对可能影响“三生空间”变化的社会经济因素进行分析,以期解析“三生空间”格局与功能演变的原因。结果显示:2002—2018年婺源县“三生空间”中生产空间与生态空间的平均斑块面积和聚集度逐渐减少,而生活空间的平均斑块和聚集度逐渐增大,说明不断增大的城镇规模和生活空间割裂了生产空间、生态空间的连续性,使生产空间、生态空间更加分散化、破碎化。从转入与转出的角度来看,生产空间和生态空间是生活空间面积变化的主要来源,生产空间中转为生活空间的占生活空间面积变化的56%,主要以耕地为主;生态空间转为生活空间的面积占生活空间转入面积的44%,且以林地或草地为主。婺源县“三生空间”中生活空间面积呈明显的增加趋势,生态空间面积呈缓慢的增加趋势,生产空间面积则呈显著的下降趋势。这一演变格局与社会经济发展有一定关系,其中旅游经济发展带来的住宿与餐饮业收入对生态空间格局与功能演变的相关关系最为显著,说明旅游经济在加速婺源县城镇化的同时改善了生态环境。

关键词: “三生空间”;空间演变;景观格局指数;核密度估计;RDA分析

国土空间格局与功能演变的过程亦是人地关系互动的过程^[1,2]。空间形态、结构的变化过程,是空间随时间发展产生的变化(动态过程)和时间在空间上的投影,即空间在历史发展变化中留下的痕迹,是一个相对静止的状态^[3]。空间功能的演变则是空间形态、结构改变的结果。近年来,国土空间格局与功能的演变及其驱动机制研究逐渐成为国内学者关注的热点问题。党的十八大报告提出“促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的国土空间优化目标,使以“三生空间”为基础的国土空间优化理论体系进一步得到完善^[4]。同时,国务院于2015年印发的《关于加快推进生态文明建设的意见》中对“三生空间”作了进一步的论述,为国土空间格局与功能演变研究提供了理论基础。“三生空间”理论是基于系统学“要素—结构—功能”的观点而提出的^[5]。

收稿日期: 2020-11-16; 修订日期: 2021-02-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(41930644)

作者简介: 焦庚英(1980-),女,江西遂川人,博士,副教授,主要从事旅游地理与乡村旅游规划教学与研究。

E-mail: my801239@163.com

通讯作者: 陆林(1962-),男,安徽六安人,博士,教授,博士生导师,主要从事旅游地理与人文地理教学与研究。E-mail: llin@263.net

要素与结构是国土空间实现基本功能的基础,分析空间形态与结构的演变是探究空间功能变迁过程的手段。为此,“三生空间”理论被广泛应用于国土资源空间格局特征^[6]、演变及驱动因素分析^[7,8]、国土空间优化和空间重构等方面^[9-11]。国内对“三生空间”的研究内容主要包括“三生空间”概念与分类研究^[12-14]、“三生空间”格局演变特征分析^[15-17]、“三生空间”演变的驱动因素分析^[18]、“三生空间”功能转变^[19]与“三生空间”结构优化策略研究^[20]等。总的来讲,国内学者对“三生空间”进行大量的研究,但尚存在一些不足:(1)研究尺度上以流域、省域、城市圈和经济圈等为主,对县域或更小尺度的“三生空间”研究较少;(2)“三生空间”格局演变特征研究居多,格局演变驱动因素研究较少;(3)针对“三生空间”功能转变影响因素分析有待加强。

“三生空间”理论根据空间的功能属性将国土空间分为生产空间、生活空间与生态空间。三者关系紧密,相辅相成^[21]。生产空间为生活空间提供物质保障;生活空间是为保障人们基本生活需求而提供住、行、购和娱等活动空间,其空间格局的演变是人类为满足日益增长的生活需求的结果;而生态空间是为生活与生产空间提供生态环境安全保障的空间,是促进人地关系和谐发展的关键。“三生空间”在外因驱动下,其要素与结构发生改变,造成“三生空间”功能的转变。空间功能的转变是空间生产的主要过程,同时也是人与自然协同发展的结果。为此,利用“三生空间”理论能充分诠释县域国土空间的格局与功能演变的特征。同时,有研究指出,土地集约化利用和经济区位优势是造成空间演变的主要原因^[22-24]。而旅游市场需求与政策引导是以旅游业为优势产业地区的国土空间格局与功能演变的主要驱动因素^[25-29]。因此,本文以江西省婺源县为例,选择自中国加入WTO以来,旅游经济快速发展的2002—2018年为研究时段^[30],基于2002—2018年9期Landsat系列遥感影像,对“三生空间”进行分类,并计算“三生空间”景观格局指数,分析“三生空间”的空间分布格局及其演变特征及空间功能转换面积的空间分异特征,以揭示江西婺源县“三生空间”格局与功能演变特征,同时,采用RDA分析方法对婺源县“三生空间”格局演变的可能影响因素及其贡献率进行分析,可为县域国土空间的规划与优化提供科学依据。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

婺源县位于江西东北部,地处赣、皖、浙三省交界处(图1),地理坐标为117°22′~118°12′E、29°01′~29°34′N。婺源东邻国家历史文化名城衢州市,西接中国瓷都景德镇市,南毗

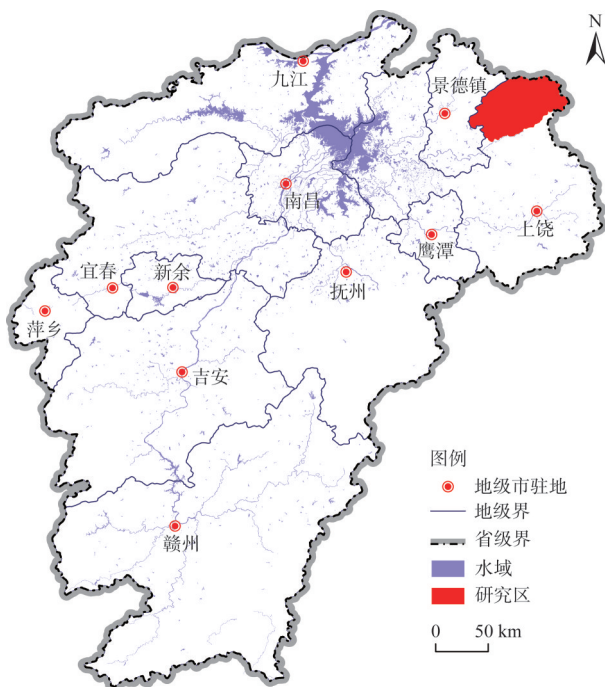


图1 研究区位置

Fig. 1 Location of Wuyuan county in Jiangxi province

世界遗产三清山、亚洲铜都德兴市，北枕著名旅游城市黄山市，是江西联接长三角城市群、海西城市群的前沿地区。婺源县属典型的南方低山丘陵区，丘陵占总面积的83.09%，呈“八分半山一分田，半分水路和庄园”的特征。婺源县地处中亚热带季风气候区，春秋短，冬夏长，季节特征明显。全年气候温和、雨量充沛、无霜期长。年平均气温17.9℃，极端最高气温41.0℃，极端最低气温-11.0℃，年平均降雨量1962.3 mm。婺源自然地理环境优越，生态环境优良，森林覆盖率高达80%，独特的地理环境和良好的生态环境，使境内孕育了多样的生物资源。随着国家社会经济的发展，婺源县提出了“优先发展旅游产业，建设中国最美乡村”目标，大力发展乡村旅游，婺源“中国最美的乡村”已成世人共识。

1.2 数据来源

婺源县域 Landsat TM/ETM 影像数据来自中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台 (<http://www.gscloud.cn>)，空间分辨率为30 m，数据年份及来源卫星见表1。

由于2003年以后的 Landsat-7 影像数据存在条带丢失的问题，本文只选择了2012年的 Landsat-7 影像数据，并采用局部回归模型进行修复^[31]。

本文所用的12个社会经济发展指标为国民生产总值、第三产业占比、旅游总收入、旅游人次、住宿与餐饮业收入、人均消费品零售总额、固定资产投资、财政支出、公路里程、旅游宣传、农村居民人均纯收入和非农业人口占比，除旅游宣传指标外，其他11个指标数据主要来自2002—2018年间的婺源县统计年鉴以及同期的上饶市统计年鉴和江西省的有关统计年鉴。旅游宣传指标的量化方法，首先通过网络和文献搜索每一年不同媒体平台对婺源旅游事件的正面宣传，如在国际或国家级平台上宣传评分10分/次，在区域平台或省级以上平台宣传评分8分/次，省级平台上宣传的评分6分/次，市级平台上宣传的评分4分/次，在县级或以下平台上宣传的评分2分/次。

1.3 研究方法

1.3.1 “三生空间”分类方法

借鉴国土空间“三生”功能理论，对婺源县国土空间进行分类。将国土空间分为以耕地为主的生产空间、以居住区为主的生活空间和以森林、水域为主的生态空间^[32]。参考前人关于“三生空间”功能分类研究成果^[5,33]，以生产、生活、生态功能为主导，与土地利用现状地类相衔接，结合主体功能区分类，将《土地利用现状分类（GB/T21010-2007）》标准中的各类用地分为生产空间、生活空间和生态空间。婺源县国土空间分类体系见表2。

本文采用 ENVI 5.1 对研究区域 Landsat TM/ETM 影像数据进行辐射定标和大气校正，并根据土地利用分类，参考 Google 高清影像建立判读标

表1 本文利用的 Landsat TM/ETM 影像来源卫星及日期
Table 1 The platforms, paths/rows and dates of selected Landsat images covering Wuyuan county

来源卫星	条带(行)号	影像日期
Landsat-8	120(40)	2014/6/11, 2016/4/29, 2018/4/19
Landsat-7		2012/10/19
Landsat-5		2002/9/30, 2004/10/21, 2006/9/25, 2008/10/16, 2010/8/3

表2 婺源县国土空间用地分类体系
Table 2 The spatial planning system of national territory in Wuyuan county

一级分类	二级分类	具体用地分类
生产空间	农业生产空间	水田、旱地、园地
生活空间	城镇生活空间	城镇建设用地、城市交通用地
	乡村生活空间	乡村居民点用地、乡村公路用地
生态空间	绿色空间	森林、草地
	蓝色空间	湖泊、库塘、河流、滩地

志,对每一类土地利用类型分别选取50个训练样本,25个检验样本,采用最大似然法对研究区土地利用类型进行监督分类。通过计算,Kappa系数为0.90,解译精度达到92.06%,满足本文需要。自2002年中国加入WTO以来,社会经济发生了很大的变化^[30],为此选取2002—2018年作为研究时段来分析婺源县国土空间结构与功能的演变特征,以期探讨县域国土空间结构与社会经济的互动关系提供研究基础。

1.3.2 核密度估计

采用核密度估计法分析“三生空间”功能转换面积的空间分异特征。该方法通过分析婺源县“三生空间”转入转出面中心点密度的空间变化来研究其空间分布特征,属于非参数的空间密度的估计方法,同时也是一种关于冷—热分析的方法,是通过计算区域内的数据聚集情况,产生一个连续的密度面,其密度值表示样本点在研究区域内的集聚与分散情况,核密度值的高低表示着研究对象在空间上集聚程度的大小^[34,35],并借助ArcGIS进行可视化。通过核密度估计可以更直观地了解“三生空间”功能转变的高值区与低值区的空间位置分布特征,为国土空间优化提供科学依据。

核密度估计公式如下:

$$F_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (1)$$

式中: $F_n(x)$ 是“三生空间”转进转出面中心点的核密度估计值; h 为搜索半径(m); k 为核密度函数; n 为“三生空间”转进转出面中心点的样本数量(个); $x-x_i$ 是两个中心点之间的估计距离(m)。

1.3.3 景观格局指数的选择与计算

为分析婺源县“三生空间”景观格局变化,定量描述“三生空间”的面积、形状、分布和结构等景观格局特征,基于景观生态学理论,选择解释景观破碎程度平均斑块面积(MPS)和最大斑块面积(LPI)、描述斑块几何形状复杂程度的分维数(PAFRAC)、描述斑块离散程度的聚集度(AI)以及反映景观异质性的香农多样性指数(SHDI)等6个指标分析研究区“三生空间”的空间分布特征^[36]。将经过ENVI 5.1软件进行监督分类后“三生空间”的栅格数据导入Fragstats 4.2,计算“三生空间”的总景观格局指数和生产、生活、生态空间各自的景观格局指数,进一步分析空间格局特征。

1.3.4 RDA分析方法

为进一步分析婺源县“三生空间”格局演变的驱动因素,采用Canoco 5.03软件分析社会经济要素国内生产总值(X1)、第三产业比例(X2)、旅游总收入(X3)、旅游人次(X4)、住宿与餐饮业收入(X5)、人均消费品零售总额(X6)、固定资产投资(X7)、财政支出(X8)、公路里程(X9)、旅游宣传(X10)、农村居民人均纯收入(X11)与非农业人口占比(X12)对“三生空间”格局影响的贡献率进行排序,并将各解释变量与各响应变量之间的相关关系进行可视化^[37]。在分析各因子对“三生空间”格局演变的影响贡献排序之前,采用DCA对2002—2018年的“三生空间”景观格局指数和社会经济数据进行去趋势处理。

2 结果分析

2.1 婺源县“三生空间”时空分布特征

从婺源县“三生空间”的空间布局及演变特征可以看出(图2),生态空间占婺源县

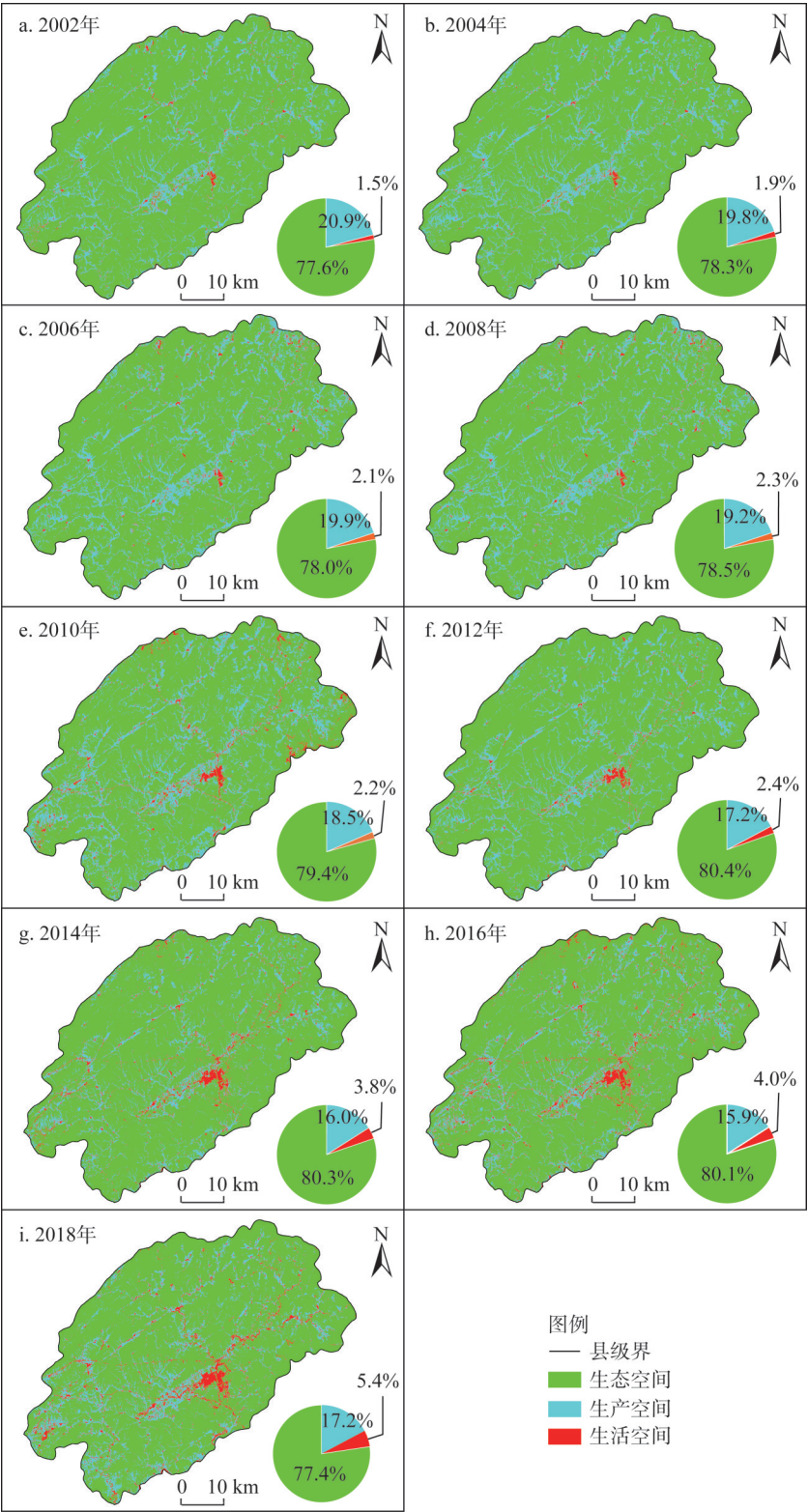


图2 婺源县“三生空间”的格局及演变特征

Fig. 2 Spatial patterns of "Production-Living-Ecological" space in Wuyuan county from 2002 to 2018

国土总面积的百分比最大，2002—2018年平均占国土面积的79.1%，平均每年以5.3 km²的速度增加；2002—2018年生产空间面积平均占国土面积的18.4%，呈逐年缩小趋势，从2002年的20.9%减少到2018年的17.2%，平均每年以9.4 km²的速度递减；生活空间集中在婺源主要集镇，是婺源县的社会与经济中心也是人口最为集中的区域，同时也是婺源县旅游服务产业的聚集区。随着旅游业发展，为加速配套的旅游基础设施的建设，生活用地面积不断扩大，由2002年占全县国土面积的1.5%增加到2018年的5.4%，平均每年以4.1 km²的速度递增。

2.2 婺源县“三生空间”的景观格局变化

MPS、*LPI*一定程度上反映了“三生空间”的破碎化程度，*MPS*越小，*LPI*越小，景观破碎化越为严重。研究时段内，婺源县“三生空间”的*MPS*和*LPI*在时间上均呈减少的变化特征，说明此时段内婺源县的“三生空间”破碎化越来越严重；*PAFRAC*总体上呈微弱的减少趋势，说明景观形状趋于简单化。*Shannon*多样性指数呈增加趋势，表明研究时段随着人类社会经济活动加强、干扰强度加大，婺源县“三生空间”的异质性增强，主要景观优势度减弱（表3）。

婺源县由于生产空间紧接生活空间，生活空间的扩张，挤压生产空间的同时，使生产空间的破碎化增大。从表4可以看出，生产空间的*MPS*和*LPI*均呈减少的变化特征，另外*AI*也呈减少趋势，说明研究时段内生产空间呈破碎化、分散化趋势。*PAFRAC*变化不明显，说明斑块形状变化不大。婺源县的生活空间*MPS*和*LPI*呈增加趋势。研究时段恰好是城镇化快速发展阶段，农村人口向城镇聚集，

表3 婺源县“三生空间”景观格局指数变化
Table 3 The variations of calculated landscape indices based on the area and spatial patterns of "Production-Living-Ecological" space in Wuyuan county from 2002 to 2018

年份	平均斑块面积 积 <i>MPS</i> /km ²	最大斑块面积 积 <i>LPI</i> /km ²	分维数 <i>PAFRAC</i>	聚集度 <i>AI</i>	香农多样性 指数 <i>SHDI</i>
2002	19.330	79.687	1.361	93.769	0.575
2004	19.567	56.758	1.358	93.592	0.614
2006	19.332	72.951	1.352	93.181	0.640
2008	20.208	81.554	1.360	94.609	0.547
2010	17.126	24.689	1.357	92.345	0.629
2012	18.593	54.637	1.365	93.459	0.650
2014	15.484	75.523	1.353	93.301	0.636
2016	14.649	40.461	1.338	92.848	0.698
2018	16.770	42.417	1.377	92.535	0.7031

表4 婺源县“三生空间”各类空间的景观格局指数变化
Table 4 The variations of various landscape pattern indices based on "Production-Living-Ecological" space in Wuyuan county from 2002 to 2018

年份	平均斑块面积 <i>MPS</i> /km ²			最大斑块面积 <i>LPI</i> /km ²			分维数 <i>PAFRAC</i>			聚集度 <i>AI</i>		
	生产	生活	生态	生产	生活	生态	生产	生活	生态	生产	生活	生态
2002	6.208	1.046	177.571	1.974	0.125	79.686	1.400	1.366	1.295	83.054	68.103	96.661
2004	7.598	1.225	170.943	2.398	0.050	56.757	1.409	1.311	1.316	84.484	64.765	96.545
2006	7.017	1.509	173.639	2.139	0.060	72.950	1.390	1.359	1.292	84.153	73.896	96.190
2008	5.823	1.701	179.869	1.705	0.233	81.554	1.399	1.329	1.296	82.119	69.518	96.403
2010	7.445	1.950	175.674	1.695	0.471	24.689	1.393	1.316	1.323	84.453	76.060	96.710
2012	7.148	2.050	172.659	0.960	0.224	54.637	1.409	1.315	1.303	83.373	76.307	96.639
2014	4.346	2.662	162.593	0.477	0.833	75.523	1.391	1.303	1.289	80.472	78.280	96.657
2016	4.446	2.393	132.591	0.656	0.890	40.461	1.369	1.293	1.287	81.379	78.320	96.399
2018	5.393	2.802	128.527	0.984	0.976	42.4168	1.058	1.052	1.051	80.879	78.356	96.279

城镇化率由2002年的18.4%增加到2018年的48.7%，城镇居住空间不断扩张，生活空间斑块面积增加。同时，生活空间斑块聚集度由2002年的68.1%增加到2018年的78.3%，进一步印证了城镇化发展加大了城镇规模。生活空间的 $PAFRAC$ 呈减少趋势，由2002年的1.37减少到2018年的1.05，说明居住空间的形状呈简单化、区块化发展。另外，婺源县的生态空间也受社会经济发展的影响， MPS 呈下降趋势，而 LPI 则呈增加趋势，说明了婺源县生态空间呈两极化发展， MPS 减少的同时由于婺源县相关政策（如退耕还林）的实施，增加了大斑块面积， LPI 增加。

综上所述，婺源县“三生空间”中生产空间和生态空间的 MPS 逐渐减少，而生活空间的 MPS 逐渐增大，说明生活空间的不断扩张，占用了生产空间和生态空间，致使空间呈破碎化发展；生活空间的 AI 逐渐增大，生产空间的 AI 逐渐降低，说明城镇规模的不断扩大，交通等基础设施的建设割裂了生产空间的连续性，使生产空间更加分散化、破碎化。

2.3 婺源县“三生空间”功能转化格局演变

为分析婺源县“三生空间”的功能转变特征，借助ArcGIS的空间分析功能对2002年和2018年两期土地利用的矢量数据进行叠加分析，将由生态空间转为生产空间和生活空间、由生产空间转为生态空间和生活空间、由生活空间转为生产空间和生态空间的六类空间功能转变类型区域用不同的色块进行表达（图3a）。为进一步分析各个空间类型的增加与减少的空间分布格局，将转入的生活空间斑块定义为2018年比2002年增加的斑块，而将转出的生活空间斑块定义为2018年比2002年减少的斑块，其他两个空间类型斑块按同样的方法定义增加与减少斑块，并在ArcGIS中进行结果表达（图3b~图3d）。

从图3a中可以看出，婺源县“三生空间”功能转变较明显区域位于紫阳镇和蚩城街道，其次为江湾镇、中云镇、秋口、思口、浙源乡和珍珠山乡，而这些区域是婺源县旅游发展较快的几个乡镇，其中三分之一以上的旅游收入来自这些乡镇，说明旅游经济发展促进“三生空间”功能的转变。2002—2018年间婺源县有238.2 km²面积空间发生了功能性转变，占婺源县土地面积的13.1%。其中由生产空间转为生活空间的面积共有55.9 km²，由生态空间转为生活空间的面积有43.4 km²，由生态空间转为生产空间有14.3 km²，由生活空间转为生态空间有16.1 km²，由生产空间转为生态空间有99 km²，由生活空间转为生产空间有9.6 km²。从转入、转出地类来看，生活空间中的转入主要以耕地为主，占转入总量的56%，林地或草地转为生活空间约占转入生活空间总量的44%；转出的生活空间较少，仅为生活空间转入量的25%。生产空间是“三生空间”中变化最大的（表5），每年以9.4 km²的速度减少，由生态空间或生活空间转为生产空间的量少，仅为23.8 km²，是转入量的15.4%。生态空间的变化幅度最小，呈缓慢增加趋势，每年约增加4.1 km²，说明全域旅游发展背景下，婺源县全社会的环保意识在增强。

从图3b~图3d可以看出，婺源县“三生空间”演变呈明显的不均衡特征。以紫阳镇和蚩城街道两个区域的“三生空间”演变最为突出，其生态空间与生产空间减少明显，同时生活空间增加也很显著。究其原因，紫阳镇和蚩城街道是婺源县政府所在地，属婺源县的社会经济中心，也是婺源县旅游集散中心，基础设施、住宅小区及其他生活空间的建设占用农田、林草地、河滩湿地。

2.4 婺源县“三生空间”功能转变的空间分异特征

为进一步研究婺源县“三生空间”功能转变的空间分异特征，引用空间核密度估计方法，估计不同功能转换面积的空间分布核密度值，进而研究婺源县“三生空间”功能

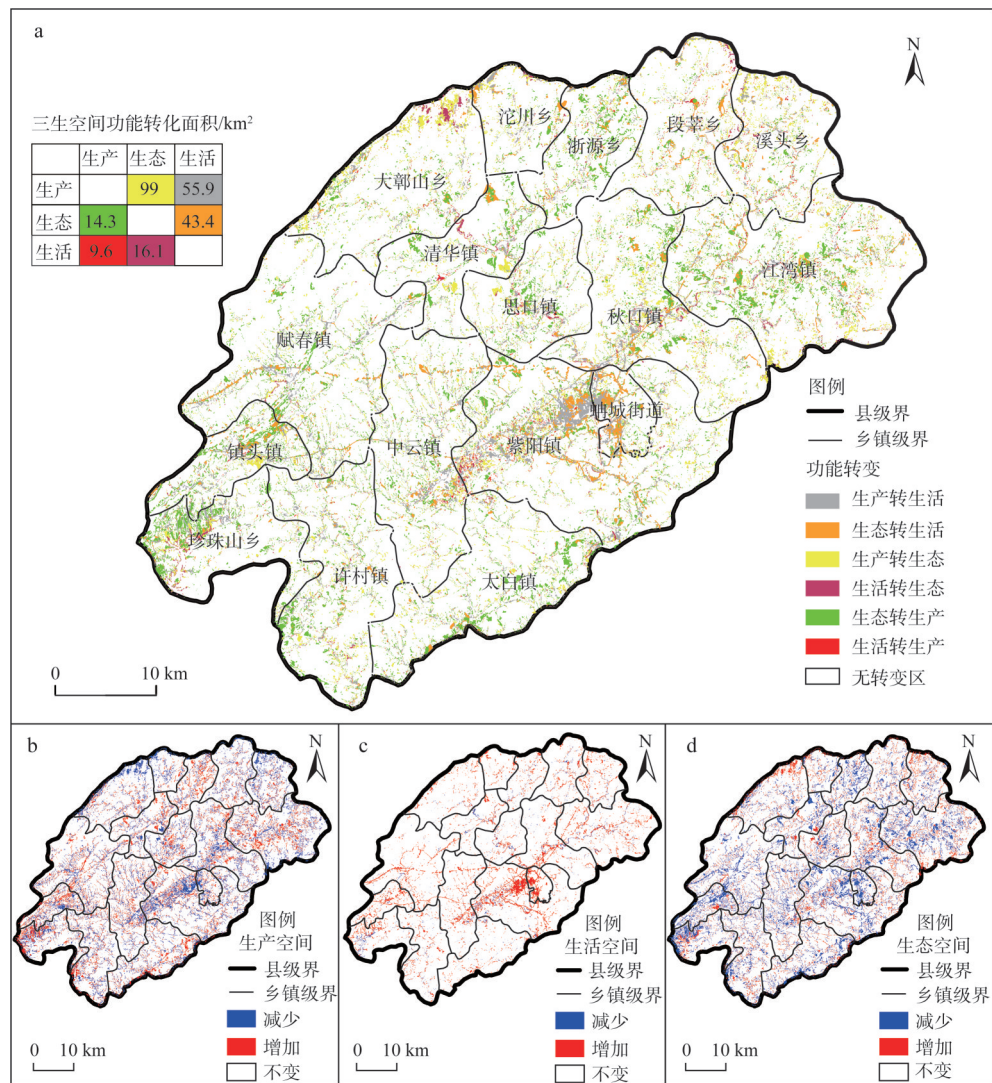


图3 2002—2018年婺源县“三生空间”的功能转变特征

Fig. 3 The functional conversions among "Production-Living-Ecological" space in Wuyuan county from 2002 to 2018

表5 婺源县2002—2018年“三生空间”面积变化情况表

Table 5 The net changes of area for "Production-Living-Ecological" space in Wuyuan county during 2002-2018 (km²)

空间类型	转入	转出	变化量	变化幅度/(km ² yr ⁻¹)
生活空间	99.3	25.6	73.6	5.3
生产空间	23.8	154.9	-131	-9.4
生态空间	115	57.6	57.4	4.1

转换的密度与规模。基于ArcGIS空间分析工具中的核密度估计工具对婺源县不同功能空间增加与减少的面积密度与规模进行模拟，分析其空间分异特征，结果见图4。

从图4a、图4b可以看出，2002—2018年婺源县生产空间减少面积呈明显的空间集聚特征，生产空间转为生活空间或生态空间的高值区主要分布于紫阳镇、蚩城街道、秋口镇、珍珠山乡和沱川乡。生产空间的增加量空间分布集聚程度小于减少的面积，且转入的核密度值明显小于转出，高值区主要分布浙源乡、江湾镇、镇头镇和珍珠山乡等。而生活空间面积的增加是婺源县“三生空间”演变的最显著特征

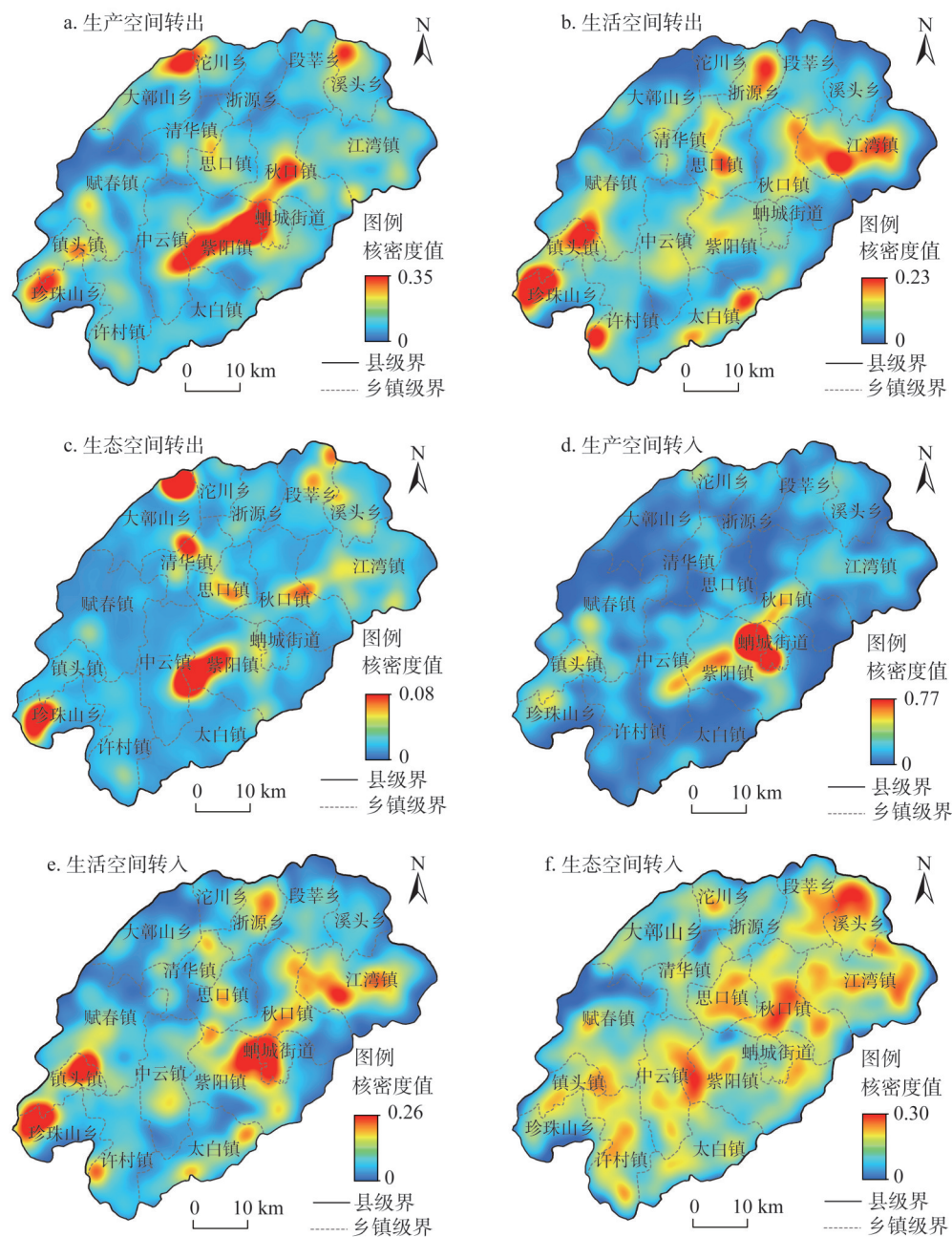


图4 2002—2018年婺源县“三生空间”转换的核密度空间特征

Fig. 4 Kernel density estimations for variations in "Production-Living-Ecological" space in Wuyuan county from 2002 to 2018

(图4c)。生活空间增加量的空间集聚程度非常高,由其他功能空间转入生活空间核密度高值区主要位于紫阳镇和蚩城街道,其核密度值高达0.77。而由生活空间转出到生产空间或生态空间的核密度总体上很低,其密度最大值仅为0.08(图4d)。单位面积上由生活服务功能的空间转为生产或生态功能的空间面积低于由其他功能转入生活服务功能的面积。为此,2002—2018年婺源县生活空间的面积总体呈增加趋势。

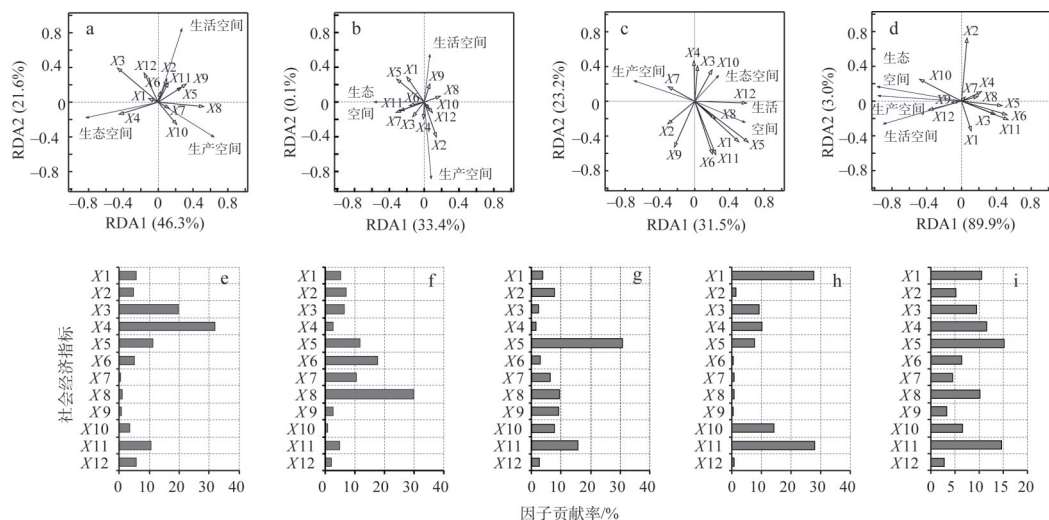
从图4e、图4f中可以看出,婺源县生态空间减少面积的空间集聚程度要高于生态空

间增加的面积。其中，婺源县生态空间减少的面积主要位于紫阳镇、蚩城街道、镇头镇和珍珠山乡和江湾镇这些生活空间增加较多的区域。生态空间增加的面积高值区分布较广，其空间集聚程度小，均匀性高，全县生态空间增加的核密度值要高于减少的核密度值，这与前面分析婺源县生态空间面积呈增加趋势的结果相符。

2.5 婺源县“三生空间”格局演变的可能影响因素

为进一步分析驱动上述“三生空间”景观格局变化的可能影响因素及其贡献率，对12个社会经济发展指标与景观格局指数进行RDA分析。结果表明，社会经济发展指标对“三生空间”斑块面积、最大斑块面积、聚集度和分维数变化的解释程度分别为67.9%、33.5%、55.9%和74.3%。

从图5a可以看出，国民经济生产总值、旅游总收入、旅游人次和非农业人口占比等与生态空间面积呈正相关，而第三产业占比、农民人均年纯收入、非农业人口占比、财政支出与生活空间面积呈正相关，旅游宣传、固定资产投资和财政支出与生产空间面积呈正相关；最大斑块面积和聚集度反映了景观斑块的破碎化情况，从图5b、图5c可以看出，旅游收入、旅游人次与生态空间最大斑块面积、聚集度均呈正相关，非农业人口占比、旅游宣传与生产空间最大斑块面积与聚集度均呈正相关，国内生产总值、住宿与餐饮业收入和财政支出与生活空间的聚集度、最大斑块面积呈正相关。12个社会经济发展指标中只有公路里程、旅游宣传和非农业人口占比与“三生空间”分维数呈正相关。



注：a~d分别是三生空间总面积、最大斑块面积、聚集度、分维数和社会经济指标之间的关系；e~i分别是社会经济指标对“三生空间”空间格局的可能影响贡献率和总贡献率。

图5 12个社会经济指标对“三生空间”空间格局变化的可能影响RDA排序分析

Fig. 5 RDA analysis for the possible impacts of 12 socio-economic factors on landscape pattern indices of "Production-Living-Ecological" space

同时，婺源县社会经济发展指标对“三生空间”面积变化的可能影响贡献率最高的为旅游人次，其次为旅游总收入，然后依次为住宿与餐饮业收入、农民人均年纯收入，而固定资产投资、财政支出和公路里程对“三生空间”面积变化的影响较弱（图5e）；财政支出对“三生空间”的最大斑块面积的影响贡献率最高，其次为人均消费品总额（图5f）；住宿与餐饮业对“三生空间”聚集度的影响贡献率最高，其次是公路里程

(图5g); 农民人均年纯收入对“三生空间”分维数的可能影响贡献率最高, 其次为国内生产总值(图5h)。综合可能影响贡献率排序: 住宿与餐饮业收入>农民人均年纯收入>旅游人次>国内生产总值>财政支出>旅游总收入>旅游宣传>人均消费品零售总额>第三产业比例>固定资产投资>公路里程>非农业人口占比(图5i)。

3 结论与讨论

3.1 结论

县域国土空间的结构与功能演变一定程度上反映了“人”“地”互动关系, 为分析婺源县旅游经济快速发展时期国土空间结构与功能演变特征, 本文利用“三生空间”理论, 将国土空间按功能属性分为生产空间、生活空间和生态空间; 利用景观格局指数来分析婺源县国土空间结构的演变特征, 同时, 借助ArcGIS空间分析工具, 估计国土空间功能转变的核概率密度, 以说明国土空间功能转变的空间分异特征; 基于RAD分析以了解婺源县“三生空间”结构与功能演变的可能影响因素。研究结论如下:

(1) 2002—2018年间婺源县生活空间每年以 5.3 km^2 的速度递增, 生态空间每年以 4.1 km^2 的速度增加, 生产空间则每年以 9.4 km^2 的速度递减, 生活空间的平均斑块面积、聚集度均呈增大趋势, 生态空间与生产空间的平均斑块面积减少、分维数增加和聚集度降低。

(2) 2002—2018年间婺源县“三生空间”发生了功能性转变的面积中以生产、生活空间转为生态空间的面积最大, 占48.3%, 主要以耕地转为森林面积为主; 其次为生产、生态空间转生活空间, 占41.7%, 且主要集中在城乡边缘; 最少的为生态、生活空间转生产空间, 只占10%。旅游业发展促进婺源县城镇化快速发展的同时, 改善了婺源县的生态环境。

(3) 婺源国土空间结构与功能的演变实质上是资本空间化与空间资本化的过程。资本空间化促进国土空间的结构演变, 空间资本化又决定了国土空间功能的演变方向。婺源县国土空间的结构与功能演变受旅游介入的可能影响较大。其中, 旅游人次对“三生空间”面积变化的可能影响贡献率最高, 财政支出对“三生空间”的最大斑块指数可能影响贡献率最高, 住宿与餐饮业收入对“三生空间”聚集度可能影响贡献率最高, 农村居民年均纯收入对“三生空间”分维数可能影响贡献率最高。在旅游经济带动下的住宿与餐饮业收入对“三生空间”景观格局的综合可能影响贡献率最高。

3.2 讨论

婺源县是全国著名的文化与生态旅游县, 国民经济以旅游经济为主导。研究婺源县旅游快速发展时期国土空间的结构与功能演变特征, 对探究旅游经济发展与国土空间演变关系具有一定的参考价值。旅游发展对国土空间结构与功能演变具有如下可能影响:

(1) 旅游业发展对“三生空间”分布格局演变的可能影响。“三生空间”的格局与功能演变是人类社会发展与自然共同影响的结果。优质的资源禀赋、优美的自然环境是推动婺源县向全域旅游发展的旅游吸引物, 推动当地旅游城镇化发展^[38]; 致使传统乡村聚落向小城镇发展^[39], 城镇生活空间不断的扩张, 越来越多的生态空间和生产空间被迫转变为生活空间。婺源县全域旅游发展, 加快了旅游配套基础设施建设, 如交通、住宿、餐饮等, 促进了城镇化进程, 生活空间增加。旅游业的发展促进生态空间增长的原

因有: ① 全社会的环境保护意识增强, 特别是在这种依赖生态空间而发展旅游业地区, 人们已经尝到了保护生态环境能带来收益的甜头, 同时说明旅游业的快速发展促进了全社会的环境保护意识的增强。② 退耕还林面积的增加是导致生态空间逐渐增加的另一原因。这个原因包含两方面因素。一方面, 由于政府退耕还林补偿措施的执行, 促进了生态空间面积的增加; 另一方面, 统计数据显示自2000年以来, 婺源县非农人口以每年1122人的速度增加, 导致从事传统农业的人数减少, 致使特别是一些偏远山区的农田、耕地撂荒, 自然演替成生态空间。这是生产空间减少的原因之一。

(2) 旅游业发展对婺源县“三生空间”景观格局的可能影响。如上所述, 旅游经济的发展, 加快了旅游配套基础设施建设, 如交通道路, 这些基础设施割裂了生产空间的连续性, 使生产空间、生态空间呈现分散化、破碎化。同时, 婺源县政府大力发展全域旅游, 实施旅游城镇化政策, 引进旅游资本, 带动旅游城镇周边乡村聚落融入餐饮业、住宿业、娱乐业和商业等, 推动生活空间集聚式发展。

(3) 旅游业发展对婺源县“三生空间”功能转变的可能影响。对于全域旅游, 旅游经济是“三生空间”功能转变的主要原因^[40]。人口的快速增长, 带来居住空间的扩张, 占用了农田或森林面积, 使得空间属性由生产转为生活, 或由生态转变为生活^[41-43]; 农业休闲旅游的发展, 农田或果园的发展占用林地或草地面积, 使生态空间转为生产空间^[18]。随着旅游业的快速发展, 婺源县各个乡镇都发生着这种空间功能转变的过程。

(4) 旅游发展对“三生空间”结构与功能演变的可能机制。国土空间结构与功能的演变实质上是资本空间化与空间资本化的空间生产过程^[44]。首先, 政府资本与民间资本通过将国土空间进行旅游资源化。这里政府资本与民间资本是实现国土空间旅游资源化的基础^[45]。空间的行动主体政府、居民与商业者都可以是资本空间化的主体。居民可以通过空间资源投资的方式参与资本空间化过程。生活空间以及生活空间中的文化景观, 如婺源具有徽派特色的聚落景观以及傩文化、板龙灯舞、晒秋、茶文化等民俗文化成为婺源的乡土文化旅游资源。生产空间, 如婺源的江岭梯田、浙岭梯田和篁岭梯田景观也成了乡村旅游中重要的农业观光、休闲农业旅游资源。另外, 生态空间如月亮湾、鸳鸯湖、灵岩洞等自然景观, 已被旅游资源化, 作为婺源县重要的旅游吸引物, 实现空间结构的演变。其次, 旅游开发商将空间旅游资源开发成旅游产品, 实现了资本空间化过程。旅游开发商通过详细规划把空间旅游资源转变成旅游产品, 将资本转化为空间资源或者空间旅游资源, 成为空间中的一部分, 真正实现资本的空间化过程。在这其中, 旅游住宿、旅游房地产开发、旅游景区的建设与旅游交通设施的建设等等都是资本空间化的过程, 这个过程会造成生产空间、生活空间的扩张。最后, 旅游经销商、旅游管理企业通过各种渠道将空间旅游资源包装成旅游产品向社会销售出去, 最终实现空间资本化的过程。为此, 以旅游经济为主导的县域, 其国土空间结构与功能演变的过程是资本介入空间生产的过程, 所以旅游开发中的资本介入乡土生态空间生产过程, 实质是资本的累积过程。

参考文献(References):

- [1] 马晓冬, 李全林, 沈一. 江苏省乡村聚落的形态分异及地域类型. 地理学报, 2012, 67(4): 516-525. [MA X D, LI Q L, SHEN Y. Morphological difference and regional types of rural settlements in Jiangsu province. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(4): 516-525.]
- [2] PAQUETTE S, DOMON G. Changing ruralities, changing landscapes: Exploring social recomposition using a multi-

- scale approach. *Journal of Rural Studies*, 2003, 19(4): 425-444.
- [3] 罗平, 耿继进, 李满春, 等. 基于生命机制概念的城市土地利用演化建模研究. *经济地理*, 2005, 25(4): 547-550. [LUO P, GENG J J, LI M C, et al. Study of model of urban land use evolvement based on vital mechanism concept. *Economic Geography*, 2005, 25(4): 547-550.]
- [4] 陈晓丽, 罗玛诗艺. 长江经济带“三生”空间功能耦合协调的时空演化特征研究. *国土资源科技管理*, 2019, 36(6): 1-12. [CHEN X L, LUO M S Y. Study on characteristics of the spatio-temporal evolution in coupling and coordination of "Ecological-Production-Living" spatial function in the Yangtze River Economic Belt. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2019, 36(6): 1-12.]
- [5] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析. *地理学报*, 2017, 72(7): 1290-1304. [LIU J L, LIU Y S, LI Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of "Production-Living-Ecological" spaces in China. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(7): 1290-1304.]
- [6] 李欣, 方斌, 殷如梦, 等. 江苏省县域“三生”功能时空变化及协同/权衡关系. *自然资源学报*, 2019, 34(11): 2363-2377. [LI X, FANG B, YIN R M, et al. Spatial-temporal change and collaboration/trade-off relationship of "Production-Living-Ecological" functions in county area of Jiangsu province. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(11): 2363-2377.]
- [7] WANG D, JIANG D, FU J, et al. Comprehensive assessment of "Production-Living-Ecological" space based on the coupling coordination degree model. *Sustainability*, 2020, 12(5): 2009.
- [8] YU Z, XU E, ZHANG H, et al. Spatio-temporal coordination and conflict of "Production-Living-Ecology" land functions in the Beijing-Tianjin-Hebei Region, China. *Land*, 2020, 9(5): 170.
- [9] 魏小芳, 赵宇鸾, 李秀彬, 等. 基于“三生功能”的长江上游城市群国土空间特征及其优化. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(5): 1070-1079. [WEI X F, ZHAO Y L, LI X B, et al. Characteristics and optimization of geographical space in urban agglomeration in the upper reaches of the Yangtze River based on the function of "Production-Living-Ecological". *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(5): 1070-1079.]
- [10] 于贵思, 赵明华. 基于文献计量的国内“三生空间”研究现状综述. *广州大学学报: 自然科学版*, 2018, 17(3): 76-82. [YU G S, ZHAO M H. Research status summary of domestic "Three-Life Space" research based on bibliometrics. *Journal of Guangzhou University: Natural Science Edition*, 2018, 17(3): 76-82.]
- [11] 席建超, 王首琨, 张瑞英. 旅游乡村聚落“生产—生活—生态”空间重构与优化: 河北野三坡旅游区苟各庄村的案例实证. *自然资源学报*, 2016, 31(3): 425-435. [XI J C, WANG S K, ZHANG R Y. Restructuring and optimizing "Production-Living-Ecology" space in rural settlements: A case study of Gougezhuang village at Yesanpo tourism attraction in Hebei province. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(3): 425-435.]
- [12] 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展. *地理科学进展*, 2017, 36(3): 378-391. [HUANG J C, LIN H X, QI X X. A literature review on optimization of spatial development pattern based on "Ecological-Production-Living" space. *Progress in Geography*, 2017, 36(3): 378-391.]
- [13] 江曼琦, 刘勇. “三生”空间内涵与空间范围的辨析. *城市发展研究*, 2020, 27(4): 43-48, 61. [JIANG M Q, LIU Y. Discussion on the concept definition and spatial boundary classification of "Production-Living-Ecological" space. *Urban Development Studies*, 2020, 27(4): 43-48, 61.]
- [14] 邹利林, 王建英, 胡学东. 中国县级“三生用地”分类体系的理论构建与实证分析. *中国土地科学*, 2018, 32(4): 59-66. [ZOU L L, WANG J Y, HU X D. An classification systems of "Production-Living-Ecological" land on the county level: Theory building and empirical Research. *China Land Science*, 2018, 32(4): 59-66.]
- [15] 余朝静, 王强. 福建省不同主体功能区“三生”空间格局演化研究. *福建师范大学学报: 自然科学版*, 2019, 35(6): 90-99. [YU Z J, WANG Q. A study on the spatiotemporal pattern changes of "Agricultural-Living & Non-agricultural Production-Ecological" in different major function-oriented zones of Fujian province. *Journal of Fujian Normal University: Natural Science Edition*, 2019, 35(6): 90-99.]
- [16] 崔家兴, 顾江, 孙建伟, 等. 湖北省三生空间格局演化特征分析. *中国土地科学*, 2018, 32(8): 67-73. [CUI J X, GU J, SUN J W, et al. The spatial pattern and evolution characteristics of the Production-Living-Ecological space in Hubei province. *China Land Science*, 2018, 32(8): 67-73.]
- [17] GENG S, ZHU W, SHI P. A functional land use classification for ecological, production and living spaces in the Taihang

- Mountains. *Journal of Resources and Ecology*, 2019, 10(3): 246-255.
- [18] 李伯华, 曾灿, 窦银娣, 等. 基于“三生”空间的传统村落人居环境演变及驱动机制: 以湖南江永县兰溪村为例. *地理科学进展*, 2018, 37(5): 677-687. [LI B H, ZENG C, DOU Y D, et al. Change of human settlement environment and driving mechanism in traditional villages based on "Living-Production-Ecological" space: A case study of Lanxi village, Jiangyong county, Hunan province. *Progress in Geography*, 2018, 37(5): 677-687.]
- [19] 戴文远, 江方奇, 黄万里, 等. 基于“三生空间”的土地利用功能转型及生态服务价值研究: 以福州新区为例. *自然资源学报*, 2018, 33(12): 2098-2109. [DAI W Y, JIANG F Q, HUANG W L, et al. Study on transition of land use function and ecosystem service value based on the conception of "Production-Living-Ecological" space: A case study of the Fuzhou New Area. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(12): 2098-2109.]
- [20] 徐磊. 基于“三生”功能的长江中游城市群国土空间格局优化研究. 武汉: 华中农业大学, 2017. [XU L. Research on the optimization of geographical spatial pattern of urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River base on the "Production-Living-Ecological" function. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2017.]
- [21] 刘春芳, 王奕璇, 何瑞东, 等. 基于居民行为的三生空间识别与优化分析框架. *自然资源学报*, 2019, 34(10): 2113-2122. [LIU C F, WANG Y X, HE R D, et al. An analysis framework for identifying and optimizing Ecological-Production-Living space based on resident behavior. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(10): 2113-2122.]
- [22] 程连生, 冯文勇, 蒋立宏. 太原盆地东南部农村聚落空心化机理分析. *地理学报*, 2001, 56(4): 437-446. [CHENG L S, FENG W Y, JIANG L H. The analysis of rural settlement hollowizing system of the Southeast of Taiyuan Basin. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(4): 437-446.]
- [23] 王成新, 姚士谋, 陈彩虹. 中国农村聚落空心化问题实证研究. *地理科学*, 2005, 25(3): 257-262. [WANG C X, YAO S M, CHEN C H. Empirical study on "Village-hollowing" in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25(3): 257-262.]
- [24] 薛力. 城市化背景下的“空心村”现象及其对策探讨: 以江苏省为例. *城市规划*, 2001, 25(6): 8-13. [XUE L. Study on the inner-decaying village and the countermeasures with Jiangsu province as the case. *City Planning Review*, 2001, 25(6): 8-13.]
- [25] 陈诚, 金志丰. 经济发达地区乡村聚落用地模式演变: 以无锡市惠山区为例. *地理研究*, 2015, 34(11): 2155-2164. [CHEN C, JIN Z F. Spatio-temporal change of landuse pattern of rural settlements in developed area: A case study of Huishan distirict in Wuxi city. *Geographical Research*, 2015, 34(11): 2155-2164.]
- [26] 房艳刚, 刘继生. 集聚型农业落文化景观的演化过程与机理: 以山东曲阜峪口村为例. *地理研究*, 2009, 28(4): 968-978. [FANG Y G, LIU J S. Cultural landscape evolution of cluster agricultural village: The case of Yukou village in Shandong province. *Geographical Research*, 2009, 28(4): 968-978.]
- [27] 何金廖, 宗跃光, 张雷. 湘中丘陵地区乡村文化景观的演化及其机理分析. *南京师大学报: 自然科学版*, 2007, 30(4): 94-98. [HE J L, ZONG Y G, ZHANG L. Evolution of rural culture landscape and its mechanism analysis in Xiangzhong Hilly Region. *Journal of Nanjing Normal University: Natural Science Edition*, 2007, 30(4): 94-98.]
- [28] 吴文恒, 牛叔文, 郭晓东, 等. 黄淮海平原中部地区村庄格局演变实证分析. *地理研究*, 2008, 27(5): 1017-1026. [WU W H, NIU S W, GUO X D, et al. The empirical analysis of the village pattern evolution in the central part of Huang-Huai-Hai Plain. *Geographical Research*, 2008, 27(5): 1017-1026.]
- [29] 席建超, 王新歌, 孔钦钦, 等. 旅游地乡村聚落演变与土地利用模式: 野三坡旅游区三个旅游村落案例研究. *地理学报*, 2014, 69(4): 531-540. [XI J C, WANG X G, KONG Q Q, et al. Spatial morphology evolution of rural settlements induced by tourism: A comparative study of three villages in Yesanpo Tourism Area, China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(4): 531-540.]
- [30] 王长松, 何雨, 杨霁. 中国文化产业政策演进研究(2002—2016). *南京社会科学*, 2018, (7): 133-142. [WANG C S, HE Y, YANG Y. The evolution of Chinese cultural industry policies in 2002-2016. *Nanjing Journal of Social Sciences*, 2018, (7): 133-142.]
- [31] 钱乐祥, 李仕峰, 崔海山, 等. 基于单一影像局部回归模型修复的 Landsat 7 ETM SLC-OFF 图像质量评价. *地理与地理信息科学*, 2012, 28(5): 21-24. [QIAN L X, LI S F, CUI H S, et al. Image quality evaluation of landsat 7 ETM SLC-off based on a single image local regression model retrieved. *Geography and Geo-Information Science*, 2012, 28(5): 21-24.]
- [32] 张红旗, 许尔琪, 朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局. *资源科学*, 2015, 37(7): 1332-1338. [ZHANG H Q, XU

- E Q, ZHU H Y. An Ecological-Living-Industrial land classification system and its spatial distribution in China. *Resources Science*, 2015, 37(7): 1332-1338.]
- [33] 吴艳娟, 杨艳昭, 杨玲, 等. 基于“三生空间”的城市国土空间开发建设适宜性评价: 以宁波市为例. *资源科学*, 2016, 38(11): 2072-2081. [WU Y J, YANG Y Z, YANG L, et al. Land spatial development and suitability for city construction based on "Ecological-Living-Industrial" space: Take Ningbo city as an example. *Resources Science*, 2016, 38(11): 2072-2081.]
- [34] 关中美, 王同文, 职晓晓. 中原经济区传统村落分布的时空格局及其成因. *经济地理*, 2017, 37(9): 225-232. [GUAN Z M, WANG T W, ZHI X X. Temporal-spatial pattern differentiation of traditional villages in central plains economic region. *Economic Geography*, 2017, 37(9): 225-232.]
- [35] 李久林, 储金龙, 叶家珏, 等. 古徽州传统村落空间演化特征及驱动机制. *经济地理*, 2018, 38(12): 153-165. [LI J L, CHU J L, YE J J, et al. Spatial evolutionary characteristics and driving mechanism of traditional villages in Ancient Hui-zhou. *Economic Geography*, 2018, 38(12): 153-165.]
- [36] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 土地利用分类对景观格局指数的影响. *地理学报*, 2006, 61(2): 157-168. [PENG J, WANG Y L, ZHANG Y, et al. Research on the influence of land use classification on landscape metrics. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(2): 157-168.]
- [37] 于小娟, 薛振山, 张仲胜, 等. 潮沟对黄河三角洲湿地典型景观格局的影响. *自然资源学报*, 2019, 34(12): 2504-2515. [YU X J, XUE Z S, ZHANG Z S, et al. Impacts of tidal channels on typical landscapes of wetland in the Yellow River Delta. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(12): 2504-2515.]
- [38] 王少华. 洛阳白云山旅游区乡村聚落格局演变与机理研究. *地域研究与开发*, 2019, 38(2): 117-123. [WANG S H. Evolution and mechanism of rural settlement pattern in Baiyun Mountain Tourist Area, Luoyang city. *Areal Research and Development*, 2019, 38(2): 117-123.]
- [39] 车震宇. 旅游发展中传统村落向小城镇的空间形态演变. *旅游学刊*, 2017, 32(1): 10-11. [CHE Z Y. Study on evolution of spatial form from traditional village to small town under background of development of tourism. *Tourism Tribune*, 2017, 32(1): 10-11.]
- [40] 何焱洲, 王成. 乡村生产空间系统功能评价与格局优化: 以重庆市巴南区为例. *经济地理*, 2019, 39(3): 162-171. [HE Y Z, WANG C. Evaluation and pattern optimization of rural production space system function: A case study of Banan district, Chongqing Municipality. *Economic Geography*, 2019, 39(3): 162-171.]
- [41] 付孟泽, 闫凤英, 林建桃. 人地关系驱动下浙北乡村聚落空间演变与发展研究. *地域研究与开发*, 2019, 38(6): 152-157. [FU M Z, YAN F Y, LIN J T. Study on spatial evolution and development of Northern Zhejiang rural settlements driven by human-land relationship. *Areal Research and Development*, 2019, 38(6): 152-157.]
- [42] 余富祥, 胡月明, 刘振杰, 等. 基于力学平衡模型的耕地多功能演变及其协调性分析: 以珠江三角洲为例. *农业资源与环境学报*, 2019, 36(6): 728-737. [YU F X, HU Y M, LIU Z J, et al. The coordination and evolution of farmland multifunctionality based on a mechanical model: A case study of the Pearl River Delta. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2019, 36(6): 728-737.]
- [43] 赵旭, 汤峰, 张蓬涛, 等. 基于CLUE-S模型的县域生产—生活—生态空间冲突动态模拟及特征分析. *生态学报*, 2019, 39(16): 5897-5908. [ZHAO X, TANG F, ZHANG P T, et al. Dynamic simulation and characteristic analysis of county "Production-Living-Ecological" spatial conflicts based on CLUE-S model. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(16): 5897-5908.]
- [44] 杨宇振. 资本空间化: 资本积累城镇化与空间生产. 南京: 东南大学出版社, 2016. [YANG Y Z. *Spatialization of Capital: Accumulation of Capital, Urbanization and Production of Space*. Nanjing: Southeast University Press, 2016.]
- [45] 王镭. 旅游背景下乡村文化资源的资本化空间规划探讨: 以重庆市云阳县云利路“最美大道”项目为例. 重庆: 重庆大学, 2016. [WANG B. The spatial planning of rural cultural resources capitalization under the background of tourism: Take Yunyang "Zuimeidadao" as an example. Chongqing: Chongqing University, 2016.]

Evolution characteristics and possible impact factors for the changing pattern and function of "Production-Living-Ecological" space in Wuyuan county

JIAO Geng-ying^{1,2}, YANG Xiao-zhong¹, HUANG Zhi-qiang³, ZHANG Xiao¹, LU Lin¹

(1. School of Geography and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241002, Anhui, China; 2. College of Tourism, Jiangxi Science and Technology Normal University, Nanchang 330038, China; 3. Planning and Research Institute of Nature Reserves, East China University of Technology, Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on "Production-Living-Ecological" space theory, the productive, living and ecological spaces in Wuyuan county were classified based on the 30 m spatial resolution Landsat time-series images. The spatial and temporal characteristics of the three types of spaces were further analyzed. The kernel density estimation method was applied to explore the spatial features for the conversions among three types of spaces. In addition, to further identify the causes of these changes, Redundancy Analysis (RDA) method was applied to attribute the spatiotemporal changes to different socioeconomic factors. Results showed that the two indices, namely, mean area of patches and aggregation index, decreased in both living space and ecological space, while they increased in production space during 2002-2018. We revealed that the fragmentation and dispersion of production space and ecological space was enhanced due to increasing urban area and living spaces, which facilitated the splitting of the continuity of production space and ecological space. From the perspective of changing function, 56% and 44% of the increased living space area was from production space (mainly cropland) and ecological space (mainly forest or grassland), respectively. The living space area showed a significant ($P < 0.05$) increasing trend, the ecological space area showed a non-significant increasing trend; while the production space area showed a significant decreasing trend. All this revealed that the urbanization rate was accelerated by the rapid growth of tourism economy, and the ecological environment improved in Wuyuan county during 2002-2018.

Keywords: "Production-Living-Ecological" space; spatial evolution; landscape pattern index; kernel density estimation method; RDA analysis