

江西省“三线冲突”空间特征及其强度影响因素

易丹, 赵小敏, 郭熙, 韩逸, 江叶枫, 赖夏华, 黄心怡

(江西农业大学国土资源与环境学院/江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室, 南昌 330045)

摘要: 科学划定“三线”(城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线)有利于合理安排国土空间资源, 识别“三线冲突”强度影响因素, 可加深对国土空间规划的认识。以省级空间规划试点区——江西省为例, 通过“三线冲突强度指数”识别不同区域“三线冲突”差异, 利用空间自相关分析探究空间特征, 并应用地理加权回归模型分析不同冲突类型的影响因素。结果表明: 研究区内, 城镇—生态、城镇—农业、生态—农业、城镇—生态—农业冲突面积分别为 4305.791 km²、2892.894 km²、1845.341 km²、159.444 km², 各类型冲突存在明显的空间聚集性; 固定资产投资强度、建设用地适宜区面积占比和地形位指数分别为城镇—生态、城镇—农业和生态—农业冲突强度的主要影响因素, 城镇化率和距河流距离对城镇—生态—农业冲突强度具有影响作用。研究结果可为今后合理布局“三线”、实现国土空间结构优化提供参考依据。

关键词: 三线冲突; 空间特征; GWR; 影响因素; 江西省

随着社会经济的快速发展, 城市规模进一步扩大, 导致农业空间被严重压缩, 同时对生态环境造成了显著影响, 这在一定程度上加剧了土地利用方式之间的冲突^[1,2]。由城乡规划主导的城镇开发边界、土地利用规划确定的永久基本农田和环境功能区划领衔的生态保护红线(以下简称“三线”)成为当前协调各类用地关系、缓解土地利用冲突的重要手段和政策措施^[3-6]。但是, 由于土地资源的多功能性以及相关规划部门的利益取向不同, 导致“三线”之间冲突的出现(以下简称“三线冲突”)。结合前人研究^[7,8], 本文将“三线冲突”定义为: 因土地资源的多功能性和相关规划部门的利益取向不同所导致的对建设用地、农业用地和生态用地的利用方式、分布、数量等方面的不一致与不和谐^[9]。土地资源的多功能性是“三线冲突”的根本原因, 相关规划部门的不同利益取向是“三线冲突”的直接原因。因此, 开展“三线冲突”研究, 对全面启动国土空间规划, 实现“多规合一”具有重要意义。

目前, 对“三线冲突”的研究主要从“三线”之间的两两冲突及其布局优化视角出发^[10-14]。如赵燕如等^[11]对城市扩张类型和生态景观类型变化的关联进行分析, 旨在控制城市扩张、减少生态环境问题的出现; 赵越等^[10]对临川区的永久基本农田区和城市开发边界布局进行优化和协调, 试图为区域内的耕地资源保护和城市扩张提供借鉴; 袁奇峰等^[13]为保护农业用地而划定城市增长和生态农业保护的边界, 以实现在生态农地保护方面的帕累托最优。以上研究分别从城镇发展和生态保护、城镇发展与农业生产、生态保护和农业生产之间的统筹协调入手, 在一定程度上丰富了“三线冲突”的实践探索, 为区域

收稿日期: 2019-04-25; 修订日期: 2019-08-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(41361049); 江西省赣鄱英才“555”领军人才项目(201295)

作者简介: 易丹(1994-), 女, 江西宜春人, 硕士, 研究方向为土地利用评价与规划。E-mail: reneyd@126.com

通讯作者: 赵小敏(1962-), 男, 江西上高人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为土地利用评价与规划。

E-mail: zhaoxm889@126.com

资源的统筹开发和保护提供了借鉴。然而，当前对“三线冲突”在空间上的表现形式和空间特点的研究鲜见报道，对“三线冲突”的影响机制认识不足，这对认识“三线冲突”形成机理和统一国土空间规划体系形成了严峻的挑战。明确认识“三线冲突”的空间特征以及识别“三线冲突”的关键影响因素，可以高效合理地配置土地资源，同时也可以加深对“多规冲突”的理解，为构建空间规划体系提供理论依据。

“三线冲突”受到诸多因素的复杂影响，具有空间非平稳性和依赖性。地理加权回归模型（Geographically Weighted Regression, GWR）是传统回归分析的拓展，它允许变量系数存在空间分异，在考虑数据的空间结构基础上进行局部的参数估计，可以有效探测回归变量的空间非平稳性特征^[15-17]。鉴于此，本文以省级空间规划试点区——江西省为例，通过定义“三线冲突强度指数”明确不同区域“三线冲突”差异性，利用空间自相关分析揭示不同冲突类型空间格局，并应用地理加权回归模型分析其影响因素作用的空间非平稳性，试图厘清影响因素在不同区域的作用差异，以期为合理安排国土空间资源、统筹空间管制、实现国土空间结构优化提供借鉴意义。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

江西省（ $24^{\circ}29'14''\sim 30^{\circ}04'41''\text{N}$ ， $113^{\circ}34'36''\sim 118^{\circ}28'58''\text{E}$ ）下辖11个地级行政区、100个县级行政区，面积为16.7万 km^2 ，其中农用地14.4万 km^2 ，建设用地1.27万 km^2 ，水域0.46万 km^2 。区域内主要地形为低山、丘陵和盆地，其中北部的鄱阳湖平原地势平坦，东、西、南三面环山，中部丘陵和河谷平原交错分布，地势呈现出由外及里、自南向北、逐渐向鄱阳湖倾斜的趋势（图1）。近年来江西省经济发展态势良好，2017年全省实现地区生产总值 2.20×10^4 亿元，比上年增长8.7%^[18]。在经济快速增长的同时，区域内土地利用效率不高、耕地后备资源不足、生态环境质量不佳等问题不容忽视。而江西省作为长江三角洲经济区、珠江三角洲经济区和海峡西岸经济区的腹地，相关规划确定了其“一圈引领、两轴驱动、三区协同”的发展新格局^[19]，这使得合理配置土地资源，统筹协调城乡建设、农业生产和生态保护之间的关系至关重要。以“三线冲突”分析为主要出发点，优化区域国土空间结构、引导土地资源的高效配置，是江西省此次发展机遇的有效抓手。

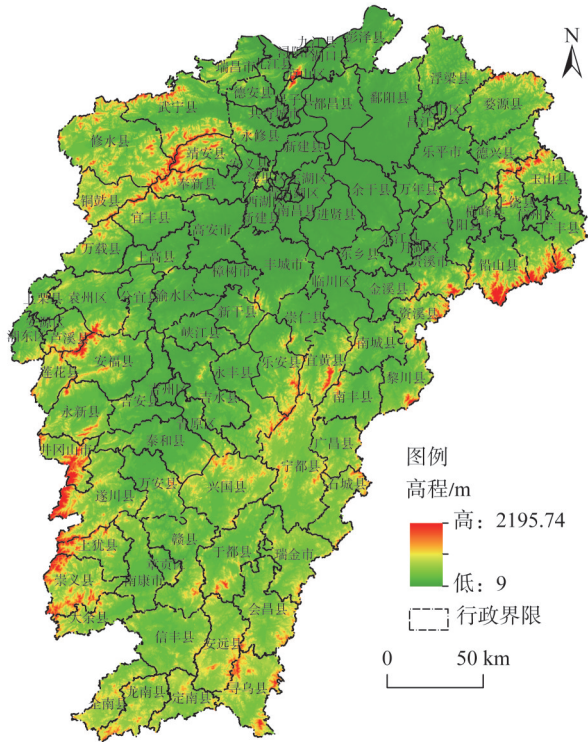


图1 研究区地形和范围

Fig. 1 Schematic diagram of terrain and extent of the study area

1.2 研究方法

1.2.1 “三线冲突”强度

本文通过定义“三线冲突强度指数”(Three Line Competition Index, TLCI)以分析研究区内“三线冲突”的剧烈程度,具体的计算公式如下^[9]:

$$TLCI = S/S_{\text{总}} \quad (1)$$

式中: S 为区域内“三线冲突”的面积(km^2); $S_{\text{总}}$ 为区域总面积(km^2)。

“三线冲突”是三线矛盾的具体表现形式,可分为城镇开发边界—生态保护红线冲突(以下称“城镇—生态”冲突)、城镇开发边界—永久基本农田冲突(以下称“城镇—农业”冲突)、生态保护红线—永久基本农田冲突(以下称“生态—农业”冲突)和城镇开发边界—生态保护红线—永久基本农田冲突(以下称“城镇—生态—农业”冲突)四种类型。

1.2.2 空间自相关分析

空间自相关分析最常用的计算方法有Moran's I 、Getis-Ord G_i^* 以及各类空间自相关系数图等^[20]。本文选择Moran's I 和Getis-Ord G_i^* 指数分别从全局和局部分析不同类型冲突的空间聚集性。Moran's I 指数是应用较为广泛的一种空间关联特征判定指标,本文用于探测区域内四种冲突强度指数是否与邻近位置呈显著相关。Getis-Ord G_i^* 指数用于识别具有统计显著性的热点和冷点区域,从而得到高值和低值要素在空间上发生局部聚类的位置^[21]。

Moran's I 指数的计算公式为^[22]:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (\chi_i - \bar{\chi})(\chi_j - \bar{\chi})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n \omega_{ij} (\chi_i - \bar{\chi})^2} \quad (2)$$

$$Zscore = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{var}(I)}} \quad (3)$$

式中: n 代表研究对象的个数(个); ω_{ij} 代表要素 i 和要素 j 的权重; $\chi_i - \bar{\chi}$ 、 $\chi_j - \bar{\chi}$ 分别是第 i 、 j 个空间单元上的观测值与平均值的偏差; $Zscore$ 代表标准化统计量的阈值; $E(I)$ 为观测变量自相关性的期望; $\text{var}(I)$ 分别代表方差。

Getis-Ord G_i^* 指数的计算公式为^[21]:

$$G_i^* = \frac{\sum_j \omega_{ij}(d) \chi_j}{\sum_j \chi_j} \quad (4)$$

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{\text{var}(G_i^*)}} \quad (5)$$

式中: $E(G_i^*)$ 和 $\text{var}(G_i^*)$ 分别为 G_i^* 数学期望和方差; ω_{ij} 为空间权重; d 为第 i 和第 j 个要素之间的临界距离。当 $Z(G_i^*) > 2.58$ 时,表示显著的高值聚集;当 $Z(G_i^*)$ 介于1.96~2.58之间,表示较显著的高值聚集,高值聚集区为“三线冲突”热点区。

1.2.3 地理加权回归模型

地理加权回归(GWR)是一种考虑空间非平稳性的局部回归模型^[15-17]。本文应用该模型反映不同影响因素在不同地理位置对不同类型冲突强度的影响程度,从而探寻各变量对不同冲突类型的空间分异特征。其公式如下^[23]:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) \chi_{ik} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

式中： y_i 为 (u_i, v_i) 第 i 个样本的坐标（如经纬度）； $\beta_k(u_i, v_i)$ 是第 i 个样本上的第 k 个回归参数，是地理位置的函数； ε_i 为第 i 个样本空间单元服从均值为0的独立正态分布的误差； $\beta_0(u_i, v_i)$ 代表样本 k 的常数项； p 代表样本总数（个）； χ_{ik} 代表样本 k 的第 i 个解释变量。本文中模型核函数选择为调整型高斯核函数，利用AICc准则检验模型精度^[24]。

1.3 变量选取与数据处理

“三线冲突”是一个复杂的综合过程，考虑到“三线冲突”间的两两冲突^[25-27]，根据实际情况，结合数据的代表性和可获取性，从自然环境条件、社会经济状况、地理区位特征、土地利用特征和规划因素五个方面选取14个具体指标分析对“三线冲突”的影响（表1）。其中地形位指数（ x_1 ）描述的是高程与坡度的变化对土地利用的影响，海拔高、坡度大的区域阻碍城镇发展且生态环境稳定性差，农业生产成本高；植被覆盖度（ x_2 ）高的地方生态服务功能强，对城镇用地扩张有限制作用；居民点密度（ x_3 ）高的地方，对建设发展和农业生产要求高，对周边生态环境也有影响。人口（ x_4 ）、人均GDP（ x_5 ）、城镇化率（ x_6 ）、固定资产投资强度（ x_7 ）是区域内经济发展状况的体现，经济发展水平越高，区域内土地利用需求越大。距河流距离（ x_8 ）、距主要公路距离（ x_9 ）以其可达性和导向性影响土地利用方式，区位条件好的地方具有较高的可达性，土地利用方式的布局更具有综合性。现有的土地利用特征决定了其转化为其他用地类型的可能性，通过土地利用丰富度（ x_{10} ）、优质耕地占总耕地面积比（ x_{11} ）、建设用地适宜区占总面积比（ x_{12} ）和生态功能重要区占总面积比（ x_{13} ）分析研究区内土地利用特征，探索现有土地利用方式与“三线冲突”的关系。规划是对土地资源未来利用方式的预期安排，从规划角度选取新增建设用地指标（ x_{14} ）反映区域内未来土地利用安排，探索其对“三线冲突”的影响。

在已收集的数据基础上，结合数据特点和可计算性，通过ArcGIS将所有数据统一投影到Xi'an_1980_GK_Zone_20坐标系下，并将矢量数据划分为1 km×1 km的格网，通

表1 影响因素变量和说明

Table 1 Impact factor variables and description

一级指标	二级指标	单位	数据来源
自然环境条件	地形位指数（ x_1 ）	—	30 m×30 m DEM (http://www.gscloud.cn/)
	植被覆盖度（ x_2 ）	—	遥感影像波段 (http://www.gscloud.cn/)
	居民点密度（ x_3 ）	—	江西省土地利用变更调查成果（2015年）
社会经济状况	人口（ x_4 ）	万人	各地级市统计年鉴及统计公报（2017年）
	人均GDP（ x_5 ）	元/人	各地级市统计年鉴及统计公报（2017年）
	城镇化率（ x_6 ）	%	各地级市统计年鉴及统计公报（2017年）
	固定资产投资强度（ x_7 ）	万元	各地级市统计年鉴及统计公报（2017年）
地理区位特征	距河流距离（ x_8 ）	km	电子地图数据集 (http://www.tianditu.gov.cn/)
	距主要公路距离（ x_9 ）	km	电子地图数据集 (http://www.tianditu.gov.cn/)
土地利用特征	土地利用丰富度（ x_{10} ）	%	江西省土地利用变更调查成果（2015年）
	优质耕地占总耕地面积比（ x_{11} ）	%	耕地质量等别年度更新评价分析报告（2017年）
	建设用地适宜区占总面积比（ x_{12} ）	%	江西省国土空间开发适宜性评价专题数据（2017年）
	生态功能重要区占总面积比（ x_{13} ）	%	江西省国土空间开发适宜性评价专题数据（2017年）
规划因素	新增建设用地指标（ x_{14} ）	hm ²	江西省土地利用总体规划（2006—2020年）文本

过格网内“三线”叠加反映该区域“三线冲突”状况；栅格数据则均按50 m×50 m的标准重采样，保持数据处理过程中的一致性。

2 结果分析

2.1 “三线冲突”空间分布特征

将得到的永久基本农田保护区、城镇开发边界和生态保护红线进行叠加分析，提取“三线”在空间上的冲突图斑。为避免各类冲突强度指数计算的混乱，最终的两两冲突面积由“城镇—生态—农业”冲突擦除获得。对研究区内“三线冲突”图斑和面积进行统计，其中城镇—生态冲突图斑6190个，面积为4305.791 km²；城镇—农业有2092个冲突图斑，共2892.894 km²；生态—农业冲突图斑3330个，面积为1845.341 km²；城镇—生态—农业有887个冲突图斑，共159.444 km²；四类冲突面积分别占研究区面积的2.578%、1.732%、1.105%和0.095%。计算研究区100个县（市、区）的TLCI值，结果表明（图2）：城镇—生态、城镇—农业、生态—农业和城镇—生态—农业冲突强度指数分别在0~0.257、0~0.468、0~0.056和0~0.012之间，城镇—农业冲突强度较大，城镇—生态—农业冲突强度最小。

2.2 “三线冲突”空间集聚特征

全局空间自相关分析结果显示，研究区城镇—生态、城镇—农业、生态—农业和城镇—生态—农业冲突强度的Moran's *I*指数依次为0.524、0.486、0.483和0.348，均通过了显著性检验（ $Z > 2.58$, $P < 0.01$ ），表明研究区四类冲突强度在99%的置信度下具有显著的空间正相关性，存在明显的空间集聚。热点分析结果显示（图3），四类冲突的热点空间分布情况不一样：城镇—生态冲突热点主要分布在武宁、修水等县，即多分布于研究区四周的边缘山区；城镇—农业冲突热点聚集在青山湖区、东湖区等县（市、区），多位于研究区中北部且呈零散分布；生态—农业冲突热点区域较小，主要在余干县、丰城市等县（市、区），即大多分布研究区北部的鄱阳湖周边；城镇—生态—农业冲突热点明显分布在万安县和瑞金市，主要为南部的山地丘陵区。空间集聚特征表明，研究区四种冲突类型具有显著地域性，空间聚集明显。

2.3 地理加权回归分析模型

将四类冲突强度指数与离差标准化^[28]处理后的影响因素进行相关性分析，得到结果如表2所示，后续研究仅对相应的显著相关因素分析。经最小二乘法（Ordinary Least Square, OLS）诊断变量之间的多重共线性，发现地形位指数、植被覆盖度和土地利用丰富度与城镇—农业冲突强度指数的方差膨胀因子（Variance Inflation Factor, VIF）大于5，即存在多重共线性^[29]。为降低对研究结果的影响，在对城镇—农业冲突的后续分析中不再考虑地形位指数、植被覆盖度和土地利用丰富度。

以四类冲突强度指数为因变量，将与因变量相关并通过共线性检验的影响因素作为自变量，进行地理加权回归分析。模型检验结果显示（表3），不同类型冲突强度的GWR模型较传统的OLS模型相比，其AICc分别降低了3.989、3.396、4.994、28.287个单位， R^2_{adj} 分别提高了0.056、0.027、0.020、0.239个单位，表明考虑了空间非平稳性的GWR模型对研究区的冲突强度拟合优度要强于OLS模型，能较好地解释各因素对冲突强度作用的局部规律，可进行下一步的影响因素分析。

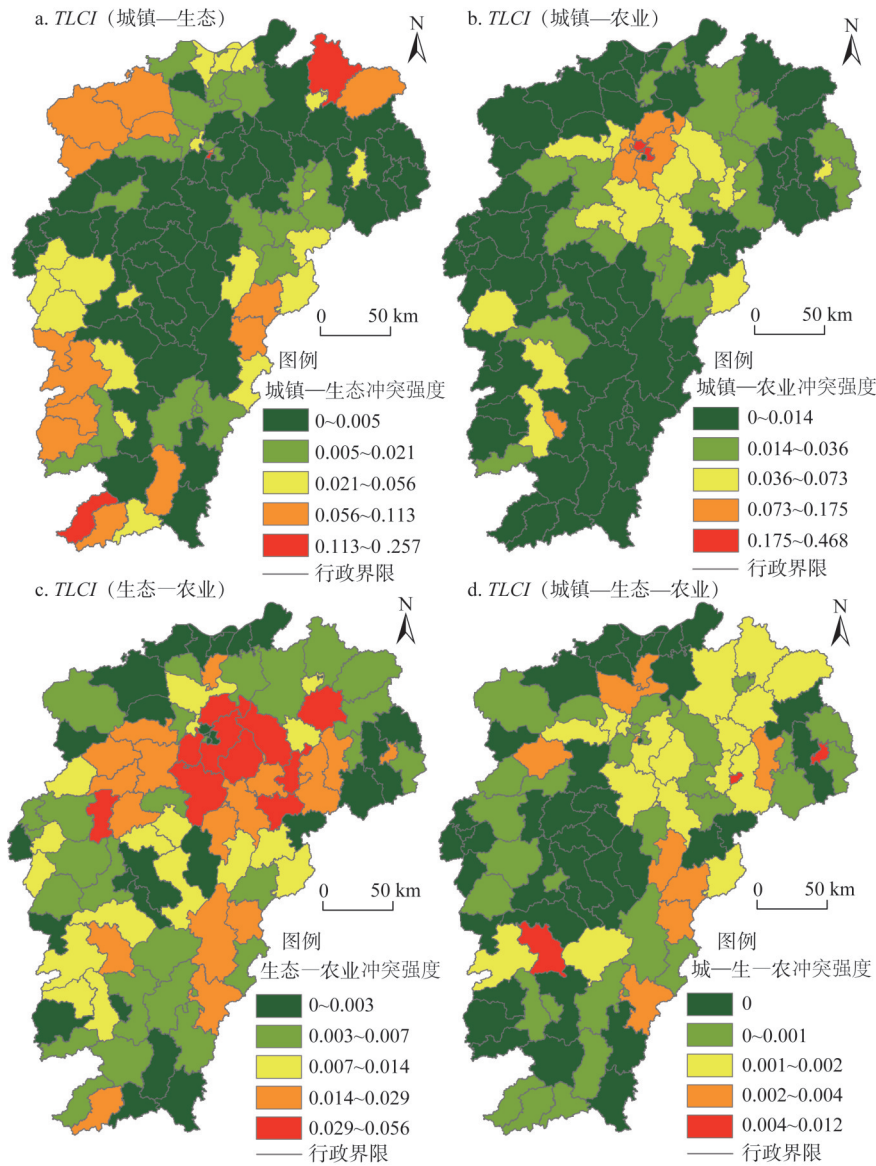


图2 江西省各县市区“三线冲突”强度分布

Fig. 2 Distribution of "three lines" conflict index of Jiangxi province

2.4 不同类型冲突强度影响因素分析

GWR模型中各自变量的回归系数可以反映该变量对因变量的解释能力，将不同类型冲突强度影响因素的回归系数进行空间可视化，可以直观地反映各因素作用的空间差异。

2.4.1 城镇—生态冲突强度影响因素分析

由图4可知，对城镇—生态冲突起主要作用的影响因素为固定资产投资强度和土地利用丰富度。固定资产投资强度与城镇—生态冲突呈正相关关系，影响程度由西南向东北方向逐渐增强。这是因为固定资产投资强度越大，单位土地承载的经济投入越高，经济发展对土地资源特别是建设用地的需求更大，更容易侵占生态用地^[30]；因此固定资产投资强度越高，城镇—生态冲突强度指数越大。固定资产投资强度大的区域，对区域经济的发展要求高，而城镇—生态的冲突本质是经济发展与环境保护的冲突^[31]；在研究区

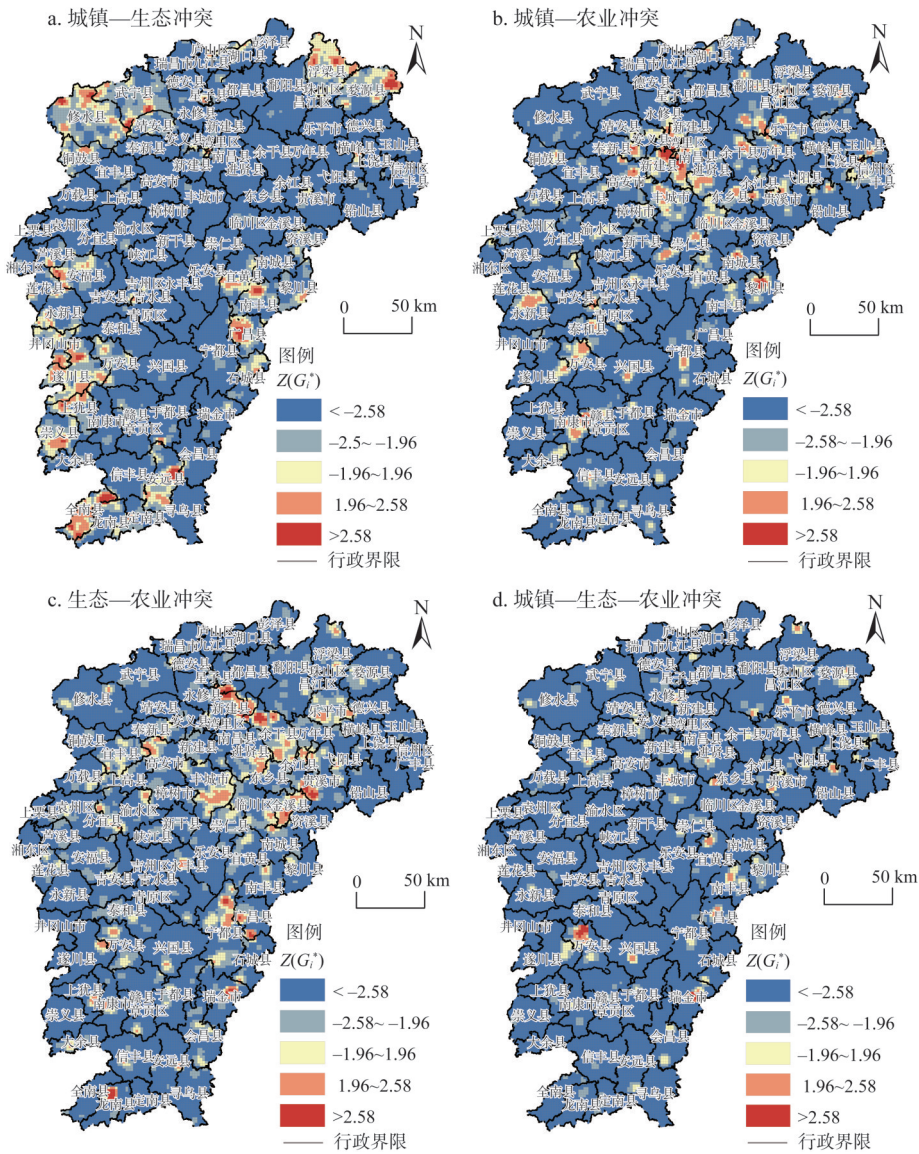


图3 江西省“三线冲突”强度指数 $Z(G_i)$ 值分布

Fig. 3 Distribution of the $Z(G_i)$ values of "three lines" conflict index of Jiangxi province

内固定资产投资强度最大的区域位于中北部，即省会南昌市周边，东北部较西南部受省会城市影响更大，因此东北部城镇—生态冲突对固定资产投资强度较西南部更为敏感。土地利用丰富度与城镇—农业冲突呈负相关关系，其影响程度的空间分布情况与固定资产投资强度一致，即自西南向东北方向逐渐增强。土地利用丰富度是表征区域内土地利用方式的丰富程度，是研究区土地利用方式多样性的量化表达^[32]。在土地利用丰富度高的地区要求土地管理者对区域内的土地利用安排更为有序合理，而城镇—生态冲突的出现是土地利用安排不一致的结果，因此土地利用丰富度越高，城镇—生态冲突强度指数越低。土地利用丰富高的地区较土地利用丰富度低的地区土地利用安排更为合理，城镇—生态冲突是土地利用安排不合理的表现之一，而研究区东北部土地利用丰富度较西南部高，所以东北部城镇—生态冲突受土地利用丰富度的影响较西南部更为显著。

表2 “三线冲突”强度指数与影响因素相关性分析结果

Table 2 Results of the intensity correlation analysis of "three lines" conflict

冲突类型强度指数	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
城镇—生态	0.251*	—	0.211*	-0.288**	—	—	0.214*
城镇—农业	-0.346**	-0.378**	0.521**	—	0.365**	0.432**	0.464**
生态—农业	-0.404**	—	—	0.331**	—	—	—
城镇—生态—农业	—	—	—	—	—	0.252*	—
冲突类型强度指数	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
城镇—生态	0.197*	—	-0.380**	—	—	0.210*	-0.231*
城镇—农业	-0.279**	-0.254*	0.278**	—	0.706**	-0.220*	0.249*
生态—农业	-0.287**	—	0.260**	—	—	—	0.243*
城镇—生态—农业	-0.223*	—	—	—	—	—	—

注：*表示显著相关 ($P < 0.05$)，**表示极显著相关 ($P < 0.01$)。

表3 不同类型冲突强度GWR模型较OLS模型参数估计比较

Table 3 Comparison of GWR and OLS model parameter estimation for different types of conflict strength

冲突类型强度指数	城镇—生态		城镇—农业		生态—农业		城镇—生态—农业	
	AICc	R^2_{adj}	AICc	R^2_{adj}	AICc	R^2_{adj}	AICc	R^2_{adj}
OLS模型	-114.228	0.333	-208.830	0.530	-44.713	0.174	-73.362	0.123
GWR模型	-118.217	0.389	-212.226	0.557	-49.707	0.194	-101.648	0.362
GWR模型对模拟精度指标的提高	-3.989	0.056	-3.396	0.027	-4.994	0.020	-28.827	0.239

2.4.2 城镇—农业冲突强度影响因素分析

由图5可知，建设用地适宜区面积占总面积比（以下简称“建设用地适宜区占比”）和居民点密度是城镇—农业冲突强度的主要影响因素。建设用地适宜区面积占比对城镇—农业冲突的影响由南部向北部正向增强。根据《江西省建设用地适宜性评价相关技术规范》^[33]对研究区100个县（市、区）的分类可知，建设用地适宜区面积占比大，则说明该区域为城市型县（市、区），城市型县（市、区）经济发展的前提是保障粮食安全^[34]，这在一定程度上增加了对永久基本农田的需求，所以建设用地适宜区面积占比越大，城镇—农业冲突强度越大。根据热点分析结果可知，城镇—农业冲突聚集在省会南昌市周边（研究区中北部），而城市型和农业型县（市、区）也多分布在研究区北部，因此区域内北部城镇—农业冲突受建设用地适宜区面积占比的影响较南部更为显著。居民点密度与城镇—农业冲突呈负相关关系，其影响作用由北部向南部方向逐渐减弱。这是因为居民点密度大的区域多位于城镇开发边界范围内，即地势平缓的平原，而永久基本农田保护区在划定过程中为了满足人类日常生活需要，多布局城镇周边，因此居民点密度越高的区域，城镇—农业冲突强度指数越小。在研究区内，南部地形主要为山地丘陵，北部为地势平缓的平原区，较南部更适合城镇发展，人类居住活动便利，因此在研究区北部城镇—农业冲突受居民点密度的影响较南部更为显著。

2.4.3 生态—农业冲突强度影响因素分析

从图6可知，对生态—农业冲突起主要作用的影响因素为地形位指数和人口。地形位指数对生态—农业冲突的影响由东南向西北逐渐负向减弱。这是因为地形位指数对生态—农业冲突的影响是地形和高程的综合作用^[35]，地形位指数高的区域其高程或坡度较高，农业生产成本较高，不宜布局为基本农田保护区，这些区域较适合生态用地的布

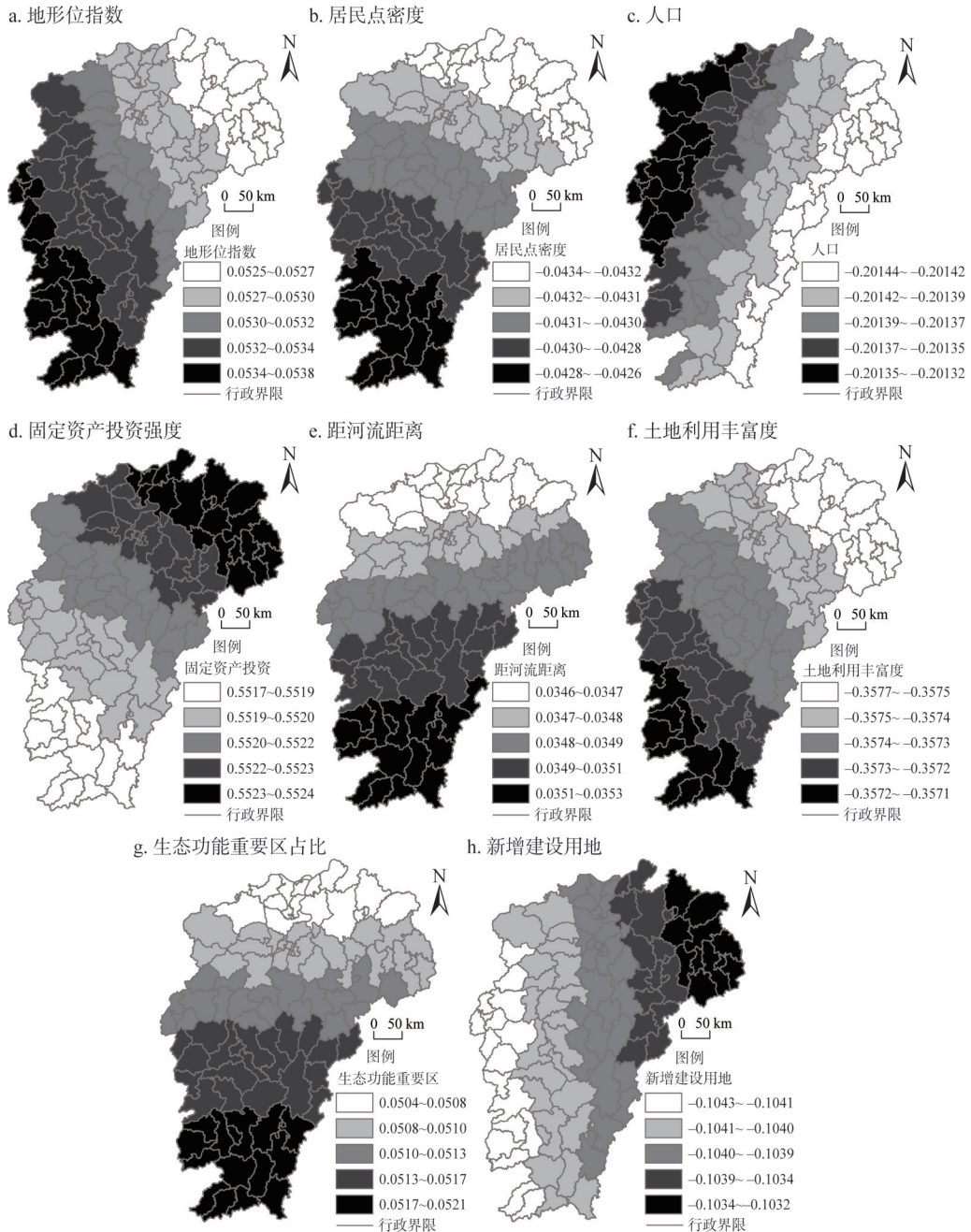


图4 城镇—生态冲突强度影响因素空间分异

Fig. 4 The spatial differentiation of town-ecology conflict intensity impact factors

局，所以地形位指数越高，生态—农业冲突强度指数越低。在研究区东南部主要为山地丘陵，适合生态用地发展，而永久基本农田保护区本身多建于低丘缓坡，地形的稍微起伏都可能不会发展为基本农田保护区，与生态保护红线发生冲突的可能性小，因此受地形位指数的影响更敏感；而在区域内西北部相对平缓的地区，有足够的平缓区域发展永久基本农田保护区，且由于北部鄱阳湖国家湿地公园的存在，生态—农业冲突发生的可能性大，因此研究区东南部受地形位指数的影响较西北部更显著。人口与生态—农业冲

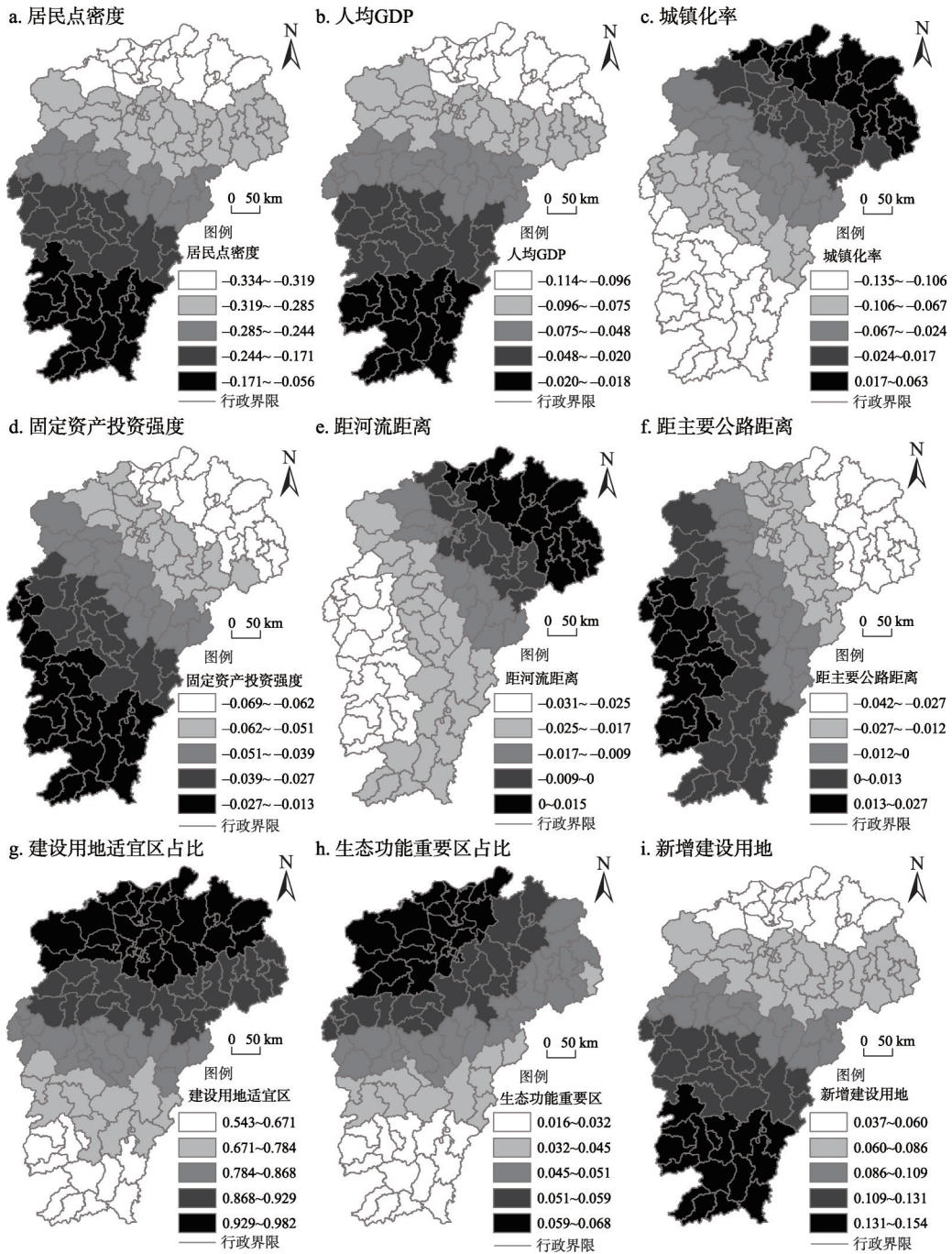


图5 城镇—农业冲突强度影响因素空间分异

Fig. 5 The spatial differentiation of town-agriculture conflict intensity impact factors

突呈正相关关系，其影响作用由南向北逐渐正向增强。这是因为人口聚集区多为资源竞争区^[36,37]，所以人口越多的地区，生态—农业冲突强度指数越大。研究区北部人口较南部多，为满足对粮食生产的需要，北部多永久基本农田，而人口的减少伴随着对粮食需求的降低，因此与生态保护红线发生冲突的可能性小，所以北部生态—农业冲突受人口因

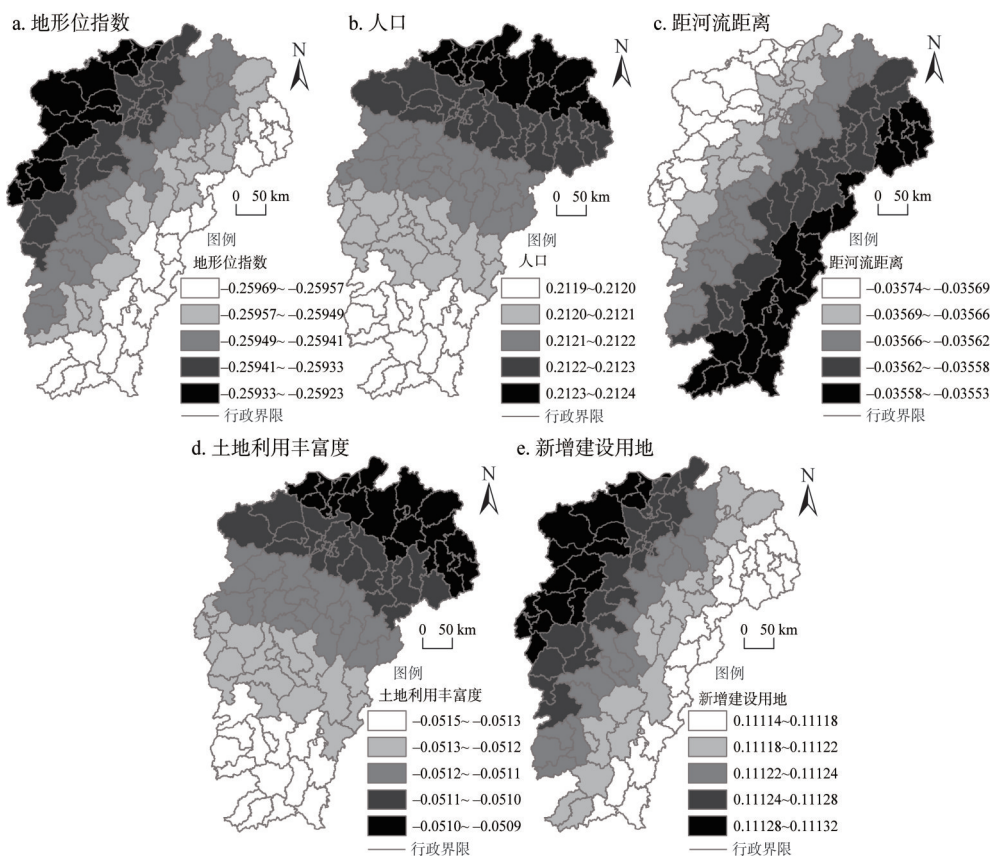


图6 生态—农业冲突强度影响因素空间分异

Fig. 6 The spatial differentiation of ecology-agriculture conflict intensity impact factors

素的影响较南部更为显著。

2.4.4 城镇—生态—农业冲突强度影响因素分析

从图7可知,城镇化率对城镇—生态—农业冲突的影响表现为在区域南部及西北部呈负相关关系,在中北和东北呈正相关关系,且在东北部影响程度最大,即回归系数绝对值最大。这是因为城镇化水平在不断提升的过程中带来了城市建设和经济发展的快速发展,但也带来了城乡发展不平衡、水土资源紧张和环境质量下降的诸多问题^[38,39]。研究区中北部及东北部城镇化率较南部和西北部高,所以城镇化率对城镇—生态—农业冲突的影响在中北部和东北部较南部和西北部更为显著。距河流距离与城镇—生态—农业冲突的关系以负相关关系为主,这是因为研究区主要河流为赣江且呈南北走向从中部贯穿整个区域^[40]。而在区域中北部为鄱阳湖,人类生活多泽水而居,同时水资源丰富的区域对农业生产的灌溉提供了良好的条件,因此距河流距离越近,其城镇—生态—农业冲突强度指数越大。

“三线冲突”是多种因素共同作用的结果。根据对不同冲突类型强度影响因素分析发现:不同冲突类型的影响机制存在差异,如城镇—生态冲突的主要影响因素是固定资产投资强度和土地利用丰富度,对城镇—农业冲突起主导作用的影响因素是建设用地适宜区占比和居民点密度,生态—农业冲突受地形位指数和人口的影响最大,城镇—生态—农业冲突主要受城镇化率和距河流距离的影响。地形位指数、土地利用丰富度和新增建

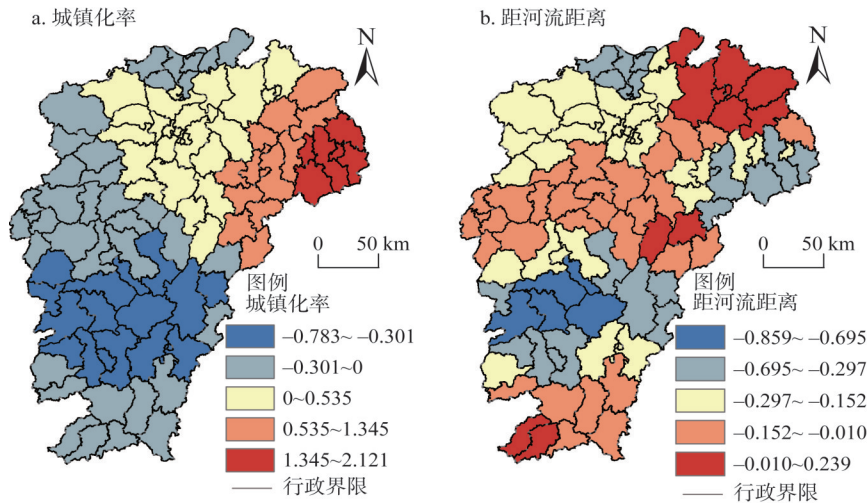


图7 城镇—生态—农业冲突强度影响因素空间分异

Fig. 7 The spatial differentiation of town-ecology-agriculture conflict intensity impact factors

设用地指标与两两冲突强度指数均相关，但与城镇—生态—农业冲突强度指数不相关；对城镇—生态—农业冲突有影响的因素不一定对两两冲突有作用，如城镇化率仅对城镇—农业冲突有影响，而与城镇—生态和生态—农业冲突不相关；距河流的距离则与四类冲突强度指数均相关，且存在不同的空间作用规律。由城镇化率和距河流距离对城镇—生态—农业冲突强度的影响可以看出，社会经济状况和地理区位特征对“三线冲突”的影响较自然环境条件和规划因素影响更大。因此在社会经济状况良好和地理区位特征具有明显优势的地区应着重从系统视角出发，综合设计“三线”划定，合理配置土地利用方式，增强实施管理，以缓解“三线冲突”强度^[41]。

3 结论与讨论

本文基于矢量格网数据监测“三线冲突”，分析区域内“三线冲突”的空间特征及冲突聚集热点区，并利用地理加权回归模型（GWR）识别不同类型冲突的影响作用。结果表明：研究区城镇—生态、城镇—农业、生态—农业和城镇—生态—农业冲突面积依次为4305.791 km²、2892.894 km²、1845.341 km²和159.444 km²；不同类型冲突强度指数介于0~0.257、0~0.468、0~0.056和0~0.012之间，其热点分别分布于边缘山区、省会南昌市周边、鄱阳湖流域周边和南部山地丘陵区，空间集聚明显；自然环境特征、社会经济状况、地理区位特征、社会经济因素、土地利用特征和规划等因素对不同类型冲突的影响不一样，不同类型冲突的主要影响因素也不一样，不同影响因素其空间作用趋势也不同。

现实工作中“三线冲突”问题因相关规划部门的多元化价值取向不同而难以避免^[42]。本文在前人研究基础上^[3,9]，从图斑层面探讨不同类型冲突的空间格局特征，可以认识其在空间上的表现形式与空间特点，从而针对性地进行“三线”布局的优化调整，划定“三生空间”管制界限，为可持续发展预留空间，推动生态文明建设。利用GWR模型对“三线冲突”不同类型的影响因素进行空间定量化分析，明确不同类型冲突的主要影响因素，有助于完善“多规冲突”与“多规合一”的研究理论框架及分析方法，加深对国土

空间规划的理解,并为合理布局国土空间、高效配置资源、集约利用土地提供经验和借鉴。通过对应用GWR模型得到的结果与OLS模型结果对比分析,发现不同冲突类型的AICc值至少降低了3个单位, R^2_{adj} 分别有所提高,说明GWR模型在空间非平稳性数据建模方面的解释能力和拟合优度要强于OLS模型,这与邱孟龙等^[43]、隋雪艳等^[44]的研究一致,可以较好地说明应用GWR模型得到的结果的科学性与可靠性。

“三线冲突”实质上是土地利用多功能性和区域发展目标追求之间的不匹配,区域发展建设与资源环境保护关系密切,而目前的研究多关注国土空间规划与城镇扩张^[45]、农用地变化^[46]和生态安全格局^[47]之间的单一关系研究,未来应进一步加强规划对区域发展与生态保护的冲突协调机制研究,以期为区域内土地资源的统筹协调利用提供借鉴。不同规划部门的利益取向不同是“三线冲突”的直接原因,而本文仅从空间上分析“三线冲突”,稍显单薄,未来研究应系统梳理不同规划部门对“三线”的概念理解以及在“三线”划定过程中所采取的不同技术。追根溯源,从直接原因入手,使研究更加立体化。此外,“三线冲突”的表现形式、作用机理和协调机制极其复杂,不仅涉及自然环境条件、社会经济状况、地理区位特征等方面的因素,还受到人为等因素的干扰,因此本文对影响因素的选取研究有待进一步完善和深化。

参考文献(References):

- [1] 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.]
- [2] VERBURG P H, VAN DE STEEG J, VELDKAMP A, et al. From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. Journal of Environmental Management, 2009, 90(3): 1327-1335.
- [3] 冉娜,金晓斌,范业婷,等.基于土地利用冲突识别与协调的“三线”划定方法研究:以常州市金坛区为例.资源科学,2018,40(2):284-298.[RAN N, JIN X B, FAN Y T, et al. 'Three Lines' delineation based on land use conflict identification and coordination in Jintan district, Changzhou. Resources Science, 2018, 40(2): 284-298.]
- [4] 钱凤魁,王秋兵,边振兴,等.永久基本农田划定和保护理论探讨.中国农业资源与区划,2013,34(3):22-27.[QIAN F K, WANG Q B, BIAN Z X, et al. Discussion about the permanent basic farmland planning and protection. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2013, 34(3): 22-27.]
- [5] 丁雨霖,冯长春,王利伟.山地区域土地生态红线划定方法与实证研究:以重庆市涪陵区义和镇为例.地理科学进展,2016,35(7):851-859.[DING Y C, FENG C C, WANG L W. Determination of ecological red line of mountainous areas: A case study of Yihe town in Chongqing Municipality. Progress in Geography, 2016, 35(7): 851-859.]
- [6] HUNAG D Q, HUANG J, LIU T. Delimiting urban growth boundaries using the CLUE-S model with village administrative boundaries. Land Use Policy, 2019, 82: 422-435.
- [7] 于伯华,吕昌河.土地利用冲突分析:概念与方法.地理科学进展,2006,25(3):106-115.[YU B H, LYU C H. The progress and prospect of land use conflicts. Progress in Geography, 2006, 25(3): 106-115.]
- [8] 孟鹏,冯广京,吴大放,等.“多规冲突”根源与“多规融合”原则:基于“土地利用冲突与‘多规融合’研讨会”的思考.中国土地科学,2015,29(8):3-9.[MENG P, FENG G J, WU D F, et al. Causes of the multiple-planning conflict and principle of multiple-planning integration: Reviews of the workshop "land use conflicts and multiple planning integration". China Land Sciences. 2015, 29(8): 3-9.]
- [9] 刘耀林,张扬,张琰,等.特大城市“三线冲突”空间格局及影响因素.地理科学进展,2018,37(12):1672-1681.[LIU Y L, ZHANG Y, ZHANG Y, et al. Conflicts between three land management red lines in Wuhan city. Progress in Geography, 2018, 37(12): 1672-1681.]
- [10] 赵越,罗志军,曹丽萍,等.基于空间决策的区域城镇发展与农业生产协调布局优化:以江西省临川区为例.自然资源学报,2019,34(3):526-538.[ZHAO Y, LUO Z J, CAO L P, et al. Layout optimization of regional urban development and agricultural production based on spatial decision-making: A case study of Linchuan district in Jiangxi province. Journal of Natural Resources, 2019, 34(3): 526-538.]
- [11] 赵燕如,邹自力,张晓平,等.基于LEI和MSPA的南昌市城市扩张类型与生态景观类型变化关联分析.自然资源学

- 报, 2019, 34(4): 732-744. [ZHAO Y R, ZOU Z L, ZHANG X P, et al. The relationship analysis of urban expansion types and changes in ecological landscape types based on LEI and MSPA in the city of Nanchang. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(4): 732-744.]
- [12] 赵筱青, 李思楠, 谭琨, 等. 城镇—农业—生态协调的高原湖泊流域土地利用优化. *农业工程学报*, 2019, 35(8): 296-307. [ZHAO X Q, LI S N, TAN K, et al. Land use optimization of plateau lake basin based on town-agriculture-ecological spatial coordination. *Transactions of the CSAE*, 2019, 35(8): 296-307.]
- [13] 袁奇峰, 陈世栋. 快速城市化背景下农业型战略性生态空间资源保护研究: 以广州为例. *规划师*, 2015, 31(1): 95-100. [YUAN Q F, CHEN S D. Agricultural strategic ecological space preservation analysis under the fast urbanization. *Planners*, 2015, 31(1): 95-100.]
- [14] 俞孔坚, 王思思, 李迪华, 等. 北京城市扩张的生态底线: 基本生态系统服务及其安全格局. *城市规划*, 2010, 34(2): 19-24. [YU K J, WANG S S, LI D H, et al. The ecological bottom line of Beijing's urban expansion based on ecosystem services and security landscape. *City Planning Review*, 2010, 34(2): 19-24.]
- [15] BRUNSDON C, FOTHERINGHAM A S, CHARLTON M E. Geographically weighted regression: A method for exploring spatial nonstationarity. *Geographical Analysis*, 1996, 28(4): 281-298.
- [16] FOTHERINGHAM A S, CHARLTON M E, BRUNSDON C. Geographically weighted regression: A natural evolution of the expansion method for spatial data analysis. *Environment and Planning A*, 1998, 30(11): 1905-1927.
- [17] 韩逸, 郭熙, 江叶枫, 等. 南方丘陵区耕地景观生态安全影响因素及其空间差异. *生态学报*, 2019, 39(17): 6522-6533. [HAN Y, GUO X, JIANG Y F, et al. Cultivated land landscape ecological security: Influencing factors and its spatial differences in the hilly region of South China. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(17): 6522-6533.]
- [18] 江西省统计局. 江西省2018年国民经济和社会发展公报. http://www.jxstj.gov.cn/id_jxstjgb201803120108328842/column.shtml, 2019-03-20. [Statistic bureau of Jiangxi. Bulletin of the national economic and social development of Jiangxi province in 2018. http://www.jxstj.gov.cn/id_jxstjgb201803120108328842/column.shtml, 2019-04-23.]
- [19] 易炼红. 政府工作报告: 2019年1月27日在江西省第十三届人民代表大会第三次会议上. *江西日报*, 2019-02-11. [YI L H. Government working report: At the third meeting of the 13th People's Congress of Jiangxi province on January 27, 2019. *Jiangxi Daily*, 2019-02-11.]
- [20] 赵丽红, 陈文波, 邵虹. 南昌市中心城区城市建设用地集约利用特征及空间相关性分析. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(8): 1286-1292. [ZHAO L H, CHEN W B, SHAO H. Analysis on the characteristics and spatial correlation of urban land intensive use in Nanchang center area. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015, 24(8): 1286-1292.]
- [21] GETIS A, ORD J K. *The Analysis of Spatial Association by use of Distance Statistics. Perspectives on Spatial Data Analysis*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010: 127-145.
- [22] 熊昌盛, 韦仕川, 栾乔林, 等. 基于Moran's *I*分析方法的耕地质量空间差异研究: 以广东省广宁县为例. *资源科学*, 2014, 36(10): 2066-2074. [XIONG C S, WEI S C, LUAN Q L, et al. Spatial pattern disparity and cultivated land quality based on Moran's *I* analysis. *Resources Science*, 2014, 36(10): 2066-2074.]
- [23] 邢璐平, 方斌, 向梦杰. 基于GWR模型的江苏省耕地集约利用水平时空变化特征及影响因素. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(2): 376-386. [XING L P, FANG B, XIANG M J. Temporal and spatial variation of cultivated land intensive use level and its influencing factors in Jiangsu province based on GWR model. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(2): 376-386.]
- [24] 宁秀红, 郭龙, 张海涛. 基于空间自回归和地理加权回归模型的不同尺度下土地利用程度研究. *华中农业大学学报*, 2013, 32(4): 48-54. [NING X H, GUO L, ZHANG H T. Comprehensive degree of land-use at different scales based on spatial autocorrelation regression and geographically weighted regression models. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2013, 32(4): 48-54.]
- [25] 蔡庚洋, 李铖, 郑荣泉. 博弈机理下的城市开发边界划定耦合优化研究. *城市规划*, 2017, 41(3): 19-24. [CAI G Y, LI X, ZHENG R Q. Study on coupling optimization for establishing urban growth boundary under game theory. *City Planning Review*, 2017, 41(3): 19-24.]
- [26] 廖李红, 戴文远, 陈娟, 等. 平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析. *资源科学*, 2017, 39(10): 1823-1833. [LIAO L H, DAI W Y, CHEN J, et al. Spatial conflict between ecological-production-living spaces on Pingtan Island during rapid urbanization. *Resources Science*, 2017, 39(10): 1823-1833.]
- [27] 杨永芳, 安乾, 朱连奇. 基于PSR模型的农区土地利用冲突强度的诊断. *地理科学进展*, 2012, 31(11): 1552-1560. [YANG Y F, AN Q, ZHU L Q. Diagnosis based on the PSR model of rural land-use conflicts intensity. *Progress in Geog-*

- raphy, 2012, 31(11): 1552-1560.]
- [28] 郭欢欢, 张孝成, 李仕川. 土地集约利用评价中适度指标标准化方法改进研究: 以人口密度指标为例. 地理科学, 2016, 36(3): 367-374. [GUO H H, ZHANG X C, LI S C. Improvement of the method to standardize moderate indicators in the evaluation of intensive land use: Population density as an example. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(3): 367-374.]
- [29] 道格拉斯·C·蒙哥马利, 伊丽莎白, G·杰弗里·瓦伊宁. 线性回归分析导论(原书第5版). 王辰勇译. 北京: 机械工业出版社, 2016: 91-268. [MONTGOMERY D C, PECK E A, VINING G. *Introduction to linear regression analysis* (5th ed). Translated by WANG C Y. Beijing: China Machine Press, 2016: 91-268.]
- [30] 黄和平, 王丽影. 环境约束视角下江西省区域工业环境技术效率与环境协调性演变研究. 江西财经大学学报, 2016, 107(5): 98-105. [HUANG H P, WANG L Y. A study of the evolution of regional industrial environment technical efficiency and environmental coordination in Jiangxi province from the perspective of environmental constraints. *Journal of Jiangxi University of Finance and Economics*, 2016, 107(5): 98-105.]
- [31] 张丽荣, 孟锐, 潘哲, 等. 生态保护地空间重叠与发展冲突问题研究. 生态学报, 2019, 39(4): 1351-1360. [ZHANG L R, MENG R, PAN Z, et al. Research on the space-overlap and development conflicts between types of protected areas. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(4): 1351-1360.]
- [32] 杜国明, 孙晓兵, 王介勇. 东北地区土地利用多功能性演化的时空格局. 地理科学进展, 2016, 35(2): 232-244. [DU G M, SUN X B, WANG J Y. Spatiotemporal patterns of multi-functionality of land use in Northeast China. *Progress in Geography*, 2016, 35(2): 232-244.]
- [33] 江西省国土勘测规划院. 江西省建设用地适宜性评价相关技术规范: 各县(市、区)的分类标准. 2018-01-01. [Jiangxi Provincial Land Survey and Planning Institute. Technical specifications for the evaluation of suitability of construction land in Jiangxi province: Classification standards of counties (cities, districts). 2018-01-01.]
- [34] 孙晶晶, 赵凯, 曹慧, 等. 我国耕地保护经济补偿分区及其补偿额度测算: 基于省级耕地—经济协调性视角. 自然资源学报, 2018, 33(6): 1003-1017. [SUN J J, ZHAO K, CAO H, et al. Zoning and quantity of economic compensation for arable land protection: From the perspective of coordination between provincial cultivated land and economic. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(6): 1003-1017.]
- [35] 饶磊, 许婷, 郭熙, 等. 奉新县耕地经营规模在地形梯度上的分布特征. 农业现代化研究, 2017, 38(5): 862-868. [RAO L, XU T, GUO X, et al. Distribution characteristics of farmland operation scale at different terrain gradients in Fengxin county. *Research of Agricultural Modernization*, 2017, 38(5): 862-868.]
- [36] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践. 资源科学, 2017, 39(3): 379-395. [FENG Z M, YANG Y Z, YAN H M, et al. A review of resources and environment carrying capacity research since the 20th century: From theory to practice. *Resources Science*, 2017, 39(3): 379-395.]
- [37] 李小云, 杨宇, 刘毅. 中国人地关系演进及其资源环境基础研究进展. 地理学报, 2016, 71(12): 2067-2088. [LI X Y, YANG Y, LIU Y. Research progress in man-land relationship evolution and its resource-environment base in China. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(12): 2067-2088.]
- [38] 陆大道, 陈明星. 关于“国家新型城镇化规划(2014—2020)”编制大背景的几点认识. 地理学报, 2015, 70(2): 179-185. [LU D D, CHEN M X. Several viewpoints on the background of compiling the "National New Urbanization Planning (2014-2020)". *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(2): 179-185.]
- [39] 于伟, 赵林. 包容性视角下城镇化质量与资源利用的协调性: 以中国288个地级以上城市为例. 应用生态学报, 2018, 29(12): 4119-4127. [YU W, ZHAO L. Coordination of urbanization quality and resource utilization in inclusive perspective: Taking 288 cities in China as an example. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(12): 4119-4127.]
- [40] 杨荣清, 胡立平, 史良云. 江西河流概述. 江西水利科技, 2003, 1: 27-30. [YANG R Q, HU L P, SHI L Y. Overview of Jiangxi rivers. *Jiangxi Water Science and Technology*, 2003, 1: 27-30.]
- [41] 刘志超. 新型空间规划体系下的县级“三生空间”布局与“三线”划定. 规划师, 2019, 35(5): 27-31. [LIU Z C. Three spaces and three lines delimitation in the context of new spatial plan system. *Planners*, 2019, 35(5): 27-31.]
- [42] 王颖, 刘学良, 魏旭红, 等. 区域空间规划的方法和实践初探: 从“三生空间”到“三区三线”. 城市规划学刊, 2018, 244(4): 65-74. [WANG Y, LIU X L, WEI X H, et al. The method and practice of regional spatial planning from "three basic spaces" to "three-zones and three-lines". *Urban Planning Forum*, 2018, 244(4): 65-74.]
- [43] 隋雪艳, 吴巍, 周生路, 等. 都市新区住宅地价空间异质性驱动因素研究: 基于空间扩展模型和GWR模型的对比. 地理科学, 2015, 35(6): 683-689. [SUI X Y, WU W, ZHOU S L, et al. Drive pattern on the spatial heterogeneity of residential land price in urban district: A comparison of spatial expansion method and GWR model. *Scientia Geographica*

- Sinica, 2015, 35(6): 683-689.]
- [44] 邱孟龙, 曹小曙, 周建, 等. 基于GWR模型的渭北黄土旱塬粮食单产空间分异及其影响因子分析: 以陕西彬县为例. 中国农业科学, 2019, 52(2): 273-284. [QIU M L, CAO X S, ZHOU J, et al. Spatial differentiation and impact factors of grain yield per hectare in Weibei Plateau based on GWR model: A case study of Binxian county, Shaanxi. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(2): 273-284.]
- [45] 吕晓, 黄贤金, 钟大洋, 等. 土地利用规划对建设用地扩张的管控效果分析: 基于一致性有效性的复合视角. 自然资源学报, 2015, 30(2): 177-187. [LYU X, HUANG X J, ZHONG T Y, et al. The controlling effects of land-use planning on construction land expansion based on the perspective of consistency and effectiveness. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(2): 177-187.]
- [46] 余国强, 陈佑启, 姚艳敏, 等. 近10年来东北三省农用地变化及其影响因素分析. 经济地理, 2005, 25(3): 391-396. [SHE G Q, CHEN Y Q, YAO Y M, et al. The changes and macro-control of farm-land in northeast of China in the nearest 10 years. *Economic Geography*, 2005, 25(3): 391-396.]
- [47] 俞孔坚. 生态安全格局与国土空间开发格局优化. 景观设计学, 2016, 4(5): 6-9. [YU K J. Ecological security pattern and spatial development pattern optimization of national territory. *Landscape Architecture Frontiers*, 2016, 4(5): 6-9.]

Study on the spatial characteristics and intensity factors of "three-line conflict" in Jiangxi province

YI Dan, ZHAO Xiao-min, GUO Xi, HAN Yi, JIANG Ye-feng, LAI Xia-hua, HUANG Xin-yi
(College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University/Jiangxi Province Key Laboratory of Poyang Lake Basin Agricultural Resources and Ecology, Nanchang 330045, China)

Abstract: Delimiting three lines (permanent basic farmland protection zones, urban growth boundaries and ecological protection redlines) scientifically is conducive to rational arrangement of land space resources and identifying the "three-line conflict" intensity factors can deepen the understanding of the national space planning. This study took the provincial spatial planning pilot area-Jiangxi province as an example, recognized the regional difference of "three-line conflict" by defining the "three-line conflict intensity", revealed its spatial characteristics by using spatial autocorrelation analysis, and analyzed the influencing factors of different types of conflict intensity by applying geographically weighted regression model (GWR). The results showed that the conflict areas of town-ecology, town-agriculture, ecology-agriculture and town-ecology-agriculture were 4305.791 km², 2892.894 km², 1845.341 km² and 159.444 km², respectively. There is obvious spatial clustering in the conflicts of town-ecology, town-agriculture, ecology-agriculture and town-ecology-agriculture. The main influencing factor of town-ecology conflict is the intensity of fixed assets investment, and the leading factor of town-agriculture conflict is the proportion of suitable area of construction land. The ecology-agriculture conflict is most affected by the topographic index, and the town-ecology-agriculture conflict is mainly affected by urbanization rate and the distance from river. The research results can provide reference for the rational layout of the "three lines" and the optimization of land structure.

Keywords: three-line conflict; spatial pattern; geographically weighted regression model; impact factor; Jiangxi province