

基于地理探测器和GWR模型的中国重点镇布局定量归因

韩 静¹, 芮 畅^{1*}, 杨 坤¹, 刘 薇², 马 滕¹

(1. 西北大学城市与环境学院, 西安 710127; 2. 西安建筑科技大学建筑学院, 西安 710055)

摘 要:重点镇是小城镇发展的龙头,形成科学合理的重点镇布局对优化中国城市化战略格局有重要意义。论文以2004年和2014年分别公布的1887个和3675个全国重点镇为样本,对其分布及效应的变动特征进行探究,进而在地级尺度对重点镇布局的影响因子及其作用进行地理探测和局部空间回归。结果表明:① 经增补调整,中国重点镇布局及建设效应的均衡性增强,主要集聚区西移北扩,冷热点的分布突破“胡焕庸线”,经济辐射效应的分化程度减弱,体现出政策因素的有力影响。除县际均衡和区域倾斜政策外,重点镇的分布还受到海拔高度、公路网密度、常住人口城镇化率等因子的显著作用。② 因子探测器、GWR模型和交互作用探测器的结合能更精准地刻画影响因子的作用方式、方向、路径和强度。中国重点镇的布局不是5个显著性因子均匀、独立、直接作用的结果,而是影响均具空间异质性的各因子两两交互作用后增效的产物。③ 县际均衡政策与其他因子的协同作用是形成现有重点镇分布格局的主导力量;区域倾斜政策的效果总体较好,但目标区域还需更准确。

关键词:重点镇;定量归因;地理探测器;地理加权回归;中国

小城镇居“城之尾、乡之首”,是新型城镇化和乡村振兴战略协同推进的重要载体,也是城乡融合发展的关键节点。从改革开放初期“小城镇大问题”的学界认识到21世纪前“小城镇大战略”在国家层面的确立^[1-3],从“多搞小城镇”、“积极发展小城镇”到“大中小城市和小城镇协调发展”的方针转变^[4-5],40 a来小城镇持续不断地受到各界关注。尽管自世纪之交起,由于受到大城市主导地位的冲击,小城镇的地位日渐衰落,但随着城镇化进程中城乡差距扩大的问题日益突出^[6],其在协调城乡发展中的纽带作用凸显,发展方向渐趋清晰,正由数量扩张转向质量提升、均衡发展走向重点建设,有重点地发展小城镇已取代重点发展小城镇成为政策的着力点。在此背景下,原建设部等6部委于2004年确定了1887个全国重点镇。虽然经过近10 a的建设后已取得一定成效,但鉴于存在重点镇总量偏

少、部分重点镇名实不符等问题,结合新型城镇化战略提出的新要求,住房和城乡建设部等7部委又开展了全国重点镇增补调整工作。该项工作以“每个县(市)至少有1个重点发展的建制镇列入全国重点镇”为目标,以坚持城、镇协调发展等为原则,以人口达到一定规模、区位优势明显、经济发展潜力大等为重点镇推荐条件,同时综合考虑对中西部以及集中连片特困地区的支持。经县级以上政府推荐、省级职能部门审核、国务院主管部门调整并公布的程序,2014年3675个镇被列为新一批的全国重点镇。尽管有变动,但全国重点镇作为小城镇发展的龙头和县域经济社会发展的“增长极”,多年来一直是相关政策优先支持的对象和地方政府施政的重要抓手。

与各级政府的重视相较,学界对重点镇的关注明显不够,少量文献大多为基于案例的规划、建设、管理对策研究,或集中在其总体规划、产业规划、基

收稿日期:2019-10-24;修订日期:2020-01-19。

基金项目:国家自然科学基金项目(41601174, 41401184)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41601174 and 41401184.]

第一作者简介:韩静(1993—),女,江苏南京人,硕士生,主要从事空间统计分析研究。E-mail: hjxbdx@163.com

*通信作者简介:芮畅(1985—),男,安徽合肥人,博士,副教授,主要从事城乡转型与空间治理研究。E-mail: ruiyang@nwu.edu.cn

引用格式:韩静,芮畅,杨坤,等. 基于地理探测器和GWR模型的中国重点镇布局定量归因[J]. 地理科学进展, 2020, 39(10): 1687-1697. [Han Jing, Rui Yang, Yang Kun, et al. Quantitative attribution of national key town layout based on geodetector and the geographically weighted regression model. Progress in Geography, 2020, 39(10): 1687-1697.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2020.10.008

基础设施规划等的编制实施^[7-10],或聚焦于其建设指标体系及商业、住宅等设施的具体建设^[11-13],或对其管理体制的区域差异进行分析^[14],尚缺乏对其空间分布特征及变动的整体把握,不利于指导其及相关政策的动态调整。进一步梳理文献可知,关于中国历史文化名镇^[15]、全国一村一品示范镇^[16]、全国特色景观旅游名镇^[17]、中国淘宝镇^[18]、全国特色小镇^[19-20]等同类对象的空间分析近年来明显增多,已成为研究热点^[21]。但相关成果偏重对各类小城镇分布格局特征的认知,对其分布的影响因素还是以定性探讨为主,辅以简单的统计分析或空间分析工具,基于空间统计学方法和模型的定量归因是既有研究的薄弱环节。常被使用的相关分析和叠置分析、缓冲区分析等方法只能明确单个因素和地理要素分布之间的相关关系,不能定量地得出显著影响因子及其作用强度,也不能揭示因子作用的空间异质性以及因子间可能具有的协同或拮抗作用。

鉴于此,在明晰增补调整前后中国重点镇布局及建设效应变动特征的基础上,从政策、地理、经济、社会4个维度选取13项指标,综合运用地理探测器和地理加权回归(Geographical Weighted Regression, GWR)模型,在地级尺度对现有重点镇分布的影响因子及其作用进行定量表达和空间分析,以期对地理要素分布成因的研究提供参考,为重点镇政策协同性和精准度的增强提供科学指引。

1 数据与方法

1.1 研究尺度与数据来源

研究主要在地级尺度上展开,涉及363个分析

单元,包括333个地级行政区及4个直辖市和湖北、海南、新疆等省区直辖的26个县级行政区。行政边界等空间数据来源于国家基础地理信息中心(<http://ngcc.sbsm.gov.cn>)提供的1:400万矢量地图数据库;地形数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>)提供的90 m分辨率数字高程数据;统计数据主要来源于2005、2014、2015、2018年的《中国城市统计年鉴》和《中国县域统计年鉴》,并以各省份的统计年鉴等为补充;样本数据来自《关于公布全国重点镇名单的通知》(建村[2004]23号)和《关于公布全国重点镇名单的通知》(建村[2014]107号),借助百度地图API和xGeocoding工具获取其经纬度坐标,在ArcGIS中进行配准,得到中国重点镇的分布图(图1)。

1.2 研究方法

1.2.1 最近邻指数

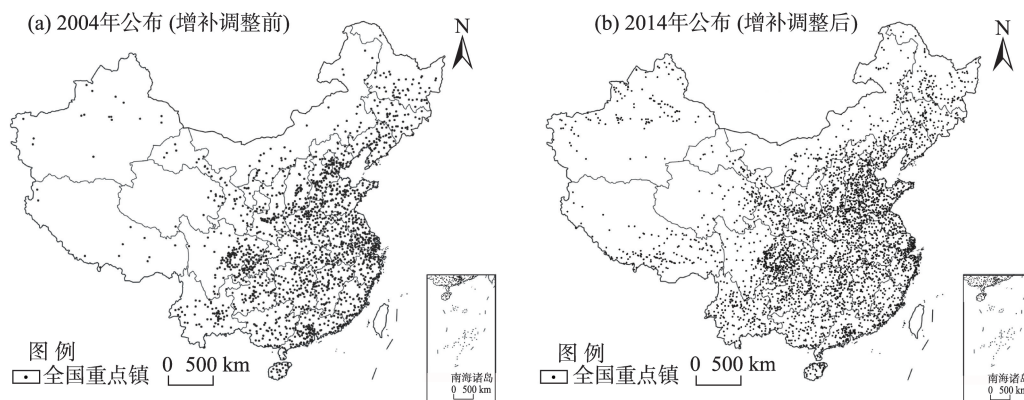
最近邻指数是表征点状地理要素间邻近程度及相互关系的指标,可用其判断重点镇的分布模式。该指数在0~1之间时,要素趋于集聚分布;等于1时,要素随机分布;大于1时,趋于均匀分布^[22]。

1.2.2 核密度估计

核密度估计方法在地理要素分布研究中应用较多,能直观反映重点镇的空间集聚区域及格局,可通过ArcGIS Spatial Analyst扩展模块的Kernel Density工具实现^[21]。搜索半径经多次试验后确定为200 km。

1.2.3 热点分析

热点分析是一种聚类分布制图工具,用于识别具有显著统计学意义的空间聚类(热点和冷点)^[23]。通过对数据集中的每一个要素计算Getis-Ord G_i^* 统



注:本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)2927号的标准地图制作,底图无修改。下同。

图1 中国重点镇空间分布

Fig.1 Spatial distribution of national key towns

计量,明晰全国重点镇数量高值或低值要素在空间上发生聚类的位置,探索重点镇分布冷热点格局的变化。

1.2.4 地理探测器

地理探测器是揭示地理要素空间分异性及其背后驱动力的空间统计方法,有4个模块。借助其中的因子探测器模块,明晰具有统计显著性的自变量及其对因变量的解释力;利用交互作用探测器模块,进一步判断自变量之间是否具有交互作用及其作用方向和类型^[24]。 q 值是对自变量解释力的度量,公式为^[25]:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (1)$$

式中: L 为因变量或自变量的分层; N_h 和 σ_h^2 分别为层 h 的单元数和方差; N 和 σ^2 分别为研究区整体的单元数和方差。

1.2.5 地理加权回归(GWR)

GWR是基于局部光滑思想提出的空间回归模型,既能有效估计具有空间自相关性的数据,也能反映参数在不同区域的空间异质性^[26-27]。模型公式为^[28]:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

式中: y_i 为采样点 i 的因变量值; β_0 为截距, (u_i, v_i) 为采样点 i 的坐标, $\beta_0(u_i, v_i)$ 为采样点 i 的常数项; $\beta_k(u_i, v_i)$ 为采样点 i 的第 k 个自变量的系数, x_{ik} 为采样点 i 的第 k 个自变量; ε_i 为随机误差项。选择“自适应”核和修正的阿凯克信息准则(AICc)进行GWR分析。GWR结果中,校正 R^2 反映自变量的解释力,用于检验模型性能;条件数小于0、大于30时表明变量间存在局部多重共线性,模型运算结果不可靠。

1.2.6 双重差分法(difference-in-differences, DID)

双重差分法可用来分析政策实施前后的指标差异,从而判断政策实施效应。本文以2004年与2014年公布的全国重点镇为研究样本,在参考借鉴相关研究^[29-30]的基础上,以2个样本数量的平均值为界,将样本设定为控制组(低于均值)和处理组(高于均值),对比研究受到政策作用力度不同的地级单元重点镇建设产生效应的差异。选取2004、2013、2014和2017年的GDP和非农就业率作为变量,明晰全国重点镇建设对经济发展和就业的影响。其模型可表示为^[29]:

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 c_{it} + \alpha_2 g_{it} + \beta \text{did}_{it} + \psi x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: y 为因变量, i 和 t 分别表示城市和年份, c_{it} 和 g_{it} 分别为时间分组变量和地区分组变量, did 为 i 和 t 的交叉项, α_0 为回归截距, α_1 和 α_2 分别为时间影响系数和地区影响系数, β 为交互影响系数, ψx 为控制变量集合, ε 为随机扰动项。

2 中国重点镇布局及建设效应的变动分析

2.1 布局的均衡性增强

计算增补调整前后的全国重点镇和全国所有建制镇的最近邻指数,其值分别为0.583、0.632和0.607,均通过了置信度为99%的显著性检验。据此可知,尽管均呈明显的集中分布状态,但2004年公布的重点镇较之全部建制镇在空间上要更聚集,体现出“不强求平衡发展、择优扶强”的政策初衷;2014年公布的全国重点镇的布局较之其他两者要均衡,这可能是“坚持城乡统筹,使每个县(市)至少有1个全国重点镇”增补调整工作目标顺利实现的结果。

2.2 集聚区西移北扩

分别对2004、2014年公布的1887、3675个全国重点镇进行核密度制图(图2)。比较可知,在确定重点镇要“坚持城、镇协调发展,使其数量、分布与城市布局相协调”的工作原则影响下,中国重点镇的布局与国家级城市群耦合明显,但主要集聚区在增补调整后西移北扩,表现为密度峰值区由东部的长三角城市群移至西部的成渝城市群,位于中原城市群的集聚区向北扩展到京津冀城市群,地处南方的珠三角城市群不再是重点镇的高密度分布区(图2)。增补调整前后中国重点镇集聚区域及格局的变化既与中西部地区城镇化进程的加快有关,也反映了全国重点镇增补调整中对中、西部的政策支持。

2.3 分布的冷热点突破“胡焕庸线”

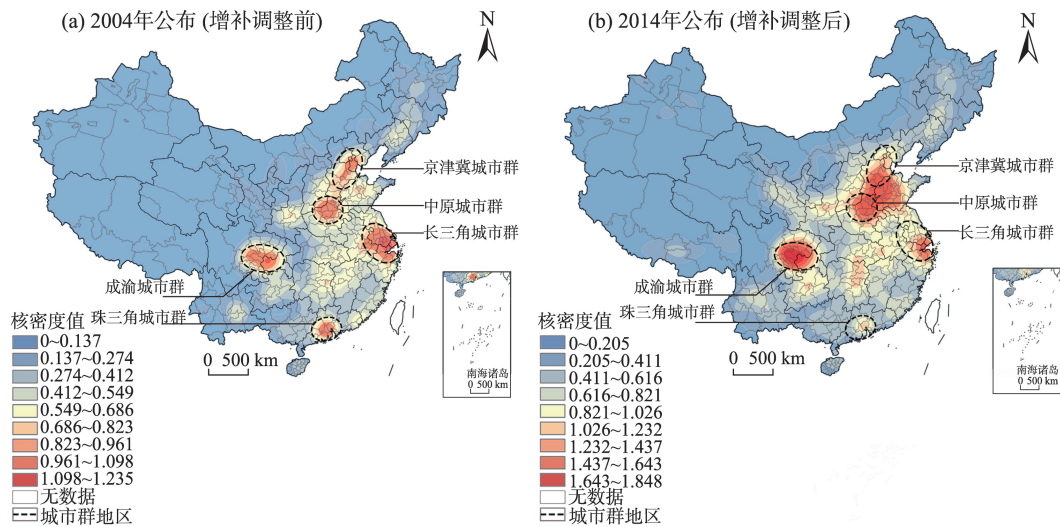
在进行上述空间点模式分析的同时,基于363个分析单元的全国重点镇数量这一面状空间数据集,进一步采用热点分析工具探索中国重点镇分布格局的变化。图3显示,经增补调整,中国重点镇分布在“胡焕庸线”东南热、西北冷的基本格局显著改变。2014年公布的全国重点镇数量高值单元的空间聚类已突破“胡焕庸线”的约束,在西藏自治区形成了1个新的热点区;其数量低值单元的空间聚类也呈相反方向同样“跨越”了这条重要的地理分界

线,在“胡焕庸线”东南一侧的华南沿海地区和辽宁省形成了2个集中连片的冷点区。

2.4 建设效应的分化程度减弱

利用 Stata 13.0 对研究样本进行双重差分分析,

结果如表 1 所示。经过近 10 a 的建设,2004 年公布的全国重点镇对所在城市的经济发展和就业水平均产生了明显的正向效应,表现为处理组和控制组 GDP 和非农就业率的影响系数较之认定前都有大



注:京津冀、长三角、珠三角、中原和成渝城市群范围据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》。

图2 中国重点镇分布的核密度图

Fig.2 Kernel density estimation of the distribution of national key towns

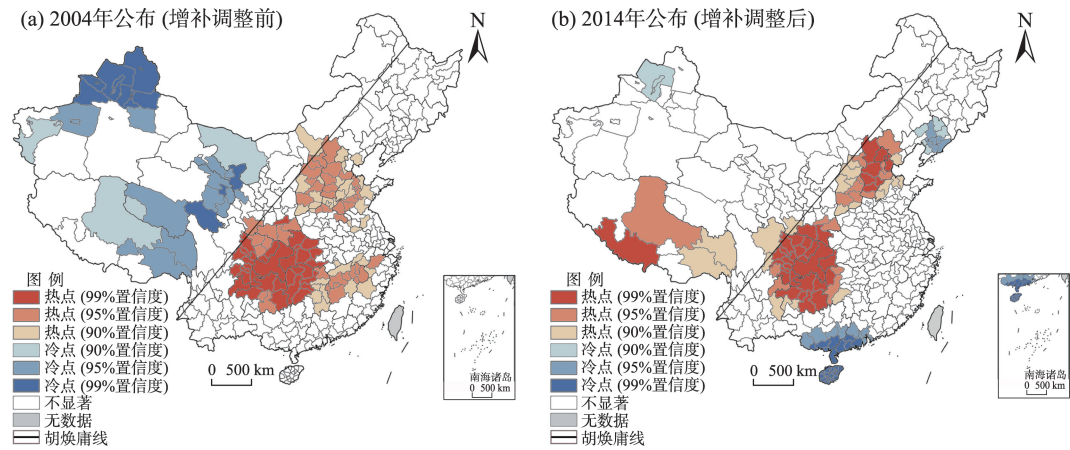


图3 中国重点镇分布的冷热点格局

Fig.3 The pattern of cold spots and hotspots in the distribution of national key towns

表 1 单变量双重差分分析结果

Tab.1 Results of single variable difference-in-difference analysis

样本	变量	重点镇认定前			重点镇认定后			DIFF(FU)–DIFF(BL)
		处理组	控制组	差分值	处理组	控制组	差分值	
2004年公布的全国重点镇	GDP	76.10	38.24	37.86**	290.45	149.31	141.14***	103.28
	非农就业率	47.21	25.80	21.41*	84.61	41.14	43.47**	22.06
2014年增补调整后的全国重点镇	GDP	39.82	2.09	37.73*	30.5	26.07	4.43*	–33.30
	非农就业率	71.06	53.78	17.27**	70.03	51.23	18.80**	1.53

注:***、**、*分别表示 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 、 $P<0.1$; DIFF(FU)和 DIFF(BL)分别为重点镇认定后和认定前的差分值。

幅增加;其建设对于两组间GDP和非农就业率影响效应的差分值相较公布前分别上升了103.28和22.06,处理组与控制组间的发展差距显著拉大,说明地级尺度上全国重点镇的建设也产生了“马太效应”。2014年全国重点镇在增补调整后,仍对经济发展和就业发挥了促进作用,但处理组与控制组间GDP和非农就业率影响系数的差分值较调整前分别减少了33.30和增加了1.53,表现出明显下降和略有上升的趋势,说明在地级尺度上重点镇建设效应的分化程度减弱、均衡性增强,与布局的变动趋势一致。

3 中国重点镇布局的定量归因

3.1 影响因子的指标选取

由前文可知,政策因素对全国重点镇的认定及分布具有影响。关于各类专业特色镇的同类研究成果^[15-20]也证实了政策导向的作用,同时还揭示出地形、区位、交通、人口、经济等其他影响因素。鉴于此,从政策、地理、经济、社会4个维度选取13项指标为自变量(表2),以现有全国重点镇数量为因变量,在地级尺度对中国重点镇的布局进行定量归因。

政策维度的指标包括县际均衡政策和区域倾斜政策2个。前者以各分析单元所辖的县(市)数量表征,反映“每个县(市)至少有1个重点发展的建制镇列入全国重点镇”这一政策目标的作用。据此目标,一个分析单元的县级行政区越多,其重点镇的数量就越多,故假设县际均衡政策对因变量具有正向影响。后者为哑变量,通过对全部或部分位于中西部及14个集中连片特困地区的分析单元取1(否则取0),反映确定重点镇时在国家层面对特定地域的特殊政策支持。本文假设该指标对因变量亦具有正向作用。

地理维度的指标包括海拔高度、地形起伏度、到省会城市中心距离和公路网密度4个,其值分别通过ArcGIS栅格统计、邻域分析工具和统计年鉴获取。类似研究证实海拔高度和地形起伏度等地形因素对小城镇分布都具有负向作用^[15,20],故假设其与全国重点镇数量在地级尺度负相关。相关成果发现,区位优势明显、交通便利的地区更易得到政府资源的优先配置^[19],加之推荐条件的要求,距离省会城市近、公路网密度高的地区在全国重点镇选报和认定中更具竞争力,故本文假设后2项指标分别与因变量呈负向和正向关联。

经济维度的指标包括人均GDP、二三产业产值比重、地方一般预算收入、全社会固定资产投资4个,其值均由统计年鉴获取。理论上,人均GDP更高、产业结构更优的经济发达地区由于地方财政实力和政府投入能力强,在各类“城镇名片”的创建和评定中较之欠发达地区更有优势^[21]。但也有研究发现,一个地区特定类型城镇的数量与人均GDP没有显著相关性,与财政收入甚至可能负相关^[28]。本文假设这4项经济指标对全国重点镇数量都具有促进作用。

社会维度的指标包括人口密度、常住人口城镇化率、非农化率3个,其值亦由统计年鉴获取。人口集聚和就业吸纳能力较强是全国重点镇的基本条件和特征;相关研究也表明,人口分布状况是影响小城镇空间分异的关键因素^[17,19]。因此,一个地区的人口密度越高、人口越集中在城镇和非农产业,符合重点镇推荐条件以及被公布为全国重点镇的建制镇数量很可能越多。本文假设这3项反映人口在全域、城乡和产业间分布状况的指标与因变量均呈正向关联。

3.2 影响因子的地理探测结果

采用Jenks自然最佳断裂点分级法对选取的自变量进行分层,将其由数值量转为类型量后借助地理探测器进行因子探测。结果显示(表3),13个自变量中有4个通过了0.01水平的显著性检验,有1个通过了0.1水平的显著性检验。这5个自变量分别为县际均衡政策、区域倾斜政策、海拔高度、公路网密度、常住人口城镇化率,表明中国重点镇在地级尺度的空间分布受到政策、高程、交通通达性和城镇化水平等因素的影响,与区位、经济发展水平、人口密度及就业结构的关联不明显。进一步分析以上显著性因子的 q 值可知,县际均衡政策是中国重点镇分布的主导影响因子,解释力达50%以上,远高于其他因子。

3.3 影响因子作用的空间差异

进一步引入GWR模型进行局部空间回归分析,探究5个显著性因子作用方向和强度在不同分析单元的空间差异。结果显示,模型的校正 R^2 为0.632,条件数为9.900~29.363,表明模型通过了多重共线性诊断,拟合优度较高,也反映出因子探测的结果可信;各自变量的效应都具有空间非平稳性,但变异程度及所呈特征不一(图4)。

(1) 县际均衡政策与因变量在全部分析单元均

表2 变量和指标说明

Tab.2 Description of variables and measurements

影响因子维度	自变量名称	计算方法	单位	预期作用方向
政策	县际均衡政策	统计年鉴获取	个	+
	区域倾斜政策	否=0;是=1	—	+
地理	海拔高度	ArcGIS 栅格统计	m	—
	地形起伏度	ArcGIS 栅格统计	m	—
	到省会城市中心距离	ArcGIS 邻域分析	km	—
	公路网密度	ArcGIS 密度分析	km/km ²	+
经济	人均GDP	统计年鉴获取	万元	+
	二三产业产值比重	二三产业产值/GDP	%	+
	地方一般预算收入	统计年鉴获取	万元	+
	全社会固定资产投资	统计年鉴获取	万元	+
社会	人口密度	常住人口/行政区面积	人/km ²	+
	非农化率	从事二三产业人口/总人口	%	+
	常住人口城镇化率	常住人口/总人口	%	+

表3 影响因子地理探测结果

Tab.3 Geographical detection results of influencing factors

影响因子维度	自变量名称	<i>P</i> 值	显著性水平	<i>q</i> 值	解释力排序
政策	县际均衡政策	<0.001	0.01	0.506	1
	区域倾斜政策	<0.001	0.01	0.038	4
地理	海拔高度	<0.001	0.01	0.082	3
	地形起伏度	0.101	—	0.061	
	到省会城市中心距离	0.502	—	0.015	
	公路网密度	0.004	0.01	0.139	2
经济	人均GDP	0.945	—	0.006	
	二三产业产值比重	0.325	—	0.027	
	地方一般预算收入	0.993	—	0.004	
	全社会固定资产投资	0.992	—	0.003	
社会	人口密度	0.382	—	0.001	
	非农化率	0.464	—	0.058	
	常住人口城镇化率	0.093	0.1	0.028	5

注：“—”表示*q*值未通过显著性检验;仅对通过显著性检验的自变量解释力进行排序。

呈正相关,但其效应水平在空间上有较明显变化(回归系数为0.399~2.025),作用较强的地域主要位于长江中下游地区和西南地区,还包括西藏大部和南疆三地州等深度贫困地区。该政策产生的影响在中国地势第二阶梯中部即秦岭以南、滇桂以北地区最为显著,涉及秦巴山区、武陵山区、乌蒙山区、滇桂黔石漠化区4个集中连片特困地区。

(2) 区域倾斜政策作用的空间差异显著(回归系数为-9.389~6.515),但以正向影响为主,表现为回归系数大于0的分析单元数量和面积分别占总数和总面积的6成和7成以上。从回归系数的分布格

局看,该政策的效果总体较好,有力地推动了广西、重庆、四川、云南、西藏、新疆等西部省份重点镇的发展。但也要注意,其对山西、河南、甘肃、宁夏等北方欠发达地区的影响为负,对浙江、广东等东南沿海发达地区反倒为正向作用,说明该政策的精准度需进一步提高。

(3) 海拔高度的回归系数及其波动较之其他4个自变量要小很多,仅为-0.073~0.068,效应在空间上只有微弱差异,且其对重点镇发展的影响在2/3以上的分析单元均为负向,约束作用尤以在武汉城市圈和大别山区表现得最为突出。尽管效应甚微,

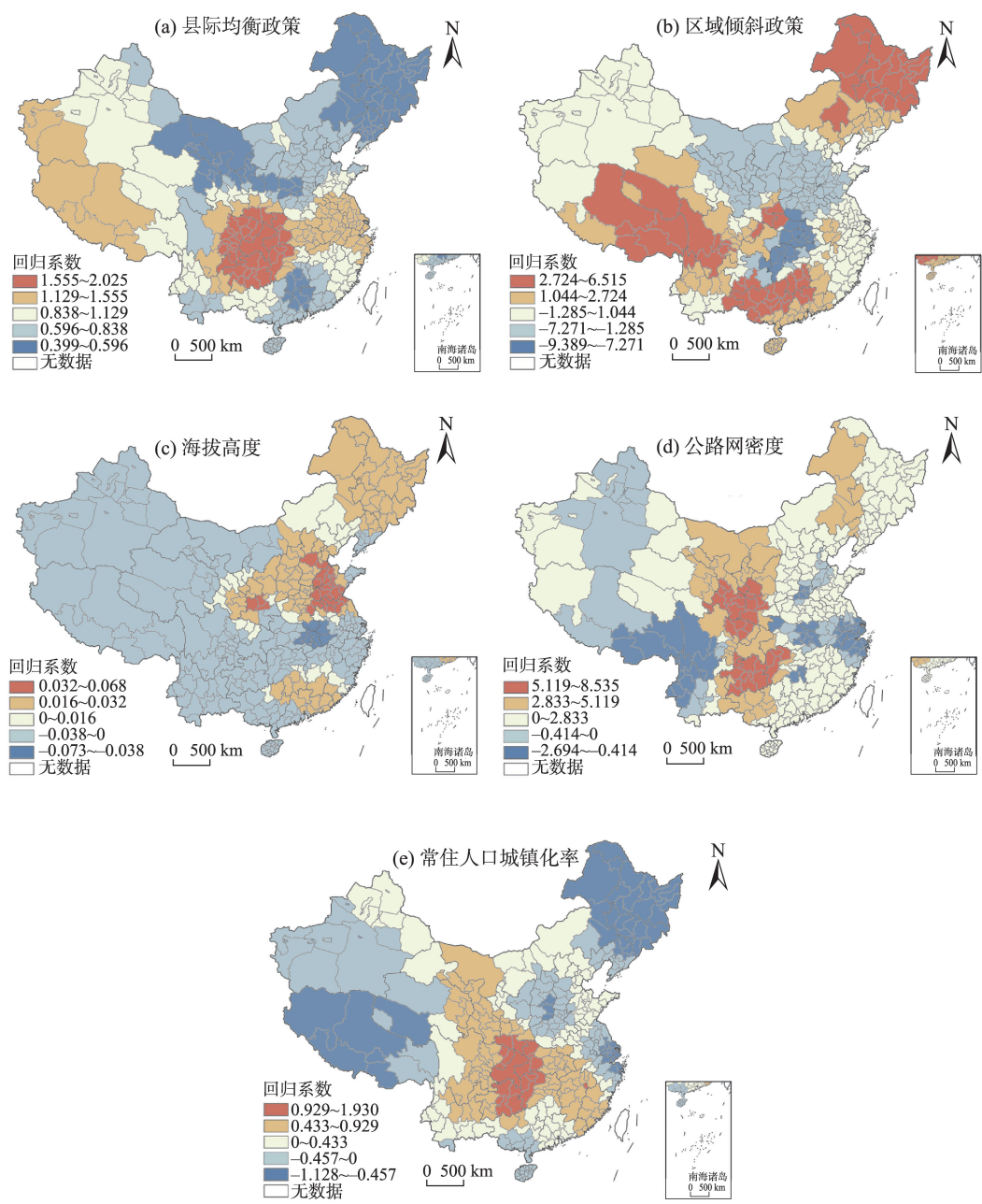


图4 中国重点镇布局影响因子作用的空间差异

Fig.4 Spatial differentiation of influencing factors' effect on the distribution of national key towns

但其在华北平原、关中平原等地区却存在正向影响,原因可能与上述地域中包含更多县(市)并因而有更多全国重点镇的分析单元多分布在海拔较高地区有关。对海拔高度与县(市)数量的偏相关分析也证实了这一点,结果显示上述地域中两者的相关系数为0.320,在地级尺度呈显著正相关关系。

(4) 公路网密度回归系数的波动显著(−2.694~8.535),效应的空间异质性强。其对因变量的作用在3/4以上的分析单元都为正向,影响在贵州、湘

西、川北、甘肃河东地区和陕西关中中西部地区表现得最为突出,显示在以上区域重点镇的建设中,应尤为重视交通网络支撑作用的发挥。同时,其效应在若干分析单元却为负向,原因主要与区域倾斜政策等因素影响下这些地区公路网密度和全国重点镇数量的错位有关。在地级尺度对该自变量和因变量分级后进行匹配分析的结果显示,在西部回归系数为负的分析单元中有6成以上表现为公路网密度低但重点镇数量多,在中东部回归系数为负的

分析单元中有7成以上表现为公路网密度高但重点镇数量少。

(5) 常住人口城镇化率的回归系数为-1.128~1.930,表现为正向影响和负向影响的分析单元数各有216个和147个。在占总数约6成的前者,尤其是在重庆及其周边地区(川东北、陕南、鄂西、湘西、黔中北、黔东、黔南等)推动城镇化水平和质量的提升,能有效促进重点镇的发育;在后者,推进城镇化发展却不能起到相同作用,其原因还是由于这些地区中自变量与因变量的一致性不强,统计可知其中确有54.42%的分析单元都呈常住人口城镇化率高但重点镇数量少或恰好相反的要素空间关系,显然江苏等城镇化水平较高区域的重点镇数量受到了政策的限制,而西藏等城镇化发展相对滞后区域的重点镇反倒因相同原因得到了超前配置。

3.4 影响因子作用的定量表达

鉴于不同因子对重点镇分布的影响可能并不是单独发生作用的,进一步对通过显著性检验的5

个自变量进行交互作用探测。分别以 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 表示县际均衡政策、区域倾斜政策、海拔高度、公路网密度、常住人口城镇化率等自变量,以 S_0 表示因变量。探测结果表明,各自变量的影响确非相互独立,其间均存在交互作用,且两两共同作用时都会增强对因变量的解释力,表现出非线性增强或双因子增强效应,其中前者是指影响因子两两交互作用后的解释力大于各自单独作用时的解释力之和;后者的效果弱于前者,但也大于因子各自单独作用时的解释力(表4)。换言之,中国重点镇的布局并不是5个显著性因子独立、直接作用的结果,而是其两两交互作用从而形成增强效应后的产物(图5)。

综合表4、图5可知,公路网密度因子的协同作用最为明显,与其他任意因子共同作用于因变量时均会产生非线性增强效应;县际均衡政策因子的增效作用虽不如前者突出,但与包含前者在内的其他4个因子交互作用后的解释力都高于50%,显著高

表4 影响因子交互作用探测结果

Tab.4 Interaction detection results of influencing factors

$q=A \cap B$	$A+B$	比较结果	交互作用产生效应的类型	交互作用后的解释力排序
$S_1 \cap S_2=0.536$	$S_1(0.506)+S_2(0.038)=0.544$	$A+B > q > A, B$	双因子增强	3
$S_1 \cap S_3=0.629$	$S_1(0.506)+S_3(0.082)=0.588$	$q > A+B$	非线性增强	2
$S_1 \cap S_4=0.646$	$S_1(0.506)+S_4(0.139)=0.645$	$q > A+B$	非线性增强	1
$S_1 \cap S_5=0.527$	$S_1(0.506)+S_5(0.028)=0.534$	$A+B > q > A, B$	双因子增强	4
$S_2 \cap S_3=0.096$	$S_2(0.038)+S_3(0.082)=0.120$	$A+B > q > A, B$	双因子增强	9
$S_2 \cap S_4=0.184$	$S_2(0.038)+S_4(0.139)=0.177$	$q > A+B$	非线性增强	8
$S_2 \cap S_5=0.060$	$S_2(0.038)+S_5(0.028)=0.066$	$A+B > q > A, B$	双因子增强	10
$S_3 \cap S_4=0.278$	$S_3(0.082)+S_4(0.139)=0.221$	$q > A+B$	非线性增强	5
$S_3 \cap S_5=0.197$	$S_3(0.082)+S_5(0.028)=0.110$	$q > A+B$	非线性增强	7
$S_4 \cap S_5=0.252$	$S_4(0.139)+S_5(0.028)=0.167$	$q > A+B$	非线性增强	6

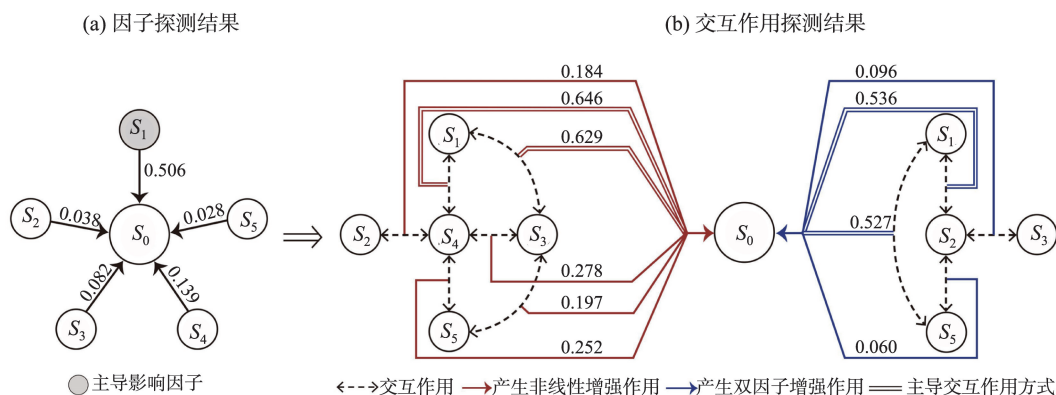


图5 中国重点镇布局影响因子作用的定量表达

Fig.5 Quantitative expression of influencing factors' effect on the distribution pattern of national key towns

于另外6种交互作用方式的解释力,即县际均衡政策与其他影响因子的协同作用而非其本身,是形成现有重点镇分布格局的主导力量。

4 结论与讨论

4.1 结论

形成科学合理的重点镇布局对促进大中小城市和小城镇协调发展、优化中国城市体系的空间结构具有重要意义。本文在明晰中国重点镇布局及建设效应变动特征的基础上,综合运用地理探测器和GWR模型,在地级尺度对现有重点镇分布的影响因子及其作用进行定量表达和空间分析。主要结论如下:

(1) 经增补调整,中国重点镇空间布局和建设效应的均衡性增强,主要集聚区西移北扩,冷热点的分布突破“胡焕庸线”,经济辐射效应的分化程度减弱,体现出政策因素的有力影响。除评定政策外,现有重点镇的分布还受到高程、交通、城镇化等因素的显著作用,与区位、经济发展水平、人口密度及就业结构的关联则不明显。

(2) 因子探测器、GWR模型和交互作用探测器的结合能更精准地刻画影响因子的作用方式、方向、路径和强度。中国重点镇的布局不是县际均衡政策、区域倾斜政策、海拔高度、公路网密度、常住人口城镇化率5个显著性因子均匀、独立、直接作用的结果,而是影响都具有空间异质性的各因子两两交互作用后增效的产物。

(3) 县际均衡政策与其他因子的协同作用而非其本身,是形成现有重点镇分布格局的主导力量。区域倾斜政策影响的空间差异最为显著,效果总体较好,但其针对性和精确性还需提升。公路网密度对其他因子的增强效应最为突出,应在重点镇建设发展中对其予以更高重视,充分发挥其支撑和促进作用。

基于上述结论得到以下政策启示:第一,后续制定重点镇发展政策时,应首先对政策与其他因素可能产生的协同或拮抗作用进行预评估,以期提高政策措施的整体协同性,推动政策效应最大化。第二,要因地制宜、分区精准施策,提高相关举措的靶向精准度,避免政策效应发生偏离。如在西部的成渝城市群和兰州—西宁城市群,应加快推进城镇化水平的提升和交通网络的完善,以促进重点镇的发展,但在东部的珠三角城市群实行上述措施的作用

就不大,在长三角城市群甚至会产生相反的效果。

4.2 讨论

(1) 县际均衡、区域倾斜等政策的实施促进了中国重点镇分布的县际和区际平衡,但其目标并非追求重点镇布局的分散和平均,而是期望通过政策支持,推动重点镇特别是中西部欠发达地区的重点镇更有效地发挥对县域经济社会和城镇化发展的示范带动作用。因此,在个体层面对中国重点镇乃至小城镇的发展质量和建设绩效进行全面、科学的评估,提出重点镇动态调整等方面的政策建议,是下一步研究的重点。

(2) 地理现象的复杂性及其影响因素之间的相互作用导致影响机理的解析成为地理学研究的难点。本文对影响因子作用的定量分析既为中国重点镇布局影响机制的构建奠定了基础,也可为各类地理要素空间分布成因的研究提供参考,但不同因子之间的逻辑关系(尤其是因果关系)和结构关系(如层次结构)还有待进一步揭示。

参考文献(References)

- [1] 费孝通. 小城镇四记 [M]. 北京: 新华出版社, 1985. [Fei Xiaotong. Four records of small towns. Beijing, China: Xinhua Publishing House, 1985.]
- [2] 石楠. 小城镇仍然是个大问题 [J]. 小城镇建设, 2017, 35(11): 108-109. [Shi Nan. Small towns are still a big problem. Development of Small Cities & Towns, 2017, 35(11): 108-109.]
- [3] 陈秉钊. “小城镇、大战略”这个命题是不会变的 [J]. 小城镇建设, 2017, 35(5): 102-104. [Chen Bingzhao. The proposition of "small town, big strategy" will not change. Development of Small Cities & Towns, 2017, 35(5): 102-104.]
- [4] 崔功豪. 中国小城镇发展之路求索 [J]. 小城镇建设, 2018, 36(9): 5-6. [Cui Gonghao. Exploring the way to develop small towns in China. Development of Small Cities & Towns, 2018, 36(9): 5-6.]
- [5] 方创琳. 中国城市发展方针的演变调整与城市规模新格局 [J]. 地理研究, 2014, 33(4): 674-686. [Fang Chuanglin. A review of Chinese urban development policy, emerging patterns and future adjustments. Geographical Research, 2014, 33(4): 674-686.]
- [6] 范建双, 虞晓芬, 周琳. 城镇化、城乡差距与中国经济的包容性增长 [J]. 数量经济技术经济研究, 2018(4): 41-60. [Fan Jianshuang, Yu Xiaofen, Zhou Lin. Urbanization, urban-rural gap and inclusive growth in China. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2018(4): 41-

- 60.]
- [7] 赵辉, 陈玲. 全国重点镇规划编制实施存在的问题、原因及对策建议 [J]. 小城镇建设, 2013, 31(5): 52-53. [Zhao Hui, Chen Ling. Problems, causes and suggestions on the implementation of national key towns planning. Development of Small Cities & Towns, 2013, 31(5): 52-53.]
- [8] 王路生, 梁立东. 大城市周边重点镇总体规划策略: 以南宁市金陵镇为例 [J]. 规划师, 2014, 30(S2): 187-193. [Wang Lusheng, Liang Lidong. The master planning strategy of the key towns surrounding metropolis: Nanning example. Planners, 2014, 30(S2): 187-193.]
- [9] 李继东. 区域竞争力与重点镇产业规划研究 [J]. 小城镇建设, 2011, 29(11): 26-30. [Li Jidong. Research on regional competitiveness and industrial planning of key towns. Development of Small Cities & Towns, 2011, 29(11): 26-30.]
- [10] 周鑫根. 浙江省重点镇供水建设规划要点 [J]. 给水排水, 2007, 33(7): 27-29. [Zhou Xingen. Key points of water supply construction planning in key towns of Zhejiang Province. Water and Wastewater Engineering, 2007, 33(7): 27-29.]
- [11] 李加林, 许继琴, 叶持跃. 重点镇建设指标体系研究: 以宁波市为例 [J]. 地域研究与开发, 2001, 20(1): 41-45. [Li Jialin, Xu Jiqin, Ye Chiyue. A system of indicators for developing major towns: A case study of Ningbo City. Areal Research and Development, 2001, 20(1): 41-45.]
- [12] 柳思维, 陈英子. 建设农村重点镇区域性综合商业服务业中心的探讨: 洞庭湖区沅江市草尾镇的调查启示 [J]. 商业经济与管理, 2011(11): 11-16. [Liu Siwei, Chen Yingzi. How to build regional integrated business service center in Chinese rural areas: The case of Caowei Town. Journal of Business Economics, 2011(11): 11-16.]
- [13] 赵之枫, 张建, 郭玉梅. 郊区化和城镇化背景下北京郊区小城镇住宅建设的博弈: 北京郊区重点镇住宅建设调研与分析 [J]. 城市发展研究, 2007, 14(6): 58-61. [Zhao Zhifeng, Zhang Jian, Guo Yumei. The dilemma of the residence construction of small town in Beijing under the urbanization and suburbanization. Urban Studies, 2007, 14(6): 58-61.]
- [14] 张春燕. 我国重点镇发展区域比较的初步研究: 基于全国1861个重点镇经验数据的分析 [D]. 上海: 华东师范大学, 2008. [Zhang Chunyan. A comparative study of the Chinese key towns: On the data of 1861 key towns. Shanghai, China: East China Normal University, 2008.]
- [15] 胡诗文, 陈金华. 中国历史文化名镇空间分异及影响因素研究 [J]. 小城镇建设, 2016, 34(7): 62-67. [Hu Shiwen, Chen Jinhua. Research on spatial differentiation and influence factors of the historic cultural towns and villages in China. Development of Small Cities & Towns, 2016, 34(7): 62-67.]
- [16] 邵留长, 乔家君, 乔谷阳. 中国专业村镇空间格局及其影响因素 [J]. 经济地理, 2016, 36(3): 131-138. [Shao Liuchang, Qiao Jiajun, Qiao Guyang. The spatial pattern and influence factors of specialized villages and towns in China. Economic Geography, 2016, 36(3): 131-138.]
- [17] 孙枫, 汪德根. 全国特色景观旅游名镇名村空间分布及发展模式 [J]. 旅游学刊, 2017, 32(5): 80-93. [Sun Feng, Wang Degen. The spatial distribution and development pattern of tourism towns and villages with characteristic landscape. Tourism Tribune, 2017, 32(5): 80-93.]
- [18] 马海涛, 李强, 刘静玉, 等. 中国淘宝镇的空间格局特征及其影响因素 [J]. 经济地理, 2017, 37(9): 118-124. [Ma Haitao, Li Qiang, Liu Jingyu, et al. Spatial pattern characteristics and influencing factors of Taobao towns in China. Economic Geography, 2017, 37(9): 118-124.]
- [19] 张思蒙, 李宪宝. 我国特色小镇空间分布特征及其区域影响因素 [J]. 资源开发与市场, 2018, 34(8): 1074-1079. [Zhang Simeng, Li Xianbao. Spatial distribution characteristics and regional influence factors of characteristic towns in China. Resource Development & Market, 2018, 34(8): 1074-1079.]
- [20] 王新越, 候娟娟, 韩霞霞. 中国特色小镇空间分布特征及影响因素研究 [J]. 规划师, 2018, 34(1): 12-15. [Wang Xinyue, Hou Juanjuan, Han Xiaxia. Spatial distribution and influencing factors of China's characteristic towns. Planners, 2018, 34(1): 12-15.]
- [21] 芮旻, 唐蓓佩, 王兴, 等. 国家园林城市时空演变特征及其影响机理 [J]. 地理研究, 2018, 37(1): 20-36. [Rui Yan, Tang Beipei, Wang Xing, et al. The spatio-temporal evolutionary characteristics and the impact mechanism of national garden cities in China. Geography Research, 2018, 37(1): 20-36.]
- [22] 李钢, 陈未雨, 杨兰, 等. 武汉市快递自提点的空间格局与集聚模式研究 [J]. 地理科学进展, 2019, 38(3): 407-416. [Li Gang, Chen Weiyu, Yang Lan, et al. Spatial pattern and agglomeration mode of parcel collection and delivery points in Wuhan City. Progress in Geography, 2019, 38(3): 407-416.]
- [23] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics [J]. Geographical Analysis, 1992, 24(3): 189-206.
- [24] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134. [Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.]
- [25] 杨忍, 罗秀丽, 陈燕纯. 中国县域乡村地域多功能格局

- 及影响因素识别 [J]. 地理科学进展, 2019, 38(9): 1316-1328. [Yang Ren, Luo Xiuli, Chen Yanchun. Spatial pattern and influencing factors of rural multifunctionality at county level in China. *Progress in Geography*, 2019, 38(9): 1316-1328.]
- [26] Brunsdon C, Fotheringham S, Charlton M. Geographically weighted regression [J]. *Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)*, 2017, 47(3): 431-443.
- [27] 王珂靖, 蔡红艳, 杨小唤. 多元统计回归及地理加权回归方法在多尺度人口空间化研究中的应用 [J]. 地理科学进展, 2016, 35(12): 1494-1505. [Wang Kejing, Cai Hongyan, Yang Xiaohuan. Multiple scale spatialization of demographic data with multi-factor linear regression and geographically weighted regression models. *Progress in Geography*, 2016, 35(12): 1494-1505.]
- [28] 韩静, 芮旻, 马滕, 等. 国家园林县城省际分布格局演化及影响因素 [J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(2): 829-838. [Han Jing, Rui Yang, Ma Teng, et al. Evolution and influencing factors of inter provincial distribution pattern of national garden counties. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(2): 829-838.]
- [29] 逯进, 王恩泽. 新能源示范城市建设对区域环境污染治理的影响 [J]. 资源科学, 2019, 41(11): 2107-2118. [Lu Jing, Wang Enze. Impact of new energy demonstration city construction on regional environmental pollution control. *Resources Science*, 2019, 41(11): 2107-2118.]
- [30] 刘飞. 货币政策如何影响中国的信贷资源再分配: 基于双重差分模型的实证检验 [J]. 财经论丛, 2013(2): 50-56. [Liu Fei. How monetary policy influences credit resource reallocation in China: Empirical test based on difference-in-difference model. *Collected Essays on Finance and Economics*, 2013(2): 50-56.]

Quantitative attribution of national key town layout based on geodetector and the geographically weighted regression model

HAN Jing¹, RUI Yang^{1*}, YANG Kun¹, LIU Wei², MA Teng¹

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. College of Architecture, Xi'an University of Architectural Science and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: National key towns are the leader in the development of small towns. The formation of scientific and reasonable national key town layouts is of great significance for optimizing China's urbanization strategy. Taking the 1887 and 3675 national key towns published in 2004 and 2014 respectively as samples, this study used geodetector and the geographically weighted regression (GWR) model to explore the changing characteristics of their distribution and analyze the influencing factors of national key town layouts and effects at the prefecture level. The results show that: 1) After the adjustment by the government, the balance of the layout and construction effect of national key towns is enhanced. The main gathering areas moved westward and northward, the distribution of cold spots and hotspots break through the "Hu Huanyong Line", and the degree of differentiation of economic radiation effect is weakened, reflecting the powerful influence of policy factors. In addition to the inter-county balance and regional preferential policies, the distribution of national key towns is also significantly affected by factors such as altitude, road network density, and resident population urbanization rate. 2) The combination of the factor detector, the GWR model, and the interaction detector can more accurately characterize the mode of action, direction, path, and intensity of the influencing factors. The layout of national key towns is not the result of the uniform, independent, and direct effect of the five significant factors, but the product of the synergistic effect of the interaction of the factors with spatial heterogeneity. 3) The synergy between the inter-county balance policy and other factors is the dominant force in the formation of the existing layout of the key towns; the effect of the regional preferential policy is overall positive, but the target areas need to be more accurately identified.

Keywords: national key towns; quantitative attribution; Geodetector; geographically weighted regression; China