

# 长株潭城市群创新空间时空演变与影响因素研究

李隆斌, 廖建军\*, 吴凡

南华大学松霖建筑与设计艺术学院, 湖南 衡阳

收稿日期: 2023年11月14日; 录用日期: 2023年12月21日; 发布日期: 2023年12月29日

## 摘要

区域创新对国家发展起着重要支撑作用, 以长株潭城市群23个区县作为基本空间单元, 以专利授权量作为测算指标。运用变异系数、NiCh指数、空间自相关、引力模型、GWR等方法分析长株潭城市群2012~2021年创新空间演变特征及其影响因素。研究发现: ① 长株潭城市群创新产出呈上升趋势且绝对差异逐年增大, 创新产出愈不均衡, 相对差异逐渐增大; ② 长株潭城市群创新产出呈明显的高值集聚特点, 创新产出水平高的区县数量存在增大趋势, 呈现北多南少的空间差异结构; ③ 长株潭城市群创新空间联系呈现出“核心-边沿”的结构, 且核心区存在弱化趋势; ④ 长株潭城市群创新产出增长速度明显北部快于南部。⑤ 各影响因子对长株潭城市群创新活动影响呈现出明显的空间异质性, 创新投入、基础教育环境对长株潭城市群具有显著的正向促进作用, 产业集群环境、经济水平对创新产出影响在不同区域间差异较大。研究结果可为加快长株潭城市群高质量发展和建设国家区域科技创新中心提供政策参考。

## 关键词

创新空间, 演变特征, 影响因素, 长株潭城市群

# Study on the Spatial and Temporal Evolution of Innovation Space and Influencing Factors in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Urban Agglomeration

Longbin Li, Jianjun Liao\*, Fan Wu

Solux College of Architecture and Design, University of South China, Hengyang Hunan

\*通讯作者。

文章引用: 李隆斌, 廖建军, 吴凡. 长株潭城市群创新空间时空演变与影响因素研究[J]. 地理科学研究, 2023, 12(6): 879-892. DOI: 10.12677/gser.2023.126084

## Abstract

Regional innovation plays an important role in supporting national development. 23 districts and counties in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration are used as the basic spatial unit, and the amount of patents granted is used as the measurement indicator. Coefficient of variation, NiCh index, spatial autocorrelation, gravity model, and GWR are used to analyze the innovation spatial evolution characteristics of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration from 2012 to 2021 and its influencing factors. It is found that: ① The absolute difference in innovation output of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration increases year by year and shows an upward trend, the innovation output becomes more and more unbalanced, and the relative difference gradually increases; ② The innovation output of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration shows obvious characteristics of the high-value cluster, the number of districts and counties with high innovation output level has an increasing trend and shows a spatial difference structure of more in the north and less in the south; ③ The innovation spatial connection of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration shows the innovation spatial linkage of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration shows a “core-edge” structure, and the core area has a tendency to weaken; ④ The growth rate of innovation output of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration is obviously faster in the north than in the south; ⑤ The influence of each influencing factor on the innovation activity of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration shows obvious spatial heterogeneity, innovation input, and basic education environment have a significant positive promotion effect on ChangZhuTan city cluster, and the influence of industrial cluster environment and economic level on innovation output varies greatly among different regions. The results of the study can provide policy references for accelerating the high-quality development of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban and building a national regional science and technology innovation center.

## Keywords

Innovation Space, Evolutionary Characteristics, Influencing Factors, Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Urban Agglomeration

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

改革开放以来,中国经济高速发展长达几十年,成果突出,现中国经济社会从高速度发展阶段转入高质量发展阶段。党的二十大报告中提出,实现高质量发展就要向科技创新要答案,创新型国家战略明确强调大力提升科技创新能力,推进创新型国家建设和世界科技强国建设。创新是引领发展的第一动力,是建设现代化经济体系的战略支撑。区域创新为建设创新型国家、建设科技强国提供有力支撑,区域创新也成为近年来的研究热点。

当前关于区域创新发展的研究主要集中在以下几个方面:(1) 创新空间格局演化。研究范围包含国家

层面、区域层面、城市群、省市层面[1] [2] [3]。研究者们通常采用标准差系数、基尼系数、集中指数、赫芬达尔指数、首位度、Moran's I 指数等来测度创新活动的均衡度、集中度和创新活动关联度。(2) 创新差异影响因素分析。普遍利用创新产出作为衡量指标从创新投入、创新环境、经济水平等方面来探究创新差异的影响因素。创新投入要素中 R&D 投入、人员投入、政府科技拨款对创新产出具有明显的促进作用[4]，也有学者通过构建空间计量模型探究得出城市经济水平、高等教育水平是各城市创新能力的主要影响因素[5]。(3) 创新联系与创新网络研究。研究者们多采用引力模型、社会网络分析法等方法从不同尺度展开研究。蒋天颖通过构建区域创新评价指标系再采用引力模型分析了长三角区域创新空间态势与联系[6]。宋旭光采用复杂网络理论和社会网络分析方法解析了中国区域创新空间关联网络及其影响因素[7]。(4) 创新空间溢出效应测度。传统计量模型忽视空间自相关性，使得计量结果容易出现偏差，白俊红注意到知识溢出有很强的空间性，开始将空间计量模型引入，但不同的空间权重矩阵的设置得出各观测单元的依赖性和关联性也不一[8]。(5) 创新投入与产出效率分析。目前大多学者使用随机前沿分析法(SFA)和数据包络分析法(DEA)对省级层面或长三角城市群等区域来进行创新效率的测度与评价[9] [10]。部分学者也对创新效率影响因素进行了探究，得出创新效率与创新主体、创新环境、主体间网络关系、创新空间溢出等因素相关[11] [12] [13]。(6) 创新潜力评价。一部分研究者从创新能力的影响因素中选取重要因素构建层次关系来评价城市内部不同区域开展创新活动的适宜程度[14] [15]。另一部分研究者将创新要素如科技创新产业、科技创新资源、科技创新环境的空间集聚度作为测度指标构建创新潜力评价体系，研究城市群创新活动的空间分布规律[16]。

总而言之，目前关于创新空间的研究方法相对成熟，大部分研究集中长三角、粤港澳地区[17] [18]，主要集中在宏观中观层面，采用探索性空间分析法基于市域尺度来分析不同省份和城市群创新空间分异与演化居多，但区县作为基层统计单元，由于对区县专利数据、投入数据较难获取，从区县小尺度层面研究城市群创新空间格局演变的较少，其次，影响因素方面已有研究从单一的经济数据来进行实证研究，但由于地区异质性，影响因子会存在差异性。因此本文从区县角度出发，以长株潭城市群为研究区域，采用空间自相关分析其演变特征，基于引力模型测度创新联系，在此基础上采用地理加权回归模型探究长株潭城市群间创新活动空间分异的主导因素。以期为落实湖南省打造具有核心竞争力的科技创新高地和建设国家区域科技创新中心提供政策参考。

## 2. 研究区域、数据来源与研究方法

### 2.1. 研究区概况

湖南省“十四五”规划提出加快推进长株潭一体化，建设长株潭现代化都市圈。长株潭城市群是湖南省社会经济发展核心增长极，在推动高质量发展、大力实施三高四新战略中具有十分重要的意义。研究选取长株潭城市群 23 个区县作为研究区，如图 1 所示，包括长沙市 9 个区县，株洲市 9 个区县和湘潭市 5 个区县。该区域总面积 28,000 km<sup>2</sup>，2020 年 GDP 为 17591.46 亿元，占全省的 41.7%，RD 活动人员 16.2 万人，占湖南省的 60% 以上。RD 内部经费支出超过 518.2 亿元，科研创新活动丰富。

### 2.2. 数据来源

创新产出被认为是所有创新活动的最后成果，一般用发明专利授权量来体现，按照统计数据的可操作性和可获取性，使用地区专利授权量作为创新产出的衡量标准，可以更加全面地反映区域创新程度。以长株潭城市群 23 个区县空间单元，借助 2012~2021 年长株潭各区县的专利量作授权为测算指标。统计数据主要来源于湖南省知识产权局、湖南省统计局、湖南省交通运输厅以及各区县统计公报中。



## 2.3. 研究方法

### 2.3.1. 变异系数

变异系数(CV)为标准差比上平均值的结果,数值越小表示的创新产出聚集程度越高。公式为:

$$CV = \frac{1}{y} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N}}$$

式中:  $y$  代表地区  $i$  的创新产出;  $\bar{y}$  是整个研究区创新产出的平均数值;  $N$  是研究单元个数。

### 2.3.2. 基尼系数

基尼系数能够体现出创新产出空间分布的均衡度,数值越大地区创新产出越不均衡,反之亦然。

$$G = 1 + \frac{1}{N} - \frac{2}{N^2 \bar{y}} (y_1 + 2y_2 + 3y_3 + \dots + Ny_n)$$

式中:  $N$  是地区数目;  $\bar{y}$  是地区创新产出平均值;  $y_1, y_2, \dots, y_n$  是地区创新产出数量从大到小。

### 2.3.3. 首位度

首位度(S)体现创新产出居于前两位的区县间创新产出的比较,结果反应的是集中度。公式为:

$$S = \frac{P_1}{P_2}$$

式中:  $p_1, p_2$  分别是整个研究地区中创新产出数量居于第一、第二位地区的相应数据。

### 2.3.4. 空间自相关分析

采用空间自相关可以分析出物体在空间上是否存在相互关联、相互影响,过构建空间权重矩阵来区分变量间的关联程度和空间关系。空间自相关分为全局空间自相关和局部空间自相关。全局空间自相关一般用 Moran's I 测算,公式为

$$I = \frac{N}{S_0} \times \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

式中:  $S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij}$ ,  $N$  是研究区划分单元数;  $x_i, x_j$  为  $i$  地区的创新产出、 $j$  地区的创新产出;  $\bar{x}$  是  $i$  地区的创新产出的平均值;  $w_{ij}$  为两地区的空间权重矩阵。莫兰指数值为-1 至 1 之间,正负值表示创新产出相似地区呈空间聚集或分散分布,等于 0 则表示随机分布。

局部空间自相关是在整体有相关性的结论上,来分析某局部地区的空间相关性和聚集状况。通常采用 Local Moran's I 来测算。公式为:

$$I_i = Z_i \sum_{j \neq i}^n W_{ij} Z_j$$

$Z_i, Z_j$  是代表  $i, j$  地区创新产出的均值标准化值;  $W$ : 空间权重矩阵。局部空间自相关可以探究出创新产出在具体个空间聚集或异常,会出现 HH(高高聚集区)、LH(低高聚集区)、LL(低低聚集区)、HL(高低聚集区)四种不同情形,处于 HH、LL 时体现空间集聚,处于是 LH、HL 表明空间异常。

### 2.3.5. 引力模型

运用引力模型来测度创新产出空间联系的强弱,各区县政府的直线距离作为创新联系的基本要素,本文选取影响创新能力的专利授权量,国有经济科学研究和技术服务业、信息传输、计算机服务业和软

件业在岗职工年末人数, 科学与教育财政支出 3 个指标的几何平均值来指代创新产出与创新投入。公式为:

$$R_{ij} = \frac{\sqrt[3]{M_i \times N_i \times L_i} \times \sqrt[3]{M_j \times N_j \times L_j}}{D_{ji}^2}$$

式中:  $R_{ij}$  为城市  $i$  与城市  $j$  间的创新联系;  $M_i$ 、 $M_j$ 、 $N_i$ 、 $N_j$ 、 $L_i$ 、 $L_j$  分别表示城市  $i$  和城市  $j$  的专利授权量、国有经济科学研究和技术服务业信息传输计算机服务业和软件业在岗职工年末人数、科学与教育财政支出;  $K$  为引力常数, 本文中取值为 1000。

### 2.3.6. GWR: 地理加权回归

地理空间有特殊的空间异质性, 相同区域的因子或者变量在不同的区域的影响是不一样的。为了更准确评估空间数据的相关性, 该模型加入地理位置函数, 测算了研究对象的空间异质性, 解决传 OLS 模型在空间回归时的不足。

$$Y_i = \alpha_0(U_i, V_i) + \sum_k \alpha_k(U_i, V_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

式中:  $Y_i$  是  $n \times 1$  维因变量向量;  $X_{ik}$  是  $n \times k$  维自变量矩阵;  $k$  是自变量个数;  $(U_i, V_i)$  是第  $i$  个观测点的空间坐标,  $\alpha_k(U_i, V_i)$  是  $\alpha_k(U, V)$  在  $i$  点的函数值;  $\varepsilon_i$  是第  $i$  个研究单元的随机误差。

## 3. 长株潭城市群创新空间格局演变特征

### 3.1. 整体差异

2012~2021 年长株潭城市群专利授权量的标准差逐年上升, 2021 年的标准差为 2950.465 件, 是 2012 年的 4 倍, 反应出研究区创新产出呈现曲线上升趋势且绝对差异逐年增大(表 1)。2021 年长株潭专利授权量的变异系数与基尼系数分别为 1.65571 和 0.424367, 与 2012 年相比, 分别上升了 10.74% 和 11.35% (图 2)。说明长株潭城市群创新产出愈不均衡, 相对差异逐渐增大。首位度考虑了创新产出居于前两位的区县间创新产出的比较, 从首位度来看呈现 W 型波动下降趋势, 反映创新产出次发达和发达地区相互追赶。长株潭城市群创新产出无高度的空间集中现象。

**Table 1.** Differences in innovation output in Changzhutan urban agglomeration, 2012~2021

**表 1.** 2012~2021 年长株潭城市群创新产出差异

年份	标准差	变异系数	基尼系数	首位度	Moran's I
2012	714.010759	1.085123	0.390822	2.102850	0.183649
2013	689.717333	1.054614	0.399045	1.688462	0.202156
2014	761.214317	1.052349	0.394004	1.705591	0.190030
2015	979.165875	1.086650	0.410007	1.781363	0.126502
2016	1038.402924	1.133359	0.422927	2.162432	0.196080
2017	1211.719560	1.200601	0.447227	1.914608	0.200991
2018	1477.987819	1.166445	0.432321	1.876049	0.183484
2019	1585.447112	1.189383	0.429459	2.187278	0.180226
2020	2277.803866	1.174600	0.422389	2.069704	0.192198
2021	2950.465119	1.165571	0.424367	1.851210	0.236259



### 3.2. 空间格局演变

如图 2, 2012~2021 年长株潭城市群创新产出差异及动态变化所示, 研究区专利授权量的 Moran's I 可以得出, 2012~2021 年的 Moran's I 指数均为正值且呈现整体波动上升趋势, 揭示长株潭地区创新产出水平相近的区县呈空间集聚态势。其中, 2012~2015 年, Moran's I 明显减小, 反应此阶段长株潭城市群创新产出的集聚存在但程度减弱; 2021 年的 Moran's I 统计值为 0.236259, 成倍速增长且达到最大, 可见研究期内长株潭城市群创新产出呈现逐渐增强的趋于集聚趋势。

基于 ArcGIS10.5 的局部自相关性研究, 长株潭地区各区县的空间相关性及其空间聚类研究见表 2, 总体来看随着时间的推移, 长株潭地区位于高高聚集区(HH)的区县数量有所增多且数量最多, 低高聚集区(LH)的城市数量减少, 而低低聚集区(LL)的区县数量无变化; 无区县处于低高聚集区(HL)。可得出长株潭城市群多数区县位于高值区域, 且创新高值区数量有所增多趋势。结合图 3, 具体来看, 至 2021 年, 长株潭城市群创新产出呈高值集簇特点, 位于 HH 区的区县从 5 个上升至 6 个, 创新产出水平高的区县数量存在增大趋势。低低聚集区的规模没有变化, 主要集中在长株潭南部的株洲地区, 呈现连片分布特点。总体而言, 长株潭城市群专利授权量呈现北多南少的空间差异结构, 北部的城市创新产出存在较强的空间依赖性, 位于长沙市的芙蓉区、天心区、望城区、岳麓区、开福区、长沙县的创新产出具有较强的空间关联性, 与专利授权量增长互相推动, 但对长沙市其他区县、湘潭以及株洲区县无明显的作用, 扩散效应太弱。

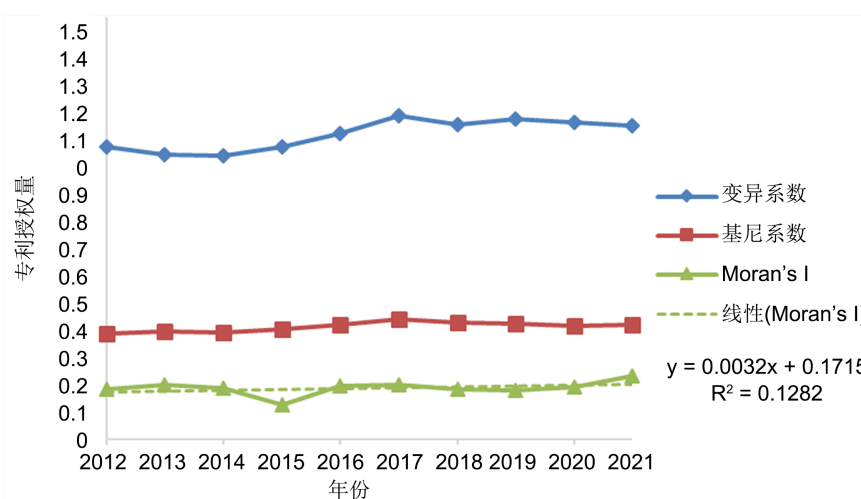


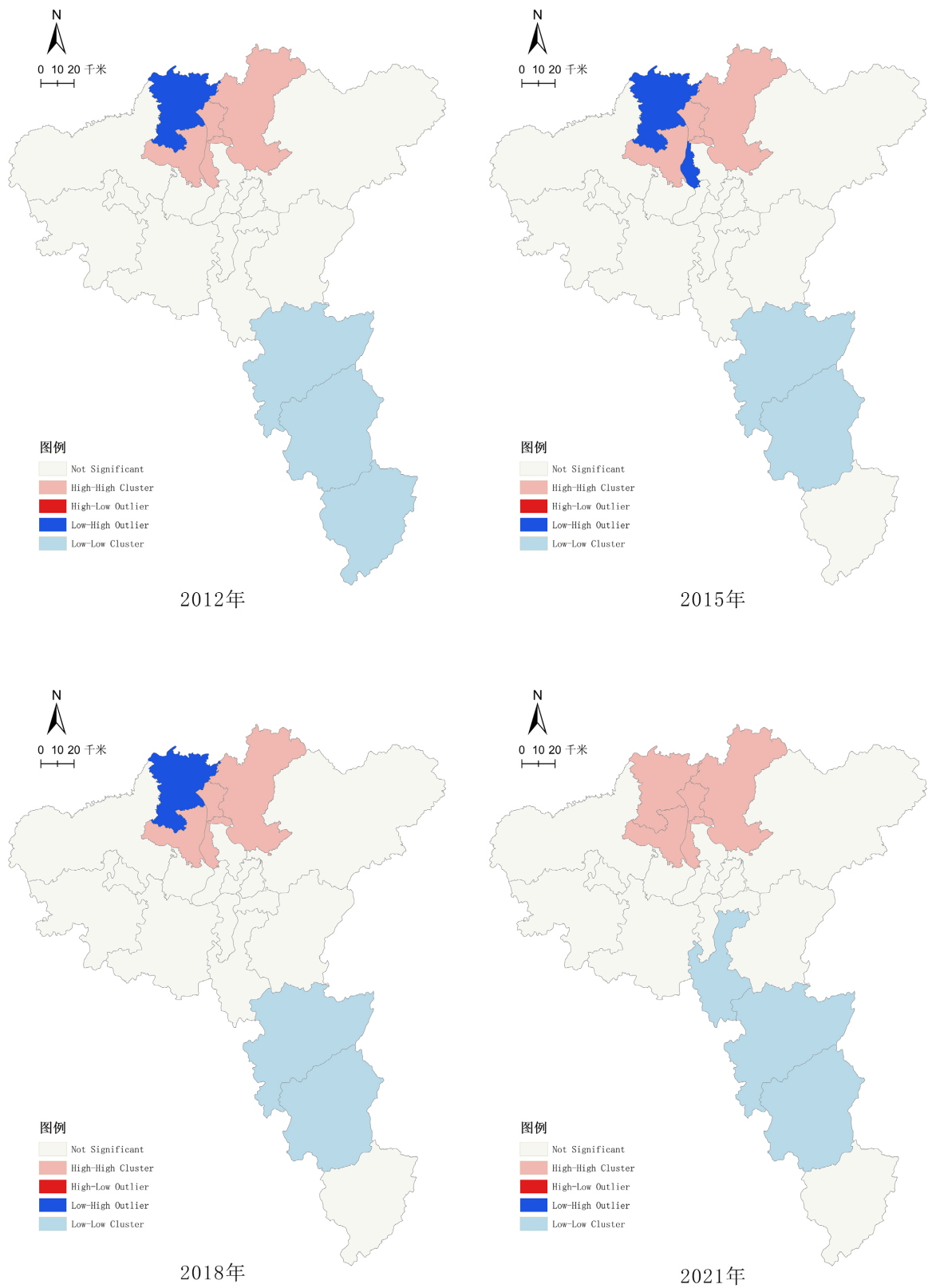
Figure 2. Differences and dynamics of innovation output in Changzhutan urban agglomeration, 2012~2021

图 2. 2012~2021 年长株潭城市群创新产出差异及动态变化

Table 2. LISA clustering results of innovation space in Changzhutan city cluster in 2012, 2015, 2018 and 2021

表 2. 2012、2015、2018、2021 年长株潭城市群创新空间 LISA 聚类结果

象限	2012	2015	2018	2021
第一象限: HH	芙蓉区、天心区、岳麓区、开福区、长沙县	芙蓉区、岳麓区、开福区、长沙县	芙蓉区、天心区、岳麓区、开福区、长沙县	芙蓉区、天心区、望城区、岳麓区、开福区、长沙县
第二象限: LH	望城区	望城区、天心区	望城区	---
第三象限: LL	攸县、茶陵县、茶陵县	攸县、茶陵县	攸县、茶陵县	攸县、茶陵县、渌口区
第四象限: HL	---	---	---	---



**Figure 3.** LISA clustering of innovation spaces in Changzhutan region, 2012, 2015, 2018 and 2021  
**图 3.** 2012、2015、2018、2021 年长株潭地区创新空间 LISA 聚类图



### 3.3. 创新联系

研究区选取 2012、2016 与 2019 年三个时间节点的统计数据,采用引力模型,经修正后测算出长株潭城市群 23 个区县间的联系用粗细不同的线来表示创新联系强弱的程度(图 4)。总体来看,2012~2021 年间,长株潭城市群创新空间联系呈现出“核心-边沿”的结构,核心区存在弱化趋势。长沙市区县联系强度大的特征,其中芙蓉区、天心区、芙蓉区的创新空间联系最强,但是创新联系强度有逐年逐渐减弱的趋势。2012 年长株潭地区创新联系最强的是雨花区-天心区、雨花区-芙蓉区,次之为雨花区-芙蓉区,岳麓区-天心区,岳麓区-雨花区,芙蓉区-天心区,芙蓉区-开福区形成副中心,其余地区均创新联系一般或较弱。2016 年引力最强的仍保持为雨花区-天心区,雨花区-芙蓉区,但次中心有所减少和弱化。至 2019 年创新联系最强的仅为雨花区-天心区。

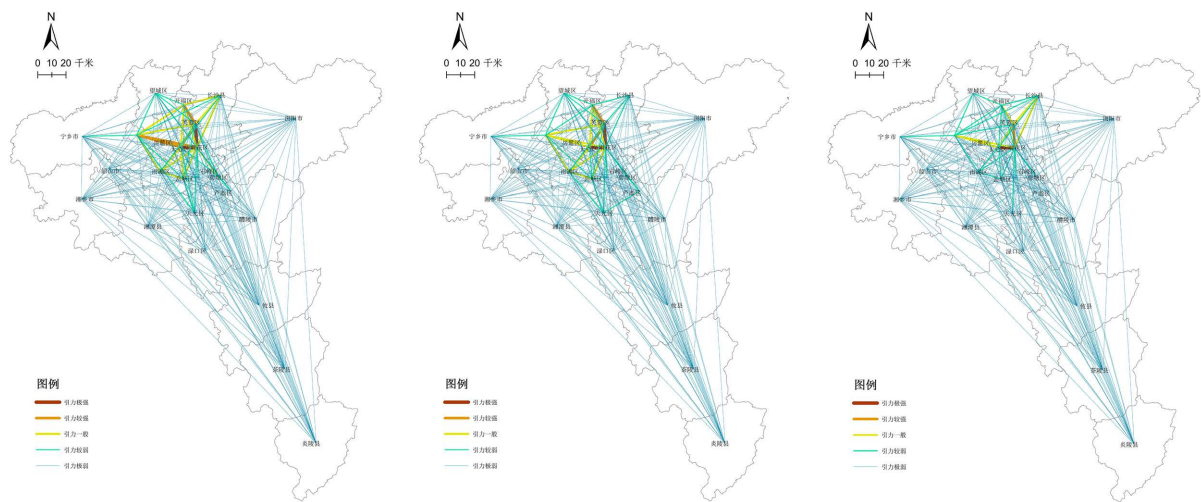


Figure 4. Urban innovation linkages in the Changzhan region

图 4. 长株潭地区城市创新联系

### 3.4. 创新增长速度

由 2012~2021 年长株潭各区县专利授权量的 Nich 指数绘制 2012~2021 年出长株潭地区城市创新强度 Nich 指数的空间差异图。如图 5 可知,  $Nich \geq 1$  的高增长型区县共有 9 个,其中岳麓区、长沙县、雨花区、开福区 4 个区县的 Nich 指数值位于前列,5 个区县的 Nich 指数值介于 1 至 1.5 之间。创新高增长型除天元区外,其余 8 个区县均聚集在长沙市域。而  $Nich < 0.5$  的区县有 11 个,  $0.5 \leq Nich < 1$  的区县有 3 个,  $Nich < 1$  的低增长型区县高达 14 个,除芙蓉区外,均集中分布于长株潭的城市群的东南、西南区域。长株潭城市群创新产出增长速度明显北部快于南部。

## 4. 长株潭城市群创新空间差异影响因素分析

### 4.1. 指标选区与回归建模

区域创新产出受创新环境、创新投入[19][20][21]等要素影响外,也会受到产业集群环境、知识溢出等多种因素的影响[11][12][22]。结合长株潭城市群创新发展态势,同时考虑到数据的科学性和可获取性,选择经济基础、创新投入、产业集群环境、知识溢出等因子,再纳入空间区位、基础配套环境等影响因素,将这六个方面作为自变量(表 3)来探讨造成长株潭城市群创新空间差异的影响因素。由于创新投入到

产出有一定的时间滞后性，参考滕堂伟的方法[17]，采用一年滞后期。采用专利授权数作为创新产出的表征，选择 2017 年的专利授权数作为被解释变量，影响因素采用 2016 年的指标值。

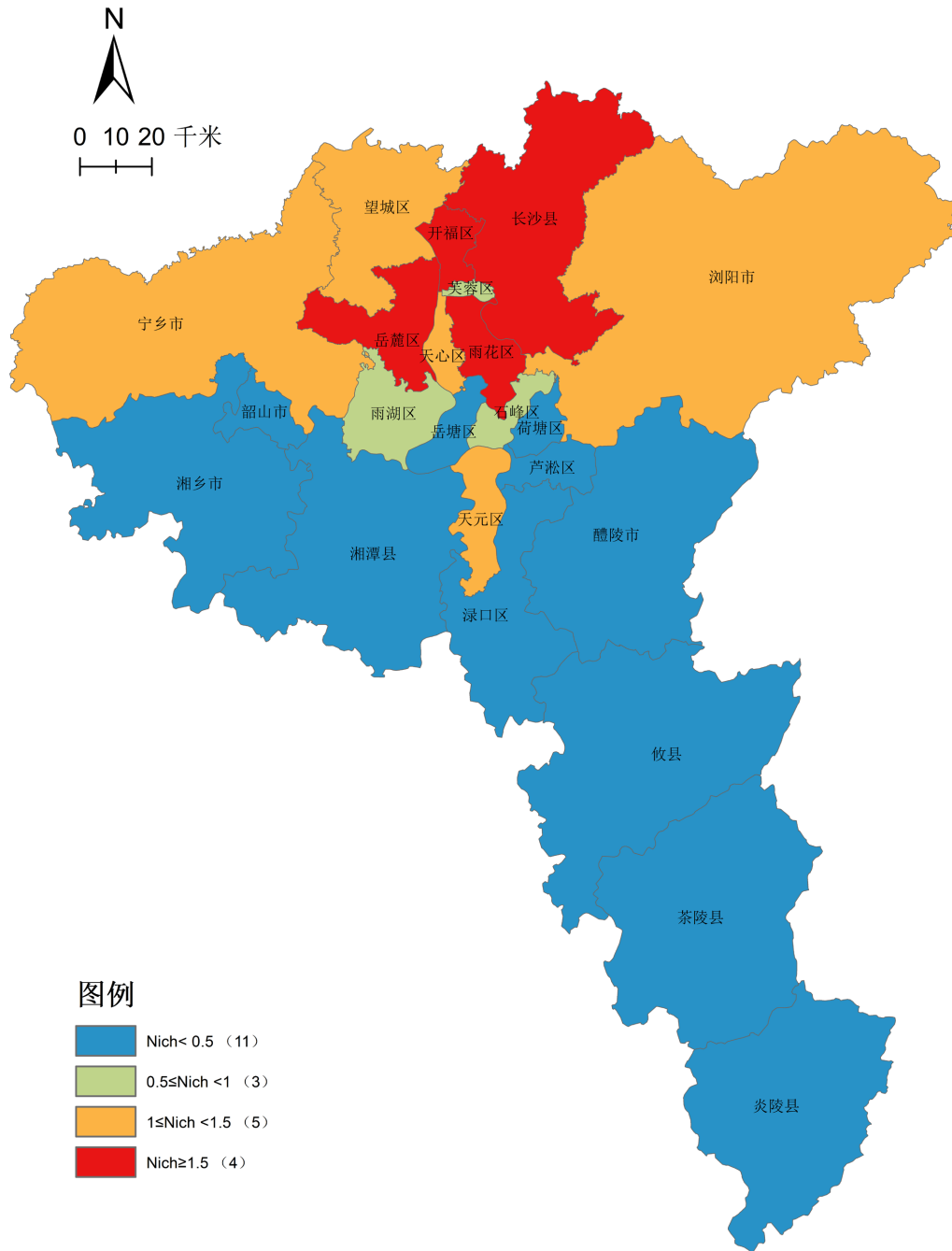


Figure 5. Spatial differences in the Nich index of innovation intensity of cities in Changzhutan region out of 2012~2021

图 5. 2012~2021 年出长株潭地区城市创新强度 Nich 指数的空间差异图

利用 SPSS23 的逐步回归分析法对各变量进行多重共线性分析，结果表明膨胀因子均低于 7.5，表示所选取的各变量间并不具有高度共线性，因此没有变量排除。前文中分析得出长株潭城市群创新产出的

Moran's I 指数为结果为正值, 说明长株潭创新活动具有空间相关性, 且为正相关。因此本文在研究创新产出的影响因素的时候, 要考虑空间上的影响, 而采用地理加权回归模型能更有效地对各影响因子指标进行分析。

**Table 3.** Indicators of factors affecting innovation output in Changzhutan Urban Agglomeration

**表 3.** 长株潭城市群创新产出影响因素指标表

指标符号	指标描述	单位	指标含义
创新产出	专利授权量	项	专利授权量能较好的出地区的创新产出水平
创新投入	科学技术与教育财政支出	万元	政府对教育科技的支出作为创新投入的表征
经济基础	人均 GDP	万元	人均 GDP 能反映出—个地区的经济基础
产业集群环境	规模以上工业总产值	亿元	规模以上工业总产值来表示地区的产业集群环境
开放度	进出口总额	万美元	进出口贸易能够对地区带来知识和技术溢出
空间区位	国道公路里程	公里	国道公路里程反应应该区域对外交通
基础配 套环境	基础教育环境	中等学校	中等学校数能反应地区的基础教育环境
	医疗服务水平	卫生机构床位数	卫生机构床位数更能体现出医疗水平和医疗资源

## 4.2. 结果分析

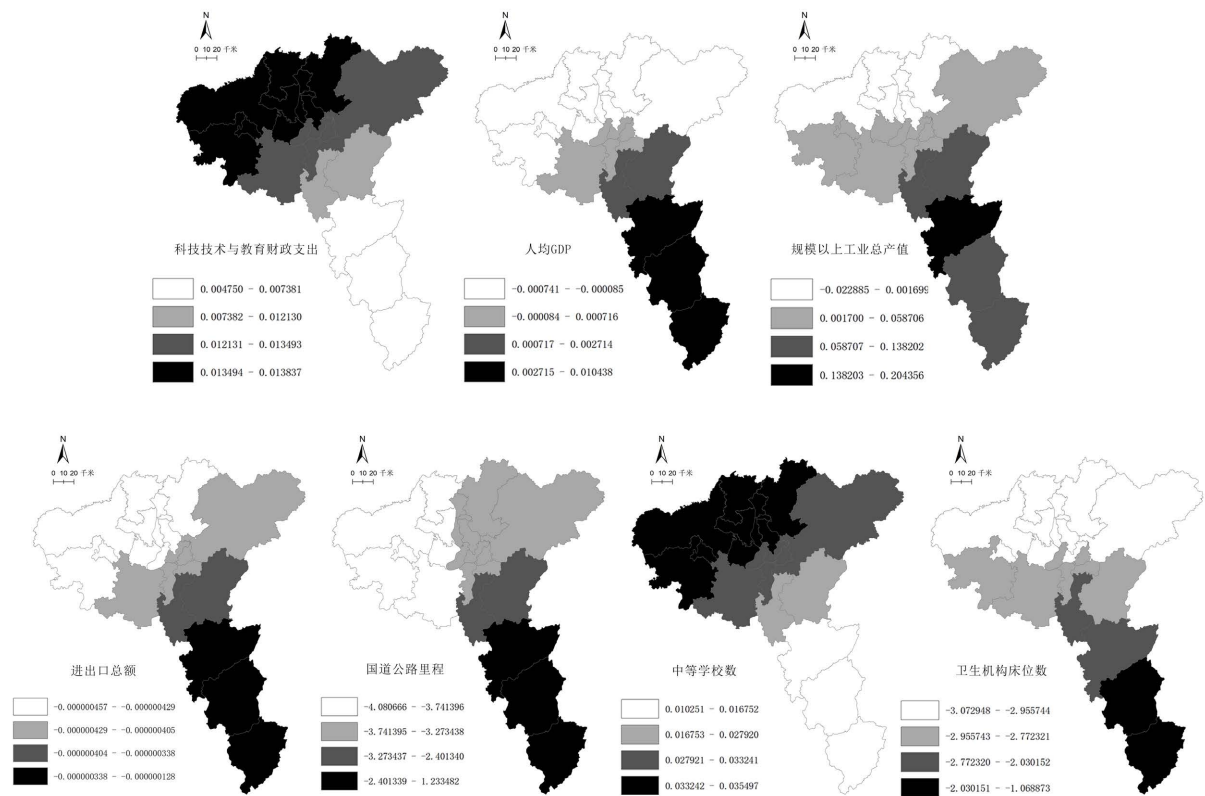
采用 GWR 模型, 得到  $R^2$  为 0.756, 根据 GWR 模型对影响因子的回归系数结果处理结果见表 4, 通过比较各影响因子回归系数的平均值能反映各影响因子对创新产出的贡献度, 得出规模工业总产值 > 中等学校数 > 科学技术与教育财政支出 > 人均 GDP > 进出口总额 > 卫生机构床位数 > 国道公路里程。

**Table 4.** Results of the estimated values of the parameters of the GWR model

**表 4.** GWR 模型各参数估计值结果

变量	最小值	最大值	平均值	标准差
规模以上工业总产值	-0.022885	0.204356	0.035568	0.056720
中等学校	0.010251	0.035497	0.030451	0.007025
科技教育财政支出	0.004750	0.013837	0.012453	0.002583
人均 GDP	-0.000741	0.010438	0.001275	0.003200
全年进出口额	-0.000001	0.000000	0.000000	0.000000
卫生机构床位数	-3.072948	-1.068873	-2.753767	0.519145
国道公路里程	-4.080666	1.233482	-2.976027	1.617615

用自然断裂法将各影响因子的回归系数划分为 4 个等级, 作出回归系数值的空间分布图(图 6)。人均 GDP 回归系数值有正有负, 总体呈从东南向西北呈缩小态势。回归系数值最大为炎陵县(0.000105), 最小为芙蓉区(-0.000474)。从人均 GDP 回归系数值的大小来看, 高值主要分布在株洲市的炎陵县、茶陵县、攸县、渌口区、醴陵市, 说明该区域推进经济增长能带动创新水平的提高; 发展低值主要分布在长沙市和湘潭市的区县, 尽管该区域创新产出以及经济发展水平较高, 但人均 GDP 的回归系数值低的事实说明了经济发展对该区域并没有明显的促进作用。



**Figure 6.** Spatial distribution of parameter estimates for each influencing factor  
**图 6.** 各影响因素参数估计值的空间分布

科学技术与教育财政支出的回归系数值皆为正数，表明创新投入对创新产出有积极促进作用。呈现东南向西北递增的态势，创新投入回归系数数值最大为望城区(0.013837)最小为炎陵县(0.004750)。高值主要分布在长沙市各区县、湘潭市的雨湖区、湘乡市和韶山市，说明该区域创新投入越大创新产出越多。低值主要分布在攸县、茶陵县和炎陵县，说明创新投入对该区域正向影响相对较弱。

规模以上工业总产值回归系数值有正有负数，说明产业集群环境不够成熟。可以发现长沙大部分区县回归系数较低，且为负值。其产业结构较为低端，对技术研发创新上需求较少，继续加大对传统产业的投入会阻碍创新发展，产生负效应，需要对产业结构进行优化与升级。高值区主要集中在株洲市的渌口区，优化产业集群环境能促进地区创新产出。

进出口额的回归系数结果均为负值，与创新产出呈负相关，说明知识溢出会抑制长株潭城市群的创新活动。可能原因是长株潭城市群地处我国中部地区，水运贸易量少，运输优势小，以及产品技术创新、传播和扩散程中对核心技术进行了保护，很大程度减弱了溢出效应。

国道公路里程的回归系数结果有正有负，且主要以负值为主，表明空间区位对创新产出能力提升作用微乎其微。回归系数高值区在株洲市攸县、茶陵县、炎陵县。回归系数低值区主要集中在长沙市的宁乡县、岳麓区和湘潭市的雨湖区、湘潭县、湘乡市、韶山市，形成东高西低的态势。

中等学校的回归系数结果为正值，呈现西北向东南逐渐递减状态。回归系数高值区大部分集中长沙市的各区县和湘潭市的雨湖区、宁乡市、韶山市、湘乡市。该区域人口相对密集，基础教育配套完善，为创新人才提供良好的公共服务和基础配套环境。回归系数低值区在株洲市攸县、茶陵县、炎陵县，创新能力和基础教育环境均有待提高和改善，说明仍需要提高基础教育配套。

卫生机构床位数的回归系数结果为均为负值，与创新产出呈负相关。范围为-3.072948~1.068873，呈现由南向北递减状态。低值区位于长沙市各区县，高值区位于，株洲市的茶陵县、炎陵县。说明医疗服务水平提升的会抑制长株潭城市群的创新活动。

## 5. 结论与建议

### 5.1. 结论

本文着力于分析创新活动在各区县的时空演化，并创建影响创新产出的指标来量化各影响因素，以长株潭城市群 23 个区县为空间观测单元，以专利授权量为测度指标，采用变异系数、基尼系数、首位度、空间自相关、引力模型、NiCh 指数、地理加权回归等方法，系统研究 2012~2021 年长株潭城市群创新空间时空演变与影响因素，得出结论：

(1) 2012~2021 年长株潭城市群专利授权量的标准差呈现曲线上升的趋势，表明长株潭城市群创新产出的绝对差异逐年增大，且呈上升趋势；与 2012 年相比，2021 年长株潭专利授权量的变异系数与基尼系数在逐渐上升，表明创新产出愈不均衡，相对差异逐渐增大；从 2012~2021 年专利权量的首位度来看，呈现 W 型波动下降趋势。创新产出次发达和发达地区相互追赶。长株潭城市群创新产出无高度空间集中。

(2) 长株潭城市群创新产出存在正的空间自相关，创新产出趋于聚集且自我强化的态势；长株潭城市群创新产出呈明显的高值集聚特点创新产出水平高的区县数量存在增大趋势，长株潭城市群专利授权量呈现北多南少的空间差异结构，芙蓉区、天心区、望城区、岳麓区、开福区、长沙县为高高聚集区，表现出较强的空间关联性，和相邻区县的专利授权量增长互相影响；攸县、茶陵县、溇口区位于低低聚集区。

(3) 创新联系来看，长株潭城市群创新空间联系呈现出“核心-边沿”的结构，但创新联系网络区域弱化现象。创新联系最强地区从开始的雨花区-天心区，雨花区-芙蓉区弱化为雨花区-天心区，次中心也存在弱化趋势，由雨花区-芙蓉区，岳麓区-天心区，岳麓区-雨花区，芙蓉区-天心区，芙蓉区-开福区减弱为雨花区-芙蓉区，周围创新产出小的地区创新联系极低。

(4) 长株潭城市群创新产出增长速度明显北部快于南部。其中岳麓区、长沙县、雨花区、开福区、浏阳市、宁乡市、望城区、天心区、天元区形成属于高增长区域的显著聚集区，成为引领城市群创新发展的片区， $Nich < 1$  的低增长型区县高达 14 个，除芙蓉区外，均集中分布于长株潭城市群的东南、西南区域。

(5) 从影响因素来看，各影响因素对长株潭城市群创新活动影响程度不同，呈现出明显的空间异质性。根据 GWR 模型对各影响因子的回归系数平均值从大到小依次为规模工业总产值 > 中等学校数 > 科学技术与教育财政支出 > 人均 GDP > 进出口总额 > 卫生机构床位数 > 国道公路里程。其中创新投入、基础教育环境对长株潭城市群具有显著的正向促进作用。知识溢出和医疗服务水平具有明显的抑制作用，产业集群环境、经济水平对创新产出影响在不同区域间差异较大，对株洲市部分区县有正面促进作用，对长沙市各区县甚至出现反向作用。

### 5.2. 建议

本文以长株潭 23 个区县的专利授权量为指标分析长株潭城市群创新空间格局演变及各因子对创新产出的影响。为加快长株潭城市群打造具有核心竞争力的科技创新高地和建设国家区域科技创新中心提供建议：

第一，增强创新投入，促进区域整体创新能力提升。芙蓉区、天心区、望城区、岳麓区、开福区、长沙县等地区创新活动增长明显且增长速度快的地区政府应该适当偏移此类地区，加大对其的创新投入，用优厚创新资源和政策待遇吸引人才、创新活动聚集，强化创新活动的中心，带领其他区县发展。加大对湘潭市雨湖区、湘乡市及韶山市等创新活动较弱地区的科学技术与教育财政支出，着力发展教育与科



研事业。

第二,提升基础教育环境,提升公共服务便利水平。基础教育环境对创新活动有明显的正向左右,长株潭北部区县的教育资源已然优于南部区县,深入实施长株潭一体化,加强南部各区县教育基础配套设施的建设,加快城市生活基础保障的提升。对株洲市攸县、茶陵县、炎陵县等区县应该优化教育资源布局,共享长沙各区县优质教育资源。

第三,优化产业集群环境,推进创新成果转化,提高创新能力。研究发现长沙市各区县的产业集群环境对创新活动并没起到正向促进作用,其原因可能为产业结构较为低端,传统的工业企业多,对技术研发创新上需求较少,应该对长沙各区县的传统产业进行升级,壮大先进制造业产业集群,加大培育新兴产业力度,如装备制造、电子信息、生物医药等产业。

## 参考文献

- [1] 董俊鸷,孟怡伟,丁志伟.中国县域创新产出的空间分异及其影响因素[J].世界地理研究,2023,32(8):88-102.
- [2] 蒋天颖.我国区域创新差异时空格局演化及其影响因素分析[J].经济地理,2013,33(6):22-29.
- [3] 张惠璇,刘青,李贵才.广东省城市创新联系的空间格局演变及优化策略[J].地理科学进展,2016,35(8):952-962.
- [4] 李慧.区域创新产出影响因素与地区差异的实证研究——基于江苏省13个地级市面板数据的分析[J].华东经济管理,2014,28(6):8-13.
- [5] 易高峰,刘成.江苏省城市创新能力的地区差异及影响因素分析[J].经济地理,2018,38(10):155-162.
- [6] 蒋天颖.浙江省区域创新产出空间分异特征及成因[J].地理研究,2014,33(10):1825-1836.
- [7] 宋旭光,赵雨涵.中国区域创新空间关联及其影响因素研究[J].数量经济技术经济研究,2018,35(7):22-40.
- [8] 陈大峰,陈媛,王文鹏.中国城市创新空间溢出及其影响因素——基于行政边界效应的视角[J].审计与经济研究,2021,36(5):118-127.
- [9] 白俊红,江可申,李婧.应用随机前沿模型评测中国区域研发创新效率[J].管理世界,2009(10):51-61.
- [10] 朱丽霞,贺容,郑文升,等.长江中游城市群城市创新效率的时空格局及其驱动因素[J].长江流域资源与环境,2019,28(10):2279-2288.
- [11] 程时雄,柳剑平.中国工业行业R&D投入的产出效率与影响因素[J].数量经济技术经济研究,2014,31(2):36-51+85.
- [12] 李健,李宁宁,苑清敏.高新技术产业绿色创新效率时空分异及影响因素研究[J].中国科技论坛,2021(4):92-101.
- [13] 原毅军,高康.产业协同集聚、空间知识溢出与区域创新效率[J].科学学研究,2020,38(11):1966-1975+2007.
- [14] 李佳泓,张文忠,马仁峰,等.城市创新空间潜力分析框架及应用——以杭州为例[J].经济地理,2016,36(12):224-232.
- [15] 周青,何铮,张洁音.城市创新潜力测度——基于浙江省地级市的实证分析[J].技术经济,2015,34(6):77-84.
- [16] 卢召艳,黎红梅,魏晓,等.城市群核心区域科技创新潜力评价及影响因素——以长株潭城市群核心区为例[J].经济地理,2022,42(4):141-149.
- [17] 滕堂伟,方文婷.长三角城市群创新空间格局演化与机理[J].经济地理,2017,37(4):66-75.
- [18] 王伟,朱小川,梁霞.粤港澳大湾区及扩展区创新空间格局演变及影响因素分析[J].城市发展研究,2020,27(2):16-24.
- [19] 池仁勇,虞晓芬,李正卫.我国东西部地区技术创新效率差异及其原因分析[J].中国软科学,2004(8):128-131,127.
- [20] 盛彦文,骆华松,宋金平,等.中国东部沿海五大城市群创新效率、影响因素及空间溢出效应[J].地理研究,2020,39(2):257-271.
- [21] 虞晓芬,李正卫,池仁勇,等.我国区域技术创新效率:现状与原因[J].科学学研究,2005,23(2):258-264.
- [22] 肖文.政府支持、研发管理与技术创新效率——基于中国工业行业的实证分析[J].管理世界,2014(4):71-80.