

成渝城市群人居环境空间关联的网络结构及影响因素研究

杨建平, 张程凯, 周玉琳

(西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 利用 2008—2019 年成渝城市群 16 个城市的面板数据, 构建人居环境指标体系, 借助修正引力模型, 采用社会网络分析方法对成渝城市群人居环境空间关联网络的结构特征及影响因素进行研究, 结果发现: ①样本周期内, 成渝城市群人居环境空间关联性显著提升, 网络密度由 0.12, 增长到 0.73, 关联关系数由 29 增加到 174, 目前已呈现出复杂的网络结构形态; ②成都、重庆、内江和资阳等城市位于网络的核心位置, 发挥着重要的中介作用, 但随着节点城市中心性水平的提高, “桥梁”作用正逐渐减弱; ③人居环境空间关联网络被划分 5 个等级, 然而大多数城市位于第三、四层级, 重庆市人居环境的辐射带动潜力有待进一步挖掘; ④城市距离、经济发展水平差异对空间关联性起到显著负向影响, 而城镇化水平差异、政府投入差异、人均收支水平差异、产业结构差异的扩大可以促进城市间人居空间关联关系的建立。

关键词: 人居环境; 空间关联网络; 影响因素; 社会网络; 成渝城市群

中图分类号: TU982.29

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2023)06-0938-11

Research on the spatial correlation network structure and influencing factors of human settlements in Chengdu-Chongqing urban agglomeration

YANG Jianping, ZHANG Chengkai, ZHOU Yulin

(School of Management, Xi'an Univ of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: Based on the panel data of 16 cities in Chengdu-Chongqing urban agglomeration from 2008 to 2019, the indicator system of human settlements was constructed. With the help of the modified gravity model, the structural characteristics and influencing factors of the spatial association network of human settlements in Chengdu Chongqing urban agglomeration were studied by using social network analysis method. The results showed that: ① In the sample period, the spatial association of human settlements in Chengdu Chongqing urban agglomeration was significantly improved, and the network density increased from 0.12 to 0.73, The number of association relations has increased from 29 to 174, which has now taken on a complex network structure. ② Cities such as Chengdu, Chongqing, Neijiang and Ziyang are at the core of the network and play an important intermediary role. However, with the improvement of the centrality of node cities, the role of “bridge” is gradually weakening. ③ The spatial association network of human settlements is divided into five levels. However, most cities are in the third and fourth levels. The radiation driving potential of Chongqing's human settlements needs to be further explored. ④ The difference of urban distance and economic development level has a significant negative impact on spatial correlation, while the expansion of urbanization level difference, government investment difference, per capita income and expenditure level difference and industrial structure difference can promote the spatial correlation of human settlements among cities.

Key words: human settlement environment; spatial association network; influencing factors; social network; Chengdu-Chongqing urban agglomeration

人居环境为人们生产、生活提供了的基本条件和场所, 其质量是衡量一个国家或地区经济发

展和居民物质文化水平的重要标志^[1]。新世纪以来, 城镇化、信息化快速发展, 大量人流、资金

收稿日期: 2022-10-10

修回日期: 2023-11-27

基金项目: 教育部人文社科基金青年项目(20YJC630239); 国家自然科学基金项目(72004176)

第一作者: 杨建平(1969—), 男, 博士, 教授, 主要从事区域发展与绿色宜居城乡营建管理研究. E-mail: yangjp17@xauat.edu.cn

通信作者: 张程凯(1998—), 男, 硕士生, 主要研究城市人居环境. E-mail: 994950392@qq.com

流、信息流不断向城市集聚,城市人居环境变化明显:一方面,经济高速增长提升了城市居住、基础设施及公共服务等物质条件;另一方面,人口快速集聚加重了城市高效运转阻力,产生住房紧张、环境污染严重、交通拥堵等一系列“城市病”问题^[2]。近年来,居民生活水平的提高导致对城市人居环境需求的提升,城市人居环境问题成为政府和社会共同关注的重要课题,城市群作为推进新型城镇化建设和区域发展的重要引擎,是统筹区域经济-社会-生态协调发展,建设宜居宜业人居环境的全新地域单元^[3]。近年来,随着以战略规划引领区域协调发展工作的推进^[4],城市群内部城市间关联关系逐渐增强,使得人居环境要素联系越发频繁,因此充分利用城市群人居环境关联网络加强城市人居环境建设,对于促进城市群人居环境协同发展,满足政府和民众的共同期望具有重要意义。

20世纪中叶 Doxiadis C A 等^[5]的“人类聚居”理论被视为人居环境科学的起源,自此学术界展开了有关人居环境问题的广泛研究。研究领域上,主要包括环境学领域、地理学领域、社会学领域、历史生态学领域等;研究主题上,主要集中在人居环境影响因素挖掘及驱动机理^[6-7]、人居环境质量测度与时空演变^[8-9]、人居环境问题治理与空间优化^[10-11]、人居环境与区域要素的互动关系^[12-13]等;研究尺度上,多以村镇^[14]、城市^[15]、城市群^[16]、省域^[17]为主;研究方法上,主要采用熵权法^[18]、层次分析法^[19]、TOPSIS法^[20]进行质量测度,运用ESDA、GIS分析^[21]进行空间分析与可视化,利用QAP分析、耦合协调模型^[22]进行影响因素研究等。综上所述,目前,针对人居环境的研究取得了较为深入的研究进展,但大多数还主要停留在对人居环境“属性数据”分析的层面上,对“关系数据”的研究存在明显不足,已有研究仅能够说明人居环境具有空间关联性,缺乏从网络视角对区域人居环境空间关联关系特征及其影响因素的定量测度和精准刻画。

成渝城市群作为新型城镇化建设的国家示范区,是中国西部人口最密集、产业基础最雄厚、发展水平最高的区域,也是实施新时代西部大开发战略的重要支撑^[23]。探究成渝城市群人居环境内部空间关联网络结构特征,明确空间关联网络结构中各城市的地位和角色,进而探究影响因素,是国家新时代推进西部大开发形成新格局的背景下促进西部地区协调可持续发展的重要课题。因

此,选取成渝城市群为研究对象,建立涵盖居住环境、经济发展环境、社会服务与保障环境以及生态环境四个子系统的城市人居环境指标体系,基于成渝城市群人居环境“关系数据”,借助社会网络分析方法从关系视角研究成渝城市群人居环境空间关系的结构形态,深入分析其结构特征及演变特征,并进一步探究其影响因素,以期补充人居环境关系研究,为推动成渝城市群人居环境要素空间流动、区域协调可持续发展提供科学依据。

1 研究方法数据来源

1.1 指标体系构建

当前,有关城市人居环境测度尚未形成统一的指标体系,但大多数学者主要围绕居住、经济、社会、生态四大子系统进行深入研究。本文参考住房和城乡建设部印发的《中国人居环境奖评价指标体系》,遵循全面性、科学性、动态性、可比性和以人为本等原则,构建了包含居住环境系统、经济发展环境系统、社会服务与保障环境系统和生态环境系统4个系统层,共43个具体指标在内的成渝城市群人居环境综合指标评价体系,以期全面科学的测度城市人居环境质量。具体测度指标体系见表1。

1.2 数据处理

1.2.1 数据来源

成渝城市群包括重庆市的中心城区及其部分区县、四川的成都、自贡、泸州、德阳、绵阳(除平武县、北川县)、遂宁、内江、乐山、南充、眉山、宜宾、广安、达州(除万源市)、雅安(除天全县、宝兴县)、资阳等15个地级市。由于重庆下辖城区和区县空间单元尺度较小、空间排列紧密,同时考虑到城市人居环境测度指标数据的可获得性,本文将重庆整体作为一个研究单元^[24-25],共形成16个基本研究单元。

16个基本研究单元所选取的各指标原始数据主要来源于2009—2020年《四川省统计年鉴》、《重庆市统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》,并以相关地市的国民经济和社会发展统计公报等作为补充。

1.2.2 数据标准化处理

考虑正负向指标对人居环境影响的差异,同时为消除指标量纲对计算结果的影响,本文采用“零一标准化法”对人居环境体系测度指标进行标准化处理,具体方法如下。

表1 成渝城市群人居环境质量评价指标体系及权重

Tab. 1 Evaluation indicators and weights of human settlement environment in Chengdu-Chongqing urban agglomeration

| 目标层 | 系统层 | 指标层 |
|----------|-------------|---|
| 城市人居环境质量 | 居住环境系统 | c1 人口密度[0.0089]—、c2 人均住房面积[0.0185]+、c3 人均日生活用水量[0.0140]+、c4 人均生活用电量[0.0213]+、c5 人均邮电业务量[0.0796]+、c6 燃气普及率[0.0069]+、c7 供水普及率[0.0071]+、c8 百人移动电话数[0.0247]+、c9 百人互联网户数[0.0495]+ |
| | 经济发展环境系统 | c10 城镇化率[0.0138]+、c11 人均GDP[0.0300]+、c12 居民人均可支配收入[0.0228]+、c13 居民人均消费支出[0.0224]+、c14 人均地方财政收入[0.0525]+、c15 人均固定资产投资额[0.0258]+、c16 第三产业产值占GDP比重[0.0212]+、c17 人均社会消费品零售总额[0.0405]+、c18 居民人均储蓄余额[0.0357]+、c19 在岗职工平均工资[0.0255]+、c20 城镇登记失业率[0.0102]—、c21 科技教育支出占总支出比重[0.0064]+、c22 单位GDP能耗[0.0076]— |
| | 社会服务与保障环境系统 | c23 人均城市道路面积[0.0130]+、c24 道路路灯覆盖率[0.0056]+、c25 建成区排水管道密度[0.0181]+、c26 每万人拥有公厕座数[0.0251]+、c27 每万人医院病床数[0.0148]+、c28 每万人拥有医生数[0.0320]+、c29 每万人拥有公共汽车数[0.0979]+、c30 每万人拥有出租车数量[0.0396]+、c31 道路清扫保洁面积覆盖率[0.0167]+、c32 每万人拥有市容环卫车数量[0.0245]+、c33 每万人拥有中小学专任教师数[0.0142]+、c34 每万人拥有普通高等学校专任教师数[0.0701]+、c35 每百人图书馆藏书量[0.0425]+ |
| | 生态环境系统 | c36 建成区绿化覆盖率[0.0030]+、c37 人均公园绿地面积[0.0100]+、c38 每万人工业烟尘排放量[0.0018]—、c39 每万人工业废水排放量[0.0099]—、c40 人均污水排放量[0.0062]—、c41 工业固体废物综合利用率[0.0039]+、c42 城市生活污水处理率[0.0044]+、c43 生活垃圾无害化处理率[0.0017]+ |

注：[]内为指标权重，‘+’‘—’代表指标正负向

$$\text{正向指标: } X_{ijt} = 0.0001 + \frac{(x_{ijt} - \min x_{jt})}{(\max x_{jt} - \min x_{jt})} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } X_{ijt} = 0.0001 + \frac{(\max x_{jt} - x_{ijt})}{(\max x_{jt} - \min x_{jt})} \quad (2)$$

式中： X_{ijt} 表示 t 年城市 i 指标 j 标准化后的值； $\max x_{jt}$ 、 $\min x_{jt}$ 表示 t 年指标 j 的最大值和最小值； x_{ijt} 为 t 年城市 i 指标 j 的原始值。

1.2.3 指标组合权重

为减少指标权重确定过程中主观因素产生的局限性，本文采用熵值法对人居环境各系统指标进行赋权(表1)，并采用权重和指标加权求和的方法，计算人居环境综合评价指数 E_j ，其步骤如下：

将各年份 X_{ijt} 汇总，利用样本周期内所有数据计算指标权重。

①求取指标比重。第 i 行，第 j 项指标的比重 P_{ij} 为

$$P_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (3)$$

②求取指标熵值。第 j 项指标的熵值 E_j 为

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (4)$$

式中： $k = -1/\ln n$ ，其中 n 为行数。

③求取指标熵冗余度 D_j

$$D_j = 1 - E_j \quad (5)$$

④计算权重结果 W_j

$$W_j = D_j / \sum_{j=1}^m D_j \quad (6)$$

⑤计算人居环境综合评价指数

$$Q_i = \sum_{j=1}^m W_j \times X_{ijt} \quad (7)$$

1.3 研究方法

1.3.1 修正引力模型

成渝城市群各城市间关系的确定是研究人居环境空间网络关系的关键，现有文献多采用引力模型来确定节点间的关联关系。大量研究表明空间关联关系受地理距离的约束会随着距离的增加而衰弱，而距离衰减原理和万有引力规律的结合恰好可以体现在引力模型当中，同时为了增强模型的适用性，参考已有做法对原始引力模型进行了修正，具体修正后的公式如下。

$$y_{ij} = k_{ij} \frac{Q_i \cdot Q_j}{D_{ij}^2} \quad (8)$$

$$k_{ij} = \frac{Q_i}{Q_i + Q_j} \quad (9)$$

式中： y_{ij} 是城市 i 与城市 j 之间的人居环境引力即人居环境关联的程度； Q_i 、 Q_j 分别代表城市 i 与城市 j 的人居环境质量综合评价指数； k_{ij} 表示城市 i

在城市 i 与城市 j 之间人居环境联系中的贡献率;
 D_{ij} 代表城市 i 到城市 j 之间的公路里程数, km.

由上面两个公式可以得到成渝城市群人居环境关联强度矩阵, 为便于人居环境关联网络特征的分析, 本文将人居环境关联强度矩阵转化成二值矩阵. 参考已有研究, 将 2008 年成渝城市群人居环境平均关联强度作为阈值, 如果两城市之间人居环境空间关联强度高于此阈值, 表示两城市之间存在人居环境空间关联关系, 矩阵单元值赋值为 1; 低于此阈值, 表示两城市之间不存在人居环境空间关联关系, 矩阵单元值赋值为 0.

1.3.2 社会网络分析法

社会网络分析方法(Social Network Analysis, 简称 SNA), 是将社会看成一个巨大的网, 网的构成包括节点和节点间的连线, 社会网络分析法可以用于分析节点的角色地位和网络内部的关联状态. 本文将成渝城市群人居环境关联关系当做一个空间网络系统, 各个城市作为网络内的节点, 城市间的人居环境关联关系构成节点之间的连线, 节点和连线共同组成人居环境关联网络, 蕴含特定的人居环境关联网络结构, 借助社会网络分析法, 从整体、个体、群体三个维度对成渝城市群人居环境关联的网络结构进行深入分析. 参考已有研究, 本文使用 Ucinet 6, 借助其具备的矩阵分析功能、中心性分析、QAP 检验等网络分析程序, 探究城市群人居环境的空间网络整体、个体、群体结构特征.

1.3.3 QAP 回归分析法

由于本文从网络视角出发研究成渝城市群的人居环境, 必须利用大量的“关系数据”建立城市间人居环境的关联关系, 因此研究关联结构的影响因素时, 变量间不可避免存在“多重共线性”现象. 此时若使用传统的多元线性回归, 不能满足

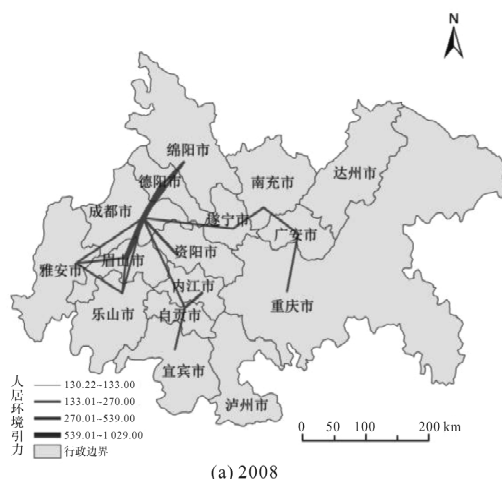
被解释变量间的独立条件, 导致结果容易出现严重误差. QAP 回归((Quadratic Assignment Procedure)的基础数据是矩阵形式, 该方法通过置换比较不同矩阵数据以研究矩阵的关系, 因此不求解释变量间相互独立, 可有效解决关系数据的内生性问题. 本文基于此方法识别成渝城市群人居环境空间关联关系的影响因素, 同时借助拟合回归分析不同影响因素的作用程度.

2 结果及分析

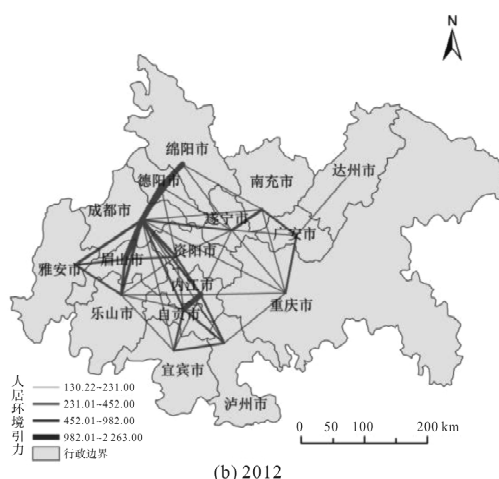
2.1 成渝城市群人居环境空间关联的整体网络结构特征及其演化规律

对网络进行整体分析主要是关注网络的整体结构, 利用修正引力模型, 构建 2008—2019 年成渝城市群城市间的人居环境空间关联矩阵. 本文利用 Arcgis10.6 绘制出 2008、2012、2015 和 2019 年的成渝城市群人居环境空间关联网络(图 1), 可以发现成渝城市群内部存在着普遍的人居环境空间关联关系, 且随着时间的推移, 空间关联网络变得更加稠密、复杂, 整体呈现以成都为中心向四周辐射发散的空间形态.

从图 2 可以看出, 成渝城市群网络关系数以及网络密度呈现逐年上升趋势, 网络关系数由 2008 年的 29 增加到 2019 年的 174, 网络密度 2008 年仅为 0.12, 到 2019 年高达 0.73, 可见现实中成渝城市群人居环境的空间联系程度越来越高, 城市间协同发展明显, 已形成稳定的人居环境空间关联网络. 这主要是由于国家高度重视成渝城市群发展, 提出增强城市要素集聚功能和辐射带动作用, 近年来高速、高铁、通讯网络等基础设施的完善, 也加快了人才、信息、物流等人居环境建设资源的跨区域流动, 各城市间竞合意识加强, 使得城市治理与服务能力不断提升.



(a) 2008



(b) 2012

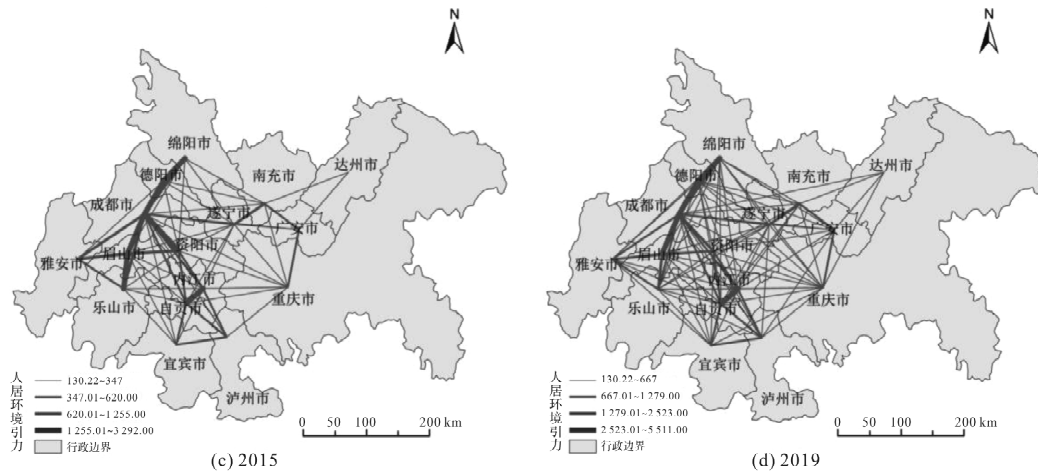


图 1 成渝城市群人居环境关联网络

Fig. 1 Spatial association network structure of human settlement environment in Chengdu-Chongqing urban agglomeration

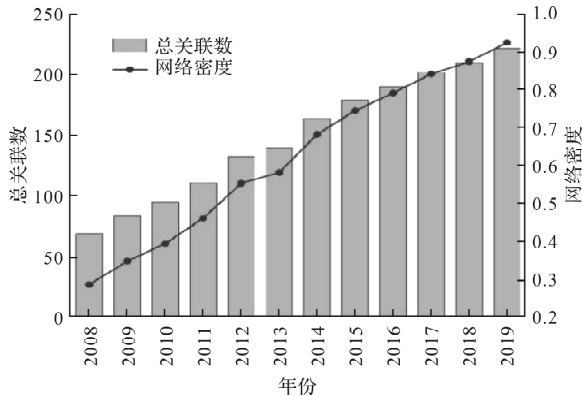


图 2 成渝城市群人居环境关联系数及网络密度

Fig. 2 The number of spatial association relations and network density of human settlement environment in Chengdu-Chongqing urban agglomeration

2.2 成渝城市群人居环境空间关联的个体网络结构特征及其演化规律

为考察成渝城市群内部城市在网络中的地位 and 作用, 以便精细化分析各城市在城市群中扮演的角色和处于何种地位, 掌握其个体网络特征及演化规律, 本文选取 2008、2012、2015、2019 年成渝城市群人居环境数据, 对 16 个城市进行了度数中心度、接近中心度、中介中心度测度(表 2), 并绘制了 3 种指标的演化图, 见图 3.

2.2.1 度数中心度

度数中心度表征节点城市与其他城市的关联程度, 节点城市与其他城市关联越多、越密集则其度数中心度值越高, 表明对网络中城市的影响力越大. 从表 2 来看, 2019 年成渝城市群人居环境关联网络中, 度数中心度排名前 5 的城市为成都、内江、资阳、自贡、重庆和遂宁, 表明这些城市在成渝城市群人居环境关联网络中处于核心位置, 与其他城市产生的关联关系较多. 成都和

重庆作为成渝城市群两个最重要的城市, 在城市群发展中起着关键的辐射带动作用, 城市建设发展历史悠久、人口体量庞大、产业实力雄厚等因素促使对其他城市影响较大, 必然居于网络核心位置. 内江、资阳、自贡、遂宁 4 个城市在地理上处于成都和重庆的中间位置, 接受成都和重庆的双重辐射, 同时也是成渝城市群地理意义上的“中心”, 地理位置的优越性使得与其他城市联系较多, 因此人居环境联系也较多.

表 2 2019 年成渝城市群人居环境空间关联网络的中心性

Tab. 2 Spatial correlation network centrality of human settlement environment in Chengdu-Chongqing urban agglomeration in 2019

| 城市 | 度数中心度 | | | | 接近中心度 | 中介中心度 |
|-----|-------|-----|--------|----|--------|--------|
| | 点出度 | 点入度 | 中心度 | 排名 | | |
| 成都市 | 14 | 15 | 96.667 | 1 | 96.875 | 12.470 |
| 内江市 | 15 | 13 | 93.333 | 2 | 93.750 | 6.887 |
| 资阳市 | 14 | 13 | 90.000 | 3 | 90.993 | 5.785 |
| 自贡市 | 14 | 11 | 83.333 | 4 | 85.784 | 4.081 |
| 重庆市 | 10 | 14 | 80.000 | 5 | 84.375 | 6.028 |
| 遂宁市 | 14 | 10 | 80.000 | 5 | 83.333 | 3.204 |
| 德阳市 | 11 | 12 | 76.667 | 6 | 81.140 | 2.956 |
| 乐山市 | 12 | 11 | 76.667 | 6 | 78.947 | 2.019 |
| 眉山市 | 12 | 11 | 76.667 | 6 | 78.947 | 2.019 |
| 绵阳市 | 10 | 12 | 73.333 | 7 | 78.947 | 3.209 |
| 泸州市 | 10 | 10 | 66.667 | 8 | 75.000 | 2.195 |
| 南充市 | 8 | 12 | 66.667 | 8 | 75.000 | 9.677 |
| 宜宾市 | 9 | 9 | 60.000 | 9 | 69.805 | 0.813 |
| 广安市 | 9 | 9 | 60.000 | 9 | 71.429 | 8.022 |
| 雅安市 | 9 | 9 | 60.000 | 9 | 69.805 | 0.636 |
| 达州市 | 3 | 3 | 20.000 | 10 | 52.283 | 0.000 |
| 均值 | - | - | 72.500 | - | 79.151 | 4.375 |

深入分析发现,这些城市当中重庆、成都自身的点入度高于点出度,说明它们是人居环境关联关系的接收主体,对其他城市的人居环境资源依存度较高,分析其原因主要是这些城市为省会城市,拥有更多的财政资金支持固定资产投资、公共服务及交通基础设施建设,发展历史悠久,文化底蕴较深,人居环境综合基础更好,在人居环境空间关联网络中存在“虹吸效应”,可以有效的聚集周边城市人居环境资源要素。内江、资阳、自贡和遂宁呈现出点出度高于点入度的特点,说明它们是向外输出人居环境资源要素的主体,是成渝城市群中人居环境建设贡献度最高、最活跃的积极分子。达州、雅安、广安、宜宾等城市中心性排名靠后,表示这些城市与其他城市存在的人居环境关联关系强度较低,未来需要加强与其他城市的交流与合作,增加成渝城市群人居环境的溢出渠道,进一步提升总体水平。

2.2.2 接近中心度

接近中心度表征关联网络中节点城市到达有关联关系的其他节点城市的平均最短距离,接近中心度值越高,表明平均最短路径越短,该节点城市越位于网络的中心位置。从表1来看,2019年成渝城市群接近中心度的均值为79.151,成都、内江、资阳、自贡、重庆、遂宁、德阳这7个城市高于平均值,表示这些城市独立性较高,其人居环境建设不易受到其他城市影响,在成渝城市群中扮演着“中心行动者”的角色。雅安、达州、宜宾、广安等其他9个城市均低于平均值,说明这些城市“距离”其他节点城市较远,需要经过多次中间传递,才可以与其目标节点城市建立人居环境关联关系,这些城市在人居环境关联网络的中扮演着“边缘行动者”的角色。从图3可以看出,自2008年以来,各城市接近中心度都有大幅提升,表明各城市越来越靠近网络中心,说明成渝城市群人居环境关联网络逐渐趋向扁平化结构,空间网络的关联性和流动效率均得到极大提升,人居环境建设技术与理念交互加强,也从侧面说明成渝城市群人居环境协同建设进程持续加快,为实现成渝地区高质量发展提供了条件。

2.2.3 中介中心度

中介中心度表征节点城市在关联网络中以枢纽身份所处的位置,其值越高,表明所发挥的“桥梁”作用越大。由表2可知,2019年大于均值4.375的城市包括成都、内江、资阳、重庆、南充和广安,表明这些城市在成渝城市群人居环境空

间关联网络中扮演着较强的“中介”角色,对人居环境建设过程中重要的环境、资金等资源要素的流通至关重要,在整个城市群人居环境提质增效的过程中,应重点关注这几个城市,通过提高这些城市的人居环境质量,可以巩固其他城市的人居环境关联关系,从而使得城市间的人居环境溢出关系得以加强。从图3中可以看出成都、重庆、遂宁、资阳的中介中心度有所下降,表明随着成渝城市群的发展,节点城市的“中介”作用逐渐削减,侧面反映出城市间人居环境的直接联系增多,说明成都、重庆等强中介中心度节点城市的经济扩散作用进一步深化,辐射带动周边城市人口、资金、技术的流动,使得周边城市人居环境相互影响程度也逐步加深。

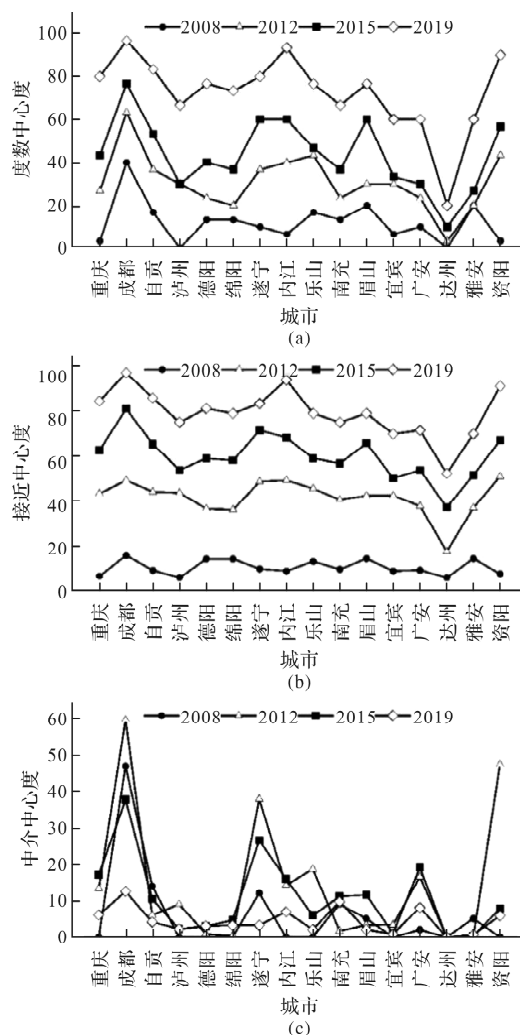


图3 2008—2019年成渝城市群人居环境关联网络的中心性

Fig. 3 Central distribution of spatial correlation network of human settlement environment in Chengdu-Chongqing urban agglomeration in 2018—2019

2.3 成渝城市群人居环境空间关联的网络群体空间等级划分

为进一步了解成渝城市群人居环境关联网络

的空间结构,本文利用城市关联强度矩阵中的多值数据(并非二值数据),计算各城市的相对加权度中心度(Weighted Degree Centrality),采用自然间断点法,对城市在网络中的等级进行划分,共分为5个等级,如表3所示。成都和重庆的WDC分别为18.37、16.39,位于第一层级。位于第二层级的城市为德阳、自贡、内江、眉山,它们的WDC值与成都、重庆存在明显差距,差值在3~5之间。城市群中大多数城市位于三、四层级,其WDC远低于第一层级,差距达2倍以上。达州位于第五层级,其WDC值仅为1.64。从等级划分结果来看,成、渝凭借自己强大的人口、经济、文化等资源优势,延续成渝城市群人居环境网络中的核心地位,眉山、内江、自贡等城市近年来也与其他城市形成了较为稳固的人居环境关联关系,大多数城市网络关联关系已初步建立,但有待加深,达州亟需努力。

表3 成渝城市群网络等级划分

Tab. 3 Classification of spatial correlation network levels of human settlement environment in Chengdu-Chongqing urban agglomeration

| 等级 | 城市 | 数量/个 |
|----|---|------|
| 一 | 成都(18.37)、重庆(16.39) | 2 |
| 二 | 德阳(13.10)、自贡(12.29)、内江(12.01)、眉山(11.03) | 4 |
| 三 | 资阳(8.79)、绵阳(8.66)、乐山(8.40) | 3 |
| 四 | 遂宁(7.32)、南充(6.34)、雅安(5.86)、泸州(5.60)、宜宾(5.32)、广安(5.27) | 6 |
| 五 | 达州(1.64) | 1 |

注:括号内数字为相对加权度中心度

为分析城市网络等级在空间上的分布规律,本文利用Arcgis软件,绘制出城市网络等级空间分布图(图4),发现城市网络等级存在圈层分布现象,即以成都为中心,城市网络等级呈现圈层递减的态势。例如德阳、眉山、内江、自贡位于成都和重庆的中央,凭借优越的地理位置,与其他城市人居环境关联关系较多。而绵阳、乐山等城市与成都的地理距离较远,且位于成渝城市群边缘,因此与其他城市联系强度有所减弱。达州、广安、泸州等城市虽与重庆毗邻,但仍处于网络等级的第四、五层级,说明重庆的人居环境辐射带动作用较弱,其发展潜能存在进一步挖掘空间。

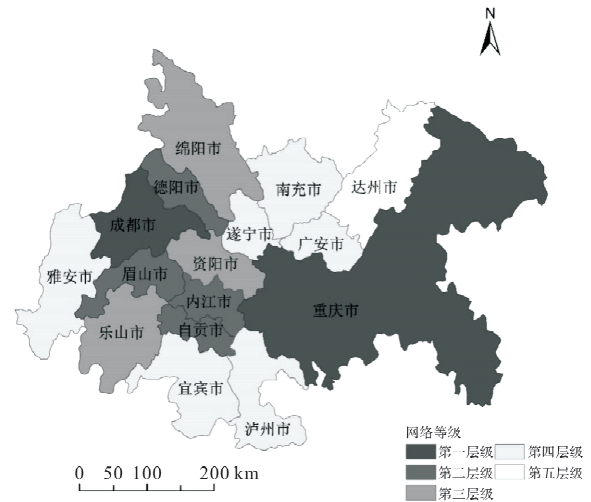


图4 成渝城市群网络等级空间分布

Fig. 4 Distribution of spatial correlation network levels of human settlement environment in Chengdu-Chongqing urban agglomeration

2.4 成渝城市群人居环境空间关联的影响因素

2.4.1 模型设定与指标选取

明确成渝城市群人居环境空间关联影响因素,是优化空间关联网络结构,从而激发成渝城市群人居环境发展动力的重要基础。

已有研究表明网络关联强度与地理距离显著相关,地理邻近区域开展经济、文化等活动的成本较低,因此各方面之间的人居环境要素资源流动更频繁;城市规模中作为人居环境建设最活跃的因素,存在生理、安全、文化等丰富的物质精神需求,这些需求成为城市人居环境建设的主要动力,同时人口数量越大,城市健康运营的风险与挑战越大。

经济发展是改善人居环境的基础,经济发展到一定水平会对人居环境提出了更高的要求,使得城市居民既可以享受工业文明带来的生活便利,又可以亲近自然、感受自然。而且随着城市居民收入水平的提高,人们的需求逐渐从生存需求转向享受需求、发展需求,有利于改善居住环境及城市生态环境。

城镇化水平提升是由于大量的人口从农村迁移到城市,农民融入城市生活,需要庞大的就业岗位,城市必须引进制造业这类劳动密集型企业,对能源和自然资源的需求节节上升,耕地不断减少、城市无需扩大,导致人居环境将发生巨大变化。

政府投入主要指市政公共事业投资,主要是进行供水、供热、供气等管道的铺设以及道路、桥梁建设,是居民衣食住行的保障,也是经济社

会发展的基础, 市政公共事业部分领域的性质特殊, 外加项目前期盈利小, 难以或不能市场化, 导致城市开展环境综合整治, 需要政府财政的大力支持才能完成。

人均收支水平主要体现在居民消费水平和工资性收入, 居民工资性收入越高并不完全代表居民消费水平提高, 二者均对城市人居环境要素起到关键作用, 因此二者的综合指标才是影响人居环境关联网络的关键因素。

产业结构差异部分, 城市的经济结构因第三产业的占比不同而发生改变, 体现了城市的整体功能, 约束着城市的发展方向, 与城市人居环境密切相关。三产比重的提高, 意味着文化、医疗等服务行业的建设不断完善, 可以满足不同收入人群的消费需求。

因此, 本文选取城市距离、城市规模差异、经济发展水平差异、城镇化水平差异、政府投入差异、居民收支水平差异、产业结构差异来研究各城市之间的人居环境关联关系, 相应指标见表 4。

表 4 成渝城市群人居环境空间关联网络影响因素数据说明
Tab. 4 Data explanation of the influencing factors of the spatial correlation network of human settlement in Chengdu-Chongqing urban agglomeration

| 变量符号 | 含义 | 参数说明 |
|-------|----------|------------------------------------|
| X_1 | 城市距离 | 城市间的地理距离矩阵 |
| X_2 | 城市规模差异 | 城市人口总数差异 |
| X_3 | 经济发展水平差异 | 人均 GDP 差异 |
| X_4 | 城镇化水平差异 | 城镇化率差异 |
| X_5 | 政府投入差异 | 人均财政支出差异 |
| X_6 | 人均收支水平差异 | 城镇居民人均可支配收入、城镇居民人均消费支出 2 项指标经熵权法合成 |
| X_7 | 产业结构差异 | 第三产业产值占 GDP 比重 |

据此, 构建模型如下。

$$Q=f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7)$$

式中: 所有指标数据均为矩阵, Q 表示城市群人居环境质量空间关联关系矩阵, 括号内为解释变量, 即表中 7 个变量的矩阵。分别选取 2019 年对应指标的绝对差值建立差异矩阵。

2.4.2 QAP 相关性分析

由表 5 可知, 城市距离、人均收支水平差异、产业结构差异 3 个影响因素通过了 1% 的显著水平检验, 城镇化水平差异、政府投入差异在 5% 的水平下显著, 经济发展水平差异在 10% 水平下显著, 城市规模差异不显著。

表 5 成渝城市群人居环境空间关联网络影响因素分析
Tab. 5 Driver factors of the spatial correlation network of human settlement environment in Chengdu-Chongqing urban agglomeration

| 自变量 | QAP 相关性分析 | | QAP 回归分析 | |
|-------|-----------|----------|----------|----------|
| | 相关系数 | 显著性水平 | 标准化系数 | P 值 |
| X_1 | -0.586 | 0.000*** | -0.582 | 0.000*** |
| X_2 | 0.003 | 0.179 | - | - |
| X_3 | -0.138 | 0.079* | -0.200 | 0.081* |
| X_4 | 0.170 | 0.023** | 0.067 | 0.082* |
| X_5 | 0.128 | 0.036** | 0.030 | 0.090** |
| X_6 | 0.171 | 0.000*** | 0.214 | 0.021** |
| X_7 | 0.208 | 0.000*** | 0.103 | 0.035** |

注: $R^2=0.387$, 调整后 $R^2=0.371$; 显著性水平为 0.000; *, **, *** 分别表示在 0.1、0.05、0.01 水平上显著

说明城市距离、人均收支水平差异、产业结构差异、城镇化水平差异、政府投入差异、经济发展水平差异为影响成渝城市群人居环境空间关联的因素, 因此本文选取这 6 种因素作为解释变量。其中城市距离、经济发展水平差异对空间关联性起到负向促进作用, 城镇化水平差异、政府投入差异、人均收支水平差异、产业结构差异对空间关联性起到正向促进作用。

2.4.3 QAP 回归分析

与传统线性回归不同, QAP 回归分析可避免自变量之间的多重共线性对回归结果造成的偏差, 同时也是专门探究矩阵之间回归关系的方法。本文将随机置换次数设为 10 000 次, 对成渝城市群人居环境空间关联的影响因素模型进行 QAP 回归分析, 结果见表 5。回归结果显示调整后 R^2 为 0.371, 说明该模型中城市距离、人均收支水平差异、产业结构差异、城镇化水平差异、政府投入差异、经济发展水平差异等 6 个因素可以解释成渝城市群人居环境空间关联效应的 37.1%。

其中, 城市距离矩阵的回归系数高达 -0.582, 且在 1% 的水平上显著, 表明城市间距离对人居环境关联关系具有很大的负向影响, 这主要是因为距离增加导致人居环境关联要素在城市间传递及溢出成本提升, 进而降低了人居环境的关联程度。经济发展水平差异在 10% 的水平上显著为负, 说明区域内经济发展水平的相似性有助于提升人居环境关联强度, 分析其原因在于相似的经济水平代表着这些城市基本处于同一发展阶段, 因此对人居环境建设存在相似的要求, 进而城市间人居环境的交流与合作会更加顺畅、

更有借鉴意义。城镇化水平差异、政府投入差异、人均收支水平差异、产业结构差异分别在10%、5%水平上显著为正,表明城市间城镇化水平、资金投入力度、居民收入及消费水平、第三产业比例差异越大,越容易发生人居环境的空间关联。一方面是因为城镇化率越高,政府资金投入越多,城市城市基础设施就越好,城市凝聚力越强,因此就业机会越多。另一方面城市居民收入和消费水平越高,城市服务行业比重越大,表明城市经济活力越强,生活品质更高,对小城市的人才和资金吸引力越强,越容易使得人居环境系统中的资源要素产生跨区域溢出效应。城市规模差异不显著,表明城市人口数量并不能代表城市人居环境质量,虽然人口数量的提升可以丰富城市的劳动力,但如若城市管理者治理能力不善,反而会招致城市交通拥堵、环境污染等“大城市病”问题的出现。

3 结论与建议

3.1 结论

(1)从整体网络结构特征来看,2008—2019年成渝城市群人居环境整体网络结构的关联关系系数和网络密度呈现出逐年增长的趋势,关联关系系数由29增加到174,网络密度由0.12,增长到0.73,表明城市群内部的人人居环境空间关联关系越来越紧密,已表现出复杂的网络关联关系;

(2)从个体网络结构特征来看,成都、重庆、内江和资阳等城市位于网络的核心位置,其中成都、重庆对周边城市产生虹吸作用,内江、资阳、自贡等城市起到积极地贡献作用。达州、雅安、广安、宜宾等偏远地区城市处于边缘位置,与其他城市建立的人人居环境关联关系比较薄弱,且处于被动地位。此外,近年来随着节点城市中心性水平的提高,成渝两座城市的桥梁中介效应正逐渐减弱;

(3)从群体空间等级划分来看,成渝城市群可划分为5个等级,成都、重庆位于第一层级,德阳、自贡、内江、眉山位于第二层级,资阳、绵阳、乐山位于第三层级,遂宁、南充、雅安、泸州、宜宾、广安位于第四层级,达州位于第五层级。网络中大多数城市处于三、四层级,相较于成都市而言,重庆市人居环境的辐射带动潜力有待挖掘;

(4)从QAP分析结果来看,城市距离、人均收支水平差异、产业结构差异、城镇化水平差异、

政府投入差异、经济发展水平差异等6个因素可以解释成渝城市群人居环境空间关联效应的37.1%。其中城市距离、经济发展水平差异对空间关联性起到显著负向影响,而城镇化水平差异、政府投入差异、人均收支水平差异、产业结构差异的扩大可以促进城市间人居空间关联关系的建立。

3.2 建议

分析表明,城市群人居环境质量提升的实现不能仅考虑单一城市的人居环境建设,必须从整体角度出发建立人居环境高质量协同发展机制,现提出以下建议:

(1)全面充分认识成渝城市群人居环境空间关联关系及其网络结构特征,创新人居环境高质量协同发展思路,实现跨区域的人居环境协同建设。一方面通过宏观调控和市场机制为人居环境要素在城市间的流动创造更有利的条件。此外,更加重视并善于利用人居环境的空间关联效应,逐渐形成区域人居环境“共建共治共享”思路,实现人居环境建设由“点”及“面”逐步深入;

(2)不断提高成渝人居环境关联网络关联关系数,持续优化关联网络结构,因地制宜制定人居环境建设目标,对处于不同发展阶段城市做到因城施策。充分发挥成都、重庆等核心城市在关联网络中的示范引领作用和中介桥梁作用,持续加强达州、雅安、广安等“边缘”城市与其他城市的人人居环境建设的交流与合作,从薄弱处发力增加成渝城市群人居环境的溢出渠道;

(3)提升成渝城市群各层级城市人居环境的关联效果,缩小第三、四层级城市与第一、二城市的差距。进一步挖掘重庆市的人人居环境建设潜力,充分发挥其资源优势提高辐射带动能力,促进各类要素合理流动和高效聚集,实现人居环境资源的空间分级管理;

(4)城市群城市人居环境建设协同合作应优先考虑从人口体量相似、地理空间距离邻近的城市开始;人均收支水平差异越大、城镇化水平差异越大,政府投入差异越大,越容易产生人居环境关联关系,因此从城市群层面看,政府投入优先促进先进城市综合经济提升以及城市化发展可以促使先进城市发挥先锋模范作用,有利于打通行政阻隔实现优质公共服务的跨地区共享,发挥核心城市的优质人居环境辐射作用,加快改善提升民生福祉。

参考文献 References

- [1] 李雪铭,李婉娜. 1990年代以来大连城市人居环境与

- 经济协调发展定量分析[J]. 经济地理, 2005(3): 383-386, 390.
- LI Xueming, LI Wanna. Quantitative analysis of coordinated development between urban living environment and economy in Dalian since the 1990s[J]. Economic Geography, 2005(3): 383-386, 390.
- [2] THERRIEN M C, TANGUAY G A, BEAUREGARD-GUÉRIN Iseut. Fundamental determinants of urban resilience: A search for indicators applied to public health crisis[J]. Resilience, 2015, 3(1): 18-39.
- [3] 邵海琴, 王兆峰. 长江中游城市群人居环境空间关联网络结构及其驱动因素[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(5): 983-994.
- SHAO Haiqin, WANG Zhaofeng. The spatial correlation network structure and driving factors of human settlement environment in urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze river[J]. Resources and Environment in The Yangtze Basin, 2022, 31(5): 983-994.
- [4] 崔琳. 以战略规划引领区域协调发展推进区域治理[J]. 宏观经济管理, 2022(8): 32-41.
- CUI Lin. Leading regional coordinated development with strategic planning and promoting regional governance[J]. Macroeconomic Management, 2022(8): 32-41.
- [5] DOXIADIS C A. Ecology and ekistics[M]. Athen: Elek Boods Ltd., 1977.
- [6] 党云晓, 余建辉, 张文忠, 等. 环渤海地区城市居住环境满意度评价及影响因素分析[J]. 地理科学进展, 2016, 35(2): 184-194.
- DANG Yunxiao, YU Jianhui, ZHANG Wenzhong, et al. Evaluation of urban residential environment satisfaction and analysis of influencing factors in the Bohai Rim region[J]. Progress in Geography, 2016, 35(2): 184-194.
- [7] 兰敬伟, 李雪铭, 田深圳, 等. 珠三角城市群人居环境高质量发展时空演化特征及影响因素[J]. 资源开发与市场, 2022, 38(1): 31-38.
- LAN Jingwei, LI Xueming, TIAN Shenzhen, et al. The spatiotemporal evolution characteristics and influencing factors of high-quality development of human settlements in the Pearl River Delta urban agglomeration[J]. Resource Development Market, 2022, 38(1): 31-38.
- [8] 刘海旭, 余斌, 张加磊, 等. 长江经济带城市人居环境空间格局研究[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(12): 2795-2805.
- LIU Haixu, YU Bin, ZHANG Jialei, et al. Research on the spatial pattern of urban human settlement environment in the Yangtze River economic belt[J]. Resources and Environment in The Yangtze Basin, 2019, 28(12): 2795-2805.
- [9] 杨晴青, 陈佳, 李伯华, 等. 长江中游城市群城市人居环境演变及驱动力研究[J]. 地理科学, 2018, 38(2): 195-205.
- YANG Qingqing, CHEN Jia, LI Bohua, et al. Research on the evolution and driving forces of urban living environment in the middle reaches of the Yangtze River urban agglomeration[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(2): 195-205.
- [10] 李昊, 徐辉, 翟健, 等. 面向高品质城市人居环境建设的城市体检探索——以海口城市体检为例[J]. 城市发展研究, 2021, 28(5): 70-76, 101.
- LI Hao, XU Hui, ZHAI Jian, et al. Exploration of urban physical examination for high quality urban living environment construction: Taking Haikou urban physical examination as an example[J]. Urban Development Studies, 2021, 28(5): 70-76, 101.
- [11] 冯琰玮, 甄江红. 内蒙古自治区人居环境综合适宜性评价及空间优化[J]. 地球信息科学学报, 2022, 24(6): 1204-1217.
- FENG Yanwei, ZHEN Jianghong. Comprehensive suitability evaluation and spatial optimization of human settlement environment in Inner Mongolia Autonomous region[J]. Journal of Geo-information Science, 2022, 24(6): 1204-1217.
- [12] 窦银娣, 刘一曼, 李伯华, 等. 湖南省城市人居环境与新型城镇化耦合发展的时空演变研究[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2016, 52(5): 107-113.
- DOU Yindi, LIU Yiman, LI Bohua, et al. Study on the spatiotemporal evolution of the coupling development of urban living environment and new urbanization in Hunan Province[J]. Journal of Northwest Normal University(Natural Science), 2016, 52(5): 107-113.
- [13] 向丽, 胡珑瑛. 长江经济带旅游产业与城市人居环境耦合协调研究[J]. 经济问题探索, 2018(4): 80-89.
- XIANG Li, HU Longying. Research on the coupling and coordination of tourism industry and urban human settlement environment in the Yangtze river economic belt[J]. Inquiry Into Economic Issues, 2018(4): 80-89.
- [14] 李伯华, 李珍, 刘沛林, 等. 聚落“双修”视角下传统村落人居环境活化路径研究——以湖南省张谷英村为例[J]. 地理研究, 2020, 39(8): 1794-1806.
- LI Bohua, LI Zhen, LIU Peilin, et al. Research on the revitalization path of traditional village human settlement environment from the perspective of “Dual Cultivation” in settlements: A case study of Zhangguying

- village in Hunan province[J]. Geographical Research, 2020, 39(8): 1794-1806.
- [15] 唐健雄,刘雨婧.基于“三生”系统的典型旅游城市人居环境演变过程及机制研究——以张家界市为例[J].地理研究,2021,40(6):1803-1822.
TANG Jianxiong, LIU Yujing. Research on the evolution process and mechanism of human settlement environment in typical tourism cities based on the “three lives” system: A case study of Zhangjiajie city[J]. Geographical Research, 2021, 40(6): 1803-1822.
- [16] 董锁成,张佩佩,李飞,等.山东半岛城市群人居环境质量综合评价[J].中国人口·资源与环境,2017,27(3):155-162.
DONG Suocheng, ZHANG Peipei, LI Fei, et al. Comprehensive evaluation of human settlement environment quality in Shandong Peninsula urban agglomeration[J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(3): 155-162.
- [17] 李冬青,侯玲玲,闵师,等.农村人居环境整治效果评估——基于全国7省农户面板数据的实证研究[J].管理世界,2021,37(10):182-195,249-251.
LI Dongqing, HOU Lingling, MIN Shi, et al. Evaluation of the effectiveness of rural living environment improvement: an empirical study based on panel data of farmers in seven provinces across China[J]. Management World, 2021, 37(10): 182-195, 249-251.
- [18] 庞瑞秋,胡宁,魏治.基于多源数据的新疆人居环境质量评价[J].地理科学,2021,41(12):2127-2137.
PANG Ruiqiu, HU Ning, WEI Ye. Evaluation of human settlement environment quality in Xinjiang based on multi source data[J]. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(12): 2127-2137.
- [19] 哈尚辰,阿里木江·卡斯木.天山北坡经济带城市人居环境质量与城市化水平协调性评价[J].水土保持研究,2016,23(1):303-308,312.
HA Shangchen, ALI Mujiang Kasmu. Evaluation of the coordination between urban living environment quality and urbanization level in the economic belt of the Northern Slope of the Tianshan Mountains [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(1): 303-308, 312.
- [20] 崔世华,于婧,陈艳红,等.基于熵权 TOPSIS 的湖北省城市人居环境质量时空分异研究[J].华中师范大学学报(自然科学版),2022,56(4):695-702,716.
CUI Shihua, YU Jing, CHEN Yanhong, et al. Research on spatiotemporal differentiation of urban living environment quality in Hubei Province based on entropy weight TOPSIS[J]. Journal of Central China Normal University(Natural Sciences), 2022, 56(4): 695-702, 716.
- [21] 吴朋,李玉刚,管程程,等.基于ESDA-GIS的成渝城市群人居环境质量测度与时空格局分异研究[J].中国软科学,2018(10):16.
WU Peng, LI Yugang, GUAN Chengcheng, et al. Research on the measurement of human settlement environment quality and spatial and temporal pattern differentiation in Chengdu Chongqing urban agglomeration based on ESDA-GIS[J]. China Soft Science, 2018(10): 16.
- [22] 李雪铭,郭玉洁,田深圳,等.辽宁省城市人居环境系统耦合协调度时空格局演变及驱动力研究[J].地理科学,2019,39(8):1208-1218.
LI Xueming, GUO Yujie, TIAN Shenzhen, et al. Study on the spatiotemporal pattern evolution and driving forces of coupling coordination degree of urban living environment system in Liaoning Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(8): 1208-1218.
- [23] 徐长乐,吴梦.基于修正引力模型的成渝城市群空间联系分析[J].管理现代化,2018,38(3):85-87.
XU Changle, WU Meng. Spatial connection analysis of Chengdu-Chongqing urban agglomeration based on modified gravity model[J]. Modernization of Management, 2018, 38(3): 85-87.
- [24] 罗若愚,施嘉敏,吴珂旭.成渝城市群创新空间关联及其时空演变研究[J].科学决策,2023,309(4):118-130.
LUO Ruoyu, SHI Jiamin, WU Kexu. Research on the spatial correlation and spatiotemporal evolution of innovation in the Chengdu Chongqing urban agglomeration[J]. Scientific Decision-Making, 2023, 309(4): 118-130.
- [25] 彭雅丽,孙平军,罗宁,等.成渝城市群基本公共服务均等化的时空特征与成因解析[J].地域研究与开发,2022,41(1):32-37.
PENG Yali, SUN Pingjun, LUO Ning, et al. Analysis of the spatiotemporal characteristics and causes of equalization of basic public services in the Chengdu Chongqing urban agglomeration[J]. Areal Research and Development, 2022, 41(1): 32-37.

(编辑 吴海西)