

# 基于吉林一号夜光影像的高精度住房空置率测度与影响因素研究

## Research on High-precision Housing Vacancy Rate Measurement and Influencing Factors Based on Jilin-01 Nightlight Data

黄浩 赵慧敏 HUANG Hao, ZHAO Huimin

**摘要** 住房空置率是衡量城市兴衰与住房市场健康的重要指标,其影响着居民的生活水平和生活质量。现有研究多利用夜光数据或政府统计数据等进行测度,存在尺度较大、精度较低等问题,居住小区尺度的住房空置测度研究较为缺乏。基于此,采用分辨率为0.92—1.10 m的吉林一号高分夜光数据、居住小区矢量边界等多源数据,从居住小区尺度对住房空置率进行高精度估算,并采用市场新房、二手房待售待租数据和高精度人口数据进行二次精度检验。采用空间自相关等方法进一步分析住房空置率的分布差异和空间聚类,通过顾及样本自相关特征的随机森林模型深入解析住房空置率的潜在空间影响因子,并以长春市主城区1 869个住宅小区为样本进行研究,研究表明:长春市主城区高空置率居住小区的空间聚集性显著,中心城区西部及东北部为热点区域;长春市主城区高空置率居住小区主要为铁路旁住区、老旧住区、新建楼盘3大类型;影响长春市住房空置率前三的因子分别是房价、公共空间类设施密度、商业服务类设施密度。以期为空置住房的规划应对与精细化治理提供决策依据。

**Abstract** Vacant housing correlates deeply with the well-being of residents. It is an important indicator to assess the health of the real estate market. Existing research mostly uses night light data or government statistics to estimate the housing vacancy rate (HVR), but still with the problems of low accuracy and high cost of data acquisition. There is a lack of research on housing vacancy estimation on the residential block level. In this regard, 1 869 residential blocks in the main urban area of Changchun are taken as examples for empirical research. Firstly, multi-source data with high resolution such as Jilin-01 high-resolution night light data and land cover information are utilized to extract light intensity values and estimate HVR at the block level. A plausibility check is conducted using real estate and population statistics, which reveals high accuracy. Then, spatial autocorrelation is adopted to analyze the spatial distribution differences and clustering of HVR. Finally, the random forest model integrated with spatial autocorrelation features is utilized to measure the contribution rate of potential factors of HVR. The results show that: 1) residential areas with high HVR in Changchun have significant spatial aggregation, and the hotspot areas are located in the west and northeast; 2) residential areas with high HVR can be divided into three types: railway-side ones, old ones, and new-built ones; 3) housing price, density of public space facilities, and density of commercial service facilities contribute most to the HVR in Changchun. This study contributes to making planning strategies and refining the governance of vacant housing.

**关键词** 住房空置率;吉林一号夜间灯光数据;居住小区;空间自相关;影响因素

**Key words** housing vacancy rate; Jilin-01 night light data; residential areas; spatial autocorrelation; influencing factors

文章编号 1673-8985 (2023) 02-0101-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20230215

### 作者简介

黄浩

华南理工大学建筑学院

huanghao\_10111633@163.com

赵慧敏

清华大学建筑学院

博士研究生

### 0 引言

住房空置是20世纪后期国际社会面临的问题<sup>[1]</sup>,可导致社会资源的浪费,并对城市的可持续发展形成挑战。空置住房率是衡量房地产市场稳健与否的重要因素。在过去几十年,我国城市建设的强烈动机导致商品房供给过剩,到目前部

分城市的住房供给仍超过市场需求<sup>[2]</sup>,与此同时许多城市也在区域竞合中出现人口流失等问题,房屋空置问题进一步加剧。中国城镇住房空置率在2011—2017年间从约18.4%上升到21.4%<sup>[3]</sup>,我国贝壳研究院最新发布的《2022年中国主要城市住房空置率调查报告》虽统计口径不同,但

同样显示我国二三线城市平均住房空置率达到12%、17%，超过国际上合理住房空置率在10%以内的学界共识<sup>[4]</sup>。国外许多国家有国家部门统计的空置住房数据<sup>[5-6]</sup>，但在国内由于人口基数大、空置住房标准不一等问题，仍缺少该类官方数据。于是，许多学者关注到我国的空置住房问题，也对大量住房库存进行研究<sup>[7-9]</sup>。高精度的住房空置率测度对制定规划政策具有重要意义。住房空置率 (Housing Vacancy Rate, HVR) 在学界有诸多定义：联合国将其定义为目前空置住房单元占住房总数量的百分比<sup>[9]</sup>。部分学者将住房空置率概念运用在新建商品房空置率<sup>[10]78</sup>、租赁住房空置率<sup>[11]</sup>等研究中。

国内外住房空置率的相关研究主要涉及住房空置率的测度<sup>[12]90</sup>、空间分布特征<sup>[10]80</sup>、影响因素<sup>[13]</sup>、政策应对<sup>[13]86</sup>等。在住房空置率测度层面，国内外学者主要通过政府或机构的房屋待售待租数据<sup>[14]23</sup>、用水用电量<sup>[15]</sup>、地理定位大数据<sup>[16]</sup>、夜间灯光数据结合土地利用<sup>[17]8571</sup>、社交媒体<sup>[18]</sup>、高分遥感影像<sup>[19]</sup>等数据，结合空间数据分析、机器学习等方法进行住房空置率的测度与预测。总体而言，大多数研究集中在宏观尺度的测度，居住小区尺度的住房空置测度研究较为缺乏。少数学者对街区尺度的住房空置率进行测度<sup>[20]3</sup>，但该研究采用的珞珈一号夜光影像数据精度 (130 m) 对城市部分住区来说仍显精度不足，对于空置率分布的空间自相关特征等也欠缺考虑。住房空置率影响因子的相关研究上，最小二乘法 (Ordinary Least Squares, OLS) 是最常用的方法，但诸多学者发现住房空置率往往具有空间聚集性<sup>[21]</sup>，OLS拟合程度不高。于是部分学者开始转向使用空间杜宾模型 (Spatial Dubin Model, SDM)、空间误差模型 (Spatial Error Model, SEM) 等空间计量分析方法<sup>[14]24</sup>或地理加权回归对因子的相关性进行探究。而在现有研究中，极少学者采用机器学习的方法探究因素对住房空置率的影响。机器学习如随机森林模型等具有不易过拟合、稳定性强、可对影响因子贡献度作出客观判断等优点，其在精细尺度上的空置率研究仍缺乏运用。

本文中住房空置率指包括增量住房、存量

住房在内的空置住房与住房总量的比值，即包括商品房、福利房、安置房等所有类型的住房。基于此，本文顺应住房空置率的研究趋势，从区域尺度转向街区尺度的精细化识别。基于4步的住房空置率测度框架，选用较常规数据更高分辨率的夜光影像数据与多源精细数据进行识别与检验；并对住房空置率测度结果采用空间自相关分析其分布特征与空间类型。研究还通过融合数据源空间自相关特征的随机森林模型深入解析住房空置的影响因子，以期对空置住房政策调控与精细化治理提供量化的依据。

## 1 研究区域与数据

### 1.1 研究区概况

本文研究范围位于长春市主城区 (见图1)。长春市是吉林省省会，位于我国东北地区中部，市区面积4 789 km<sup>2</sup>，建成区面积506 km<sup>2</sup>，研究区面积约396.42 km<sup>2</sup>。选取其中1 869个住区作为本文的研究样本。长春是哈长城市群核心城市以及“一带一路”北线的重要节点城市，以其为研究对象能观测我国东北地区核心城市住房空置的整体情况。

### 1.2 研究框架与数据来源

本文的研究框架针对住房空置率的高精度测算与影响因子的识别，主要分成4个部分：首先对夜光等数据进行预处理；其次，结合不透水层、住区AOI等数据，对长春主城区的住房空置率进行高精度估算与检验；再次，通过空

间自相关判断空置住房的空间聚集情况，分析其空间分布特征；最后，通过顾及样本空间自相关特征的随机森林机器学习的方法测度影响因子的特征重要性，并对因子作用机制进行解析。

研究主要的使用数据 (见表1) 包括：①长春市居住小区兴趣面 (Area of Interest, AOI) 数据；②夜光数据及辅助处理数据：吉林一号高精度夜光遥感影像、NPP-VIIRS夜间灯光数据、人工不透水区 (GAIA) 年度地图等；③估算检验数据：长春市新房、二手房待售数据及建筑轮廓数据等；④影响因子数据：商业、公共服务、交通设施POI、道路路网数据及房价数据等。

### 1.3 数据预处理

本文主要使用2018年长春市高精度吉林一号夜光遥感影像，其具有空间分辨率高、谱段数目多、数据获取快速灵活的特点<sup>[23]</sup>，分辨率为0.92—1.10 m，较适用于城市微小光源识别和城市小范围精细化定量遥感建模。夜光数据预处理流程如下：

- (1) 对原始夜间灯光影像进行投影、剪切、重采样处理，将2种夜间灯光数据均转换为兰伯特等角圆锥投影 (大地基准为WGS-84，中央经线为110° E，双标准纬线分别为25° N和47° N，起始原点为0° )。
- (2) 对夜光遥感影像进行夜光增强处理，以减小天气、卫星拍摄角度等偶然因素的影响。
- (3) 通过掩膜提取法与乘法运算进行背景

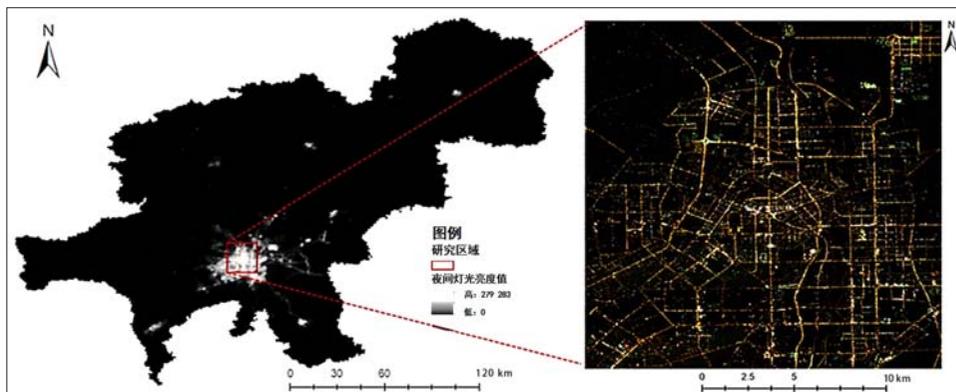


图1 长春市夜光遥感与研究范围

Fig.1 Changchun noctilucous remote sensing and research scope

资料来源：笔者结合吉林一号、NPP-VIIRS夜光遥感数据绘制。

噪声去除,结合前人的研究<sup>[19][21]</sup>,对NPP-VIIRS影像(已过滤火灾和背景光)进行二值化处理,将灰度值>0的像元赋值为1,并进行掩膜处理,对掩膜数据和吉林一号夜光遥感影像数据做乘法运算,剔除部分异常值。接着,在此数据的基础上,研究选择长春市夜间灯光强度最高值作为有效灯光阈值,进一步剔除异常值。

(4) 为保留夜光影像边缘的有效信息,采用八邻域算法<sup>[20]</sup>对数据进行平滑处理,最终得到长春市吉林一号夜间灯光修正数据。

## 2 研究方法

### 2.1 住区尺度的住房空置率估算

#### (1) 估算住区单元不透水层比例

由于夜间灯光辐射强度在很大程度上取决于像元内不透水面所占比例<sup>[24]</sup>,而像元对应的不透水面比重不同,在估算住房空置率时会产生误差。笔者借鉴Chen等<sup>[12][9]</sup>采用夜间灯光

强度单位不透水面的计算方法。传统处理NPP/VIIRS等夜光数据与不透水层关系的方法存在一定的数据精度差异和数据衔接问题,难以直接运用到吉林一号夜光数据上,因此本文采用住区AOI等小尺度数据,辅助进行高精度数据处理,以剔除非居住用地灯光的影响。

将GAIA不透水层数据二值化后,重采样为25 m精度,并将不透水层与住区AOI叠置,计算每个住区内不透水层比例(Urban Area Ratio, UAR)。

$$UAR = \frac{N_d}{N_t} \quad (1)$$

式中: $N_d$ 代表一个住区单元内所包含的不透水层像元数; $N_t$ 为一个住区单元内所包含的不透水层总像元数。

#### (2) 过滤非住宅要素的夜间灯光亮度

针对居住建筑住房空置率测算,而单元所包含的夜间灯光亮度不仅包含住宅要素的灯

光,还包含道路等非住宅要素的灯光,需要进行剔除。

本文将研究区内非住宅区域的夜间灯光亮度平均值(Average Light Intensity, ALI)作为非住宅要素所带来的平均灯光亮度。通过把住区AOI内的夜间灯光亮度减去非居住用地的夜间灯光亮度平均值,来过滤其他灯光要素的干扰。计算公式为:

$$N_n = avg(\sum_{k=1}^n N_{nk}) \quad (2)$$

$$N_R = N_O - N_n \quad (3)$$

式中: $N_n$ 为非住宅像元的夜间平均灯光值; $N_{nk}$ 为第k个非住宅像元的夜间灯光值; $N_O$ 为混合像元的原始夜间灯光值; $N_n$ 为过滤掉非住宅灯光后的居住区域灯光值。

#### (3) 估算住房空置率

Chen<sup>[12][9]</sup>提出“单位不透水层面积夜间灯光亮度”(Unit Lighting Intensity, ULI)概念,以避免由于夜间灯光遥感影像像元所包含的不透水层比例不一致所导致的住房空置率估算不准确的情况。其计算的是完成过滤的夜间灯光亮度与不透水层比例的关系。

$$N_{ULi} = N_{Ri}/UAR \quad (4)$$

式中: $N_{ULi}$ 指第i个住区内单位不透水层面积夜间灯光值; $N_{Ri}$ 为第i个住区内过滤掉非住宅灯光后的居住区域灯光值。

最后通过满置情况下的灯光亮度进行住房空置率估算。假定在市中心(即UAR最高

表1 数据来源表  
Tab.1 Data source

数据名称	精度	数据来源	年份
吉林一号夜光遥感影像	0.92—1.10 m	中国吉林一号遥感影像官网	2018年
NPP-VIIRS夜光遥感影像	0.250 km(采样后)	美国国家地球物理数据中心	2021年
人工不透水区(GAIA)年度地图	0.025 km(采样后)	清华大学地球科学系统研究中心	2018年
居住小区AOI	—	高德地图开放平台	2022年
长春市新房、二手房待售数据	—	链家平台	2022年
Worldpop人口	100 m	Worldpop官网下载	2020年
商业、公共服务、交通设施POI	—	百度地图开放平台	2018年
建筑轮廓	—	国家基础地理信息平台	2021年
行政区划	1:25万	国家基础地理信息平台	2021年
道路路网	—	OpenStreetMap获取	2021年
房价	—	房价网	2022年

资料来源:笔者自制。

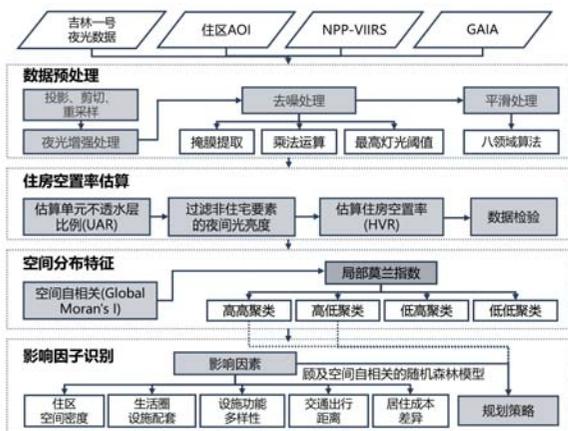


图2 研究框架图

Fig.2 Research framework

资料来源:笔者自绘。

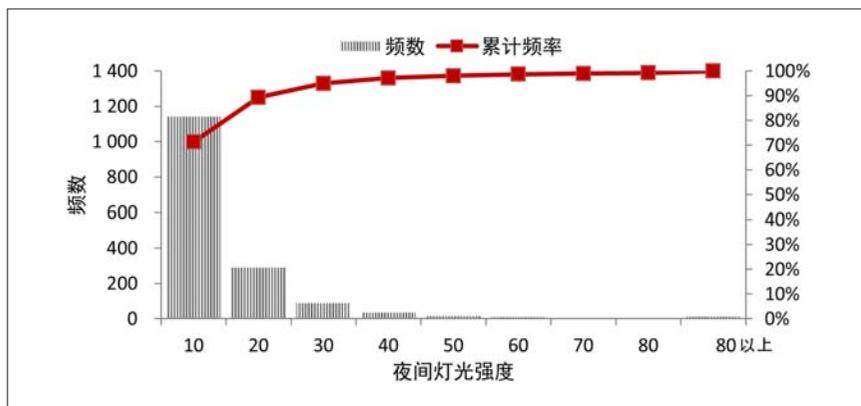


图3 长春主城区住区夜光强度频数分布直方图与累积频率

Fig.3 Histogram and cumulative frequency of noctilucous intensity of residential areas in the main urban area of Changchun

资料来源:笔者自绘。

值所对应的区域)的住房为满置状态,考虑到长春市主城区各主要像素的光强都在一个相对小的数值范围内,但同时也存在个别极高值,所以选取主要区间内的众数作为满置灯光值,最终估算各住区内住房空置率 (Housing Vacancy Rate, HVR)。

$$HVR_i = 1 - N_{Ui}/N_{Fi} \quad (5)$$

式中: $HVR_i$ 指第*i*个住区的住房空置率; $N_{Ui}$ 指第*i*个住区内单位不透水层面积夜间灯光值; $N_{Fi}$ 为住房满置情况下的夜间灯光值。

(4) 精度检验

现有研究常通过夜晚实地抽样<sup>[21]</sup>、微博签到数据辅助识别<sup>[18]822</sup>、房地产交易数据或普查数据<sup>[12]94</sup>、居民用水量<sup>[20]5</sup>等进行数据的检验。本文选取最直接的房地产待售待租面积数据与100 m精度栅格人口数据来对研究的HVR测度方法进行两轮的精度检验。

房地产待售待租面积数据通过空间链接得到各住区空置住房面积,接着通过建筑轮廓与层数数据计算得到各住区总建筑面积,总建筑面积根据平均得房率进行修正。空置住房面积与修正后总建筑面积的比值即为住房空置率。2020年Worldpop 100 m精度栅格人口数据通过全国第七次人口普查(以下简称“七普”)数据进行数据修正后,计算各栅格人口密度,进而通过住区AOI对叠压栅格进行分区加权统计,得到各住区实际居住人口数。而住房满置人口数由以下步骤得到:总建筑面积除以各住区平均户型面积得到住区户数,住区户数乘以长春家庭人口系数即为住房满置人口数。据七普数据,长春家庭平均户人口规模为2.41人/户。两轮验证均通过皮尔逊相关系数(Rpcc)、线性回归模型和相关系数,来对住房空置率进行检验。

$$R_{pcc} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (6)$$

式中: $x$ 、 $y$ 为*n*个数据的平均值。皮尔逊相关系数 $R_{pcc}$ 的取值范围为[-1, 1],即 $|R_{pcc}| \leq 1$ , $|R_{pcc}|$ 越接近于1,则表明*x*和*y*的相关程度越高。

2.2 顾及空间聚集的随机森林模型

随机森林是一种基于多棵决策树的集成

机器学习算法,其利用Bootstrap对训练集采取随机有放回地抽取特征数一致的样本,并对每个样本进行决策树建模,然后集合多棵决策树的预测,最终结果由投票或取平均值的方式获得。传统RF模型虽具有非线性回归和准确率高等优势,但对数据自身的空间自相关特征存在一定的忽视,未能充分针对对象特征进行学习。本文基于空置住区聚集的建成环境特征,将住区间的空间关系与空置率属性值共同组成空间自相关变量,并纳入RF的学习框架中。相较于SDM、SEM等,顾及空间聚集的随机森林模型具有多变量特征融合、对异常值不敏感、准确性和鲁棒性较好并有效避免过拟合等优点<sup>[25]</sup>。

$$I_{SA} = \left| \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right| \quad (7)$$

式中: $I_{SA}$ 为空间自相关变量, $n$ 为住区总个数; $x_i$ 和 $x_j$ 为住区*i*和住区*j*的住房空置率; $w_{ij}$ 是住区间的空间权重矩阵,此处选取的是反距离空间权重。

基于此,本文构建了顾及空间聚集特征的随机森林模型。以长春市1 869个住区作为样本数据集,并按照 7:3分为训练集与测试集。首先采用Python中的Sklearn库,调用Random Forest Regression模块建立随机森林回归模型。其次,将HVR作为因变量,将空间自相关变量与其他基础自变量共同输入随机森林模型中进行训练,并以均方根误差为参数调优的参照指标。经多次迭代后最终确定决策树的最佳数量,并以此对模型进行训练,最终获得住房空置率影响因子的特征重要性排序。

表2 皮尔逊相关系数表(一)

Tab.2 Pearson correlation coefficient 1

指标	Verify_real_estate_HVR	HVR
皮尔逊相关性	1	0.763**
Sig.(双尾)	—	0.000
平方和与叉积	85.150	54.435
协方差	0.130	0.083
个案数/个	655	655

注:\*\*:在0.01级别(双尾),相关性显著。

资料来源:笔者自制。

3 估算结果与空置住房分布特征

3.1 住房空置率估算结果

经计算,Worldpop人口数据根据七普数据的修正系数为0.967。住房空置率精度检验后发现:研究测度的HVR与通过房地产数据与人口数据计算的HVR的皮尔逊相关系数分别为0.763、0.578,均通过了显著性水平0.01的双尾检验(见表2-表3);两者间线性回归也通过了显著性检验,R<sup>2</sup>分别为0.582、0.334。因此,住房空置率估算的准确度较高。

根据国际通行惯例,将住房空置率在0%—10%之间划为合理区;10%—20%之间划为预警区;在20%以上划为危险区<sup>[22]</sup>。整体格局呈现低空置率社区主要分布在长春主城区中心,高空置率社区局部成片分布,其余沿城市环路零碎地分布在空置率合理的社区之间。处在住房空置危险区的社区倾向于分布在城市三环以外的新城(见图4),与现有研究结论<sup>[23]</sup>大致相符。通过对结果的进一步分析,住房空置率的频数分布与累积占比如图5所示,研究区整体空置率为16.43%;长春市主城区空置合理区占比74.0%,空置预警区占比3.1%,空置危险区占比23.9%。可以看出:长春市主城区大部分住区的住宅面积与人口匹配相对合理,新建商品房保有量,但仍有部分高空置率住区需要关注。

3.2 空置住房分布特征与类型划分

为了进一步分析长春住房空置率的空间分布特征和与其邻域属性值的相似度,本文采用空间自相关的全局莫兰指数(Global Moran's I)来进行研究。通过多空间权重矩阵进行比对,包括

表3 皮尔逊相关系数表(二)

Tab.3 Pearson correlation coefficient 2

指标	Verify_population_HVR	HVR
皮尔逊相关性	1	0.578**
Sig.(双尾)	—	0.000
平方和与叉积	24.778	12.698
协方差	0.075	0.039
个案数/个	332	328

注:\*\*:在0.01级别(双尾),相关性显著。

资料来源:笔者自制。

空间邻接矩阵 (Rook邻接矩阵与Queen邻接矩阵) 和空间距离矩阵 (距离阈值为100 m、300 m、500 m、800 m和1 000 m) 等, 并对其Moran's I 值进行Z检验 (见表4), 最终选取Rook邻接矩阵作为研究空间自相关分析的空间权重矩阵。整体空间分布格局上, 不同空间权重矩阵下, 长春市住房空置的空间聚集性都非常显著。空间自相关结果表明 (见表5), HVR的 Moran's I 为 0.41 (> 0), p值为0.00 (<0.01), z值为12.13 (>2.58), 空间聚类正相关显著, 且置信度达99%。

采用局域自相关 (Local Moran's I) 来揭示HVR的空间异质性, 得到冷热点聚类分布格局, 进一步探测HVR在空间集聚的位置的相关程度, 排除全局空间自相关分析的局部不稳定性<sup>[26]</sup>。

局部空间分布格局上, 住房空置率冷点区域主要位于主城区的南北向轴线上。从HVR的角度看, 长春市南北向发展较好, 中心区域空置率低, 周边也形成了大致一圈的低低聚集斑块, 整体态势较好。而热点区域主要分布在长春市中心城区的西部与东北部 (见图6), 结合实景地图判断其空间类型主要分3类: 铁路旁住区、

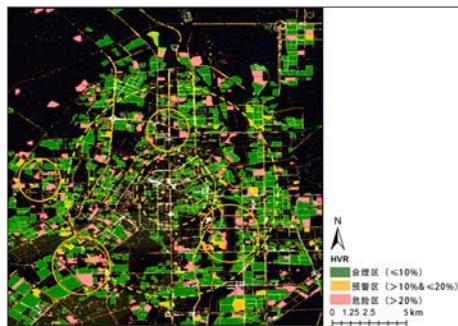


图4 2022年长春市中心城区住房空置率 (HVR) 分布图

Fig.4 Distribution of HVR in downtown Changchun in 2022  
资料来源: 笔者自绘。

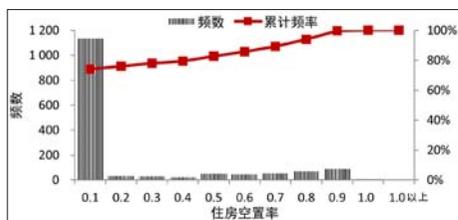


图5 长春主城区住房空置率频数分布直方图与累计频率

Fig.5 Histogram and cumulative frequency of HVR frequency distribution in main urban areas of Changchun  
资料来源: 笔者自绘。

老旧住区、新建楼盘。火车站、铁路周边噪声污染、人群流动多且混杂, 一定程度上导致该类区域的住房空置率比周边社区更高, 如长春南站、长图线铁路周边的住区等; 部分老旧住区存在基础设施不够完善、人口迁出等问题, 结合街景照片发现部分老旧住区缺乏修缮, 空间品质较差。此外, 近年长春仍有许多新建楼盘, 主要位于三环外的新城区, 相关配套设施还未完全建成, 住房已建待售的情况也较符合市区现状, 由此高空置率呈现聚集的状态。

#### 4 住房空置率影响因子分析

##### 4.1 影响因子选取

现有国内外研究已关注到住房空置率多维

表4 多种空间权重矩阵对应的Moran's I值、z值与p值

Tab.4 Moran's I value, z value and p value corresponding to multiple spatial weight matrices

空间权重矩阵	Moran's I值	z值	p值
空间邻接矩阵	0.35	11.25	0.00
邻接矩阵	0.41	12.13	0.00
反距离加权矩阵	0.07	4.54	0.00
100 m	0.30	7.04	0.00
300 m	0.13	6.34	0.00
500 m	0.08	6.73	0.00
800 m	0.06	7.47	0.00
1 000 m	0.05	8.07	0.00

资料来源: 笔者自制。

度的影响因素, 但研究更多关注住房外部的宏观影响因子<sup>[15, 21]</sup>, 如土地利用、经济增长、人口流动等自然、社会因素, 部分研究涉及微观尺度下的住区周边的空间因素<sup>[27]</sup>, 但仅关注到设施配套等, 对社区生活圈的生活需求考虑不足, 对因子的相互作用机制也缺乏探讨。基于此, 本文充分考虑市民在社区生活圈的生活与出行, 从生活圈生活质量、配套相关的5个维度, 共11个指标作为影响因子 (见表6)。经过线性回归分析, 各影响因子的 VIF 值均小于10, 排除多重共线性。其中, 容积率、建筑密度反映住区的空间密度; 公共服务、商业服务、公共空间等反映生活圈设施配套情况; 功能混合度反映住区周边功能的多样性; 道路整合度、穿行度等通过基于ArcGIS平台的sDNA (Spatial Design Network Analysis) 工具进行计算, 结合公共交通配备反映市民出行方便与否; 房价数据通过克里金插值的方法进行处理, 反映市民的居住成本。

表5 2022年长春市中心城区住房空置率全局莫兰指数表

Tab.5 Global Moran's Index of HVR in Changchun in 2022

全局莫兰指数指标	长春HVR
Moran's I值	0.41
预期指数	-0.005
方差	0.001
z值	12.13
p值	0.00

资料来源: 笔者自制。

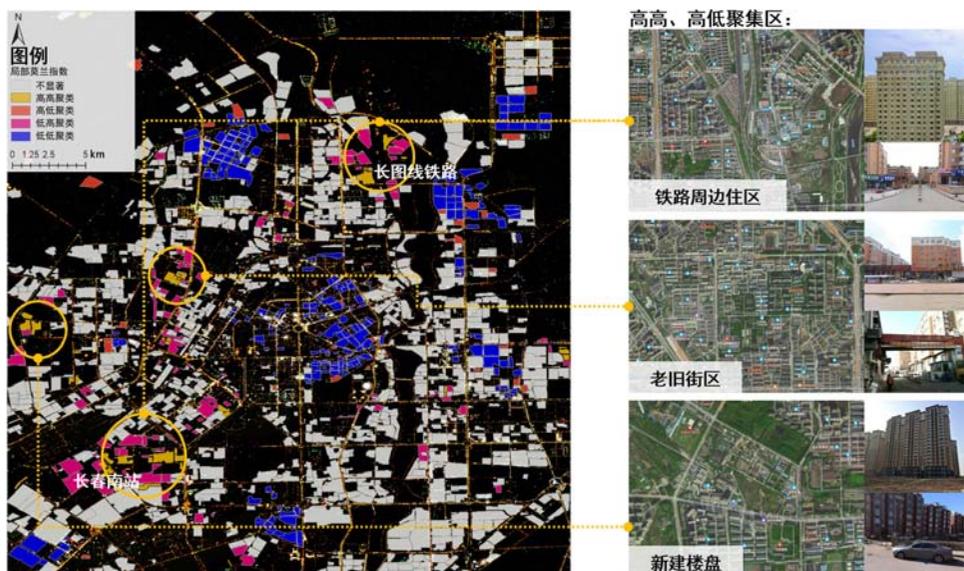


图6 2022年长春市中心城区住房空置率冷热点分布 (Local Moran's I)

Fig.6 Cold and hot spots distribution of housing vacancy rate in main urban area of Changchun in 2022 (Local Moran's I)  
资料来源: 笔者自绘。

### 4.2 回归结果与主要影响因素作用阐述

由于住房空置率存在较为显著的空间聚集特征,本文采用的随机森林模型将空间自相关变量纳入考虑,具有较好的模拟效果。以住房空置率实际值与预测值间的均方根误差(见图7)为判断标准,经多次迭代后最终确定决策树的最佳数量为500(见图8),纳入空间自相关变量前后的RF模型测试集预测的均方根误差分别为0.117、0.100。结果表明:通过随机森林对当前数据集进行预测的准确率符合要求,且顾及空间聚集特征的RF模型的模型解释度更高,预测误差减少约14.2%。

通过顾及空间聚集特征的随机森林模型输出的HVR影响因素特征重要性排序结果发现,房价、公共空间类POI密度、商业服务类POI密度3个因素对模型的贡献率最大。

房价(11.08%)会对住房空置率产生显著的正向影响。房价过高可能是导致部分住房空置率较高的原因,尤其是城区外环的新建楼盘,与现有研究<sup>[17]8584, [28]</sup>的结论相似。新冠疫情等原因导致长春市的经济增速放缓,市民的生活生计受到不同程度的影响,人均收入影响着居民的住房购买力,部分高房价住区一定程度上推动部分市民转向在房价、租价相对较低的房屋居住。房屋租赁价格波动也影响着城市部分住区的住房空置率波动。此外,空置率提高会对房价形成下退压力<sup>[29]</sup>,通过房地产市场的实际销售情况影响房价,两者具有相互影响的关系。

公共空间类POI密度(10.79%)的特征重要性也相对较大。公共空间包括公园绿地等开放空间与体育休闲类设施。经过公共空间背景图片调查发现,图6中的3类高空置率住区类型均在公共空间密度较低的区域。后疫情时期,人们对公共空间与公众健康更加关注,在其中,绿地与开放空间能通过吸收污染物等方式对公共健康产生重要影响<sup>[30]</sup>,市民更倾向于居住在公共空间规模较大的住区。公共空间密度较大、布局更合理的地方往往住房空置率更低,较好的体育休闲设施的配置也促进人们进行日常锻炼、休闲游憩以促进身心健康。而公共空间较少的住区相应存在公共活动较少、呼吸健康水平

表6 生活圈生活质量与配套视角影响因素指标表(5D)

Tab.6 Index table of influencing factors of life circle quality and supporting perspective

一级指标	二级指标	计算方法	备注
住区空间密度	容积率	建筑面积/占地面积	—
	建筑密度	建筑基底面积/占地面积	—
15分钟生活圈内设施配套	周边商业服务类POI密度	住区周边设施数量/范围面积	餐饮、购物、金融保险、生活服务
	周边公共服务类POI密度	住区周边设施数量/范围面积	政府机构、科教文化、医疗保健等
	周边公共空间POI密度	住区周边设施数量/范围面积	公园绿地、体育休闲等
设施功能多样性	功能混合度	信息熵	—
	周边道路整合度	sDNA	—
交通出行距离	周边道路穿行度	sDNA	—
	周边公交站点密度	住区周边设施数量/范围面积	—
	周边轨交站点密度	住区周边设施数量/范围面积	—
	居住成本差异	房价	克里斯金插值

资料来源:笔者自制。

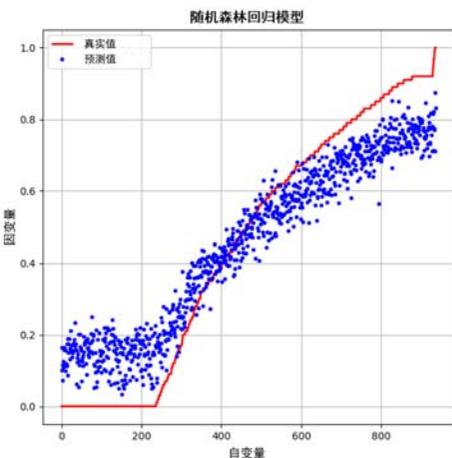


图7 RF模型预测集预测均方根误差  
Fig.7 RMS error of prediction of RF model testing set  
资料来源:笔者自绘。

较低<sup>[31]</sup>等问题。此外,公共空间较少的城市区域如图6中的部分老旧街区,建筑密度较高,人群也较为混杂,存在许多低质量待租房屋,一定程度上也导致部分高密度老旧社区出现住房空置率较高的问题。

商业服务、公共服务类POI密度的特征重要性相差不大,分别为10.38%、10.30%,共同对住房空置率产生负向影响。商业服务POI包括生活服务配套的设施点,公共服务POI包含文教、医疗等公共设施。在我国倡导社区生活圈规划背景下,“5分钟—10分钟—15分钟”分层级生活圈中不同的设施服务配备是否充足是市民在日常衣食住行中能切身感受到的。周边公共服务与商业服务设施不足的住区面临着更高的住房空置风险。生活圈服务设施配备是市民日常生活品质的基本要求。更高质量、更具韧性的生活服

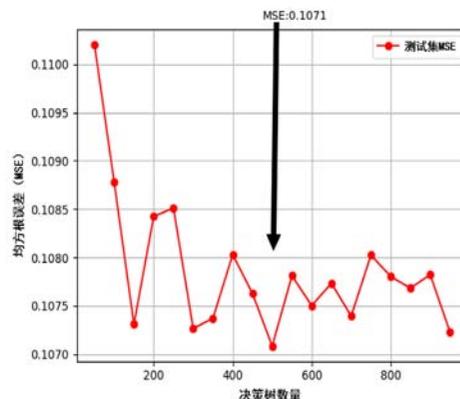


图8 RF模型不同数目决策树与预测均方根误差关系图  
Fig.8 Relationship between different number of decision trees of RF model and RMS of prediction  
资料来源:笔者自绘。

务设施配套能缓解住房大量空置的问题。

周边道路整合度(9.93%)与穿行度(10.32%)的特征重要性明显比公交(9.01%)、轨交站点密度(6.55%)更大。该类指标特征侧面反映出长春市市民的出行更依赖汽车出行,因此周边车行交通的通达性对住房空置率会有较大的影响。交通设施的完善程度影响着市民出行的便利程度,与市民的日常通勤和游憩息息相关。结合高空置率区位和交通出行距离类指标的可视化发现:即使铁路周边的住区对外交通可达性很高,但城市常住人口更倾向于选择市内交通便利的社区。同时,高空置率的老旧街区和新建楼盘往往比低空置率社区在市内交通便捷性和可达性上更差。住区的空间密度也是空置率较重要的影响因素,容积率(9.82%)的特征重要性较建筑密度更高,且容积率会对住房空置率产



图9 因子特征重要性条形图

Fig.9 Feature importance of influencing factors

资料来源:笔者自绘。

生显著的负向影响,反映出高容积率的住区可能由于建成时间较晚,住区环境质量与部分配套较好,则住房空置率也较低。功能混合度(4.06%)对模型的贡献程度最小,空置住房周围的功能混合度异质性强,模型训练时难以识别出足够的影响特征。这可能与长春市市民选取居住地时较少考虑功能的丰富程度、更多关注基本的生活与出行需要等原因有关。

## 5 结论与讨论

本文以吉林一号高精度夜光数据为主,结合其他多源数据,在前人的基础上建立了住区尺度HVR更高精度的估算框架,采用空间聚类分析丰富了空置住房的分析方法,并通过机器学习对住房空置率影响因子的特征重要性进行判断,主要得到以下主要结论:

(1) 长春市主城区高空置率居住小区的空间聚集性显著,中心城区西部及东北部为热点区域。研究区整体的空置率为16.43%,大部分住区的住宅面积与人口匹配相对合理。其中,长春市南北向发展较好,中心区域空置率低;空置率超过20%的住区主要分布在三环以外新城区,并呈现非常显著的空间聚集的趋势。

(2) 长春市主城区的高空置率居住小区主要为铁路旁住区、老旧住区、新建楼盘3大类型。结合街景图片发现,各类型住区的空置住房成因不同:铁路周边人群流动多且混杂,空间品质较低,且部分小区的市内交通便捷性差;部分老旧住区存在公共服务与商业设施不足、基础设施缺

乏修缮及人口迁出等问题;新建楼盘周围的相关配套设施还未完全建成,近年待售楼盘较多,且部分楼盘房价偏高,一定程度上导致高空置率。

(3) 房价、公共空间类设施密度、商业服务类设施密度等3个因素对随机森林模型贡献度最大,是影响长春市住房空置率的重要因素。房屋租赁价格作为居民居住意愿的重要参考指标,可显著影响城市住房空置率。此外,社区是提供城市公共服务的基本单元,其商业、生活服务等生活要素配置在社区生活圈中尤为重要,也可对住房空置造成较大影响,绿地与开放空间也能一定程度降低住区的住房空置率。

本文创新之处主要体现在:①结合吉林一号高分夜光数据等多源精细数据,构建了住区尺度的住房空置率更高精度的测度框架,一定程度上推动了住区尺度空置率测算的研究进展;②对住房空置率的空间分布与空间自相关特征进行分析,并对空置住房进行类型划分;③将住房空置率空间聚集的特征变量纳入机器学习的方法框架中,实现建成环境空间自相关特征变量与其他影响因素的融合,优化并提升了机器学习的模型解释度。

在住房空置率测度研究愈加精准化的趋势下,规划决策需要进行针对性的规划思路转变。住房空置已经是我国许多城市面临的问题,尤其是中型城市<sup>[14]22</sup>。城市决策者可对住房空置率高的片区实施“合理精简”导向<sup>[32]</sup>的适应型规划。部分学者也将“临时使用”(Interim Use)的理念介入住房空置问题进行探讨,其可作为一种过

渡空置问题的应对方法,能在空置空间再利用的基础上振兴地区活力<sup>[33]</sup>。在如今智能规划时代,结合我国住房实情,可借鉴日本国土交通省启动的“全国版空房地数据库”、企业主导的“空置住房银行”等平台<sup>[13]86</sup>,对城市空置住房信息进行统一管理,帮助空房业主与住房需求者形成精准匹配,以调整住房的供需问题。

研究在HVR影响因子的选取上对住房质量等内生性原因缺少考虑,是由于住房质量难以被准确量化的问题;不同收入、不同生活习惯的住户夜间产生灯光的强度存在不同,研究虽通过夜间灯光强度的众数作为满置灯光取值来避免极端值的影响,但还缺少实地调查进行进一步验证。未来研究希望结合住区内部实景图像的大规模识别与评估来测度住房质量,并结合手机信令数据等更精细化的数据来测度街区人口密度等,为街区尺度下的空置影响因素做出更细致的甄别,以此为人本尺度上缓解住房空置的决策提供更多的支撑。■

(本文来源于“中国城市科学学会城市大数据专业委员会2022年会暨第三届‘城市文化感知与计算’学术研讨会”。在专题论坛“基于大数据的城市规划支持”中进行宣讲。)

## 参考文献 References

- [1] PARK Y, NEWMAN G D, LEE J E, et al. Identifying and comparing vacant housing determinants across South Korean cities[J]. Applied Geography, 2021, 136: 102566.
- [2] LI Y, ZHU D, ZHAO J, et al. Effect of the housing purchase restriction policy on the real estate market: evidence from a typical suburb of Beijing, China[J]. Land Use Policy, 2020, 94: 104528.
- [3] 中国家庭金融调查与研究中心. 2017中国城镇住房空置分析[EB/OL]. (2018-12-21) [2022-07-20]. <https://chfs.swufe.edu.cn/info/1031/1471.htm>.
- [4] LU B, WANG C. Measuring the market efficiency of

- housing market in China: based on the perspective of disequilibrium[J]. *Open Journal of Social Sciences*, 2015, 3(6): 127.
- [5] WEINBERG D H. How the United States measures well-being in household surveys[J]. *Journal of Official Statistics*, 2006, 22(1): 113.
- [6] DENG Y, GIRARDIN E, JOYEUX R, et al. Did bubbles migrate from the stock to the housing market in China between 2005 and 2010?[J]. *Pacific Economic Review*, 2017, 22(3): 276-292.
- [7] SEGÚ M. The impact of taxing vacancy on housing markets: evidence from France[J]. *Journal of Public Economics*, 2020, 185: 104079.
- [8] SHI L, WURM M, HUANG X, et al. Urbanization that hides in the dark—spotting China's "ghost neighborhoods" from space[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 200: 103822.
- [9] United Nations Statistical Office. Compendium of human settlements statistics[EB/OL]. (2001-06-22) [2022-07-21]. <https://digitallibrary.un.org/record/441855>.
- [10] 唐如建, 付光辉. 南京市新建商品住宅空置率空间差异分析[J]. *城市问题*, 2017 (2): 77-82.  
TANG Rujian, FU Guanghui. An analysis of new commodity housing vacancy rate spatial difference in Nanjing[J]. *Urban Problems*, 2017(2): 77-82.
- [11] 张敬云. 住房租赁市场房屋维修投资决策与均衡空置率确定[J]. *现代城市研究*, 2020 (10): 116-122.  
ZHANG Jingyun. Investment decision and equilibrium vacancy rate of housing maintenance in housing rental market[J]. *Modern Urban Research*, 2020(10): 116-122.
- [12] CHEN Z, YU B, HU Y, et al. Estimating house vacancy rate in metropolitan areas using NPP-VIIRS nighttime light composite data[J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2015, 8(5): 2188-2197.
- [13] 金细簪, 黄嘉林. 日本空置住房问题及应对措施的经验与启示[J]. *现代日本经济*, 2020 (6): 78-92.  
JIN Xizan, HUANG Jialin. The experience and enlightenment of Japan's vacant housing problem and countermeasures[J]. *Journal of Modern Japan's Economy*, 2020(6): 78-92.
- [14] 杨鹏飞, 潘竟虎. 中国地级及以上城市住房空置的空间格局及影响因素——基于CHFS调查数据的分析[J]. *商业经济*, 2022 (3): 22-27, 31.  
YANG Pengfei, PAN Jinghu. Spatial pattern and influencing factors of housing vacancy in prefecture-level cities in China: an analysis based on CHFS survey data[J]. *Commercial Economy*, 2022(3): 22-27, 31.
- [15] YAO Y L, LI Y. House vacancy at urban areas in China with nocturnal light data of DMSP-OLS[C] // *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services*. New York: IEEE, 2011: 457-462.
- [16] JIN X, LONG Y, SUN W, et al. Evaluating cities' vitality and identifying ghost cities in China with emerging geographical data[J]. *Cities*, 2017, 63: 98-109.
- [17] WANG L, FAN H, WANG Y. An estimation of housing vacancy rate using NPPVIIRS night-time light data and OpenStreetMap data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2019, 40(3): 8566-8588.
- [18] 贺蕾, 潘竟虎, 董磊磊. 基于遥感和微博签到数据的住房空置空间识别[J]. *遥感技术与应用*, 2020, 35 (4): 820-831.  
HE Lei, PAN Jinghu, DONG Leilei. Study on the spatial identification of housing vacancy[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2020, 35(4): 820-831.
- [19] ZOU S, WANG L. Individual vacant house detection in very-high-resolution remote sensing images[J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2020, 110(2): 449-461.
- [20] SHI L, WURM M, HUANG X, et al. Estimating housing vacancy rates at block level: the example of Guiyang, China[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2022, 224: 104431.
- [21] 张栋, 李德平, 周亮, 等. 利用高分影像和珞珈一号数据进行住房空置率高精度空间估算[J]. *测绘通报*, 2021 (1): 41-46, 52.  
ZHANG Dong, LI Deping, ZHOU Liang, et al. High precision spatial estimation of housing vacancy rate based on high resolution image and luojia-1[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2021(1): 41-46, 52.
- [22] 文兼武, 闫海琪, 刘冰. 境外住房空置率定义及统计方法[J]. *中国统计*, 2010 (12): 15-18.  
WEN Jianwu, LYU Haiqi, LIU Bing. Definition and statistical method of overseas housing vacancy rate[J]. *China Statistics*, 2010(12): 15-18.
- [23] 张国亮, 朱瑞飞, 杜一博, 等. 吉林一号高分辨率夜光遥感影像在城市监测中的应用[J]. *卫星应用*, 2020 (3): 27-33.  
ZHANG Guoliang, ZHU Ruifei, DU Yibo, et al. Application of Jilin-1 high resolution noctiluent remote sensing image in urban monitoring[J]. *Satellite Applications*, 2020(3): 27-33.
- [24] LETU H, HARA M, YAGI H, et al. Estimating energy consumption from night-time DMPS/OLS imagery after correcting for saturation effects[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2010, 31(16): 4443-4458.
- [25] BIAU G. Analysis of a random forests model[J]. *The Journal of Machine Learning Research*, 2012, 13: 1063-1095.
- [26] 张松林, 张昆. 空间自相关局部指标Moran指数和G系数研究[J]. *大地测量与地球动力学*, 2007 (3): 31-34.  
ZHANG Songlin, ZHANG Kun. Study on Moran index and G-coefficient of spatial autocorrelation local index[J]. *Journal of Geodesy and Geodynamics*, 2007(3): 31-34.
- [27] 白艳, 万豫, 张尚书, 等. 住房空置率影响因素探究——以合肥为例[J]. *建筑与文化*, 2019 (9): 69-71.  
BAI Yan, WAN Yu, ZHANG Shangshu, et al. Research on influencing factors of housing vacancy rate: a case study of Hefei[J]. *Architecture and Culture*, 2019(9): 69-71.
- [28] ZHANG S Y. Research on Kunming house price model based on bubble measurement[J]. *International Journal of Social Science and Education Research*, 2019, 2(7): 150-158.
- [29] WANG Y S, HAO Z B, ZHANG Y, et al. A study on vacancy rate of commercial houses in Guangzhou[C]//*Proceedings of 2011 International Conference on Construction & Real Estate Management*. 出版地: 出版社, 2011.
- [30] 王兰, 廖舒文, 赵晓菁. 健康城市规划路径与要素辨析[J]. *国际城市规划*, 2016, 31 (4): 4-9.  
WANG LAN, LIAO Shuwen, ZHAO Xiaojing. Exploration of approaches and factors of healthy city planning[J]. *Urban Planning International*, 2016, 31(4): 4-9.
- [31] 王兰, 张雅兰, 汪子涵. 针对慢性非传染性呼吸系统疾病的绿色空间定量研究进展[J]. *南方建筑*, 2021 (3): 1-7.  
WANG LAN, ZHANG Yalan, WANG Zihan. Quantitative research progress of green space for chronic non-communicable respiratory diseases[J]. *Southern Architecture*, 2021(3): 1-7.
- [32] SCHILLING J, LOGAN J. Greening the rust belt: a green infrastructure model for right sizing America's shrinking cities[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2008, 74(4): 451-466.
- [33] 衣霄翔, 张郝萍, 夏雷. 国际收缩城市应对空置问题的临时使用策略及启示[J]. *城市规划学刊*, 2022 (2): 111-118.  
YI Xiaoxiang, ZHANG Haoping, XIA Lei. Strategies and revelations of international contracting city to deal with the temporary use of the vacancy problem[J]. *Urban Planning Forum*, 2022(2): 111-118.