

农村居民点多尺度空间特征分析与评价

谢嘉丽¹, 张 涵¹, 王 峰¹, 周博文²

(1. 桂林理工大学 测绘地理信息学院, 广西 桂林 541004; 2. 杭州视远时空未来技术有限公司, 浙江 杭州 310023)

摘要:提出一种从“全域、区块、地块”3个尺度,“规模特征、集聚程度、空间形态”3个维度进行农村居民点空间分布特征分析的方法。实验以长兴县为研究区,利用U-net神经网络模型提取多尺度农村居民点边界,并利用四项面积指标分析、热点分析及形状指数分析等方法,对居民点的分布特征进行多尺度分析与评价。研究结果表明:1)全域尺度上,研究区属于用地集约地区,且宅基地用地接近当地最低标准;2)区块尺度上,研究区农村居民点的面积属性呈现明显的“冷热点”特征;3)地块尺度上,研究区居民点主要呈现出条带形、分散形和片块形,整体图斑面积偏大、空间形态较为规整。多尺度空间特征分析对研究平原地区城镇化发展现状有着重要的现实意义。

关键词:农村;居民点;空间特征;多尺度分析;多维度分析

中图分类号:P208 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-5867(2024)06-0004-04

Analysis and Evaluation of Multi-Scale Spatial Characteristics of Rural Residential Areas

XIE Jiali¹, ZHANG Han¹, WANG Feng¹, ZHOU Bowen²

(1. College of Geomatics and Geoinformation, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China;
2. Hangzhou SensingX Technology Co., Ltd, Hangzhou 310023, China)

Abstract: This paper puts forward a method to analyze the spatial distribution characteristics of rural residential areas from three scales of "whole region, block and plot", and three dimensions of "scale feature, agglomeration degree and spatial form". The experiment takes Changxing county as the research area, extracts multi-scale rural residential boundaries by using U-net neural network model, and analyzes and evaluates the distribution characteristics of residential areas by using four area indicators, kernel density estimation, hot spot analysis and shape index analysis. The results show that: (1) On the scale of the whole area, the study area is a land-intensive area, and the homestead land is close to the local minimum standard. (2) At the block scale, the area attribute of rural residential areas in the study area shows obvious "cold hot spot" characteristics. (3) At the plot scale, the residential areas in the study area are mainly strip-shaped, scattered and block-shaped, and the overall map area is large and the spatial pattern is relatively regular. The analysis of multi-scale spatial characteristics is of great practical significance for the study of urbanization development in plain areas.

Key words: rural areas; residential area; spatial characteristic; multi-scale analysis; multi-dimension analysis

0 引言

农村居民点是农村人地关系最直接的体现,深入分析农村居民点格局特征,对建设宜居宜业乡村、加强人居环境整治及农村区域发展宏观调控具有重要的意义^[1-2]。从多尺度的空间视角分析农村居民点空间特征,对制定差别化政策具有重要意义,也是乡村地理学的重要发展方向。当前对农村居民点的研究主要集中在农村居民点用地结构、布局、演变及驱动力、类型划分等方面^[3-5],而

在空间分析方面主要集中在特定地形地貌环境,如高山贫困地区、青藏高原地区、喀斯特山区等,缺乏对不同尺度下空间形态机制特征的比较研究。

在已有文献中对农村居民点称谓各不相同,但概念内涵基本一致。本文研究的农村居民点是指包括住房、辅房及各类设施的聚落。研究以长兴县为实验区,提出通过全域、区块、地块3个尺度,规模特征、集聚程度、空间形态3个维度分析农村居民点的空间分布特征。

收稿日期:2023-07-11

作者简介:谢嘉丽(1992-),女,广西梧州人,讲师,博士,2019年毕业于西南交通大学测绘科学与技术专业,主要从事农村建筑物信息提取方面的研究工作。

1 方法与模型

1.1 评价模型构建

1.1.1 U-net 神经网络模型

深度学习是机器学习的一个新的研究方向,主要利用多层非线性结构,从低到高逐层提取数据特征^[6]。本文采用的学习框架是 Tensorflow,建立的学习模型是基于 U-net 神经网络的遥感语义分割模型。图像语义分割是指对图像中的每个像素赋予一个类别属性,结果输出为该图像对应的一幅对每个像素都进行了分类的图像。

U-net 神经网络模型结构(U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation),包括编码结构、解码结构两部分。编码结构中每层中首先进行 3×3 卷积操作,每个卷积层后由 ReLU 函数激活,最后进行 2×2 最大池化操作,步幅为 2,用于下采样。每步下采样中,将特征通道数加倍。在每步上采样中,首先使用 2×2 上卷积提高特征图分辨率,裁剪对应的下采样层的特征图并进行拼接。而后进行 3×3 卷积操作,每次卷积后由 ReLU 函数激活,且特征通道减半。在最后一层上采样层中,使用 1×1 卷积映射每个像素的 64 维特征向量到对应的分类类别数。整个 U-net 神经网络共有 23 层卷积层。

1.1.2 识别精度评价

本文使用混淆矩阵作为结果评价方式(Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy)。宅基地识别可视之为二分类问题,根据每个像素的预测结果与真实值情况可分为 4 种情况:真阳性 TP(True Positive),假阳性 FP(False Positive),真阴性 TN(True Negative),假阴性 FN(False Negative)。混淆矩阵即为该 4 种情况的矩阵表达方式。

准确率(Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation)可根据公式定义为:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

召回率可根据公式定义为:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

进而可根据准确率及召回率进行加权平衡计算出 F_1 Score,公式定义为:

$$F_1 Score = \frac{2 \times Precision}{Precision+Recall} \quad (3)$$

1.2 多尺度空间特征评价方法

1.2.1 全域尺度空间特征评价

为分析评价全域尺度下居民点的空间分布特征,选取居民点总面积、居民点面积占全域面积比例、户均宅基地面积、人均宅基地面积 4 项指标。

居民点占全域面积比例计算方法如公式(4)所示:

$$C = A_z/A_0 \times 100\% \quad (4)$$

式中, A_z 代表居民点面积; A_0 代表研究区行政区划面积。

居民点范围内用地包括宅基地、绿化植被用地、道路

用地等,其中宅基地国家管控尤为严格,选取户均宅基地面积和人居宅基地面积两项指标来反映长兴县宅基地利用集约程度。本文通过选取样例居民点,矢量化宅基地,计算样例范围内宅基地面积占居民点面积比例,并将所有样例比例求均值,形成适用于长兴居民点的宅基地估算系数。

户均宅基地面积计算方法如公式(5)所示:

$$HZ = A_z \times a / HS \quad (5)$$

式中, HZ 代表户均宅基地面积; A_z 代表居民点面积; HS 代表研究区农户数; a 为系数,经实验验证,估算系数为 0.21。

人均宅基地面积计算方法如公式(6)所示:

$$RZ = A_z \times a / RS \quad (6)$$

式中, RZ 代表人均宅基地面积; A_z 代表居民点面积; RS 代表研究区乡村人口数。

1.2.2 区块尺度空间特征评价

区块是通过空间分析方法,将全域划分为具有一定特征的几个区块,并对不同区块进行对比分析。

1) 核密度分析

核密度分析是一种基于要素自身空间分布特征的非参数密度统计方法,用于计算每个空间位置周围要素的密度,包括点密度分析和线密度分析。核密度分析结果一般表现为一个连续的密度面,表示研究对象在空间上的集聚程度。本文采用点密度分析方法,以宅基地中心点数据为输入计算整个区域居民点分布状况,核密度估值越大则居民点空间分布越集中,计算方法如公式(7)所示:

$$f(x, y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (7)$$

式中, $f(x, y)$ 为位于 (x, y) 处核密度估计值; h 为带宽,即搜索半径; n 为带宽范围内居民点总数量; $K()$ 为核函数; d_i 为第 i 居民点中心点与 (x, y) 的距离。

根据 $f(x, y)$ 值来判断不同空间位置的居民点集聚程度, $f(x, y)$ 值越大则该位置居民点越集聚, $f(x, y)$ 越小则该位置居民点越分散。

2) 热点分析

本文通过对居民点图斑数据热点分析,将研究区分为大面积居民点集聚区、小面积居民点集聚区和一般区域,以此作为区块划分依据并进行分析。

热点分析是常用的一种空间自相关分析模型,用来分析位于不同空间位置上的空间变量潜在的空间规律和依赖关系^[7]。全局 Moran's I 可用于描述整个研究区域上空间对象之间的关联程度,热点分析通过 G-统计量的局部版本 Getis-Ord G_i^* 模型来计算变量空间相关性^[8-9]。具体模型如公式(8)、(9)、(10)所示:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

$$G(d) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (9)$$

式中, n 为居民点数量; w_{ij} 为依据空间距离定义的空间权重; x_i 和 x_j 分别为区域 i 和 j 的观测值,在本文为宅

基地面积, $G(d)$ 为空间集聚型检验系数。

$$Z(G) = (G - E(G)) / \sqrt{\text{var}(G)} \tag{10}$$

式中, $Z(G)$ 为 $Z(d)$ 的归一化计算, $E(G)$ 为 $G(d)$ 的期望值, $\text{var}(G)$ 为 $G(d)$ 的方差。

$Z(G)$ 和 $Z(d)$ 两个值结合判断空间相关性, 当 $G(d)$ 值为正, $Z(G)$ 得分高且为正时存在高值聚类(热点), 当 $G(d)$ 值为负, $Z(G)$ 得分高且为负时存在低值聚类(冷点)。

1.2.3 地块尺度空间特征评价

地块是指农村居民点图斑, 从地块尺度分析宅基地的空间形态, 包括农村居民点图斑面积、形状指数。以正方形为参考物, 形状指数计算方法如公式(11)所示:

$$LSI = D / \sqrt{A} \times 0.25 \tag{11}$$

式中, LSI 代表居民点形状指数; D 代表图斑周长; A 代表图斑面积。 LSI 反映图斑与正方形接近程度, 数值越接近 1 代表该图斑越规整。

2 结果与分析

2.1 研究区概况及数据源

1) 研究区概况

浙江省湖州市长兴县地处长江三角洲中心位置, 太湖西南岸, 江苏、浙江、安徽三省交界处。长兴县地势西高东低, 属低山丘陵向太湖西岸平原过渡区。长兴县下辖 4 个街道、9 个镇、2 个乡, 乡村人口约 32 万, 占全县总人口的 50.28%。

2) 数据来源

遥感影像数据选取覆盖长兴县全域 2019 年 0.5 m 空间分辨率的无人机光学遥感影像。非遥感影像数据包括长兴县、乡镇、村三级行政区划数据; 土地利用总体规划数据库中的城市开发边界控制线数据; 收集人口、农户数、数字高程等数据。据《湖州市 2019 年统计年鉴》, 截至 2019 年末, 长兴县乡村人口数量为 305 757 人, 农户数量为 145 670 户, 长兴县行政区划面积为 1 431 km²。

2.2 基于 U-net 的农村居民点识别

2.2.1 训练集制作

本文根据影像特征, 标注一定规模的遥感图像数据集作为训练集和测试集, 具体类别为农村居民点和非居民, 采用的是滑动窗口方式选取样本。制作并标注 28 000 张尺寸为 256×256 像素的图片作为训练集, 制作并标注 160 000 余张 256×256 像素图片作为测试集。为了提高深度学习模型的泛化能力及精度, 对训练集图片进行了旋转、镜像及光照调整等数据增强处理。

模型训练中, 将训练集中所有图片每 8 张作为一个批次(batch)输入进行训练, 总共需要 43 341 个批次完成一轮(epoch)的训练。训练时使用了已有的房屋识别模型作为基础模型进行训练, 训练时设定了遍历训练集 10 轮, 得到农村宅基地的深度学习模型。对长兴县全域进行模型预测, 可识别出长兴县宅基地图斑数据, 叠加 DEM(数字高程模型)可明显看出宅基地分布与地形相关性较高, 主要分布在平原区域。

2.2.2 识别精度

以测试图斑为农村居民点识别精度评价数据基础, 通过计算准确率、召回率及 F1Score 3 项指标作为评价依据。经计算研究区农村居民点识别实验的准确率为 70.30%, 召回率为 63.82%, F1Score 为 65.89%, 总体实验精度较高, 可以支撑后续实验数据需求。

2.3 多尺度空间特征评价结果及分析

2.3.1 全域尺度

计算全域尺度指标结果见表 1。长兴县全域农村居民点面积为 8 738.77 hm², 占总行政区划面积的 6.11%, 估算宅基地总面积为 1 835.14 hm², 户均宅基地面积为 125.98 m², 人均宅基地面积为 60.02 m², 与《浙江省农村宅基地管理办法》规定的宅基地面积标准(自然村、中心村、集镇的人均建设用地指标应分别控制在 60、80、90 m² 以内, 户均最高不得超过 160 m²) 相比, 人均、户均在要求范围内, 且接近最低标准, 整体属于宅基地用地集约地区。

表 1 全域尺度指数计算结果

Tab. 1 Results of the global scale index calculation	
指标	数值
A_z	8 738.77 hm ²
C	6.11%
HZ	125.98 m ²
RZ	60.02 m ²

2.3.2 区块尺度

1) 核密度分析

对长兴县进行农村居民点用地核密度分析, 根据计算可得长兴县居民点总体密度为 11.6 聚落/km², 结合长兴县地形分布特征, 将全域分为西部低山丘陵区域和平原区域。结合均值计算可得: 西部低山丘陵区域农村居民点密度较低、分布稀疏, 平均密度为 6.92 聚落/km², 相比之下, 其他平原区域农村居民点密度可达 12.10 聚落/km², 比丘陵区域高 5.18 聚落/km²。

整体来看, 长兴县农村居民点分布与地形地貌相关性较强, 且围绕县域城市开发边界, 形成越靠近主城区农村居民点密度越高, 反之则逐渐降低的空间格局。

2) 热点分析

对长兴县农村居民点进行空间自相关分析, 结果见表 2。Moran'I 为 0.149 1, 代表长兴县农村居民点具有聚类趋势, 结合 Z 得分 94.722 1, 证明长兴县农村居民点呈现出非常明显的聚类特点。

表 2 长兴县农村居民点村级热点分析

Tab. 2 Analysis of village-level hot spots in rural residential areas in Changxing county			
分类	分类标准	村庄数量	比例(%)
大面积居民点集聚村	$Z(G) > 2.45$	42	14.05
小面积居民点集聚村	$Z(G) < -2.23$	35	11.71
无集聚特性村	$-2.23 < Z(G) < 2.45$	222	74.24

在此基础上进行热点分析,判断不同区域不同面积尺寸农村居民点分布情况,可以看出整个长兴县域内存在明显的热点区域和冷点区域。热点区域代表大面积的居民点聚集,冷点区域代表小面积的居民点聚集。从空间上看,大面积居民点聚集主要集中在长兴县东部区域,小面积居民点聚集主要集中在长兴县西南区域,中间大部分区域处于大面积居民点和小面积居民点交叉存在没有鲜明的集聚特性。

2.3.3 地块尺度

从微观的地块尺度分析,可以看出农村区域居民点主要呈现出条带形、分散形和片块形。条带形主要因为地形或交通原因,农村居民点沿相对平台的山洼或交通便利的道路呈现长条形状;分散形主要分布在地势平坦的传统农村区域,以较为规则的形态零散分布在村庄不同位置;片块形主要分布在新型农村区域或城市周边,规模较大。

长兴县农村居民点图斑面积分布情况和居民点正方形参照形状指数如图1、图2所示。从图1可看出,长兴县农村居民点图斑面积整体偏大,大于3 hm²的图斑占全部图斑的56.06%,大于5 hm²的图斑占全部图斑的32.25%。从图2可看出,长兴县农村居民点大部分呈现与正方形较为接近的形状,整体空间形态比较规整。

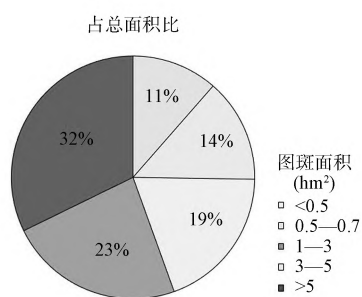


图1 图斑面积面积统计图

Fig.1 Spot area statistical graph

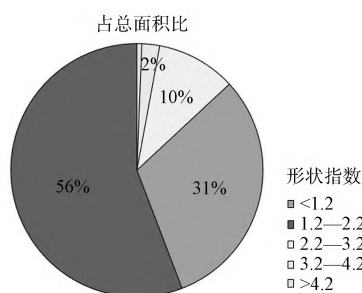


图2 居民点正方形参照形状指数统计图

Fig.2 Statistical graph of the reference shape index of residential squares

3 结束语

以长兴县为例,探索将深度学习应用到农村居民点研究中,并进一步从全域、区块、地块3个尺度,规模特征、集聚程度、空间形态3个维度分析农村居民点的空间分布特征。研究结果表明:

1) 全域尺度,研究区农村居民点面积为8 738.77 hm²,估算户均宅基地面积125.98 m²,人均宅基地面积为60.02 m²,整体属于用地集约地区。

2) 区块尺度,研究区农村居民点分布具有明显空间特征,西部低山丘陵区域农村居民点密度较低,分布稀疏,其他平原区域农村居民点较为集中,并呈现以主城区为中心向外集聚性逐渐降低的圈层分布;研究区农村居民点的面积属性呈现明显的“冷热点”特征。

3) 地块尺度,研究区居民点主要呈现出条带形、分散形和片块形,整体图斑面积偏大、空间形态较为规整。

本文提出的研究思路可以快速获得不同尺度农村居民点的空间特征,充分揭示不同区域的分化特征,以期为制定不同层次调控政策提供科学依据。

参考文献:

- [1] 林传红,张胜武. 安徽省乡村人居环境评价及空间格局分析[J]. 中国农业资源与区划,2022,43(3):198-205.
- [2] 王兆林,刘福兵,杨庆媛,等. 山区农村居民点时空格局演变特征及蚁群仿真优化:以重庆澄江镇为例[J]. 自然资源学报,2022,37(8):2 065-2 084.
- [3] 刘立文,段永红,李丽丽,等. 山西省农村居民点空间分布特征及其适宜性评价[J]. 中国农业资源与区划,2022,43(1):100-109.
- [4] 刘耀辉,于祥惠,范洁洁,等. 基于无人机影像和面向对象的中国西部地区农村宅基地面积快速估算[J]. 测绘通报,2022(6):125-129.
- [5] 李晓青,王一淳,徐修桥. 喀斯特地区农村居民点时空演变格局及影响因素:以平果市为例[J]. 水土保持研究,2022,29(3):375-382.
- [6] 戴晓琴,王俊,吴超超,等. 基于遥感数据的生态环境评价[J]. 测绘工程,2020,29(5):39-44.
- [7] 陈卓,伍昌友,邵俊,等. 基本农田粮食安全视角下的农村居民点布局优化:以湖北省监利市为例[J]. 国土与自然资源研究,2023(3):18-22.
- [8] QU Y B,JIANG G H,YANG Y T,et al. Multi-scale analysis on spatial morphology differentiation and formation mechanism of rural residential land: A case study in Shandong Province, China[J]. Habitat International,2018,71.
- [9] 姚可桢,岳书平. 网络大数据下的中国现代食甜习惯空间分布特征及其影响因素研究[J]. 地球信息科学学报,2020,22(6):1 202-1 215.

[编辑:刘莉鑫]

(上接第3页)

- [12] 自然资源部. 外国的组织或者个人来华测绘管理暂行办法[EB/OL]. [2019-07-24]. http://gi.mnr.gov.cn/201908/t20190814_2458749.html.
- [13] 国家测绘地理信息局. 关于导航电子地图管理有关规定的通知[EB/OL]. [2007-11-20]. http://gk.mnr.gov.cn/zc/zxgfwj/201807/t20180706_2046557.html.

- [14] 李成名,苏山舞,印洁,等. 导航电子地图安全处理技术基本要求:GB 20263-2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.

[编辑:刘莉鑫]