

基于多源数据的南京石塘人家美丽乡村活力评价研究

Research on Vitality Evaluation of Shitang Family Beautiful Countryside in Nanjing Based on Multi-source Data

蔡东邑 曹俊逸 申世广*
CAI Dongyi CAO Junyi SHEN Shiguang*

(南京林业大学风景园林学院, 江苏南京 210037)
(College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu, China, 210037)

摘要

党的十九大提出乡村振兴战略,美丽乡村建设是实现乡村振兴的重要途径。对美丽乡村活力进行研究,为美丽乡村提供建设依据和规划策略。以南京石塘人家美丽乡村为例,通过对百度热力数据、传统规划数据的挖掘,探索美丽乡村空间活力特征,建立美丽乡村空间活力定量分析方法,并统计分析各类影响因素显著性大小。结果显示,南京石塘人家美丽乡村空间活力在时间维度上,工作日和休息日的乡村活力存在较大差异,周末与节假日相比活力变化趋势相同,峰值更高;空间维度上,乡村建成环境较完善区域的人口聚集程度较高;影响因素上,公共服务设施对美丽乡村空间活力影响最大,其次是餐饮服务设施。

关键词

多源数据; 热力图; 美丽乡村; 空间活力

Abstract

The 19th National Congress of the Communist Party of China proposed the strategy of rural revitalization, and the construction of beautiful countryside is an important way to realize rural revitalization. The study on the vitality of beautiful countryside provides the basis for the construction and planning strategies of beautiful countryside. Taking the beautiful village of Shitang Family in Nanjing as an example, this paper explored the spatial vitality characteristics of the beautiful village by mining Baidu thermal data and traditional planning data, established a quantitative analysis method for the spatial vitality of the beautiful village, and statistically analyzed the significance of various influencing factors. The results show that the spatial vitality of the beautiful countryside is different in the time dimension, which has a big diversity in the rural vitality between weekdays and holidays, while the vitality changes in weekends and holidays have the same trend, and the peak value in holidays is higher. In the spatial dimension, the population concentration which has a better-built environment in the rural areas is relatively high. In terms of influencing factors, public service facilities have the greatest impact on the vitality of beautiful rural spaces, followed by catering service facilities. Accordingly, the paper proposes corresponding planning strategies to provide the foundation for the construction of beautiful villages.

Keywords

multi-source data; heat map; beautiful countryside; space energy

文章编号: 1000-0283(2022)02-0093-07
DOI: 10. 12193 /j. laing. 2022. 02. 0093. 013
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2021-07-20
修回日期: 2021-12-16

蔡东邑
1995年生/女/安徽安庆人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划与功能评价

曹俊逸
1996年生/男/河南焦作人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划与功能评价

申世广
1976年生/男/山东曹县人/博士/副教授/研究方向为风景园林规划与功能评价

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: shensg@njfu.edu.cn

基金项目:
江苏高校优势学科建设工程资助项目 (编号: PAPD)

十六届五中全会提出“美丽乡村”概念,党的十九大报告又在“美丽乡村”概念的基础上明确提出“乡村振兴”战略。乡村振兴战略背景下美丽乡村建设的目标是实现乡村

的可持续发展,促进城乡融合^[1]。乡村公共空间是居民户外活动的主要场所,其活力大小在一定程度上反映了乡村空间品质的高低,扬·盖尔^[2]认为一个地区的“活力”在于其使

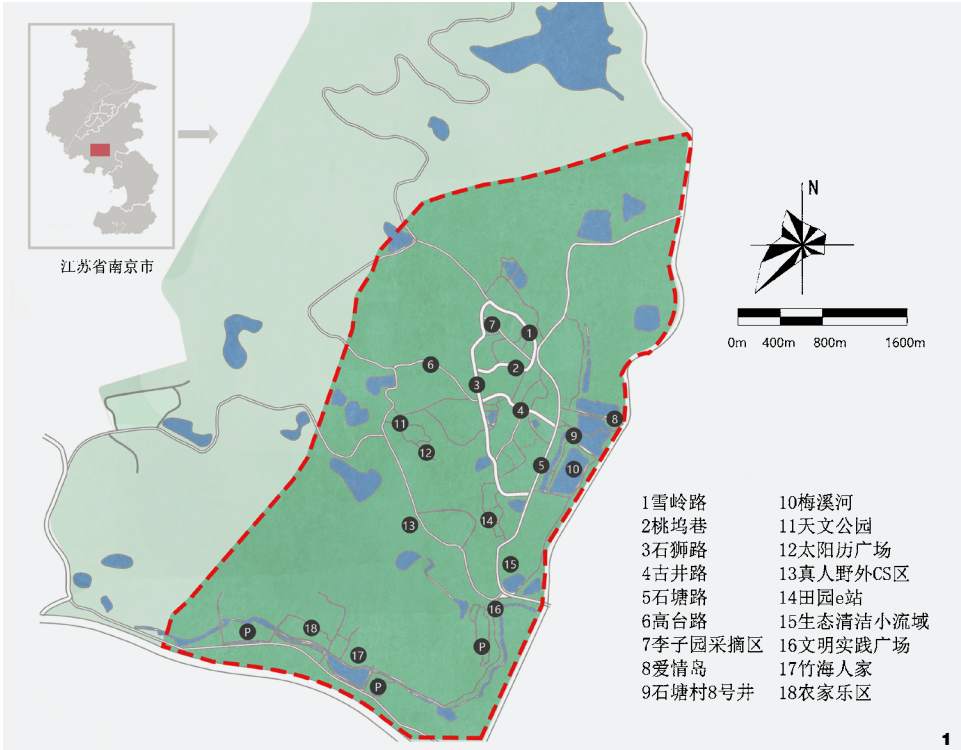


图1 石塘人家平面图
Fig. 1 Plan of Shitang Renjia

用户及其活动，使用者的日常生活需求是空间活力的源泉。“空间活力”是评价美丽乡村建设成效的重要要素。

随着大数据时代到来，运用多源数据进行研究已成为趋势，并取得直观的研究成果。已有研究主要集中于对街道公共空间活力进行探究，解析活力影响因素；对历史街区、老城活力空间的活力影响因素进行研究，明确保护更新发展方向；以及对公园使用情况进行分析，为后期公园规划与管理提供科学依据^[3-7]。这些研究均对城市建设起到重要作用，目前对乡村建设方面的研究较少，探索美丽乡村的空间活力差异，从而为规划建设提出建议，是实现乡村高质量发展的重要途径。

传统乡村活力研究数据的获取是通过现场调研或调查问卷，其样本量较少且高度依

赖受访者的主观特性，数据客观性弱，如今多源数据的获取，为研究数据的采集提供了技术支持。南京城乡二元结构特征明显，目前南京市美丽乡村的建设既有成效，又有不足。石塘人家是南京市较早规划建设的美丽乡村，是南京市江宁区美丽乡村五朵金花之一，有“中国最美乡村”之称，具有一定的典型性和代表性。因此，文章以南京石塘人家美丽乡村为研究对象，分析空间活力特征及其影响因素，有利于及时总结美丽乡村建设成效，及早发现问题，为乡村活力的塑造和提升提出可借鉴的策略和途径，从而促使美丽乡村健康、可持续的发展。

1 数据与方法

1.1 研究区域

选取南京市江宁区石塘人家作为研究对

象。石塘人家位于江苏省南京市江宁区横溪街道石塘社区，被誉为“中国最美乡村”，并先后获得“中国十大美丽乡村”“江苏省最美乡村”等荣誉。北临国道G235，南临省道S340，村庄面积约5.93 km²，四面环山，风景瑰丽，主要景点有王氏宗祠、狮背伞、王氏古井、泉水叮咚九里街等。石塘村域包括石塘人家和石塘竹海两大主要片区，从美丽乡村活力研究出发，选择乡村建设程度较高的村庄区域作为主要研究范围，面积约3 km²（图1）。

1.2 数据来源

本研究数据主要包括研究区域内的百度热力图数据、兴趣点（POI）数据、卫星影像数据和实地调研数据。

百度热力图以LBS平台手机用户地理位置数据为基础，通过一系列数据处理呈现出不同区域的人群聚集度差别，以不同色块叠加在地图上，表示实时人群的分布情况。为保障研究准确性，充分探究美丽乡村游客量的变化规律，对2021年4月6日-5月6日连续一个月的南京石塘人家美丽乡村范围内的百度地图热力图数据进行观测，用程序对热力图数据定时截取，由于热力图层目前只在百度地图APP中开放，网页版地图没有开放，也没有提供开放API供开发者使用，所以需要APP数据进行抓取。数据获取使用了Python3.7、Fiddler、安卓手机；获取中需要运用Requests、Fiddler、线程池、瓦片拼接等相关知识。

截取每天8:00-20:00的数据，截取时间间隔为2 h，例如2021年5月1日热力图（图2），总计截取热力图210张，以此作为乡村公共空间活力的重要基础数据。人群活动由于工作学习等客观因素，很大程度上呈现出以周为单位的周期性变化，差异性主要表现在工

作日、周末和节假日。对研究时间段进行筛查、对比，剔除假期调休政策、气温、雨水等不可控因素影响，最后选取工作日（2021年4月19日-2021年4月23日）、周末（2021年4月17日-2021年4月18日）和节假日（2021年5月1日-2021年5月3日）的热力数据为研究依据。

乡村公共空间环境要素的数据为POI数据、路网数据、建筑轮廓数据与实地调研数据。研究中的POI数据、基础路网数据、建筑矢量数据来源于高德地图，采集场地范围内与空间活力相关的POI点位，通过卫星影像图和实地调研对采集的数据进行了补充和校对，增加数据的准确性，最终采集POI点位数共计144个，其中景点46个、公共服务设施46个、购物服务40个、住宿服务8个、科教文化33个。

1.3 研究方法

为探究美丽乡村不同公共空间活力的差异性与成因，对时空大数据进行分析，以乡村公共空间人群聚集程度（即活力外在表征）作为活力评价指标，从时间和空间两个维度评价乡村公共空间活力变化特征，并以活力外在表征为对象，探究其内在影响因素。

1.3.1 乡村公共空间活力外在表征量化

通过人群聚集程度来量化乡村公共空间活力的外在表征。百度热力图不能直接表示实际人群数量，只能大致表示人口分布情况。为了便于分析，本研究采用热力值来衡量人群聚集程度的相对情况。

根据研究需要对采集图像数据进行处理，运用ArcGIS空间可视化，对热力图中不同色彩区域赋予1~7的热力数值，热力值越高代表该区域人口越密集，热力值越低则代表

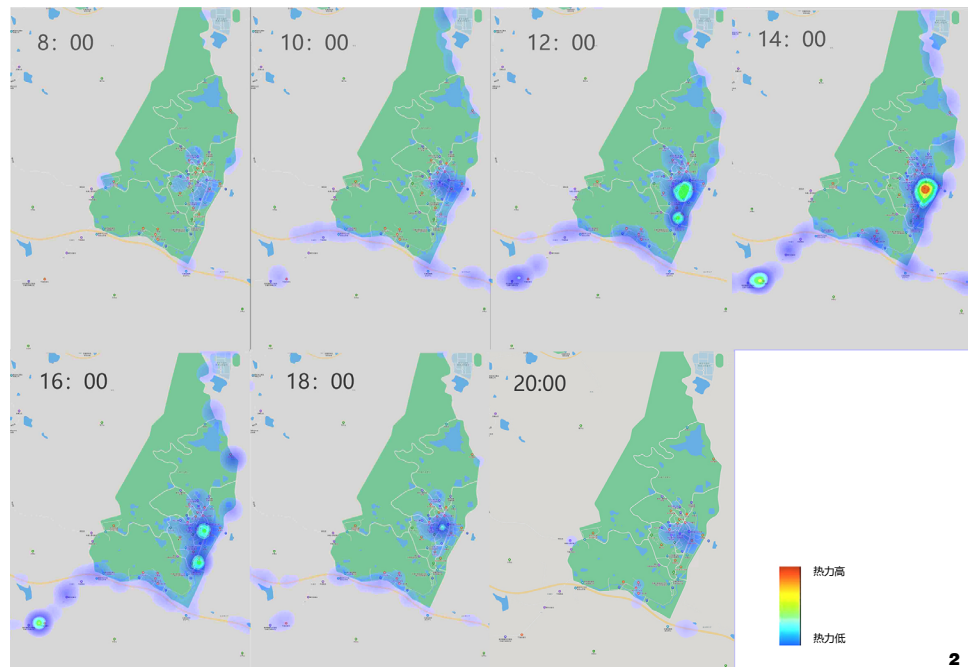


图2 2021年5月1日热力图截取
Fig. 2 Thermal map interception on May 1, 2021

人口越稀疏，由于美丽乡村的特殊性，本文将热力值为1~2的区域统称为低热区，热力值为3~4的区域称为中热区，热力值为5~7的区域统称为高热区。统计低、中、高热区的总面积变化，从而分析美丽乡村公共空间活力时空特征^[9]。

为了提高数据准确性，选取连续一周的工作日、周末及节假日各时间点的平均热力值作为研究数据来分析美丽乡村热力的时空变化，在Arcgis软件中，分别将工作日、周末和节假日的同一时间点的重分类图像通过栅格计算器叠加计算，得出该时间点的全部热力值，从而计算出工作日、周末和节假日各时间点的平均热力值，公式（1）。

$$\overline{H_x} = \frac{\sum H_{ix}}{n} \quad (1)$$

其中： $\overline{H_x}$ 为x点的平均热力值， H_{ix} 表示第*i*日x点对应的热力值（*i*=1, 2, 3, ..., *n*）。

1.3.2 乡村公共空间活力影响要素筛选

游人活动分布区域与美丽乡村内部要素规划密切相关，根据大量文献研究^[9-17]，总结影响公共空间活力的要素包括交通可达性、自然生态、功能业态、历史人文、开发强度等方面。综合考虑数据可获取性与指标量化计算的要求，本研究中乡村公共空间影响要素选取了公共空间可达性和各功能业态的聚集程度两个维度的8个要素作为乡村公共空间活力影响因子（表1）。

1.3.3 相关性分析

为进一步探究乡村空间活力与影响因素之间的关系，研究运用波段集统计工具对空间活力外在表征与影响因素量化结果进行相关性分析，得到相应的相关系数*r*，从而判断两者的相关程度。

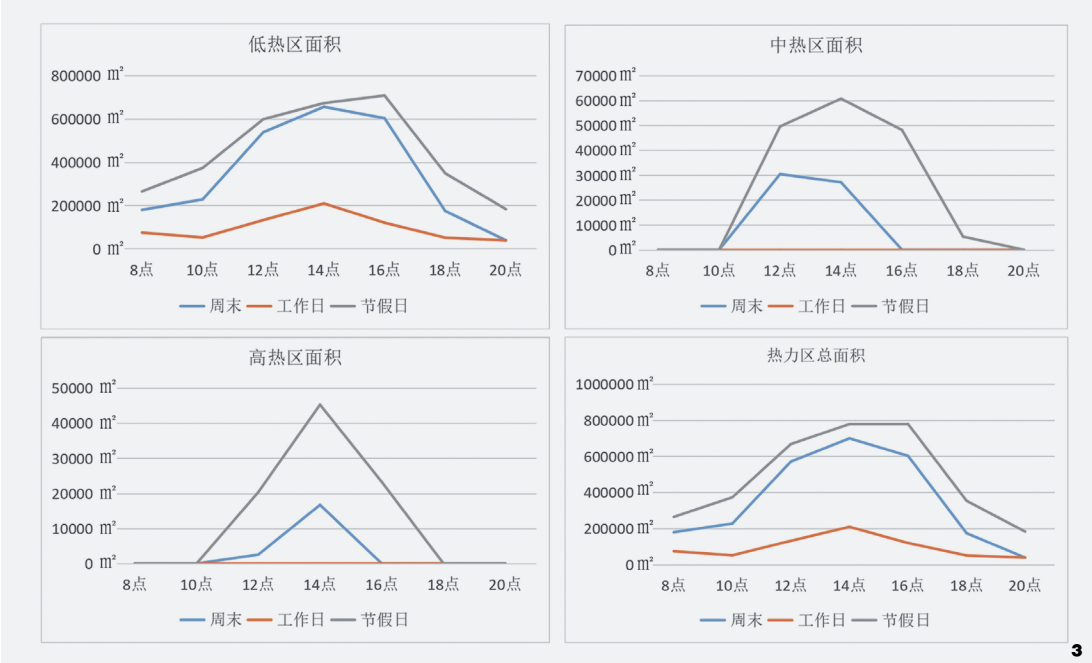


图3 低、中、高热力区面积变化
Fig. 3 Area changes of low, medium and high thermal areas

波段集统计工具计算各像元值与所有像元的平均值的差，结果取平方，然后求取平方值的平均值，即可得到方差值。方差值表明与平均值之间的差异，方差值单位为像元值单位的平方。

图层*i*与图层*j*的协方差计算见公式(2)。

$$Cov_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N (z_{ik} - \mu_i)(z_{jk} - \mu_j)}{N-1} \quad (2)$$

其中*i,j*为堆叠图层栅格数据*Z*为像元值，*N*为像元数量， μ 为栅格图层像元平均值，*k*表示特定像元。

相关矩阵结果为相关系数值，表现两个堆叠图层之间的关系。相关性的计算见公式(3)。

$$Corr_{ij} = \frac{Cov_{ij}}{\delta_i \delta_j} \quad (3)$$

式中：*Corr_{ij}*为相关系数， δ_i 为图层*i*的

标准差， δ_j 为图层*j*的标准差，*Cov_{ij}*为两栅格图层的协方差值。

此方法得出相关系数*r*，*r*的范围为-1<*r*<1。当*r*为正数表明两图层间正相关，*r*为负数则表明负相关性，即反比例变化，相关性为零时，表明两图层之间不存在依存关系。*|r|*越大，两者相关关系越大。具

体为：当0<*|r|*≤0.1时，两者呈微弱相关；当0.1<*|r|*≤0.3时，两者呈低度相关；当0.3<*|r|*≤0.5时，呈中度相关；当0.5<*|r|*≤0.8时，呈高度相关；当0.8<*|r|*≤1时，显著相关。

2 石塘人家美丽乡村活力时空特征分析

热力区面积大小可以在一定程度上反映

表1 相关要素
Tab. 1 Relevant factors

维度 Dimension	要素 Elements	单位 Unit
交通可达特征	道路到公共空间距离	m
	停车场到公共空间距离	
各功能业态布局特征	餐饮服务POI密度	个/km²
	景点POI密度	
	住宿服务POI密度	
	公共服务设施POI密度	
	购物服务POI密度	
	科教文化场所POI密度	

人群数量，高热区、中热区代表人群较为聚集的区域，面积越大表示人群的集聚度越高。本文针对选取的三个典型时期，即工作日、周末和节假日百度热力图所反映的热力值进行了分析研究，从时间维度进行对比分析。由于节假日人流量大，更能体现游客的空间分布特征，因此以节假日的热力分布图为例，对人口的时空分布进行分析。

2.1 时间维度活力分析

图3为石塘人家美丽乡村工作日、周末、节假日时的热力区面积随时间的变化情况。通过对比分析可以看出，乡村一天内人群变化呈相同趋势，10点以后是人群进入乡村景区的高峰期，14点时达到人流量最高峰，16点后迅速下降，20点后趋于平缓，游客离去，仅剩下乡村当地居民，20点至次日8点处于休眠状态，乡村人流量低。10:00-18:00是人群进入美丽乡村的高峰时间段，符合人们旅游出行的习惯。

总体来看，在8:00-20:00之间，工作日与非工作日呈现较大的差异，工作日石塘人家入流量波动较小，表明工作日期间进入美丽乡村的人群较少，仅有周边居民引起的热力图上少量变化；而在非工作日入流量波动剧烈，表明非工作日期间有较多游客进入美丽乡村，进行踏青、游玩等活动。同时，法定节假日人流变化趋势基本与周末一致，但峰值点明显高于周末峰值点，这主要由于节假日出行游玩人群大于周末休息日，从而影响了石塘人家入流量峰值。

从中热区和高热区面积变化图分析可知，工作日游客量稀少，仅有本地居民活动，因此无人群较为聚集的区域，中、高热区面积为0，非工作日旅游人群的影响，10:00以后进入乡村人群增多，14:00出现高热区峰值，

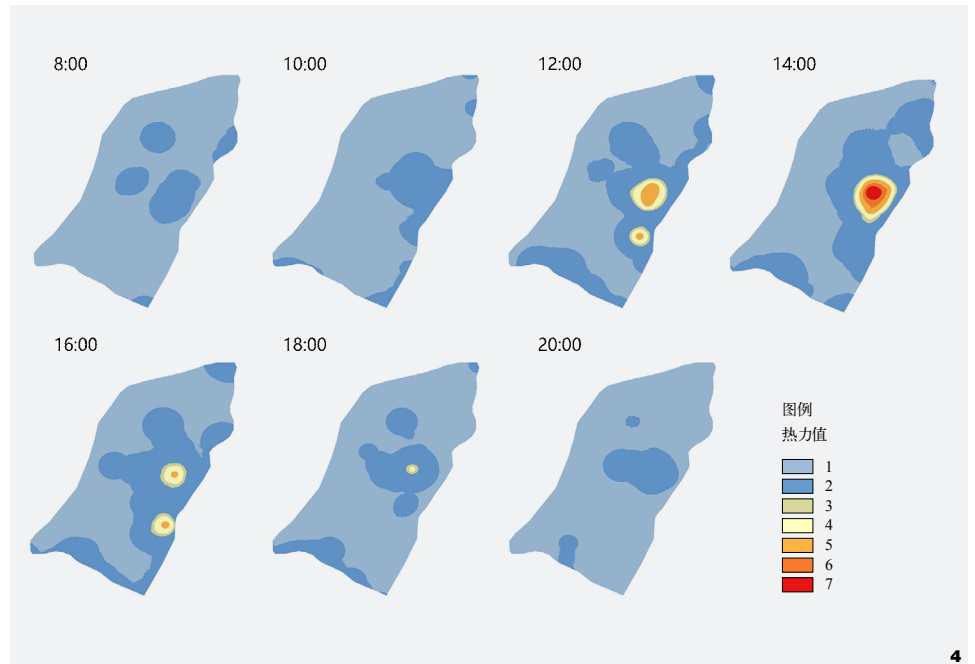


图4 节假日8:00-20:00的热力分布图
Fig. 4 Thermal distribution during holidays from 8:00 to 20:00

与人们生活习惯规律有关，午饭活动导致人群聚集程度最高。

2.2 空间维度差异分析

为进一步探究人群在空间维度上的分布特征，以节假日（2021年5月1-3日）平均热力值为例，通过GIS平台可视化得到8:00-20:00的热力分布图（图4），以反映空间结构上人群聚集程度高低分布状况，结果显示不同区域的人群聚集度有显著差异。

为突出乡村不同公共空间的活力差异，选取街道空间和5个特定公共空间作为典型公共空间进行分析，根据场地尺度，将街道空间定义为街道中线缓冲10 m区域，5个特定公共空间分别为梅溪河滨水区、李子园采摘区、太阳历广场区、田园e站区和真人野外CS区。运用栅格计算器叠加节假日8:00-20:00点的平均热力值，得到节假日叠加热力图

（图5），再将典型公共区域与节假日叠加热力图做空间连接，得出典型公共空间热力图（图6）。如图所示，街巷中古祠巷、桃坞巷、古井路、高台路人群聚集度最高，特定公共空间中，滨水空间更能吸引人群聚集，其次是广场区和田园e站区，采摘区和野外CS区人群最少，说明滨水空间更适合休闲游憩，适合多种类型人群游览，采摘区和野外CS区活动针对人群较少。

村庄东南区域人口聚集度明显高于西北区域，人群主要聚集于乡村已开发建成区域，人口最为聚集的区域为古井路、古祠巷和石塘路交汇区域，呈现单一中心结构，主要原因是12:00-14:00间游客午餐活动；而10:00-12:00和14:00-16:00游客聚集于石塘村8号井和生态清洁小流域等景点处，呈现双中心结构，表明除食住等必要活动以外，人群更倾向于在乡村旅游景点进行游憩活动。

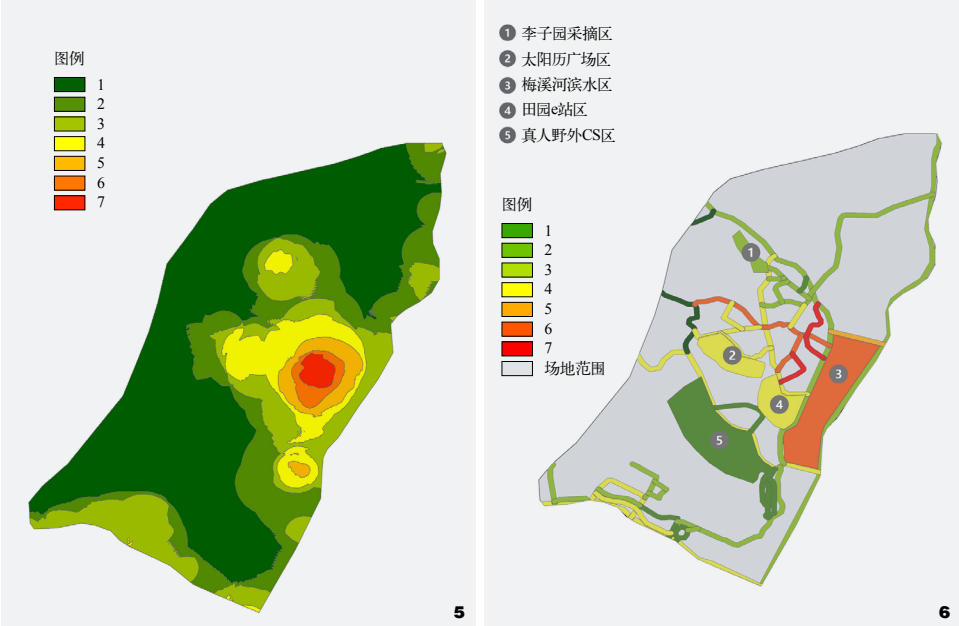


图5 节假日 8~20点叠加的热力分布图
Fig. 5 Superimposed thermal distribution at 8-20 o'clock during holidays

图6 典型公共空间热力分布图
Fig. 6 Thermal distribution of typical public space

3 美丽乡村公共空间活力影响因素分析

基于以上研究基础，运用波段及统计工具对石塘人家节假日日间空间活力外在表征与影响因素量化结果进行数据相关性分析。自变量为影响要素，因变量为乡村公共空间活力，以人群聚集度作为量化指标，相关性分析结果如表2所示。

从交通可达性维度来看，人群聚集度与交通可达性均为负相关，即道路和停车场到

公共空间的距离越近，则人群聚集度越高，由表中相关系数可知，可达性维度影响最大的是停车场到公共的距离，其次是道路到公共的距离。说明石塘人家美丽乡村旅游活动人群，一般是以自驾出行为主。

从各功能业态的聚集程度来看，经过相关性分析，发现人群聚集度与功能聚集程度呈正相关。与节假日人群聚集程度的相关程度为：公共服务设施>餐饮服务>住宿服务

表2 相关性分析结果
Tab. 2 Correlation analysis results

维度 Dimension	自变量 Independent variables	相关系数 Correlation coefficient	相关程度 Related degree
交通可达性	道路到公共空间距离	-0.22909	低度相关
	停车场到公共空间距离	-0.27136	
各功能业态聚集程度	餐饮服务	0.58910	高度相关
	景点	0.36945	中度相关
	住宿服务	0.43843	中度相关
	公共服务设施	0.63472	高度相关
	购物服务	0.43628	中度相关
	科教文化场所	0.02856	低度相关

>购物服务>景点>科教文化场所。

通过波段集统计工具的分析，可以清晰呈现各影响因素的显著性水平，反映其对于乡村公共空间活力的影响程度大小。公共服务设施的影响最为显著，其次是餐饮服务，影响程度最小的是科教文化场所，表明公共服务设施和餐饮服务场所在美丽乡村中是人们最常使用，最能聚集人群的场所，而科教文化场所由于其适用人群较为局限，一般为教师和学生，美丽乡村主要是旅游休闲地，所以乡村活力高低程度与科教文化场所关系最小。

4 结论与展望

本文通过建立基于多源数据的乡村空间活力的定量分析方法，总结乡村空间活力时空变化规律特征，并分析各类影响因素对乡村公共空间活力的影响程度。得出以下结论：(1) 美丽乡村空间人群聚集程度具有明显时空特征。时间上，人群变化呈规律性，一天内10:00-16:00为人群聚集高峰期，16点后趋于平缓，节假日与工作日相比，变化趋势相同，峰值更高，时间跨度更长，18:00后人群才逐步离开；空间上，人群主要聚集于乡村开发建设程度较高区域，同时除食宿等必要活动以外，人群更倾向于前往乡村旅游景点丰富处活动。出现此类现象的原因与游人数、出行目的有较大关系。(2) 各影响要素中，公共服务设施和餐饮服务的影响最大，购物、娱乐及可达性影响次之，科教文化场所分布影响最小。此现象主要受到食宿必要活动和游览人群构成状况等因素影响。

依据研究结果，为未来提升美丽乡村活力提出以下建议：

(1) 提高乡村空间品质。强化高活力区，如古祠巷、桃坞巷、古井路、高台路，现状

缺少小型集散空间和休憩设施,因此未来要规划一定规模的停留休憩空间,为人群提供充分的活动、等待空间,设置街道设施,同时空间设计尺度要适宜,增加其舒适度,对街道两边的建筑外立面设计要统一协调,以融入乡村特色的产品来吸引游客。滨水空间现状规划较为简单,应当设计不同层次亲水平台,打造有利于游客与场地互动的场所,营造出高品质的滨水空间。优化中等活力区,分析可以看出商业设施对空间活力的营造和提升具有显著的促进作用,商业相关活动能够增加片区的生气,因此石狮路、雪岭路、神岗路等道路,可以通过打造商业街区、增设商业性店铺,太阳历广场区则需充分挖掘文化属性,彰显文化特征,田园e站区则丰富田园活动属性来吸引人群。改造低活力区,如采摘区和野外CS区,进行渐进式、创新式的改造来提高活力。

(2) 大力完善公共服务设施。主要包括公共厕所、游客中心、电动车充电设备等,此类设施与游客的休闲体验密切相关。因此,规划时要以服务半径和区域人群聚集度为考量,合理规划公共服务设施的分布位置,做到设计切实可行,提高公共设施使用率,为游客提供便利。

(3) 提高美丽乡村公共空间的可达性。公共空间越靠近道路、停车场和公交站,人群聚集度越高,因此提高可达性,合理增加、布置停车场位置等措施,减小不同公共空间之间的差异,可以促进各公共空间的联系整合,增加人们步行到达的几率,在适宜步行的美丽乡村游览活动中,应该保证游客能从各个方向到达公共空间,从而提高公共空间的活跃度。

多源数据的获取为美丽乡村活力评价提供了新途径,大数据的完善提升了美丽乡村

公共空间活力量化准确性。运用乡村业态POI大数据、卫星影像数据等与实际调研数据相结合的方法,探索乡村内部因素对公共空间活力的影响程度,对美丽乡村的规划布局和建设管理具有借鉴意义,为未来乡村的更新设计提供了重要支撑。但本研究也有一定的局限性,热力值数据并不能直接代表人流数量,只能表示人群相对聚集程度,所以该研究结果——影响乡村公共空间活力的影响因子及其影响程度的显著性,还需要长时间的实地观察与调研加以验证。

参考文献

- [1] 陈星. 乡村振兴视域下美丽乡村建设模式研究——以南京谷里街道为例[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(19): 12-16.
- [2] 扬盖尔. 交往与空间[M]. 何人可, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992: 83.
- [3] 龙瀛, 周珉. 街道活力的量化评价及影响因素分析——以成都为例[J]. 新建筑, 2016(01): 52-57.
- [4] 张雨洋, 杨昌鸣, 齐聆. 历史街区街巷活力评测与影响因素研究——以什刹海历史街区为例[J]. 中国园林, 2019, 35(03): 106-111.
- [5] 刘颂, 赖思琪. 基于多源数据的城市公共空间活力影响因素研究——以上海市黄浦江滨水区为例[J]. 风景园林, 2021, 28(03): 7.
- [6] 张春明. 多源数据融合下的历史古镇街道空间活力评价思考与实践[J]. 中华建设, 2021(03): 86-91.
- [7] 丁治凡, 严靖恒, 严军. 基于多源数据的南京玄武湖公园使用情况评价与分析[J]. 现代城市研究, 2020(08): 35-43.
- [8] 吴志强, 叶锺楠. 基于百度地图热力图的城市空间结构研究——以上海中心城区为例[J]. 城市规划, 2016, 40(04): 33-40.
- [9] 艾伦·雅各布斯. 建造出色的街道[A]// 唐纳德·沃特森, 艾伦·不拉特斯, 罗伯特·G·谢卜利, 等. 城市设计手册[C]. 刘海龙, 郭凌云, 俞孔坚, 等, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 594.
- [10] 陈喆, 马水静. 关于城市街道活力的思考[J]. 建筑学报, 2009(S2): 121-126.
- [11] 宋太新. 商业服务和道路网络对城市消费活力的影响[D]. 上海: 华东师范大学, 2016.

- [12] (美)克萊尔·库珀·马库斯, 卡罗琳·费朗西斯. 人性场所——城市开放空间设计导则[M]. 俞孔坚, 孙鹏, 王志芳, 等, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001: 21-52.
- [13] 唐婧娴, 龙瀛, 翟炜, 等. 街道空间品质的测度、变化评价与影响因素识别——基于大规模多时相街景图片的分析[J]. 新建筑, 2016(05): 110-115.
- [14] 江镇伟. 社区级公共服务设施活力测度及影响因素研究[D]. 深圳: 深圳大学, 2017.
- [15] 吕名扬. 城市活力指标体系的构建与评价[D]. 大连: 东北财经大学, 2011.
- [16] 蒋涤非. 城市形态活力论[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007.
- [17] 李文, 张林, 李莹. 哈尔滨城市公园可达性和服务效率分析[J]. 中国园林, 2010, 26(8): 59-62.