

# 公园城市建设背景下上海嘉定乡村景观地方特征与优化策略研究

## Local Characteristics and Optimization Strategies for Rural Landscapes in Jiading, Shanghai, in the Context of Park City Construction

龚苏宁<sup>1,2</sup> 张琳<sup>1\*</sup>  
GONG Suning<sup>1,2</sup> ZHANG Lin<sup>1\*</sup>

(1. 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2. 上海工艺美术职业学院城市设计学院, 上海 201808)  
(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai, China, 200092; 2. College of Urban Design, Shanghai Art & Design Academy, Shanghai, China, 201808)

文章编号: 1000-0283(2025)04-0044-11  
DOI: 10.12193/j.laing.2025.04.0044.006  
中图分类号: TU986  
文献标志码: A  
收稿日期: 2024-12-21  
修回日期: 2025-02-07

### 摘要

挖掘新时期乡村景观地方性特征和价值、推进城乡深度融合发展,对于推动上海公园城市的内涵建设和品质提升具有重要意义。已有研究在基于多源数据融合进行区域尺度乡村景观要素地方特征提取和影响因素评价方面尚有探索空间。以上海市嘉定区为例,通过语义分割方法分析街景图像数据及多重聚类叠加,提取乡村景观多要素的地方性特征,借助地理探测器、随机森林算法测评各类驱动要素与乡村景观特征的关系。结果表明:(1)嘉定乡村景观的环境绿视度、天空开敞度、建筑密集度、道路宽阔度、小品丰富度、场所围合度呈现明显不均衡分布的特征;(2)多重聚类结果显示嘉定乡村景观的穹色空间、绿色空间和灰色空间呈现相互交织分布的格局;(3)多维度因子共同影响乡村景观特征的形成,乡村产业维度的因子交互作用最强,其中GDP与商业活力的交互值最高。基于以上发现提出嘉定区乡村景观地方特征的提升策略,为公园城市背景下乡村景观特征的评价和优化提供新的思路和方法,为提高乡村景观品质和推动公园城市建设提供参考。

### 关键词

视觉景观要素;语义分割;聚类算法;地理探测器;街景图像;地方特征

### Abstract

Exploring the local characteristics and value of rural landscapes in the new era, as well as promoting the deep integration of urban and rural development, are crucial for enhancing the connotation construction and quality improvement of Shanghai's Park City. Significant potential remains for examining regional features and evaluating the influencing factors of rural landscape elements through multi-source data fusion. Using Jiading District of Shanghai as a case study, this research analyzed street view image data and employed multi-class superposition with semantic segmentation methods to extract the local characteristics of various rural landscape elements. Additionally, geographic detectors and the random forest algorithm were utilized to assess the relationship between different driving factors and rural landscape characteristics. The results indicate that: (1) Environmental green view, sky view, road width, building view, facilities diversity, and enclosure integrity in Jiading's rural landscapes exhibit notable imbalanced distribution characteristics; (2) The blue space, green space, and gray space in Jiading's rural landscapes display an interwoven distribution pattern; (3) Multi-dimensional factors collectively influence the formation of rural landscape features, with the strongest interaction occurring within the rural industry dimension, particularly between GDP and commercial vitality. Based on these findings, this paper proposes strategies for enhancing the local characteristics of rural landscapes in Jiading District, providing innovative approaches and methods for evaluating and optimizing rural landscape features within the context of Park City development, and offering references for improving rural landscape quality and promoting Park City construction.

### Keywords

visual landscape element; semantic segmentation; clustering algorithm; geographic detector; street view image; local characteristic

### 龚苏宁

1976年生/男/江苏连云港人/在读博士研究生/正高级工艺美术师/研究方向为风景园林及旅游规划

### 张琳

1979年生/女/辽宁沈阳人/博士/副教授、博士生导师/研究方向为风景园林及旅游规划

\*通信作者 (Author for correspondence)  
E-mail: tongjizhanglin@163.com

### 基金项目:

上海市“科技创新行动计划”社会发展科技攻关项目“超大城市上海公园城市构建关键技术研究” (编号: 23DZ1204400); 上海市哲学社会科学规划课题“‘沪派江南’视角下乡村文化空间有机更新的机制与路径” (编号: 2024BCK001); 上海市哲学社会科学规划课题“长三角一体化发展背景下乡村地方性景观评价及优化研究” (编号: 2023BCK011)

中国城市发展的资源紧缩问题影响着城乡资源的配置、自然生态的建设和人居环境的提出,城市发展已从规模扩张向注重集约化和内涵式品质提升的新阶段迈进。2018年提出的公园城市理念为科学认知新时期城市发展规律、缓解日趋严重的“城市病”提供明确导向。乡村建设与城市发展紧密相连,具有同等关键性<sup>[1]</sup>,乡村独特的自然生态环境、以农业为基础的生产模式及农耕文化孕育的传统习俗,明显区别于城市,并在公园城市建设中扮演着日益重要的角色<sup>[2]</sup>,成为承载新功能、激发新动力、创造新场景的战略区域<sup>[3]</sup>。然而,部分乡村地区仍面临资源配置效率低下、人地关系失衡、景观地域特色缺失等问题。因此,需结合乡村自身资源特色与发展规律,从空间格局重塑、结构优化、特色场景营造、政策体系保障等方面探索公园城市理念下乡村景观的优化路径,协同推进公园城市建设与城乡融合发展<sup>[4]</sup>。超大城市上海已成功实现城乡关系从“以城带乡”向“城乡深度融合”的转变<sup>[5]</sup>,上海乡村因优越的地理与交通条件,与城区之间实现发展要素的频繁流动与多维交互,在此过程中,乡村已成为城镇发展的重要支柱。然而,随着城区功能的向外扩展和用地规模的扩张,乡村地区面临着一系列挑战,如村落原有风貌遭到破坏、乡村文化底蕴受损、建筑风格混杂失序、乡村景观趋于同质化、生态环境呈现破碎化等问题<sup>[6]</sup>。这导致乡村地区成为城镇化发展新阶段亟需解决的“痛点”<sup>[5]</sup>,也成为未来公园城市建设的关键区域和主要战场<sup>[4]</sup>。

公园城市是融合生态、生活和生产的城市发展新模式,尤其强调生态基底保护提升及其生态价值转化的重要性<sup>[7]</sup>。而乡村地区拥有公园城市建设最为重要的生态基底,同

时乡村景观特征体现了在生态基底上人居环境和生产环境融合的结果,运行着不同于城区的“三生”融合模式。因此,挖掘上海乡村景观地方特征为公园城市建设中的乡村“三生融合”提供重要基础,提升乡村整体形象和品质。上海市政府于2021年发布了《关于推进上海市公园城市建设的指导意见》<sup>[8]</sup>,并于2023年相继出台《上海市公园城市规划建设导则》<sup>[9]</sup>、《上海市“十四五”期间公园城市建设实施方案》<sup>[10]</sup>,其中详细界定了城区、街区、社区、校区、产业园区以及乡村郊野等不同区域在公园城市建设的核心指标和建设标准,尤其强调乡村地区的公园城市建设应建立在尊重和保护郊野生态资源的基础上,充分利用郊区农田、生态林带、水系湿地、传统村落及历史风貌等现有资源,规划布局多样化的乡村公园,营造具有浓郁乡土特色的郊野生态空间,满足城乡居民的休闲游憩需求。由此可见,这一系列政策文件高度重视乡村景观地方特色的保护与利用。乡村景观地方特征是乡村地区人工环境与自然环境不断耦合适应、动态演变过程中景观形成具有普遍性及区域差异化的自然特质、文化特性、人类活动特征<sup>[11]</sup>,是反映本地村民自我身份与地方认同感的关键要素<sup>[12]</sup>,也体现着公园城市建设的客观特性。

现有不少研究聚焦于公园城市建设的具体案例,剖析建设的核心理念、评价体系及实施模式等关键方面,还结合城乡发展的独特性与趋势,在土地资源分配、城乡生态廊道构建、空间格局塑造、结构优化调整、城乡风貌提升、生活场景营造以及政策支撑等多个维度<sup>[13-14]</sup>提出针对性优化策略,旨在推动公园城市建设中城乡的深度融合与协同发展。然而,目前自上而下的规划评价、管理模式,多以管理者的主观决策、规划者的经

验以及固化的规划模式为依据,很少从景观使用主体感知视角进行乡村大尺度景观特征的提取及量化评价,导致公园城市难以针对主体需求进行高水平建设。随着场所精神理论的提出和环境心理学的发展,景观感知受到学者广泛重视。尽管传统的问卷调查和实地访谈能在一定程度上对感知进行量化评估,但它们受限于耗时较长、成本高昂、受访对象局限性以及指标理解的主观差异,难以确立统一的评价基准,并且无法实现大范围、高精度的量化研究<sup>[15]</sup>。而深度学习技术的兴起为解决这一难题开辟了新的道路,众多学者已开始利用深度学习、卷积神经网络以及场景语义分割等技术手段<sup>[16-17]</sup>,探索城市景观中的视觉要素特性。Naik等<sup>[18]</sup>基于计算机视觉算法和众包数据,使用Place Pulse 1.0评估景观的安全性及美观度;Quercia等<sup>[19]</sup>利用RGB图像进行数据排序预测;Dubey等<sup>[20]</sup>使用卷积神经网络计算图像间的同一性;Zhang等<sup>[21]</sup>使用Place Pulse 2.0对街景图像景观元素进行视觉感知分类。但目前受限于乡村开源图像数据库的不完善,深度学习技术较多运用于城市小尺度范围的环境特征提取及评价,还未广泛应用于乡村大尺度的景观感知研究中。

由此可见,基于公园城市建设案例进行主观经验的质性总结的研究较多,仍缺少对乡村图像大数据的应用和量化测评,也很少有专门针对公园城市建设过程中乡村地区景观地方特征的提取和内在作用评价。因此,本研究以公园城市理念为指导,运用深度学习SegNet算法对上海嘉定乡村的街景图像大数据和现场调研数据,结合GIS空间分析技术进行图像语义分割分析和聚类分析,并运用相关性分析以及地理探测器进行主导驱动因素和多因子交互作用探析,推导乡村地区

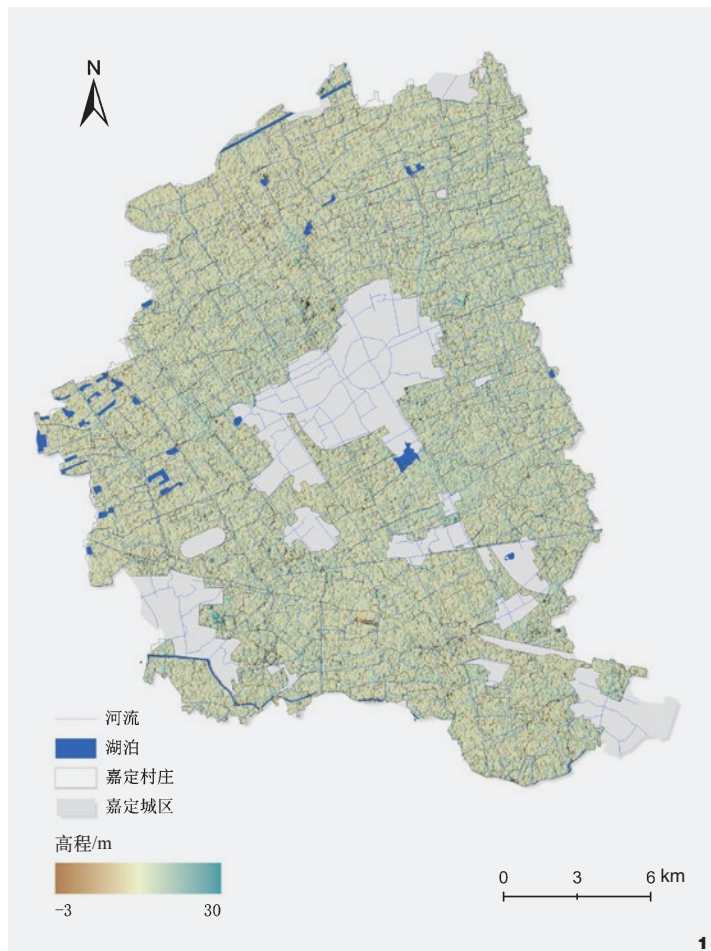


图1 研究区域  
Fig. 1 Study area

公园城市建设中景观地方特征的识别和优化策略，为公园城市高质量建设提供理论参考与借鉴。

## 1 研究设计

### 1.1 研究区域

上海西北部的嘉定区总面积为463.16 km<sup>2</sup>，境内地势平坦，水网密集（图1），其中143个行政村的总面积为389.66 km<sup>2</sup>。嘉定一直以“生态之城”建设为目标，以“公园城市”为建设抓手，新建了一批口袋公园、滨河绿带、乡村绿道，拓展了高品质的绿色生态空间。其GDP排名一直位居全市前列，但近期自然环境变化骤然、新旧村落混杂、各类服务设施杂糅等问题，已成为经济快速增长下乡村环境发生剧变的典型代表。百度地图中嘉定乡村的街景图像及其网络数据资源丰富，前期

现场调研采集1 286张照片，为本研究提供了充足的数据。

### 1.2 数据来源

本研究涉及的数据详见表1。其中所有栅格数据均通过ArcGIS Pro 3.2对研究区域进行按掩膜提取和裁剪，收集文本数据、图像数据、表格数据，链接到区域矢量数据中。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 街景语义分割

本研究采用Pytorch框架的深度卷积神经网络DeepLabv3-Plus模型对输入的Baidu API街景数据进行环境绿视度(GVI)、天空开敞度(SOI)、建筑密集度(BI)、道路宽阔度(RWI)、小品丰富度(FDI)、场所围合度(EII)等计算<sup>[25-27]</sup>。本研究针对不同景观要素采用统一的景观要素视率(Landscape View Index, LVI)通过公式(1)进行计算。

$$LVI_x = \frac{A_x}{A_{total}} \quad (1)$$

式中， $LVI_x$ 表示第 $x$ 个景观要素的视率； $A_x$ 是该景观要素在图像中的像素面积（绿化的像素面积为 $A_g$ 、天空的像素面积为 $A_s$ 、建筑的像素面积为 $A_b$ 、道路的像素面积为 $A_r$ 、小品的像素面积为 $A_f$ 、建筑及设施等围合物的像素面积为 $A_c$ ）； $A_{total}$ 是街景图像的总像素面积。

#### 1.3.2 聚类分析

本研究应用无监督学习的聚类算法<sup>[28]</sup>识别乡村景观特征，构建基于多重聚类组合的分析框架。首先对环境绿视度、天空开敞度等指标进行Min-Max标准化处理，消除量纲差异；随后并行实施K-Means、GMM、Geo-SOM聚类算法，通过轮廓系数定量评估各算法组合的聚类质量。实验结果表明，K-Means与Geo-SOM的组合在6项景观要素上均取得最优轮廓系数（表2），故选定该组合进行集成聚类；最后融合多维度聚类结果，生成综合性的乡村景观地方特征分布图谱。该方法通过算法协同增强了聚类结果的稳定性和解释力，为复杂景观特征识别提供了有效解决方案。

#### 1.3.3 地理探测器

本研究运用地理探测器<sup>[29]</sup>量化分析影响景观地方特征的主要驱动因素。结合相关研究成果<sup>[30-31]</sup>，将影响嘉定乡村景观地方特征的驱动因素分为自然环境维度、乡村产业维度、乡村建设维度及11项二



表1 数据来源及详细描述  
Tab. 1 Data source and detailed description

数据 Data	数据来源 Data source	应用指标 Application index
百度街景 360° 全景图片	百度街景 API (Application Programming Interface) 爬取, 采样时间为 2020 年 4-6 月	环境绿视度 (Green View Index, GVI)、天空开敞度 (Sky Open Index, SOI)、建筑密集度 (Building Intensity Index, BII)、道路宽度 (Road Width Index, RWI)、小品丰富度 (Facilities Diversity Index, FDI)、场所围合度 (Enclosure Integrity Index, EII)
2020 年降水量栅格 <sup>[22]</sup>	WorldClim 2.0 ( <a href="https://worldclim.org/">https://worldclim.org/</a> ) 下载分辨率为 1 km 数据集	年均降水量 (X1)
2020 年平均气温栅格 <sup>[23]</sup>	WorldClim 2.0 ( <a href="https://worldclim.org/">https://worldclim.org/</a> ) 下载分辨率为 1 km 数据集	年平均气温 (X2)
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	30 m 分辨率 Landsat 7 以及 Landsat 8 影像下载于 National Aeronautics and Space Administration (NASA), 在 ArcGIS Pro 中进行 NDVI 指标计算	植被指数 NDVI (X3)
GDP (Gross Domestic Product)	中国 GDP 空间分布公里网格数据集数据来源于资源环境科学数据注册与出版系统 ( <a href="https://www.resdc.cn/">https://www.resdc.cn/</a> )	GDP (X4)
嘉定区 2021 年统计年鉴	嘉定区统计局 ( <a href="http://www.jiading.gov.cn/tongji">http://www.jiading.gov.cn/tongji</a> )	农业收益 (X5)、工业产值 (X6)、商业活力 (X7)
2020 年土地利用栅格数据 <sup>[24]</sup>	Landsat 的年度中国 Google Earth Engine (GEE) 平台上的土地覆被数据集, 分辨率为 30 m	耕地开发强度 (X8)
道路数据	下载于 Open Street Map ( <a href="https://www.openstreetmap.org/">https://www.openstreetmap.org/</a> ), 用于生成 100 m 间隔采样点	道路密度 (X9)
人口密度 <sup>[24]</sup>	中国 1 km 人口密度数据集下载于 WorldPop( <a href="https://hub.worldpop.org/">https://hub.worldpop.org/</a> )	人口密度 (X10)
乡村发展政策	嘉定区人民政府 ( <a href="http://www.jiading.gov.cn/">http://www.jiading.gov.cn/</a> )、上海市农业农村委员会 ( <a href="https://nyncw.sh.gov.cn/">https://nyncw.sh.gov.cn/</a> )	相关政策 (X11)

表2 聚类方法结果比较  
Tab. 2 Comparison of results of clustering methods

方法 Method	形状系数 Silhouette score
K-Means	219.79
GMM	283.90
GEO-SOM	221.89
K-Means+GMM	286.66
K-Means+GEO-SOM	287.73
GMM+GEO-SOM	277.86
K-Means+GMM+GEO-SOM	278.96

级驱动因素 (表 3)。在 ArcGIS Pro 3.2 中构建 300m×300m 的渔网, 对所有数据进行离散化, 分类为 1-5 类别, 再进行地理探测器分析。

首先, 使用一类地理探测器探测二级驱动因素对景观总聚类的影响程度; 将每个聚类标签转换为 0 和 1 的二元标签, 比如标签 = 0 (弯色空间) 赋值为 1, 标签 ≠ 0 (不是弯色

空间) 赋值为 0; 再使用二类地理探测器分析二级驱动因素对于弯色空间景观的影响程度, 绿色空间和灰色空间也用上述方法进行探测, 计算见公式 (2)。

$$q = 1 - \frac{SSW}{SST} = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (2)$$

式中,  $h=1, \dots, L$ ;  $L$  为变量  $Y$  或因子  $X$  的

分层 (Strata), 即分类或分区;  $N_h$  和  $N$  分别表示层  $h$  和全区的单元数;  $\sigma_h^2$  和  $\sigma^2$  表示层  $h$  和全区的  $Y$  值方差;  $SSW$ 、 $SST$  分别表示层内方差之和、全区总方差;  $q$  的值为 [0, 1]。

接着, 通过交互作用探测识别不同自变量因子交互产生的作用, 如因子  $X_1$  和  $X_2$  共同作用时能否减弱或增加对因变量的解释力, 该方法计算两种因子  $X_1$  和  $X_2$  对因变量的  $q$  值为:  $q(X_1)$  和  $q(X_2)$ , 并计算两者交互时的  $q$  值:  $q(X_1 \cap X_2)$ , 然后比较  $q(X_1)$ 、 $q(X_2)$  与  $q(X_1 \cap X_2)$ 。

#### 1.4 技术流程

本研究运用深度学习、聚类分析和地理探测器方法, 对嘉定乡村景观的地方特色进行研究, 构建了详细的技术流程 (图 2), 实现乡村景观地方特征的量化分析和驱动因素

表3 驱动因素选择  
Tab. 3 Driver selection

一级驱动维度 First-level drive dimension	二级驱动因素 Secondary driver
自然环境维度	年平均降水量 (X1)、年平均气温 (X2)、植被指数 NDVI (X3)
乡村产业维度	GDP (X4)、农业收益 (X5)、工业产值 (X6)、商业活力 (X7)
乡村建设维度	耕地开发强度 (X8)、道路密度 (X9)、人口密度 (X10)、相关政策 (X11)
因变量	景观总聚类、穹色空间、绿色空间、灰色空间

空、建筑、道路、小品等景观要素, 并计算出环境绿视度、天空开敞度、道路宽阔度、建筑密集度、小品丰富度和场所围合度的指标值, 为进一步分析提供基础。

(2) 多重聚类与景观特征分类。在语义分割提取的视觉景观要素基础上, 采用多重聚类方法对乡村景观进行分类。首先, 分别运用K-Means、GMM和Geo-SOM等聚类算法对景观要素进行独立聚类, 并通过形状系数评估每种方法的聚类效果。随后, 基于形状系数的综合比较, 确定最优聚类组合为K-Means+Geo-SOM。依据相关文献<sup>[25-26]</sup>, 最终依据随机森林确定指标贡献度的方式将嘉定乡村景观划分为穹色空间(天空开敞度为依据, 以乡村天空特征主导的空间)、绿色空间(环境绿视度为依据, 以乡村绿化与农业景观特征主导的空间)、灰色空间(道路宽阔度、建筑密集度、小品丰富度、场所围合度为依据, 以乡村功能性建筑和小品特征主导的区域)。

(3) 驱动因素分析。将聚类结果作为因变量, 结合研究区的自然环境、乡村产业和乡村建设维度的11项驱动因子, 使用一类地理探测器和二类地理探测器对乡村景观地方特征的驱动要素以及不同空间下的驱动要素进行分析。通过因子探测量化各因子对景观特征的解释力, 揭示主导驱动因子; 通过交互探测分析因子间的协同效应, 进一步识别多维因子对景观地方特征的交互作用。

(4) 优化策略提出。基于乡村景观要素的空间分布特征及驱动力分析结果, 融合上海公园城市建设思想和“穹色—绿色—灰色”空间协同优化的理念, 针对性提出乡村景观的提升策略, 如通过调整穹色空间与绿色空间的比例增强视觉舒适性, 通过调整产业结构、耕地开发强度等改善绿色空间的质量, 通过合理规划建筑密集区、道路宽度、小品数量,

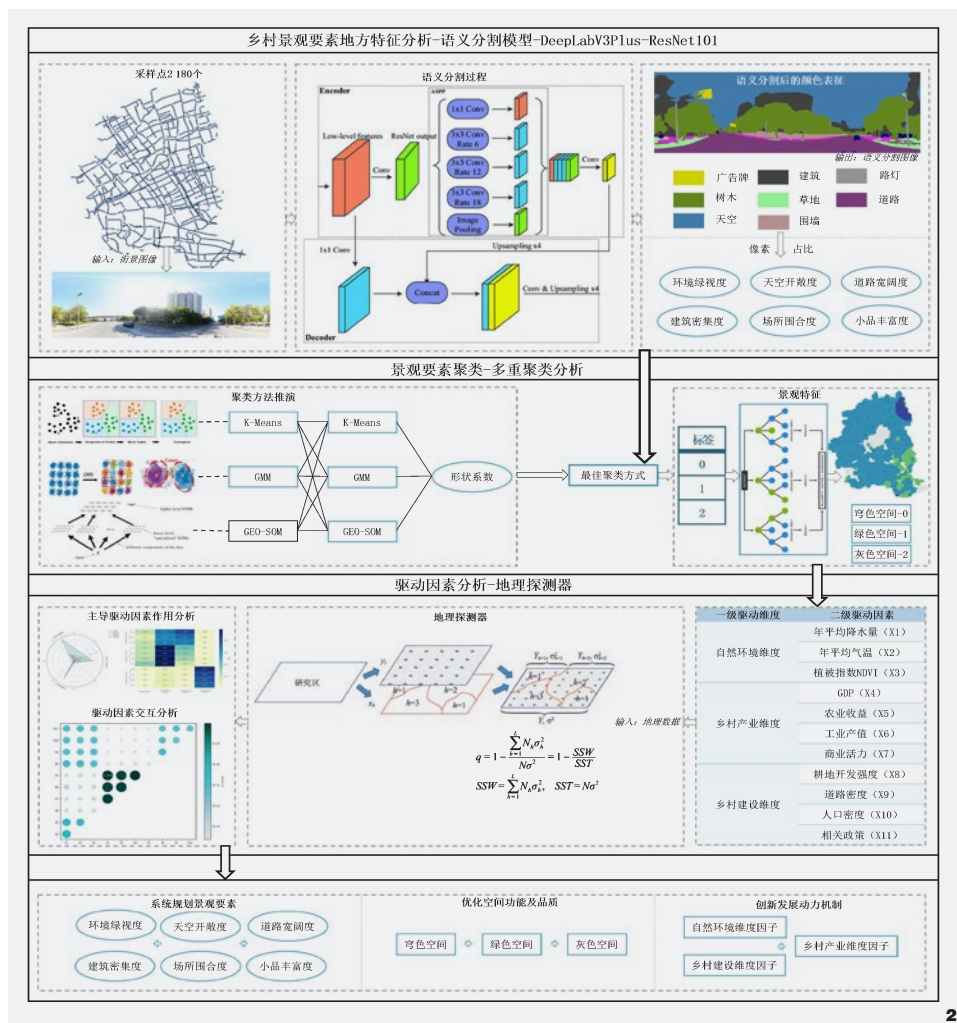


图2 技术流程图  
Fig. 2 Technical flow chart

的体系化探讨, 为区域乡村景观优化和公园城市建设提供系统化研究框架和实践参考。

(1) 乡村景观要素地方特征分析。本研究选取嘉定区2 180个采样点, 采集百度街景

图像数据, 利用DeepLabV3Plus-ResNet101模型对图像进行语义分割, 通过编码器与解码器的结构, 结合空洞卷积(ASP模块)对图像中多尺度信息进行处理, 精准提取绿化、天

提升灰色空间的功能性与利用率，为优化和彰显嘉定乡村景观地方特征提供科学依据。

## 2 结果分析

### 2.1 景观要素地方特征分析

本研究中嘉定乡村主要视觉景观要素分布特征的分析结果如表4所示。其中环境绿视度平均值为0.2069，局部最大值达到0.7078，表明区域整体绿化程度较低，部分区域绿化效果较好；天空开敞度的平均值为0.4799，其中最大值为0.7162，表明整体空间开敞性较高，具有一定的通透感，但仍存在局部空间受限的情况；道路宽阔度的平均值为0.1242，标准差较小(0.0350)，反映出道路普遍较窄且分布较为均匀；建筑密集度平均值为0.1127，但最大值达到0.6578，说明部分区域建筑密集化现象显著，与乡村景观的整体低密度特征形成对比；小品丰富度的平均值为0.0124，表明区域内街景中的小品分布稀疏；场所围合度的平均值为0.0290，部分节点围合度最大值为0.1749，表示整体围合感较低，局部空间具有较强的聚集性。

嘉定区乡村景观在绿化、天空、建筑、道路、小品、场所方面的视觉要素特征分布情况表现出一定的区域差异性。

(1) 环境绿视度(图3-a)。环境绿视度的分布显示区域内绿化覆盖率整体较低，仅

在局部空间形成较为集中的高绿视度区域( $GV > 0.35$ )，这些区域主要位于林地、苗圃、农田或植被较为密集的地区，如大裕村的葡萄种植基地、苗木林地、滨水绿地，表现出明显的生态优势。而乡村居住聚集区域的绿视度普遍偏低( $GV < 0.20$ )，表明密集建筑和人造环境主导了该区域的视觉效果。

(2) 天空开敞度(图3-b)。天空开敞度的分布表示研究区的整体开敞性较高，特别是远郊及交通主干线附近， $SOI > 0.50$ ，这与道路宽度和绿化减少遮挡有关，如北部靠近江苏的伏虎村拥有大量广阔的稻田和宽广的道路、广场。而随着乡村居住、商业区域的建筑物密集程度提高和建筑高度增加， $SOI$ 降低到0.20以下，表现出明显的空间封闭感。

(3) 建筑密集度(图3-c)。建筑密集度在乡村居住、商业、办公区显著升高( $BI > 0.12$ )，显示出建筑分布较为集中且垂直开发程度较高，如北管村的企业总部基地及北陈路的商业街区域。而远郊乡村的建筑密集度大幅降低( $BI < 0.07$ )，显示出较为松散的乡村空间分布格局和低开发强度。

(4) 道路宽阔度(图3-d)。道路宽阔度的分布特征显示区域内道路宽度较为均匀，但乡村对外的核心和村内的主干道附近数值相对较高( $RWI > 0.10$ )，反映出道路系统的完善性和道路等级较高，如大裕村的陈北路、大

治路等。而在外围远郊乡村区域的村镇和农业用地范围内 $RWI < 0.04$ ，表现出以较窄的传统乡村道路为主。

(5) 小品丰富度(图3-e)。乡村行政办公及休闲活动区域的小品丰富度相对较高( $FDI > 0.08$ )，反映出该区域内小品设施(如座椅、灯柱、广告牌等)分布密集，提升了空间的使用率和功能性，如北管村的商业街和休闲公园、毛家村的愚农庄园和竹影草堂。而在远郊乡村小品丰富度普遍较低( $FDI < 0.04$ )，表明空间的功能性设施分布不足，仍需进一步提升小品的利用性和便捷性。

(6) 场所围合度(图3-f)。部分乡村的行政办公及商业区域的场所围合度较高( $EI > 0.10$ )，反映出建筑物和设施网络形成的空间围合感较强，符合高密度开发的景观特征，如毛桥村的毛桥集市、沁园茶室、杏雨梨云精品民宿等区域。而远郊区域的围合度普遍较低( $EI < 0.05$ )，表现为更多开放式的自然或农业空间，空间格局较为开敞且乡村景观特征不明显。

### 2.2 景观要素聚类分析

为了更深入探究视觉景观要素在乡村场景中的空间分布规律，对环境绿视度、天空开敞度、建筑密集度、道路宽阔度、小品丰富度、场所围合度展开聚类分析，分类数量根据经验<sup>[25-26]</sup>及多轮实验后设置为3，根据

表4 景观要素信息 (n=2 180)  
Tab. 4 Landscape elements information

视觉景观要素 Visual landscape element	平均值 Mean value	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value	标准差 Standard deviation
环境绿视度	0.2069	0.7078	0.0000	0.1339
天空开敞度	0.4799	0.7162	0.0669	0.1341
建筑密集度	0.1127	0.6578	0.0000	0.1147
道路宽阔度	0.1242	0.2104	0.0258	0.0350
小品丰富度	0.0124	0.1914	0.0002	0.0154
场所围合度	0.0290	0.1749	0.0000	0.0273



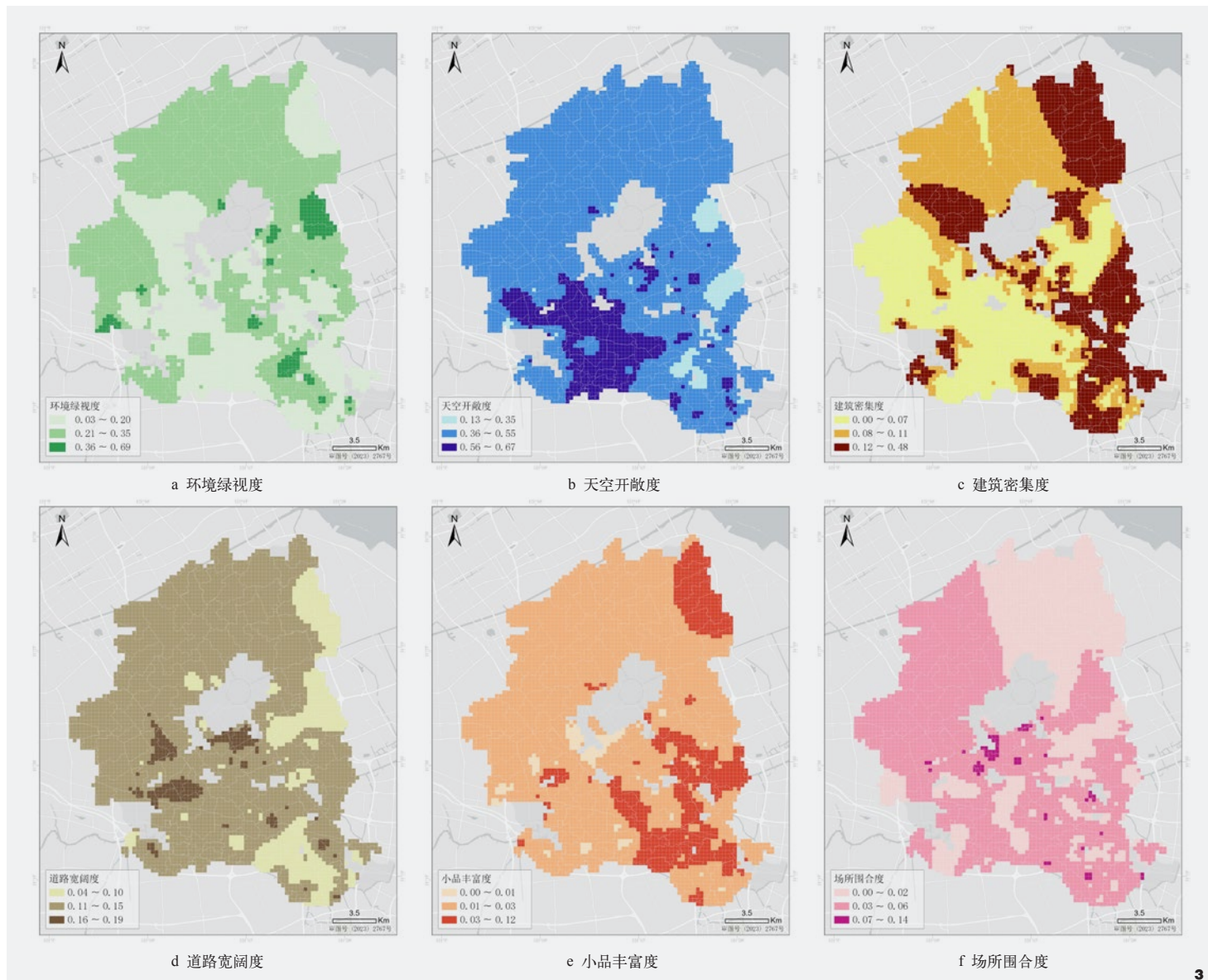


图3 景观要素空间分布  
Fig. 3 Spatial distribution of landscape elements

多重聚类与单个聚类的形状系数，选择聚类方法为K-Means+GEO-SOM，聚类结果如图4所示。使用随机森林模型计算各景观要素对每个标签的贡献程度，结果如图5所示。最终聚类结果被划分为穹色空间(标签=0)、绿色空间(标签=1)、灰色空间(标签=2)。

(1) 穹色空间中贡献程度最高的景观要素

为天空开敞度(贡献程度为0.64)。穹色空间主要集中于乡村的开阔地带和主要道路沿线，以天空开敞度较高为主导特征，占据嘉定乡村的大部分区域。其建筑高度较低，且道路宽阔性较好，形成了显著的视觉通透感。这种特征不仅增强乡村景观的开放性，同时体现嘉定区乡村地区注重“开敞空间”和

“视觉舒适度”的空间规划理念。在这些区域，村庄的景观布局以低层建筑和大量开放区域为主，强调自然采光与通风功能，为村民提供了开阔的生产、生活视野。

(2) 绿色空间中贡献程度最高的景观要素为环境绿视度(贡献程度为0.73)。绿色空间主要分布在嘉定区东南部乡村、外围生态

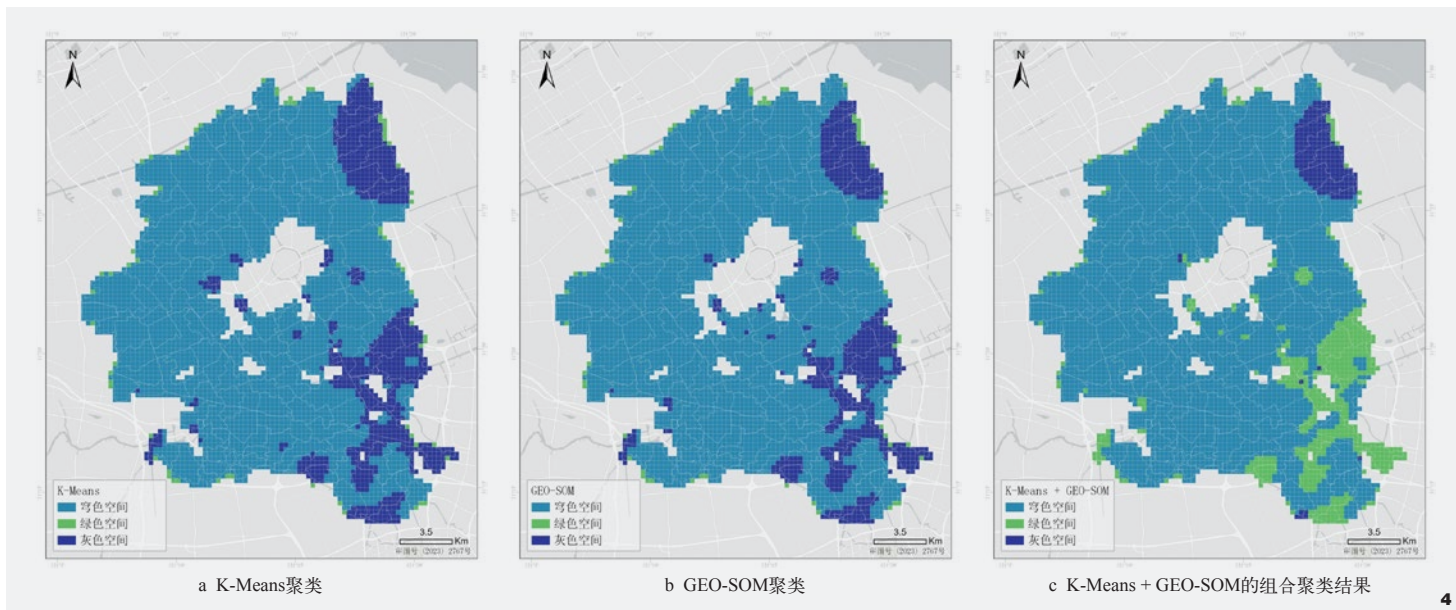


图4 聚类分析  
Fig. 4 Cluster analysis

敏感区，以环境绿视度为主导特征。这些区域的视觉景观以绿化和植被覆盖为主，尤其在乡村与自然过渡的边界地带更为显著。绿色空间的分布特征反映嘉定区乡村区域在生态保护与农业景观结合上的独特性，如大量的农田、果园、林地以及水系周边的植被，不仅为乡村地区提供生态服务功能，也构成乡村视觉景观的重要组成部分。这些区域是乡村景观的绿色核心，提升了乡村的生态质量，也为乡村旅游和生态休闲提供基础条件。

(3) 灰色空间中贡献程度最高的景观要素为场所围合度(贡献程度为0.64)。灰色空间主要集中在嘉定西北部开发和建设强度较高的乡村核心区域和重要交通节点，如红星村、曹王村、劳动村等，以道路宽阔度、建筑密集度、小品丰富度和场所围合度为主导。这些区域是乡村居民生活与生产活动的主要区域，展现了乡村聚落在空间功能性上的显著特征。高建筑密集度反映传统乡村聚落的紧凑布局，而高小品丰富度和高场所围合

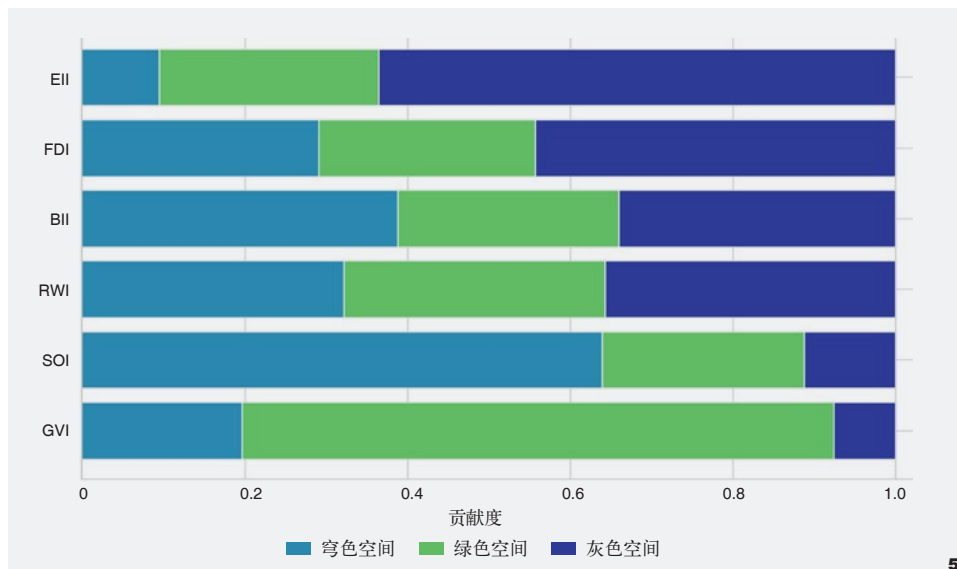


图5 基于随机森林计算的各指标贡献度  
Fig. 5 Contribution of each indicator based on random forest calculation

度则表现乡村聚落空间中的设施完备性和环境复杂性。尤其在乡村商业活动较为集中的区域，灰色空间的分布还体现了乡村地区经济活力的空间特征，是嘉定乡村视觉景观中“人文与功能”并存的重要组成部分。

总体来看，嘉定区乡村视觉景观以弯色空间、绿色空间和灰色空间三者相互交织的

格局为主，展现多元地方特征的空间融合效果。整体上以大面积的弯色空间为主，突显乡村的开放性与通透性，次之的绿色空间彰显生态保护与农业景观的融合，而面积较小的灰色空间则突出乡村核心聚落的功能性与紧凑性。这种空间格局不仅体现嘉定乡村地区对自然景观、生态保护和人类活动的综合



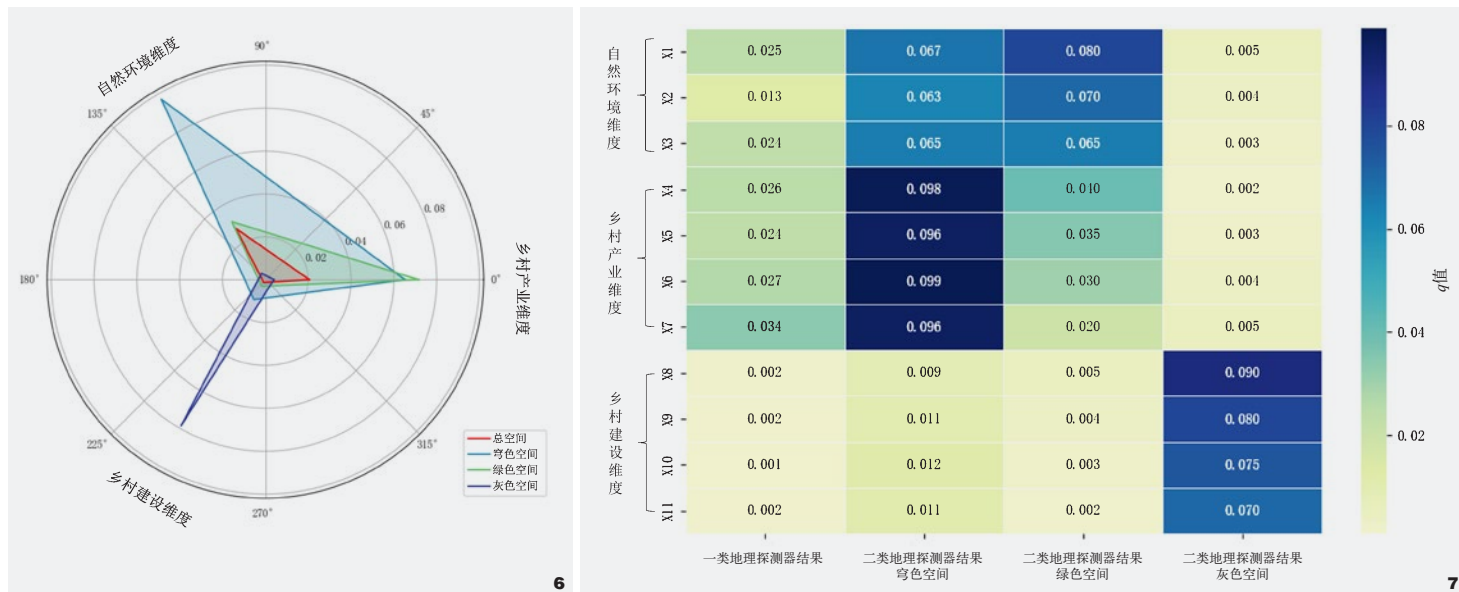


图6 不同维度对景观特征的驱动作用  
Fig. 6 The driving force of landscape characteristics in different dimensions

图7 地理探测器结果  
Fig. 7 Geographic detector results

效应，也为乡村区域的公园城市建设提供科学的景观规划依据。

### 2.3 驱动因素分析

(1) 主导驱动因素作用分析。图6显示不同维度对于景观特征的驱动力(驱动力来源于各个维度下二级驱动因素的平均值),从中可以发现不同维度对景观特征的驱动力存在显著差异。其中,自然环境维度在青色空间和绿色空间中表现出较高的影响力,驱动力最高值分别达到0.067和0.08(X1)。这表明,自然环境因子在生态型空间中起到重要的支撑作用,能够有效塑造空间的自然景观特征。同时乡村建设维度在灰色空间中的驱动力值明显高于其他维度,其最高驱动力值达到0.090(X8),反映出建设型空间的景观特征主要受建筑相关因子的影响。图7显示了一类地理探测器对于总景观特征,二类地理探测器分别对于青色空间、绿色空间以及

灰色空间的探测结果,研究发现不同空间类型下的主要驱动因素具有显著的差异性。在总体景观特征中,自然环境维度因子对整体景观特征的驱动力值较为均衡,驱动力范围在0.024~0.026,体现出自然环境因子对整体景观系统的普遍影响。而在青色空间中,乡村产业维度的驱动因子贡献最大,其中X6的驱动力值达到最高,为0.099,显示出乡村产业活动在青色空间中的主导作用。绿色空间则受到自然环境因子主导,其中X1的驱动力值为0.080,是该空间中的主要驱动因素,这表明绿色空间的景观特征更多依赖于自然条件的变化。灰色空间的探测结果表明,乡村建设维度因子在塑造其景观特征方面具有显著作用。特别是X8和X9的驱动力值分别达到0.090和0.080,表明道路、建筑等建设相关因子对灰色空间的景观特征起到关键性作用,进一步验证了建设活动是灰色空间景观特征的核心驱动因素。

(2) 驱动因素交互作用分析。地理探测器因子交互探测结果如图8所示,因子间的交互作用在不同因子组合中表现出显著差异。其中,乡村产业维度的因子之间的交互强度最高,如X4和X7之间的交互 $q$ 值达0.1994。这表明乡村产业维度的因子对目标变量具有较强的协同驱动效应,这是由于乡村的经济收益情况和商业活动之间存在高度耦合,协同作用显著提升了乡村发展对景观特征的影响。此外,自然环境维度因子之间也存在一定的交互作用,特别是X1与X3的交互值较高,这反映了自然环境因子之间的相互作用对于青色空间和绿色空间的影响。相比之下,乡村建设维度因子之间的交互强度相对较低,表明这些因子对灰色空间的影响更多表现为独立作用,而非协同驱动,这是由于建设相关因子(如耕地开发强度、道路密度等)更多受制于规划和政策的影响。总体来看,乡村产业维度因子之间的协同效应最强,

自然环境维度次之，而乡村建设维度的协同作用相对较弱，因此，优化乡村景观特征时，可以优先考虑高交互强度的因子组合。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

当前，公园城市规划建设在全国范围内已进入全面推广、多方探索、加速实施的新阶段。上海乡村率先围绕国家战略要求开展了关于乡村与城市建设的多项时代课题。乡村地区需要深入挖掘景观独特的地理区位与资源优势，解决现状发展的诸多困境，才能落实公园城市理念，营造城乡共荣共生的“大美公园城市”。本研究通过深度学习语义分割技术对街景图像进行解析，实现了大范围乡村景观的量化测评和空间特征提取，并通过地理探测器和随机森林算法深入解析影响该特征的驱动因素，主要结论如下：

(1) 嘉定乡村景观视觉要素分布呈现显著的地方差异性。环境绿视度整体较低，尤其在乡村居住聚集区域表现明显，而在生态廊道及公园周边则形成局部高值区；天空开敞度整体较高，反映了良好的空间通透性；道路宽度在主干道之间差异显著；建筑密集度在村落中心区域明显升高；小品丰富度和场所围合度总体偏低，但在局部节点表现出强聚集特征。

(2) 基于街景图像大数据构建的多重聚类模型，能够有效融合多维数据，精准提取乡村景观视觉要素的地方特征。通过K-Means+GEO-SOM的组合分析，乡村景观被有效划分为不同要素主导的弯色空间、绿色空间和灰色空间。

(3) 通过地理探测器和随机森林算法的深入分析，揭示了自然环境维度是景观特征的主要驱动因素，其中年平均降水量和NDVI等指标具有显著影响，与已有研究观点基本一致<sup>[32,33]</sup>。同时乡村产业与建设因素的作用也日益突显，特别是GDP与商业活力的协同效应尤为明显。

#### 3.2 景观优化策略

(1) 系统规划景观要素。建议从公园城市建设的总体生态系统规划出发，统筹优化乡村各类景观要素。在环境绿视度方面，结合公园城市建设要求，提升植被覆盖率与多样性，重点在聚落周边和道路沿线优化乔灌木搭配，增强绿化视觉效果。同时，在城乡结合部构建景观生态廊道，连接绿地与自然区域，提升绿化连贯性。对于天空开敞度，通过优化建筑布局和道路设计，在核心区域控制建筑高度，增加公共活动空间，保持视觉通透性。此外，建议加强“穹—绿—

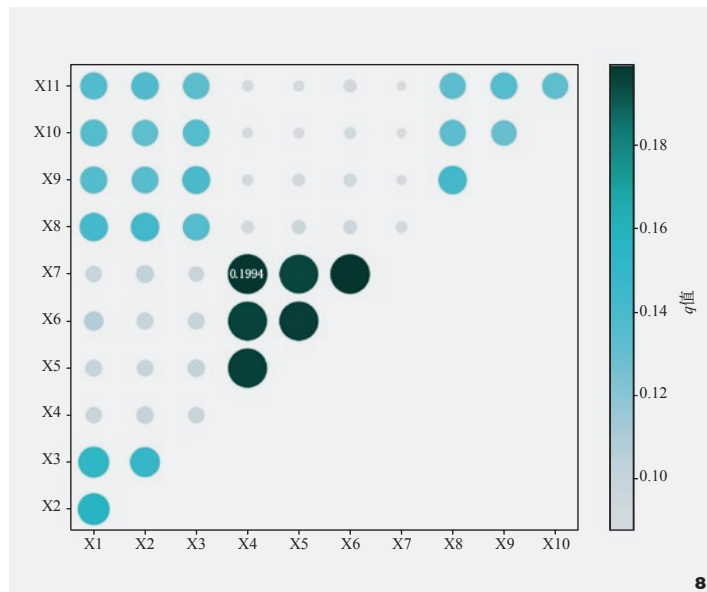


图8 地理探测器的交互作用分析  
Fig. 8 Geographic detector interaction analysis

灰”空间协同，合理规划天空、绿化与建筑空间比例，构建均衡发展的景观系统。

(2) 优化空间功能及品质。建议着重优化乡村空间的功能布局与景观品质。在道路系统方面，根据交通需求差异化设计，主干道适当拓宽并增加绿化带，次级道路优化建筑间距或增设步道，提升视觉宽阔感。在村庄更新中，合理控制建筑密度，保留开敞空间，结合地方文化统一优化建筑风貌。小品设施应系统规划，在乡村公共活动区域增加具有地方特色的功能性小品，注重分布的均匀性和后期维护管理。场所设计要平衡围合度与开放性，通过合理布局建筑、设施和绿化，增强空间归属感，在生态区域采用自然元素进行柔性围合。

(3) 创新发展动力机制。建议从产业发展和空间治理角度激发乡村景观优化动力。结合地方资源禀赋，发展特色产业如农业体验、乡村民宿等，促进经济收益可持续增长。通过产业调整优化人口结构，吸引年轻人才，增强发展活力。同时，建议建立多方参与机制，将景观优化与乡村治理相结合，推动自然生态与产业建设的协调发展。此外，可探索建立景观维护的长效机制，确保优化措施的持续实施和动态调整。

### 4 研究展望

(1) 在数据层面，构建多源数据融合的采集体系。针对当前研究

中存在的街景图像数据更新不及时、部分区域覆盖不足、图像视角和内容的局限性等问题,通过整合定期实地调研采集的高精度数据、卫星遥感和无人机航拍的数据,确保数据的时效性和完整性。同时,优化数据清洗流程和开发智能化数据质量评估系统,提高数据处理的效率和准确性。

(2) 在方法层面,深化多维度分析方法体系。针对当前静态分析的局限性,引入时序分析方法,通过长周期数据追踪揭示乡村景观的演变规律和驱动机制。同时,将社会经济数据、生态环境数据等信息纳入分析框架,增强研究的解释力和预测能力。

(3) 在应用层面,拓展研究成果的实践价值。针对当前研究区域局限性的问题,开展多区域对比研究,验证方法的普适性和适用性。同时,可开发乡村景观优化决策支持系统,将研究成果转化为可操作的规划工具。

注:文中图表均由作者绘制。

## 参考文献

- [1] 曾九利,唐鹏. 成都市城乡统筹规划实践十年回顾与探索[J]. 城市规划, 2013(8): 93-96.
- [2] 胡滨,薛晖,曾九利,等. 成都城乡统筹规划编制的理念、实践及经验启示[J]. 规划师, 2009, 25(8): 26-30.
- [3] 曾悦. 三分编制七分管理——成都城乡统筹规划经验总结[J]. 城市规划, 2012, 36(1): 80-85.
- [4] 彭耕,金可,邱建维,等. 公园城市背景下城郊乡村地区转型路径研究——以成都高新区香城乡村片区为例[J]. 规划师, 2023, 39(1): 142-148.
- [5] 方创琳. 城乡融合发展机理与演进规律的理论解析[J]. 地理学报, 2022, 77(4): 759-776.
- [6] 曾鹏,任晓桐,满达. 城乡融合视角下大都市区乡村多层次发展路径探究——以北京市通州区枣林庄村为例[J]. 现代城市研究, 2023(3): 60-67.
- [7] 蒋源,于儒海,周琅,等. 人本理念下公园效益指标体系构建及评估实践[J]. 规划师, 2024, 40(S1): 228-234.
- [8] 上海市绿化和市容管理局. 关于印发《关于推进上海市公园城市建设的指导意见》的通知[EB/OL]. (2021-06-21)[2024-12-21]. <https://lhrs.sh.gov.cn/zcfg/20210630/b86192fa-e2b2-41d0-9c69-1bcab540488c.html>
- [9] 上海市绿化和市容管理局. 关于印发《上海市公园城市规划建设导则》的通知[EB/OL]. (2023-01-02)[2024-12-21]. <https://lhrs.sh.gov.cn/zcqlfzgh/20230102/50d0dffe-a7eb-4fcf-a92f-d05b75cb1339.html>
- [10] 上海市绿化和市容管理局. 关于印发《上海市“十四五”期间公园城市建设实施方案》的通知[EB/OL]. (2023-01-18)[2024-12-21]. <https://lhrs.sh.gov.cn/lhgl/20230118/bebe012c-061c-4839-ac1e-821310e3c585.html>
- [11] GONG S, ZHANG L, PANG J. The Spatial-Temporal Evolution of the Trade-Offs and Synergy Between the Suburban Rural Landscape's Production-Living-Ecological Functions: A Case Study of Jiashan in the Yangtze River Delta Eco-Green Integrated Development Demonstration Zone, China[J]. Sustainability, 2024, 16(17): 7439.
- [12] 黄莹莹,谈石柱,陈倩婷,等. 基于景观特征识别和评价的乡村景观营造模式[J]. 浙江农林大学学报, 2022, 39(4): 894-901.
- [13] 王香春,王瑞琦,蔡文婷. 公园城市建设探讨[J]. 城市发展研究, 2020, 27(9): 19-24.
- [14] 叶洁楠,章烨,王浩. 新时期人本视角下公园城市建设发展新模式探讨[J]. 中国园林, 2021, 37(8): 24-28.
- [15] 缙奕帆,刘福智. 我国环境心理学在景观设计中的应用研究——基于2000-2021年CNKI的文献计量分析[J]. 城市建筑, 2022, 19(6): 188-191.
- [16] MONTELLO D R, GOODCHILD M F, GOTTSCHEN J, et al. Where's Downtown?: Behavioral Methods for Determining Referents of Vague Spatial Queries[J]. Spatial Cognition & Computation, 2003, 3(2-3): 185-204.
- [17] LI Y, MILLER H J, ROOT E D, et al. Understanding the Role of Urban Social and Physical Environment in Opioid Overdose Events Using Found Geospatial Data[J]. Health & Place, 2022, 75: 102792.
- [18] NAIK N, PHILIPPOOM J, RASKAR R, et al. Streetscore-Predicting the Perceived Safety of One Million Streetscapes[C]// In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. 2014: 779-785.
- [19] QUERCIA D, O'Hare N K, CRAMER H. Aesthetic Capital: What Makes London Look Beautiful, Quiet, and Happy?[C]// In Proceedings of the 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative work & Social Computing, 2014: 945-955.
- [20] DUBEY A, NAIK N, PARIKH D, et al. Deep Learning the City: Quantifying Urban Perception at a Global Scale[M]. Cham: Springer International Publishing, 2016.
- [21] ZHANG F, ZHOU B, LIU L, et al. Measuring Human Perceptions of a Large-scale Urban Region Using Machine Learning[J]. Landscape and Urban Planning, 2018(180): 148-160.
- [22] FICK S E, HIJMANS R J. WorldClim 2: New 1 km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas[J]. International Journal of Climatology, 2017, 37(12): 4302-4315.
- [23] YANG J, HUANG X. The 30 m Annual Land Cover Dataset and Its Dynamics in China from 1990 to 2019[J]. Earth System Science Data, 2021, 13(8): 3907-3925.
- [24] WorldPop. University of Southampton Population Density (2000-2020)[EB/OL]. (2024-02-06)[2024-12-21]. <https://hub.worldpop.org/doi/10.5258/SOTON/WP00675>
- [25] 胡一可,张天霖,王磊,等. 景观服务视角下城市街区感知测度及空间分布特征[J]. 风景园林, 2022, 29(10): 45-52.
- [26] VAN D B M, ODE S A. Urban Natural Environments as Nature-based Solutions for Improved Public Health - A Systematic Review of Reviews[J]. Environmental Research, 2017, 158: 373-384.
- [27] CAO Y, YANG P, XU M, et al. A Novel Method of Urban Landscape Perception Based on Biological Vision Process[J]. Landscape and Urban Planning, 2024(254): 105246.
- [28] LU Y, XU S, LIU S, et al. An Approach to Urban Landscape Character Assessment: Linking Urban Big Data and Machine Learning[J]. Sustainable Cities and Society, 2022, 83: 103983.
- [29] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [30] 林琳,边振兴,王淑敏. 大中城市周边乡村景观格局分析——以沈阳市为例[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(5): 223-230.
- [31] 王香春,罗川西,蔡文婷,等. 近二十年中国乡村景观特征体系研究进展[J]. 中国园林, 2022, 38(4): 44-49.
- [32] WANG Y, LI Y. Evaluation of Ecosystem Protection and Restoration Effects Based on the Mountain-River-Forest-Field-Lake-Grass Community Concept: A Case Study of the Hunjiang River Basin in Ji-lin Province, China[J]. Water, 2024, 16(16): 2239.
- [33] 王永帅,张中华. 传统村落景观的地方性知识构成及评价研究——以袁家村为例[J]. 中国园林, 2021, 37(12): 98-103.