

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.12.021

面向聚落景观空间的三维形态指数 体系构建与实现途径研究

孙松林¹, 杜文武¹, 李奕成¹, 钱云^{2,3}

1. 西南大学 园艺园林学院, 重庆 400715; 2. 北京林业大学 园林学院, 北京 100083;

3. 城乡生态环境北京实验室, 北京 100083

摘要: 景观空间形态指数可将三维实体景观空间转换为可进行数学分析的量化指标, 突破了传统空间形态分析受制于研究者主观判断与手工制图的差异而评价标准难以统一的难题, 实现对复杂景观空间形态特征的精准表达与规律总结, 进而推动不同类别、不同时间聚落景观的量化对比分析与生成机制研究。在总结聚落景观空间形态研究趋势的基础上, 构建了包含平面形态指数、立体形态指数、综合形态指数的多维景观空间形态指数体系, 并对如何在复杂环境下进行高精度、全方位的空间形态数据采集, 如何从海量图像资料中快速识别、提取空间形态的分类信息与矢量数据, 如何对多维空间形态指数进行计算等技术瓶颈给出了具体可行的实现途径。

关键词: 形态指数; 聚落景观; 空间形态; 景观指数

中图分类号: TU984.11

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2022)12-0210-11

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research on the Realization Approach of the Three-dimensional Spatial Morphology Index of Settlement Landscape Space

SUN Songlin¹, DU Wenwu¹, LI Yicheng¹, QIAN Yun^{2,3}

1. College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

3. Beijing Laboratory of Urban and Rural Ecological Environment, Beijing 100083, China

Abstract: The landscape space morphology index can convert the three-dimensional physical landscape space into a quantitative index that can be analyzed by mathematics. The precise expression and summarizing the regularity of landscape spatial morphological characteristics will promote the quantitative comparative analysis and formation mechanism research of different types and different times of settlement landscapes. On the basis of summarizing the research trend of settlement landscape spatial morphology, a

收稿日期: 2021-09-13

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(52008342); 教育部人文社会科学研究基金青年项目(18YJC760044).

作者简介: 孙松林, 博士, 副教授, 主要从事乡土聚落与地域性景观研究.

通信作者: 钱云, 副教授, 硕士研究生导师.

multi-dimensional landscape spatial morphology index system including plane morphology index, three-dimensional morphology index and comprehensive morphology index was constructed. The specific and feasible implementation methods of how to collect high-quality and comprehensive spatial morphology data in complex environments, how to quickly identify and extract the classification information and vector data of spatial morphology from massive image data, and how to calculate the multi-dimensional spatial morphology index were provided.

Key words: morphology index; settlement landscape; spatial morphology; landscape index

空间形态是规划设计研究关注的核心内容之一,是各类要素在一定空间范围内规模、位置、形状以及组合形式的表达。聚落景观作为特定历史文化的载体和产物,其空间形态与人们的风俗习惯、宗教文化、生产生活、社会关系等息息相关,科学解析聚落景观的空间形态特征,将有助于发现不同聚落的景观特质与内在形成机制。但在实际研究中,内在形成机制往往需要借助数学模型进行量化分析,而量化分析需要输入具体参数,这就要求我们将实体景观空间通过合理的识别、分类和转化,提取出空间形态的边界轮廓、面积、体积等数据,并将这些数据转换为数学参数(形态指数),为量化分析提供支撑。

当前对空间形态的研究多是基于人工视觉图像的定性分析,少数借用景观生态学的景观格局指数,对斑块面积、周长、斑块密度、分维度、隔离度、多样性等二维空间形态进行分析;城市形态学也主要从城市地图、城市平面图以及立体影像图中提取街道网络和城市天际线等形态要素,来研究其形态特征和历史演进。但这些形态指数在研究聚落景观上具有一定的局限性,无法全面表达聚落景观空间形态的三维、活态特征。因此,构建一个易于获取、操作性强、涵盖面广的三维空间形态指数体系,可在常规经验归纳与形象描述之外,为景观空间形态特征提供更为精准的参数,更有利于运用数学模型对空间形态进行科学的量化分析,解析聚落景观空间形态的内在机理,也为后续景观空间形态与地理、经济、社会因素的关联研究提供参考,具有极大的研究价值。

1 研究背景与综述

1.1 分形理论成为研究空间形态特征与规律的主要方法

“形态”是事物基于某种客观规则而表现出的结果,景观的大小、形状和空间结构影响着其功能特征的发挥以及物质、能量、信息流的过程与形式,并对景观的性质、变化方向起着决定性作用^[1]。分析景观空间形态的目的在于从看似无序的景观中发现潜在有意义的序列或规律,并把其空间特征与时间过程联系起来,研究其随时间的变化、演替以及外界干扰对景观形态的影响,从而更清楚地研究和把握景观形态与生态过程相互作用的内在规律性^[2]。因此景观空间形态特征是景观空间结构深化的研究方向,是景观生态学基本理论研究的重要组成部分,是景观生态评价、规划、管理及建设等应用研究的基础。

为了揭示复杂现象背后所隐藏的规律性、层次性和标度不变性问题,分形、分形维数和分形几何相继诞生,并成为一门区别于传统欧式几何的独立学科。它在定量表达复杂的不规则空间格局方面具有显著优势^[3],其中分形指标作为度量事物分形特征的重要参数,成为量化研究的主要手段与讨论焦点,包含了景观(斑块)的形状、分维数、边界(长度、复杂程度等)、多样性等多方面内容。

建筑、城乡规划、风景园林等规划设计研究一直注重空间形态,但主要集中在建筑形式、类型区划、空间结构、功能分布等方面。1996 年城市形态学成立后,将形态分析作为整个城市形态学研究的基础和关键^[4-5]。此后,空间句法^[6]、分形理论等量化分析方法被引入,用以精细化、量化描述建筑平面,城市边界形态,交通网络形态等复杂的分形特征,并建立了系列与空间形态相关的变量指数^[7]。而聚落景观的空间形态具有无序性、复杂性、非线性特征,能从复杂系统中提取简单规律的分形理论则刚好适合探究聚落空间形态体系中的秩序与规律。

1.2 定量研究成为聚落景观空间形态研究的重要趋势

聚落空间形态研究过去主要以建筑学的定性研究为主,通常采用田野调查与实地测绘对聚落空间形态与类型、构成元素、美学价值、谱系特征等进行探究^[8],并揭示自然人文环境对聚落空间形态的影响^[9],方法多偏向于空间形态的现象描述与经验性归纳总结。风景园林学^[10]、社会人类学等学者也对聚落景观的空间形态特征、人文背景因素与多元价值进行了探讨,但同样缺乏对其形态特征的量化分析。随着学科交叉的发展与计算机技术的运用,定量研究快速发展,不仅提高了研究效率,也增加了研究的科学性。尤其 3S 技术的发展与普及使聚落景观空间形态在定量研究方面取得了丰硕成果^[11-12],并催生了一系列景观空间形态的量化分析方法,为聚落景观空间形态研究提供了更多的可能。例如景观生态学常利用遥感影像分析聚落空间分维值及其与自然环境的相互关系^[13-14],并基于分形、信息熵^[15]、遗传算法^[3]等方法进行空间形态特征研究;建筑学则依据聚落边界与建筑轮廓线,借助拓扑学、分形维数^[16]等方法来测度其空间形态特征与空间结构的发展演变。除了平面空间形态,城市天际线曲折度、层次度等立面空间分形研究也方兴未艾^[17]。可见,定量研究已成为聚落景观空间形态研究的重要发展方向。

2 聚落景观空间形态研究的技术瓶颈及指数体系构建

当前对空间形态的研究主要来源于景观生态学基于遥感图斑的二维平面形态,对聚落景观三维实体空间形态的量化研究较少涉足,同时在测绘方式和数据处理上也存在技术瓶颈,所以要构建聚落空间形态指数体系,首先要找准存在的问题,并在方法上寻求突破,由此打开聚落景观空间形态研究的大门。

2.1 技术瓶颈

对现有研究和技术进行分析,总结起来有 3 个方面的技术瓶颈亟待突破。一是获取多尺度、全方位、精细化空间形态的数据存在不足。由于受制于技术手段,对三维空间形态,特别是复杂环境下的空间形态难以实现有效的数据测定,不同尺度空间形态之间的数据缺乏有效的转换和管理途径。二是缺乏将图像数据转化为具有分层分类信息的批量处理途径。传统的多光谱数据与实地测绘方式,获取成本高、人工解译与描图方式效率低下,难以满足无人机、数码相机等快速成像设备的大批量处理要求。三是量化表达空间形态的景观形态指数还不完善。既有的定量刻画空间形态的景观形态指数,多是基于景观生态学的二维平面形态指数,缺少对立面景观空间形态、三维景观空间形态的指数表达。这三大难题使空间形态在强调三维空间效果的研究实践中缺少科学的基础支撑与实现条件。

2.2 指数体系构建

为了开展聚落景观空间形态研究,有必要建立一套相对完善且具有实用价值的聚落景观空间形态体系。景观形态指数(Landscape morphology index),可以将真实的图像景观转化为可进行量化计算的数字景观,来定量描述景观空间的规模、形状以及组合特征。除此以外,还可以较好地刻画空间形态的复杂程度,作为连接景观空间形态与生成机理的量化参数以及揭示自然、经济、社会活动对空间形态的影响。经过全面梳理景观生态学、几何形态学、城市形态学、建筑学等相关学科的空间形态指标及其相关理论,在景观格局指数的二维平面形态指数基础上,经过归纳整理、类比推算以及专家咨询后,筛选量化描述意义不大的指标,合并相同或相似概念指标,补充必要的三维立体形态指标,构建了包含平面形态指数、立体形态指数、综合形态指数的多维景观空间形态指数,并检验、完善其数学理论模型,使其具有形态数据采集与分析的可操作性。选取了 3 个大类共 42 个景观空间形态指数,并将每类指数按照其所描述内容的不同分为几何特征指数和空间关系指数两个类型(表 1)。既包括面积、周长等描述具体物体形态的几何特征指数,又包括密度、连接度等描述物体内在关联的特征指数,即空间关系指数。这些不同层面的指数,为空间形态研究找到了将实体景观空间形态转换为抽象形态参数的途径,搭建了量化分析的桥梁,提供了科学的计算方法。以后可根据具体形态分析目标,选用合适的指数对景观空间进行形态指数计算,以量化特定聚落景观的空间形态特征。

表 1 景观空间形态指数体系

类别	景观空间形状指数	缩写	计算公式
平面形态指数 几何特征指数	长宽比	λ	$\lambda = \frac{l}{d}$
	近圆率	C	$C = \sqrt{\frac{A}{AC}}$
	bosch 形状系数	SF	$SF = \frac{P_c}{P}$
	斑块形状指数	S	$S = \frac{P}{2 \sqrt{\pi A}}$
	景观形状指数	LSI	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$
	斑块分形维数	D	$D = 2\ln\left(\frac{P}{K}\right) / \ln(A)$
	平均斑块分维数	$FRAC_MN$	$FRAC_MN = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{2\ln(0.25P_i)}{\ln(a_i)} \right]}{N}$
	形状半径	FR	$FR = A / L^2$
	周长面积比分维数	$PAFRAC$	$PAFRAC = \frac{\frac{\sum_{j=1}^n (\ln p_{ij} - \ln a_{ij})}{n_i} - \left[\frac{\sum_{j=1}^n \ln p_{ij}}{\sum_{j=1}^n \ln a_{ij}} \right]}{(n_i \sum_{j=1}^n \ln p_{ij}^2) - (\sum_{j=1}^n \ln p_{ij})^2}$
	面积加权分维数	$AWMPFD$	$AWMPFD = \sum_{i=1}^n \frac{2\ln(0.25P_i)}{\ln(a_i)} \left(\frac{a_i}{A} \right)$
空间关系指数	斑块密度	PD	$PD = \frac{NP}{A}100$
	斑块占景观面积比	$PLAND$	$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A}100$
	核心区面积百分比	CAI	$CAI = \frac{a_{ij}^c}{a_{ij}}(100)$
	独立核心区密度	$DCAD$	$DCAD = \frac{\sum_{j=1}^n n_{ij}^c}{A}$
	公共空间密度	Dp	$Dp = \frac{\sum_{i=1}^n A_{p_i}}{A}$
	路网密度	Dr	$Dr = \frac{\sum_{i=1}^n A_{r_i}}{A}$
	最大斑块指数	LPI	$LPI = \frac{Max(a_1, \cdots, a_n)}{A}(100)$
	斑块的易接近度指数	a_i	$a_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}$

续表 1

类别	景观空间形状指数	缩写	计算公式
	单个斑块的隔离度指数	r_i	$r_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}$
	景观整体碎裂化指数	FN	$FN1 = (NP - 1)/MPS$
	斑块聚集度指数	AI	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{max \rightarrow g_{ii}} \right] (100)$
	离散度	D	$D = 1 - \frac{2\sqrt{\pi A}}{P}$
	平均最近邻指数	ANN	$ANN = \frac{2\sqrt{\lambda}}{n} \sum_i d_i$
	斑块的分散度指数	R_c	$R_c = 2d_c \left(\frac{\lambda}{\pi} \right)$
立体形态指数	几何特征指数	可视性指数 / 视线深度	$L_s = \frac{L}{dh}$
		空间轮廓曲折度	$K = (\triangle h1 + \triangle h2) / (\triangle L)$
		高宽比	$H/D = \frac{H}{D}$
		天空可视指数	$SVF = \frac{1}{2\pi} \sin \frac{\pi}{2n} \sum_{i=1}^n \sin \left[\frac{\pi(2i-1)}{2n} \right] \alpha_i$
	空间关系指数	景观层次度	$Lg = Sf : Sm : Sb$
		绿视率	$VG = \frac{S_g}{S} 100\%$
综合形态指数		地标首位度	$Fd = \frac{h_a}{\Delta h_t}$
		空间类型丰富度	$St = \frac{N_t}{S}$
	几何特征指数	边界发育系数	$SDI = \frac{L}{2\sqrt{\pi A}}$
		davis 形状指数	$F = \frac{l}{w}$
		周长与面积比	$R = \frac{P}{A}$
		分形维数	$D = \frac{2\ln(P_i/4)}{\ln A_i}$
空间关系指数		计盒维数	$\ln N(r) = -D \ln(r) + c$
		景观分离度	$V_i = \frac{D_{ij}}{A_{ij}}$
		均匀度指数	$E = -\ln \left[\sum_{i=1}^m (P_i)^2 \right] / \ln(m)$

续表 1

类别	景观空间形状指数	缩写	计算公式
	优势度指数	D	$D = \ln(m) - \sum_{k=1}^m P_k \ln(P_k)$
	景观边界复杂性指数	$C_{(s)}$	$C_{(s)} = (-\sum_{i=1}^m P_{i/j} \ln(P_{i/j}))^2 / \log N$
	连接度指数	Cohesion	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right]$ $\left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} \times 100$

注: A/S : 斑块 / 聚落面积, N : 斑块 / 聚落数量, P : 周长, L_{max} : 最长轴, L_{min} : 最短边, Ac : 最小外接圆面积, PC : 与斑块面积相同圆的周长, D : 分维数, k/c : 常数, d : 斑块 / 聚落之间的距离, λ : 斑块 / 聚落密度, H : 高度 / 点差, N : 边缘线的数量, R_j : 第 j 个斑块的半径, w : 斑块的宽度.

3 聚落景观空间形态指数的实现途径

大部分乡土聚落都留存于经济欠发达的偏远山区, 其特殊的地形地貌与复杂的居住环境, 加之易受云雾、天气等影响, 导致空间正投影与实际情况差异较大, 因此常规的卫星遥感影像及土地利用数据难以真实反映其空间形态的丰富性与特殊性, 更无法对小尺度空间形态要素进行高精度测定与分析. 而传统的实地测绘方式又难以快速获取大尺度区域的大规模聚落景观形态, 也缺乏必要的三维实体空间形态信息. 所以要获得聚落景观的空间形态指数, 首先要对聚落景观的三维实景进行高精度采集, 然后将采集到的图像进行分类解析, 识别出平立面图像中的建筑、庭院、道路、公共空间、农田、林地、水系、门窗、墙体、植物、天空等空间要素, 实现从实体空间到二维图像再到矢量数据的转换, 最后基于分类矢量数据, 运用指数计算公式进行不同类别景观空间形态指数计算. 这里涉及数据采集、数据处理与指数计算 3 个步骤, 其中数据采集与数据处理是要解决的两个关键子问题. 主要技术框架如图 1 所示.

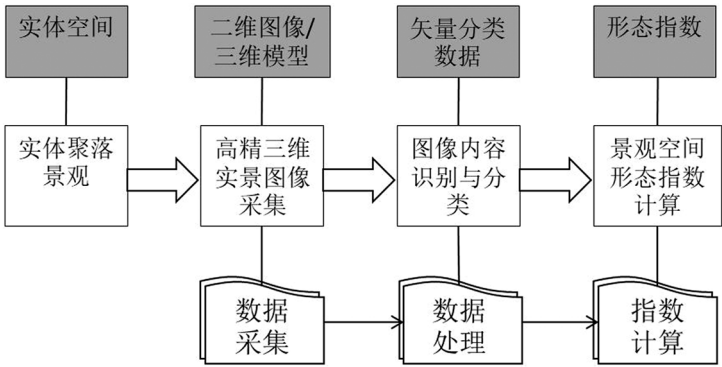


图 1 聚落景观空间形态指数实现的技术框架

3.1 对聚落景观空间进行高精度采集

当前一系列数据采集与图像处理技术不断涌现, 为开展聚落景观空间形态研究提供了新的途径. TM、SPOT、QuickBird 等传统光学遥感影像虽然不能满足复杂环境下的精细化要求, 但其数据量大、时间跨度长、覆盖范围广等优势, 可作为基础数据与其他资料相结合, 进行长时间跨度的动态模型研究. 移动通信、定位导航、社交网络、街景照片、Open Street Map 等开放大数据具有客观、多源、动态、精细、实时等优点^[18], 还可提供街道、建筑、道路等精细空间的形态要素数据, 使研究者可以突破传统空间研究尺度范围

小、高度依赖手工作图等局限,进行大尺度范围的精细化分析^[19-20]。但不论是遥感还是开放数据,其覆盖面与数据精度在乡村地区都难以满足研究需求,因此必须进行局部数据增强采集。无人机低空遥感(UAV-RS)具有高灵活性、高时效、高分辨率、低成本等诸多优点,已成为景观空间信息提取的新技术之一^[21]。其中倾斜摄影测量技术可以高精度和高清晰度全面感知复杂场景,并通过三维数字表面模型(DSM)直观反映地物的外观、位置、高度等属性,为景观空间形态数据采集提供了新的途径。而在地面摄影方面,激光雷达(Lidar)可通过对空间点云数据的梳理来快速建立结构复杂、不规则场景的三维可视化模型,让空间形态的高精度三维数据获取与分析变得简便易行^[22]。这些新技术使我们可以测度那些过去难以测度的精细要素,更深入地认知聚落景观的空间形态特征。但目前各项技术的研发应用大多各自独立,缺少一个集遥感、无人机倾斜测量、激光雷达、手特点云摄影、实地测绘等多方技术优点的“空地一体化”信息采集与处理平台,真正实现“宏观+微观”、“三维+时间”的根本性转变。因此,针对聚落景观空间尺度多变,空间形态复杂等特征,可从宏观、中观、微观 3 个尺度,分别对聚落景观的二维平面空间形态数据与三维立体空间形态数据进行采集与批量化处理(图 2)。

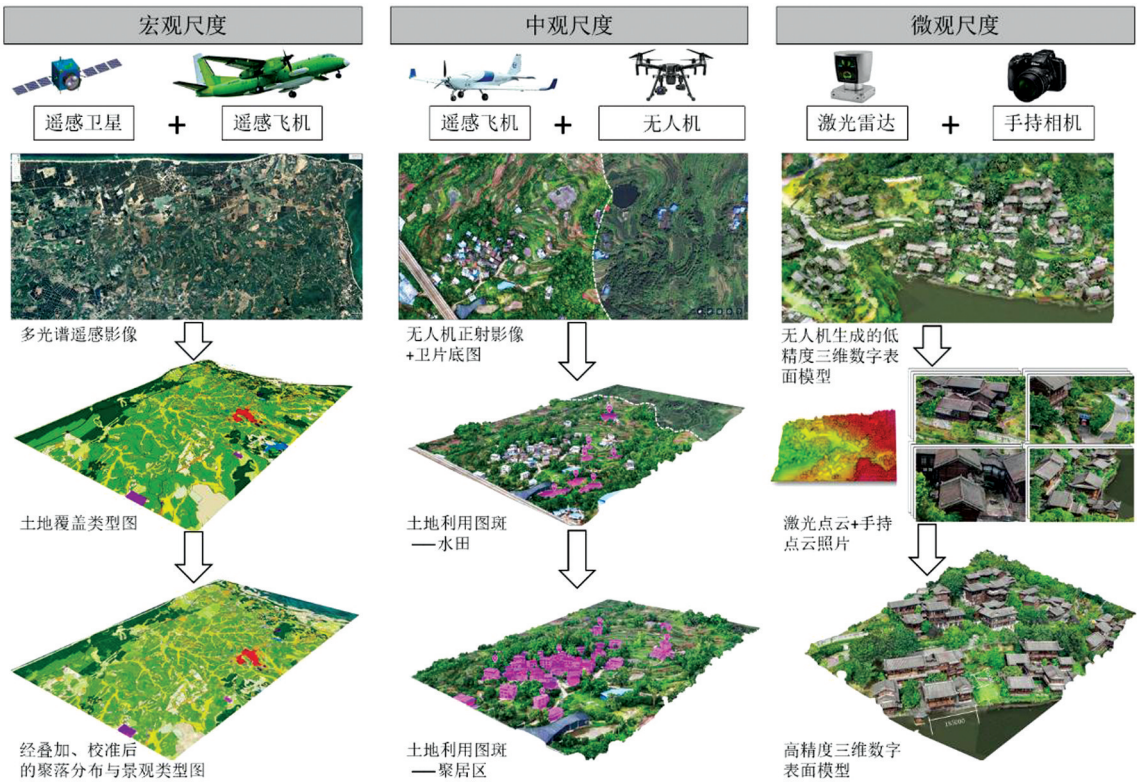


图 2 多尺度联动的聚落景观空间形态数据采集

宏观尺度的空间形态研究着重关注聚落在空间上的分布特征和相互关系,因而略去聚落轮廓、面积等属性,将聚落单元抽象表达为一个中心点。运用 ERDAS 和 GIS 对 TM、SPOT5、QuickBird 等遥感影像对聚落点位(也可用居民点数据代替)和区域性景观要素进行提取,分析研究聚落的聚集度指数、平均最近邻指数、分布密度等形态特征,以及与区域水系、道路、耕地、草地、林地等要素的相关关系特征。

中观尺度则将聚落看作景观生态学中的斑块,利用无人机低空航测技术(UAV-RS),从垂直、倾斜等多个角度对聚落平面、节点以及组团空间等进行高重叠度影像采集,再利用 Pix4DMapper 等软件,基于影片所包含的 POS 信息进行畸变差校正、自由网平差、正射影像拼接等处理,获得正射影像(DOM)数据,再匹配、叠加卫星遥感影像,获得聚居区、道路、公共设施、水域、林地、草地、耕地、园地等图斑的准确数据。

在微观尺度, 受地形起伏、建筑与植物遮挡等限制, 无人机也无法完成复杂环境中的空间形态数据获取, 需借助地面手持摄影设备对街巷空间、特殊建筑物、内部道路等景观节点进行补充增强拍摄获得密集点云(Point Cloud)数据, 再利用 Pix4DMapper 等软件和无人机获取的影像照片一起进行空中三角测量计算, 构建三角网格模型, 最后结合影像中的像素信息生成富有纹理的高精度三维数字表面模型(DSM)。

3.2 从海量图像中提取空间形态的分类矢量数据

传统的空间形态矢量数据主要依靠测绘图纸或人眼识别解译后进行手工制图来完成, 但高精度测绘对于超大尺度的聚落景观来说成本昂贵。而无人机、手持相机等采集的海量图像超出了人工解析处理的范畴, 必须采取智能的方式进行图像识别与分类。基于深度学习(Deep Learning)的卷积神经网络模型(Convolutional Neural Networks)图像分类方法冲破了传统图像分类方法的瓶颈, 是当前图像识别与分类领域的核心算法之一。它由数据输入层、卷积计算层、激励层、池化层、全连接层构成, 经过图像预处理、图像压缩、图像特征提取、图像分割和图像识别五大步骤^[23]实现对图像内容的分类识别。其中图像语义分割是判别图像特征的关键操作, 它将图像的每一个像素同一个类型标签(人物、植物、建筑、道路等)建立联系, 可高效、精准解析图像的几何形态、纹理和空间分布特征, 广泛应用于遥感影像分类、自动驾驶、灾害分析等领域^[24]。对于大部分缺少人工智能专业知识的研究人员, 也可以选择基于 Caffe 的 Fine-tuning 定型模型工具包对所采集的图像(遥感、照片、模型)中各像素目标进行识别, 然后利用图像语义分割将具有相似纹理、颜色和亮度等特征的相邻像素点进行分类, 再将相同类别的相邻像素合并(合并后的像素能够组成图像中的各目标物体, 且拥有准确的原始边界), 实现图像中建筑、植物、天空等目标物体的识别和分类^[25](图 3, 图 4)。当然, 对于高光谱遥感影像也可以借助 ERDAS IMAGINE 进行地物分类与信息提取; 而对于仅需识别植被、天空、硬质空间等简单分类要求时, 还可采用 Matlab 等软件基于图像的 HSV 色彩空间来识别、提取粗略分类的物体空间形态, 再结合人机交互解译而获得物体面积、轮廓等空间形态数据。这些途径都可以相对准确、批量化地提取聚落景观中的空间形态, 为计算各类景观空间的形态指数创造条件。

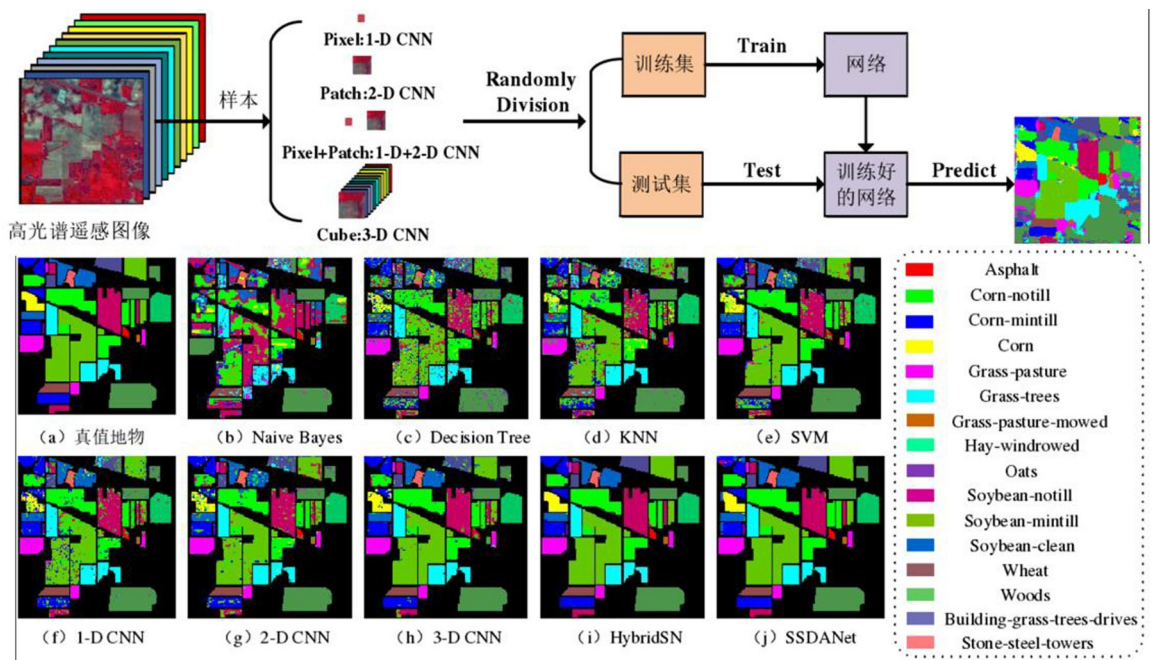


图 3 利用卷积神经网络进行遥感影像分类的流程及不同方法模型分类结果对比

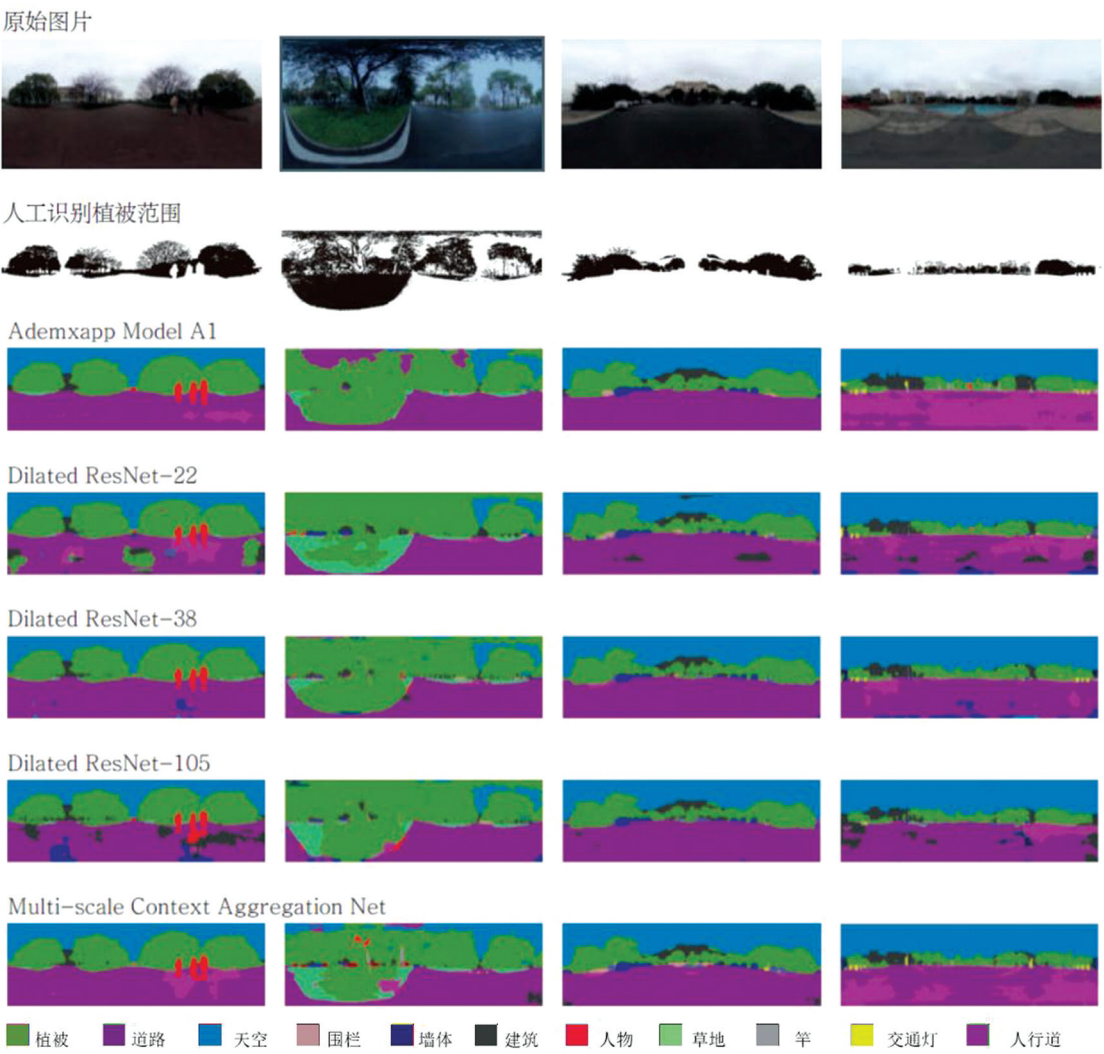


图 4 不同卷积神经网络模型进行全景图像识别与分类的结果对比

3.3 空间形态指数计算

地理信息系统(GIS)提供了一些针对聚落斑块数、斑块面积、斑块密度、近邻距离等景观空间形态指数的定量分析工具^[26],但可使用的范围较小.专门计算景观生态学指数的Fragstats软件包含了大量的形态指数工具,可对具有分类信息的栅格地图进行复杂计算,但其主要适用于土地利用等宏观尺度的平面数据,难以对精度1M以下的中微观数据以及立面与三维数据进行分析计算.除了GIS平台,Fractalyse也可用于计算空间的分形维数,但在规划设计行业中普及度较低.希列尔(Hillier)提出的空间句法(Space Syntax)理论也被广泛运用于街道空间形态与可达性研究,基于该理论开发的Depthmap与Spatial Design Network Analysis(SDNA)等软件可对街道网络的拓扑学距离、几何学距离和物理距离等形态特征进行分析^[27-28].此外,Place Syntax可将街道可达性与建筑密度、设施、功能、人口等要素叠合,进行空间活力分析^[29].这些软件为景观空间形态分析提供了数据与平台支撑,但均有其适用的分析尺度与有限的形态指标范围,因此针对聚落景观这种跨尺度、多维度的形态指数计算则需要对多种软件平台进行综合运用.斑块密度、斑块形状指数、公共空间密度、周长面积比分维数等指标主要依靠GIS、Fragstats等软件平台来计算,轮廓分形维数、公共空间分维指数、建筑密度、天空可视指数、景观层次数等指标则依靠Fractalyse、Depthmap等软件来实现(图5).

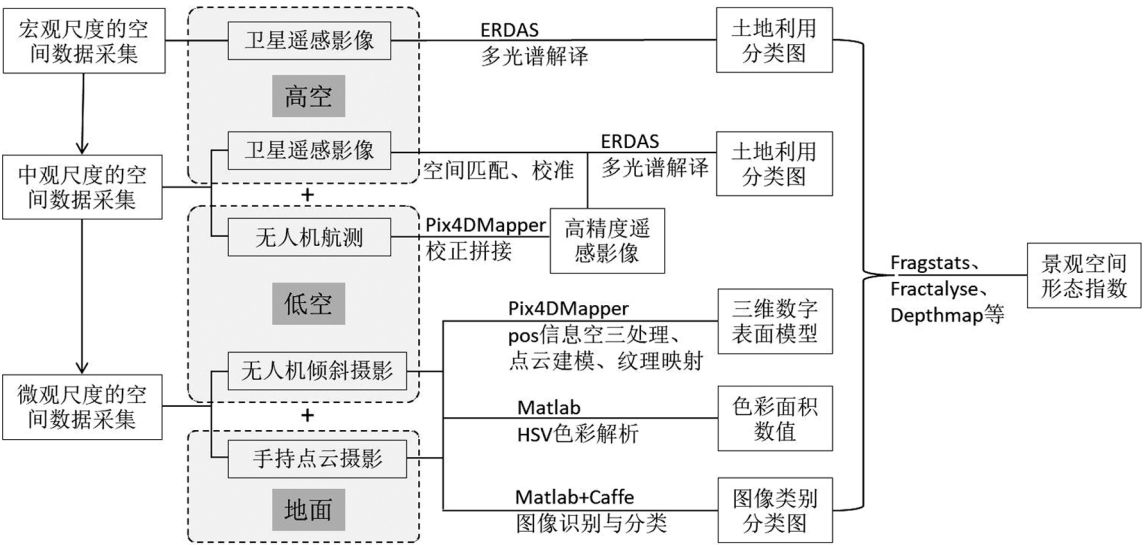


图 5 聚落景观空间形态指数的实现途径及主要操作平台

4 聚落景观空间形态指数的应用前景

4.1 精准表达聚落景观的空间形态特征

由于大量乡土聚落都位于自然地理条件极为复杂的偏远地区,其范围跨度大、个体数量多、形态特征复杂,且存在融合与渐变现象.因此,单靠以往的定性归纳与分类总结远远不够,必须对聚落空间特征进行精准表达,而景观空间形态指数作为形态特征方面的量化参数,可使聚落景观特征的精准表达成为可能,实现对聚落景观空间形态特征的科学识别,推动景观空间形态特征研究的长足发展.

4.2 为聚落景观空间的演变机制研究提供基础工具

绝大多数聚落景观都处于不断地演变之中,这种演变不仅体现在不同年代的革新与变化,还体现在不同地域、不同民族之间的逐渐过渡与演化之中.通过景观空间形态指数这一研究工具,可帮助我们 从复杂的聚落实体空间中,提取出可以量化分析的指标,辨析出聚落景观在时间跨度上的演变要素与规律,进一步解析聚落景观空间形态变化的驱动因子与演变机制.

4.3 实现聚落景观空间形态特征的量化对比

应用景观形态指数可以定量描述聚落景观的空间形态特征,并基于这些量化参数,对不同民族、不同类别、不同时间的景观形态特征进行精准对比分析,突破传统的经验描述与归纳总结研究方式,更精确地了解各类聚落景观的特征与差异,引导其正确开展传统文化景观的原真性与多样性保护开发.

4.4 助力地域文化景观保护与乡村振兴

聚落景观作为独特地理环境与地域文化的产物,是一个地方历史层积的鲜活文档,记载了该地区不同时期人居环境的形成与演变过程,也是族群宗教文化、价值观念、生态智慧的集中体现,具有重大价值与意义.但随着经济发展与新农村建设,大量传统聚落景观逐渐消失,新农村建设则以标准模板快速推进,古村古镇也在风貌打造中,由于人为偏好与定性指导而出现严重趋同与“汉化”“中式”现象.因此,深入探究聚落景观的空间形态指数,可将聚落景观的空间形态特征由因人而变的定性表达转化为以数据为依托的精准画像,进而为规划设计人员提供参数指引,优化设计成果;为地方管理者提供管控指标,形成精准决策.对增强地方的文化认同与文化自信,实现该区域的乡村振兴与社会和谐有积极作用.

5 总结与展望

景观空间形态指数作为表达景观空间形态特征的量化指标,可将三维实体景观空间形态转换为可进行数学模拟分析的量化指标(景观形态指数),突破了因研究者主观判断与手工制图的差异而评价标准难以统一的难题,实现了对不同尺度复杂景观空间形态特征的精准表达与规律总结.还可以对同一景观空间形态

进行连续对比分析,以及对不同景观空间形态进行关联性分析。这有助于全面把握景观空间形态的整体特征、变化过程、变化规律,并解析其背后的演变驱动机制,具有广阔的研究前景与应用价值,必将成为未来聚落景观空间研究的重要突破方向。

参考文献:

- [1] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观空间分析的特征和主要内容 [J]. 生态学报, 2002, 22(7): 1135-1142.
- [2] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] 吴浩,李岩,史文中,等. 遗传算法支持下土地利用空间分形特征尺度域的识别 [J]. 生态学报, 2014, 34(7): 1822-1830.
- [4] 段进,邱国潮. 国外城市形态学研究的兴起与发展 [J]. 城市规划学刊, 2008(5): 34-42.
- [5] 叶宇,庄宇. 城市形态学中量化分析方法的涌现 [J]. 城市设计, 2016(4): 56-65.
- [6] HILLIER B. A Theory of the City as Object: Or, how Spatial Laws Mediate the Social Construction of Urban Space [J]. URBAN DESIGN International, 2002, 7(3-4): 153-179.
- [7] JIA Z Y, MENG C Y, ZHOU Z X. A 3-D Morphological Approach on Spatial Form and Cultural Identity of Ethnic Mountain Settlements: Case from Guizhou, China [J]. Journal of Mountain Science, 2021, 18(5): 1144-1158.
- [8] 田蔚然,徐燕玲,黄莹. 层次分析法和熵权法在城市街道景观评价中的比较分析 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(9): 147-153.
- [9] 杜佳,华晨,余芳劳. 传统乡村聚落空间形态及演变研究——以黔中屯堡聚落为例 [J]. 城市发展研究, 2017, 24(2): 47-53.
- [10] 辛鑫,路红,夏青. 藏式园林对聚落空间形态演变的影响研究——以西藏拉萨市为例 [J]. 中国园林, 2021, 37(6): 60-65.
- [11] 耿佩,陈雯,高金龙,等. 我国乡村聚落空间形态演变研究进展 [J]. 现代城市研究, 2020, 35(11): 69-75, 100.
- [12] 黄亚平,郑有旭. 江汉平原乡村聚落形态类型及空间体系特征 [J]. 地理科学, 2021, 41(1): 121-128.
- [13] 强森,于慧. 基于分形理论的川西南山区河流与农村居民点分布关系研究 [J]. 江苏农业科学, 2019, 47(2): 337-341.
- [14] 夏铎,王腾飞,张京生,等. 城市景观格局动态及空间自相关研究——以郑州白沙组团为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021, 43(9): 131-141.
- [15] 贾科利,张俊华,常庆瑞. 基于信息熵与分形理论的土地利用景观格局变化研究——以陕北农牧交错带为例 [J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(5): 235-239, 250.
- [16] 浦欣成,张远. 复杂现象视野下分形理论在建筑学科形态解析中的应用 [J]. 新建筑, 2019(5): 86-91.
- [17] 史宜,曹俊,朱晓. 基于评价模型的城市天际线景观美学解析 [J]. 现代城市研究, 2018, 33(10): 67-74.
- [18] 党安荣,张丹明,李娟,等. 基于时空大数据的城乡景观规划设计研究综述 [J]. 中国园林, 2018, 34(3): 5-11.
- [19] XIAOJIANG LI, CHUANRONG ZHANG, WEIDONG LI. Assessing Street-Level Urban Greenery Using Google Street View and a Modified Green View Index [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2015, 14(3): 675-685.
- [20] 郝新华,龙瀛. 街道绿化: 一个新的可步行性评价指标 [J]. 上海城市规划, 2017(1): 32-36, 49.
- [21] 杨柳,陈延辉,岳德鹏,等. 无人机遥感影像的城市绿地信息提取 [J]. 测绘科学, 2017, 42(2): 59-64.
- [22] 高利敏,李俊杰,李文清,等. 无人机倾斜摄影结合激光扫描仪三维逆向建模 [J]. 测绘通报, 2021(2): 161-163.
- [23] 张欣. 基于三维卷积神经网络的高光谱遥感图像分类技术研究 [D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所), 2021.
- [24] 熊朝阳,王婷. 基于卷积神经网络的建筑构件图像识别 [J]. 计算机科学, 2021, 48(S1): 51-56.
- [25] 张炜,周显杏,杨梦琪. 全景绿视率自动识别和计算研究 [J]. 风景园林, 2019, 26(10): 89-94.
- [26] 于森,李建东. 基于 RS 和 GIS 的桓仁县乡村聚落景观格局分析 [J]. 测绘与空间地理信息, 2005, 28(5): 50-54.
- [27] WERNKE S A. Spatial Network Analysis of a Terminal Prehispanic and Early Colonial Settlement in Highland Peru [J]. Journal of Archaeological Science, 2012, 39(4): 1111-1122.
- [28] 戴晓玲,浦欣成,董奇. 以空间句法方法探寻传统村落的深层空间结构 [J]. 中国园林, 2020, 36(8): 52-57.
- [29] YE Y, VAN NES A. Quantitative Tools in Urban Morphology: Combining Space Syntax, Spacematrix and Mixed-Use Index in a GIS Framework [J]. Urban Morphology, 2014, 18(2): 97-118.