

任维, 李巧婷, 詹开元, 傅伟聪. 基于机器学习的福建泉州世界文化遗产景观感知研究[J]. 风景园林, 2024, 31 (11): 120-129.

# 基于机器学习的福建泉州世界文化遗产景观感知研究

任维 李巧婷 詹开元 傅伟聪\*

**摘要:** 【目的】既有的遗产景观感知研究多存在数据类型单一且融合度不足、机器学习等新技术方法应用尚不充分等问题, 制约了遗产景观感知研究的维度与深度, 因此亟待探索多模态数据有效融合的新方法及多种机器学习模型集成的新技术。【方法】以福建泉州世界文化遗产的 12 处遗产点为对象, 基于 100 292 份有效网络图文数据, 通过系统集成潜在狄利克雷分配 (latent Dirichlet allocation, LDA) 主题聚类模型、多模态统一 (one-for-all, OFA) 图像描述模型和长短期记忆网络 (long short-term memory, LSTM) 情感分析模型等机器学习技术方法, 从遗产点热度时空演变、遗产景观感知维度、遗产景观感知网络、遗产景观感知情感倾向 4 个方面进行景观感知研究。【结果】1) 在遗产点热度时空演变上, 遗产点热度与游客景观感知度受政策与事件驱动呈协同快速增长趋势, 但存在显著的时空差异性, 梯度由“高一低”两阶向“高一中一低”三阶过渡。2) 在遗产景观感知维度与遗产景观感知网络上, 多元融合是景观感知的文化内核, 并衍生出层次丰富、以文化价值为主导的景观感知体系。遗产景观感知维度有三大类、七小类, 涵盖共性及差异化感知内容; 整体上, 12 处遗产点主题数量占比为文化价值>风景游赏>特色体验>物质载体; 各遗产点差异显著, 形成由各感知维度主导的 4 类群组。遗产景观感知高频词分布在物质载体、风景游赏、文化价值 3 个维度; 语义网络呈“中心区域—边缘区域”结构, 且中心均质、边缘松散; 4 个语义网络集群与 LDA 主题聚类感知维度匹配度高。3) 在遗产景观感知情感倾向上, 游客有效感知到了泉州世界文化遗产景观及其深厚的历史文化底蕴与遗产属性。遗产景观感知情感倾向整体为中性偏积极, 且文本情感倾向比图像描述文本更积极; 各遗产点情感指数差异大, 可达性、聚集度是根本影响因素, 文化科普宣传、服务与配套设施是重要影响因素。【结论】有效融合了网络图文多模态数据及多种机器学习模型, 探索出遗产景观感知量化研究的新方法, 解决了既有研究数据类型单一且融合度不足、机器学习等新技术方法应用尚不充分等问题。

**关键词:** 景观感知; 世界遗产; 遗产景观; 机器学习; 网络图文数据; 泉州

**基金项目:** 教育部人文社会科学研究青年基金项目“新数据环境下浙闽地区山水人居环境地域景观保护与发展研究”(编号 20YJC760079); 2021 年福建省本科高校教育教学改革研究“新工科背景下基于‘OBE+DoPBL+大数据’的风景园林一流本科专业人才培养研究与实践”(编号 FBJG20210091); 福建农林大学科技创新专项基金“基于多源数据的泉州世界文化遗产景观感知研究”(编号 CXZX2023005); 福建农林大学科技创新专项基金“基于多源数据的闽江干流下游历史文化村镇景观评价研究”(编号 CXZX2022057); 福建农林大学 2023 年专业学位研究生课程案例库“数智化风景园林规划与设计案例库”(编号 712018AL2306)

遗产景观是文化强国目标下文化传承和发扬的重要载体。1999 年《风土建成遗产宪章》(Charter on the Built Vernacular Heritage) 强调遗产与历史环境的关联性, 并指出风土建成遗产是景观的一部分, 不能脱离景观体系加以理解<sup>[1]</sup>。世界遗产名录由联合国教科文组织发起, 汇聚全球的文化和自然遗产地, 涉及国内外遗产景观的典型代表。近年来, 遗产保护与活态价值延续颇受重视, 人化的“活态遗产”成为新趋势<sup>[2]</sup>。对世界文化遗产而言, 当下面临的重要挑战是如何更好地兼

顾其保护与发展。世界文化遗产景观中深厚的历史文化底蕴和其遗产属性能否被广大公众感知? 如何使其更好地被公众所感知? 这都是学界关注的重要理论与实际问题。通过探索新技术、新理念与新方法, 可以深化对遗产景观感知的研究, 从多角度加深公众对遗产景观的理解。

近年来, 遗产景观研究正逐渐由定性研究转向定量研究。遗产景观研究始于世界文化遗产保护<sup>[3]</sup>, 并集中在相关类型及概念辨析<sup>[4-6]</sup>、遗产特征及价值<sup>[7]</sup>、不同视角下的遗产

认知<sup>[8]</sup>等方面, 这些定性研究为后续研究奠定了坚实的理论框架与基础。随着信息时代下互联网、大数据和人工智能技术的出现, 以及机器学习技术在风景园林研究与实践中的不断深化<sup>[9]</sup>, 数字技术为遗产景观研究指明了新方向<sup>[10]</sup>, 定量研究不断涌现。有关遗产景观的定量研究, 一方面是从自上而下的规划利用视角出发, 探讨遗产地利用与保护<sup>[11-13]</sup>、时空格局演变<sup>[14-15]</sup>、数字遗产<sup>[16-18]</sup>等; 另一方面是从自下而上的人本景观感知视角出发, 强调人化的、回归生活的“活遗产”, 重视公

中图分类号: TU984

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2024)11-0120-10

DOI: 10.3724/j.fjyl.202403310190

收稿日期: 2024-03-31

修回日期: 2024-09-10

开放科学 (资源服务)  
标识码 (OSID)



众参与及情感投入,探索遗产地公众管理机制<sup>[19]</sup>与公众感知体验<sup>[20]</sup>等。

景观感知是指人与景观相互作用的过程。感知在景观体验活动中形成,并进一步影响人和景观本身<sup>[21]</sup>。景观感知研究关注公众如何感知和理解自然及人工景观,逐步形成了“形象感知—情感感知—应对策略”的逻辑框架,并发展出环境感知唤醒理论、基于景观感知模型的景观偏好理论、“人-景观-互动”理论、“驱动力-压力-状态-影响-响应”理论、内隐认知理论等景观感知理论<sup>[22-24]</sup>。内隐认知理论中的“感知—认知”关系认为,在无利害相关时,视觉感知对情绪认知起主导作用<sup>[24]</sup>。以用户生成内容(user generated content, UGC)数据为主的网络图文数据,具有数据量大、更新快、精度高等优点,常用于定量研究<sup>[25-26]</sup>。UGC数据中的图片是公众视觉感知的直接反映,其对应的文本也通常带有内容丰富的景观感知信息。针对遗产景观开展UGC数据驱动的景观感知研究,可以更好地了解公众对遗产景观的人本感知。然而,既有的遗产景观感知研究主要存在两方面不足:1)多以应用文本数据、图片数据等单一数据为主,图文多模态数据有效融合与运用的研究相对不足,在一定程度上制约了遗产景观感知研究的维度与深度;2)数据分析技术与方法以内容分析、图像分析、游客感知评价等居多,存在耗时较长、主观性强等问题,机器学习等新技术的引入与应用尚不充分<sup>[27-30]</sup>。图文特征融合可将图像和文本的特征进行综合考量。图像翻译可使“图一文”模态降维为“文一文”模态,图文多模态数据的综合研究可进一步深化遗产景观感知研究的维度与深度<sup>[31]</sup>。此外,潜在狄利克雷分配(latent Dirichlet allocation, LDA)主题聚类、多模态统一(one-for-all, OFA)图像描述、长短期记忆网络(long short-term memory, LSTM)情感分析模型等机器学习技术的新方法,有利于图文数据高效、客观及定量的综合研究,在遗产景观感知研究领域具有巨大的应用潜力。

福建泉州是海上丝绸之路的重要起点之一,于2021年入选世界文化遗产名录。本研究以泉州世界文化遗产为对象,基于网络图

表1 研究对象基本信息  
Tab. 1 Basic information on research subjects

名称	遗产区面积/hm <sup>2</sup>	缓冲区面积/hm <sup>2</sup>	遗产大环境面积/hm <sup>2</sup>	初筛数据量		复查数据量	
				文本/条	图片/张	文本/条	图片/张
开元寺	9.03		—	6 416	32 031	6 227	31 237
泉州府文庙	13.60		—	1 217	6 362	1 172	6 222
清净寺	3.23	709.78	—	1 528	7 470	1 465	7 117
天后宫	0.73		—	1 265	5 597	1 206	5 359
德济门遗址	1.21		—	190	667	189	672
六胜塔	2.37	5 617.56	938.78	110	523	109	528
万寿塔	16.36	2 080.87	3 212.73	351	1 123	351	1 142
安平桥	139.86	342.94	747.08	696	2 520	695	2 545
草庵摩尼光佛造像	2.68	76.32	139.68	337	1 379	335	1 381
洛阳桥	109.28	568.29	1 663.36	1 685	10 473	1 647	10 292
老君岩造像	8.11	178.64	—	4 538	15 247	4 424	15 066
九日山祈风石刻	11.39	45.14	350.62	185	746	182	729
总计	—	—	—	18 518	84 138	18 002	82 290

注:“—”代表无数据。

文数据,综合运用LDA主题聚类模型、OFA图像描述模型和LSTM情感分析模型等机器学习技术方法,分析遗产点热度时空演变、遗产景观感知维度、遗产景观感知网络、遗产景观感知情感倾向4个方面,以期探索网络图文数据有效融合的新方法及多种机器学习模型集成的新技术,促进以泉州世界文化遗产为代表的遗产景观资源整体活态保护与利用。

## 1 研究对象、数据来源与研究方法

### 1.1 研究对象

泉州世界文化遗产以海丝文化为核心,完整体现了宋元时期中国富有特色的海外贸易体系与多元社会结构。泉州世界遗产由散布各区县的22个遗产点构成,包括行政机构遗址、多元宗教建构物、文化史迹、手工业生产基地、水陆交通网络等,总面积约11 126.02 hm<sup>2</sup>(含遗产区和缓冲区)。2021年以来“世遗泉州”成为网络搜索的热门词汇<sup>[32]</sup>。依据网络图文数据丰富度(大于100条),选取开元寺、泉州府文庙、清净寺、天后宫、德济门遗址、六胜塔、万寿塔、安平桥、草庵摩尼光佛造像、洛阳桥、老君岩造像、九日山祈风石刻12处遗产点作为研究对象。其中,遗产点范围参考世界遗产中心发布的《泉州提名文本2020》<sup>[33]</sup>,包括遗产区、缓冲区及遗产大环境。

### 1.2 数据来源

基于平台知名度、用户数量、网络图文数据丰富度等,选取国内携程、马蜂窝、大众点评以及国外猫途鹰(TripAdvisor)4个网站作为数据源。以各遗产点的中英文热搜名称为检索词,于2024年2月24日—3月6日运用八爪鱼采集器抓取评论、图片等网络图文数据共计102 656份(文本18 518条,图片84 138张)。遵循如下规则完成数据预处理:以文本为基准,删除重复评论及对应图片;通过浏览网址复查数据,补齐缺漏的图片、评价时间等数据。最终得到有效数据100 292份,其中文本18 002条,图片82 290张(表1)。

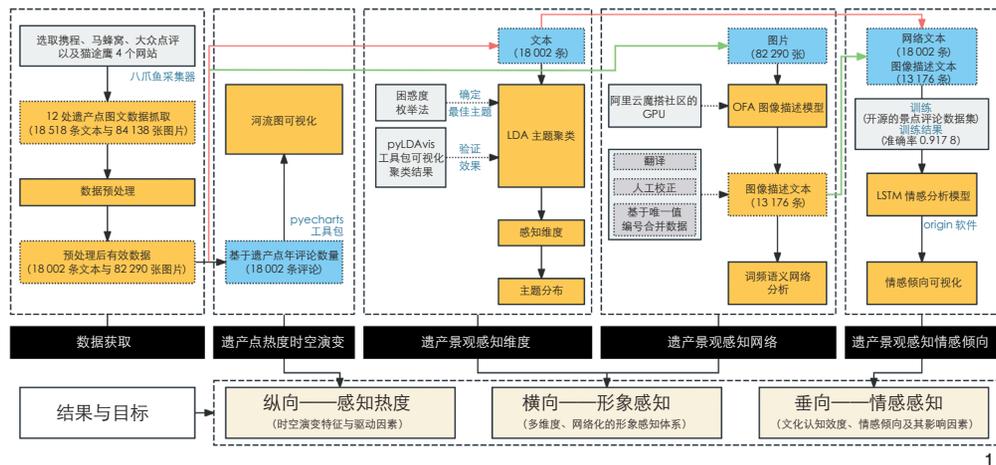
### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 LDA主题聚类模型

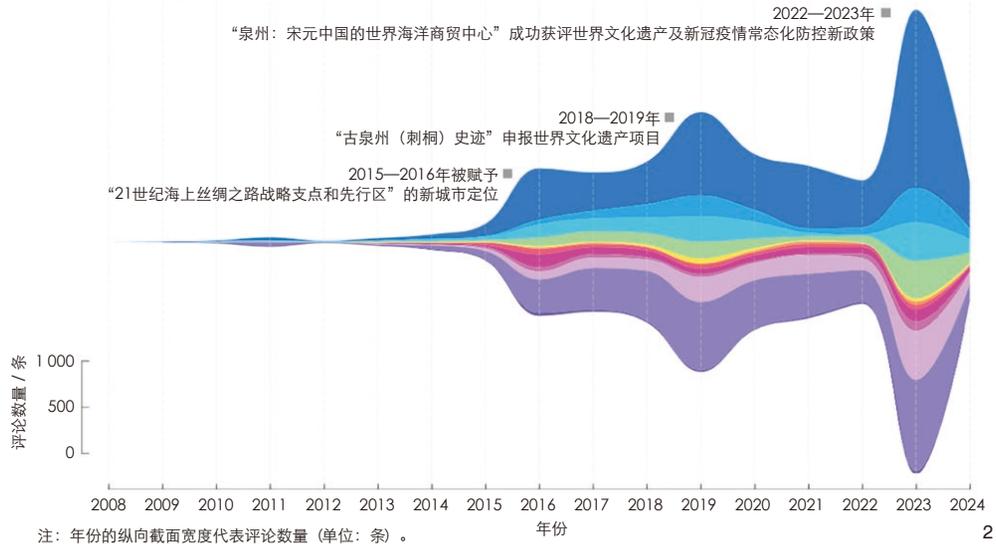
LDA主题聚类模型是无监督机器学习算法的典型代表。在文本语义分析中,LDA可挖掘潜在语义信息,并自动归为一定数量的聚类主题<sup>[34]</sup>。其中,主题数量需指定,运行模型将获得各文本文档对应的主题概率及主题下词语的分布概率。本研究使用python中的sklearn工具包,实现对LDA主题聚类模型的调用,完成18 002条文本数据的主题聚类。

#### 1.3.2 OFA图像描述模型

图像描述(image captioning)指通过深度学习模型训练和计算,将图像转译为自然



1 研究框架  
Research framework



2 遗产点热度河流图  
Streamgraph of heritage site popularity

语言文本<sup>[35]</sup>。OFA 图像描述模型是通用多模态预训练模型，能将多模态任务统一在一个简单的序列到序列的学习框架中，包括图片生成、视觉定位、图像描述、图片分类、文本生成等<sup>[36]</sup>。本研究应用阿里云魔搭社区 (ModelScope) 的 GPU 平台和预训练模型 OFA large<sup>①</sup>完成 82 290 张图片的图像描述。

### 1.3.3 社会网络分析

社会网络分析 (social network analysis, SNA) 以可视化图像来分析研究内容及结构<sup>[37]</sup>。语义网络是常见的社会网络分析。在语义网络文本处理中，点互信息 (pointwise mutual information, PMI) 常用于计算词语相似度。PMI 值越大，则词语间的关联性越强。以词

语为节点，将 PMI 作为节点的连接边权重，构建语义网络<sup>[38]</sup>。本研究采用基于 PMI 的语义网络，分析经 OFA 图像描述模型处理后的图像描述文本。

### 1.3.4 LSTM 情感分析模型

情感倾向分析 (sentiment tendency analysis) 可处理、挖掘及分析文本信息以识别公众情绪，并衡量感知满意度<sup>[39]</sup>。LSTM 是循环神经网络 (recurrent neural network, RNN) 的变种，可在序列中捕捉上下文信息<sup>[40]</sup>，常用于文本情感倾向分析。本研究基于已有的 LSTM 情感分析模型<sup>[41]</sup>，使用科学数据银行<sup>②</sup>等开源平台的景点评论数据集对模型进行训练。训练集标记了消极、积极 2 类情感，训

练过程在 GPU 平台上实现。训练效果较好，结果准确率为 0.917 8。本研究运用训练后的模型，输出所有评论文本及图像描述文本中消极情感和积极情感的概率。

### 1.3.5 研究框架

以泉州 12 处遗产点为对象，基于 18 002 条网络文本与 82 290 张网络图片，完成景观感知分析 (图 1)。1) 热度分析。基于遗产点年评论数量，利用 pyecharts 工具生成河流图，可视化分析遗产点热度时空演变情况。2) 形象感知分析。利用 LDA 主题聚类模型，完成所有评论文本的无监督聚类主题挖掘，解析泉州世界文化遗产景观感知维度；利用 OFA 图像描述模型，完成所有图片的自然语言文本转译描述，通过词频与语义网络构建泉州世界文化遗产景观感知网络。3) 情感感知分析。基于所有评论文本与图像描述文本，利用 LSTM 情感分析模型，完成整体与各遗产点的遗产景观感知情感倾向分析。

## 2 研究结果与分析

### 2.1 遗产点热度时空演变分析

根据 12 处遗产点的年评论数量，利用 python 的 pyecharts 工具进行河流图可视化分析 (图 2)，探讨遗产点热度时空演变过程。1) 12 处遗产点热度总体呈快速增长趋势；以 2015 年为界，分为 2 个具有显著量级差异的时空演变阶段。2015 年及以前为低热度阶段，年评论数最小值为 1 条、最大值为 363 条，年均评论数为 94.50 条。开元寺、老君岩造像是高热度遗产点。2016 年以来为高热度阶段，年评论数最小值为 1 221 条、最大值为 4 596 条，年均评论数为 2 008.75 条。开元寺、老君岩造像是高热度遗产点，洛阳桥、清净寺、天后宫、泉州府文庙、安平桥是中热度遗产点。2) 2016、2019、2023 年是阶段性高热度峰值点。2015—2016 年，评论数首次大幅超线性增长，主要原因在于泉州在“一带一路”规划中被赋予“21 世纪海上丝绸之路战略支点和先行区”的新城市定位<sup>③</sup>。“海丝”语境为泉州文旅发展注入新活力，极大促进了泉州世界文化遗产景观游客量与网络评论量的同步增长。2018—2019 年，得益于“海丝泉州”

表2 “主题—词组”分布  
Tab. 2 “Topic - phrase” distribution

主题编码	感知维度	主题词 (前 25)	去除共有词后的核心特征词 (频次)
Topic #0	特色体验	寺庙、门票、建筑、伊斯兰教、景点、香火、游客、免费、参观、历史、时间、导游、特色、现存、红墙、环境、穆斯林、大家、宗教、风格、小时、旅游、涂门街、建筑风格、天气	香火 (1 001)、导游 (451)、红墙 (361)、涂门街 (295)、建筑风格 (341)、天气 (596)
Topic #1	风景游赏	景区、景点、风景、门票、山顶、爬山、老君岩、景色、小时、交通、时间、建议、道教、游客、停车场、免费、公交、空气、旅游、公园、老子、体验、朋友、游玩、樱花	风景 (1 847)、山顶 (1 130)、爬山 (1 095)、空气 (617)、体验 (445)、朋友 (760)、游玩 (476)、樱花 (407)
Topic #2	文化价值	文化、文庙、历史、建筑、妈祖、宗教、规模、广场、遗址、时期、现存、庙宇、建筑群、信仰、规格、特色、文物、全国、活动、起点、古迹、朝代、交通、重点文物保护单位、贸易	文化 (2 604)、文庙 (2 076)、广场 (420)、遗址 (786)、全国 (945)、活动 (291)、起点 (296)、朝代 (205)、重点文物保护单位 (579)、贸易 (242)
Topic #3	物质载体	佛教、寺院、双塔、大雄宝殿、历史、现存、规模、纪念馆、世界、开元寺、跨海、桥墩、建筑、古人、鲤城区、摩尼教、文物古迹、名桥、寺庙、桥梁、雕刻、佛像、浮雕、甘露戒坛、牡蛎	双塔 (1 011)、大雄宝殿 (892)、纪念馆 (646)、世界 (1 126)、开元寺 (6 932)、跨海 (589)、桥墩 (411)、鲤城区 (657)、名桥 (385)、桥梁 (475)、雕刻 (437)、浮雕 (358)、甘露戒坛 (286)、牡蛎 (277)

注：主题词及去除共有词后的核心特征词均按其隶属对应主题的概率由大至小排序。

效应的持续发酵，评论数再次超线性增长。其中 2018 年，“古泉州（刺桐）史迹”申报世界文化遗产项目，有效提升了各遗产点的知名度。2022—2023 年，评论数出现第 3 次超线性增长，且呈陡崖式急增。这主要源于“泉州：宋元中国的世界海洋商贸中心”成功获评世界文化遗产及新冠疫情常态化防控新政策。3) 2024 年预期的遗产点热度将继续保持增长。2024 年前 2 个月的评论数量，已超出 2023 年同期 53.52%。

## 2.2 基于LDA 主题聚类模型的遗产景观感知维度分析

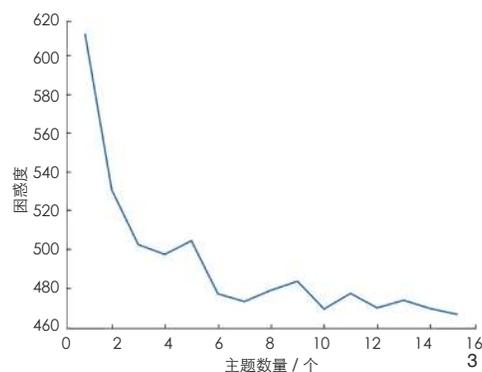
LDA 主题数会使主题侧重点有所差异。主题数越小，聚类将更多基于范式、方法及研究内容；反之，聚类则趋于研究材料的不同区域<sup>[42]</sup>。利用 python 中的 sklearn 工具包调用模型，按步骤完成 18 002 条文本数据分析：1) 使用 jieba 工具包进行清洗、分词，将各遗产点名称列为停用词；2) 结合主题困惑度<sup>③</sup>（图 3）与局部枚举法，比较不同主题数的实际聚类效果，将最佳主题数定为 4；3) 通过 pyLDAvis 工具包可视化<sup>④</sup>展示 LDA 主题聚类结果（图 4）。本研究模型拟合程度好，主题重合少，易于差异化分析。

### 2.2.1 主题聚类

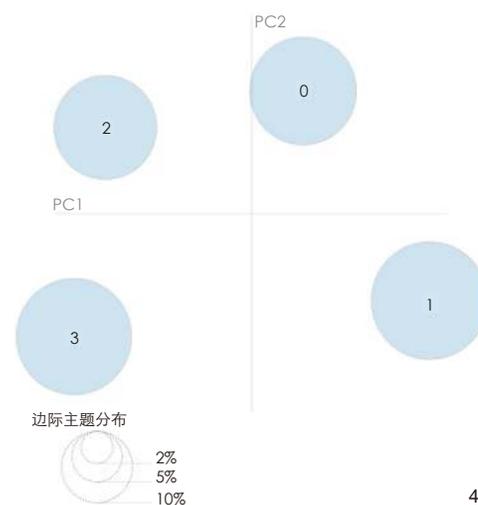
经主题模型训练，得到 4 个主题的“主题—词组”分布情况（表 2）。其中，提取部分或所有主题的共有词汇，分别定义为局部共有感知及共有感知。剔除共有词后，得到更具差异化的各主题核心特征词，并将其定

表3 感知维度  
Tab. 3 Perceptual dimensions

感知维度		代表词汇 (频次)
共有感知	宗教信仰	伊斯兰教 (1 113)、道教 (529)、妈祖 (1 347)、信仰 (423)、佛教 (1 660)、寺庙 (3 376)
局部共有感知	历史文化	建筑 (4 647)、历史 (3 949)、特色 (1 024)、规模 (1 360)、文物古迹 (374)、现存 (1 473)
	基础设施及服务	交通 (1 011)、停车场 (449)、门票 (2 993)、免费 (1 555)
特征感知	特色体验	Topic #0核心特征词
	风景游赏	Topic #1核心特征词
	文化价值	Topic #2核心特征词
	物质载体	Topic #3核心特征词



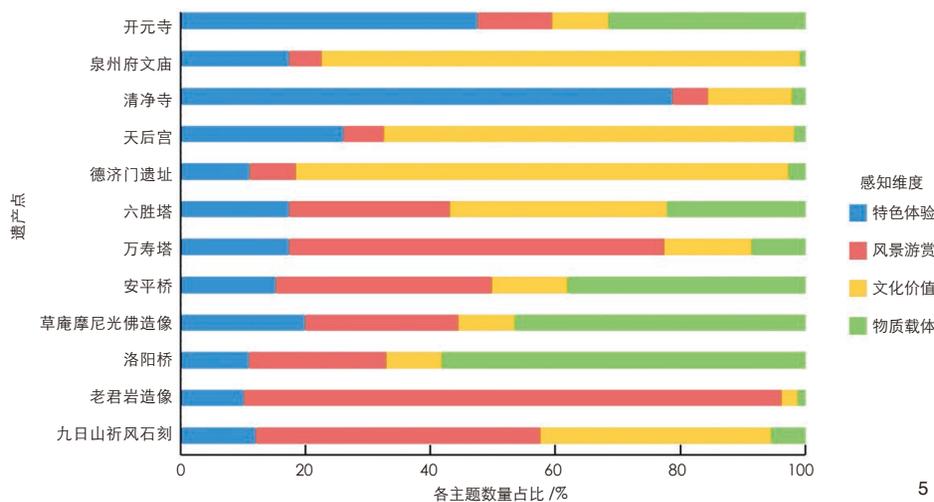
3 主题困惑度  
Topic perplexity  
4 LDA 聚类可视化  
Visualization of LDA clustering



义为特征感知（表 3）。

共有感知维度与局部共有感知维度，是泉州世界文化遗产景观的共性感知内容。宗教信仰最普遍，属于共有感知维度，代表词汇有伊斯兰教 (1 113)、道教 (529)、妈祖 (1 347)、信仰 (423)、佛教 (1 660)、寺

庙 (3 376)，涉及山区、城区、沿海等不同地理位置的遗产点。泉州作为宋元中国的世界海洋商贸中心，多元宗教与文化交融，素有“世界宗教博物馆”之名，这是世遗景观中最宝贵的内核。建筑 (4 647)、历史 (3 949)、特色 (1 024)、规模 (1 360)、文物古迹



5 遗产点主题数量占比  
Percentage of the number of heritage site topics

(374)、现存(1473)是有关历史文化的代表词汇，属于局部共有感知维度。其为大部分遗产点的表层历史文化感知。交通(1011)、停车场(449)、门票(2993)、免费(1555)是有关基础设施及服务的代表词汇，属于局部共有感知维度。

特征感知维度是泉州世界文化遗产景观的差异化感知内容。根据LDA主题聚类后的4类核心特征词，将其分为特色体验、风景游赏、文化价值、物质载体4个感知维度。1)在特色体验感知维度，具有独特风格的建筑与街巷是遗产景观感知的焦点。例如，闽南特色红砖墙、异域伊斯兰教建筑、泉州古城中心的涂门街等。此外，进香活动等互动体验也备受关注。2)在风景游赏感知维度，自然风光、登高远眺、风景体验、植物景观等是遗产景观感知的主体。例如，风景(1847)、空气(617)等词多见于评论，且常与正向主观评价词连用，表明游客对自然风光的感知较为敏锐，评价也更积极。山顶(1130)、爬山(1095)等词的高频出现反映了游客登山游赏、俯瞰古城的景观体验。3)在文化价值感知维度，感知聚焦在遗产点历史文化的深层价值和意义上。在评论中指向海丝起点、对外贸易的起点(296)、贸易(242)等词汇出现频次较高，反映了游客对“海丝文化”的深刻体悟，表明探寻遗产景观背后的价值和意义是重要的景观感知需求之一。文化

(2604)、活动(291)等词汇常出现于评论，代表了文旅活动、展览活动、成人礼等多种结合遗产景观的特色活动，凸显了游客对遗产景观现代价值的探寻。4)在物质载体感知维度，特定的遗产区域、节点与工艺成为游客深度关注的焦点。鲤城区(657)一词的高频出现，表明荟萃八大遗产点的历史文化名城核心区是遗产景观感知的重点区域。双塔(1011)、大雄宝殿(892)、纪念馆(646)、开元寺(6932)、跨海(589)、桥墩(411)、名桥(385)、桥梁(475)、甘露戒坛(286)等词汇出现频次高，反映出物质实体空间、特色建筑及景观特征也是游客景观感知的重要关注点。此外，雕刻(437)、浮雕(358)、牡蛎(277)等建构物细部与工艺也是游客景观感知的对象。

### 2.2.2 各遗产点的主题分布

经LDA主题聚类，得到各评论的主题归类。从整体上看，12处遗产点主题数量分布为文化价值(30.13%)>风景游赏(27.93%)>特色体验(23.72%)>物质载体(18.22%)。从各遗产点上看，主题占比有明显差别(图5)。1)在特色体验感知维度，占主导地位的是清净寺(78.84%)与开元寺(47.58%)。前者是中国现存最古老的伊斯兰教寺院，后者是宋元时期泉州最大的佛寺。二者作为海洋商贸文化与多元社群交融的代表性遗产点，是特色体验景观感知的主体。2)在风景游赏感知

维度，占主导地位的是老君岩造像(86.12%)、万寿塔(60.11%)与九日山祈风石刻(45.61%)。老君岩造像是中国现存最大的道教石雕造像，是反映多元社群的典型景观遗产；万寿塔作为泉州湾出海口制高点处的重要航标塔，是承载海洋贸易与航海文化的标志性景观遗产；九日山祈风石刻是宋代海贸商船祈风祭祀的城郊摩崖石刻，是海洋贸易运维管理的典型遗产景观。三者均为城郊山岳或滨海的风景游赏景观感知主体。3)在文化价值感知维度，占主导地位的是德济门遗址(78.84%)、泉州府文庙(76.62%)、天后宫(65.67%)与六胜塔(34.86%)。四者交织反映了游客对古城、文教、信仰、商贸等泉州多元文化价值的景观感知。4)在物质载体感知维度，占主导地位的是洛阳桥(58.11%)、草庵摩尼光佛造像(46.56%)与安平桥(37.98%)。洛阳桥为宋代建成的大型跨海石桥，是海贸水陆交通转换的枢纽型遗产景观；草庵摩尼光佛造像作为世界唯一现存的摩尼教教主石刻造像，充分展现了多元文化交融下遗产景观的文化包容力；安平桥作为宋元泉州的重要陆运节点，是商贸交通枢纽型景观遗产。三者是游客感知商贸文化与多元社群文化共荣的遗产景观的主要物质载体。

## 2.3 基于OFA图像描述模型与社会网络分析的遗产景观感知网络分析

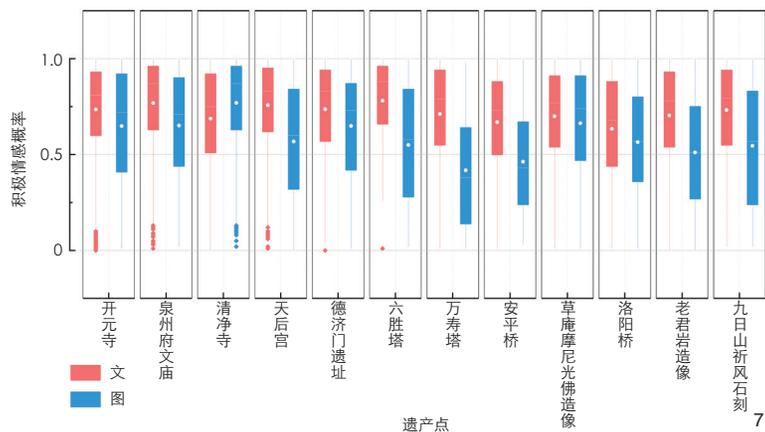
### 2.3.1 图像描述

使用预训练模型OFA-large完成82290张图片的自然语言英文文本转译。在WPS全文翻译与人工校正的基础上，利用唯一值编号合并同一评论样本所有图片的中文描述，获得13176条图像的中文描述文本。

### 2.3.2 图像描述词频与语义网络分析

基于词典的正向最大匹配法，利用python中的jieba工具包实现图像描述文本分词，再利用python的matplotlib工具包对前100个高频词进行可视化分析(图6)。词频呈幂律长尾特征。高频词以物质载体、风景游赏、文化价值等景观感知维度为主。按词频高低，可分为主要高频词(词频>5000)、次要高频词(1000<词频≤5000)与一般高频词(词频≤1000)。1)主要高频词有建筑、





7 遗产点情感倾向  
Sentiment tendencies of heritage sites

情感指数的图文中，有很多与“安平桥走不通，开放的部分仅数百米”相似的描述及游客止步的图像。安平桥的长期维修显著影响了游客的沉浸体验。“一座古桥，大石头砌的，没什么看的”“一般般。环境也一般。没什么特色”等评论，反映部分游客对安平桥的文化价值感知较弱，说明文化科普宣传方面仍有改进空间。“无论是古人的陡石近道还是现代修的石梯，都没有护栏，需要稳步登山”“小山坡上的风力很大，感觉人要轻点就要被吹走了，有点可怕”等评论，反映游客对万寿塔安保配套设施的重视。“停车不方便，景区没什么设施可言”“可远可远了，必须打车过来才行……自备水和食物，真的很荒凉，啥也没有”等评论，表明游客对洛阳桥的交通及配套设施景观感知情感倾向偏消极。

### 3 讨论与结论

本研究以泉州世界文化遗产 12 处遗产点为对象，有效融合了网络图文数据，系统集成 LDA 主题聚类模型、OFA 图像描述模型和 LSTM 情感分析模型等机器学习技术方法，从遗产点热度时空演变、遗产景观感知维度、遗产景观感知网络、遗产景观感知情感倾向 4 个方面完成景观感知研究。本研究从纵向、横向、垂向 3 个方面展开讨论。

1) 在纵向的遗产点热度时空演变方面，遗产点热度与游客景观感知度受政策与事件

驱动协同快速增长，但存在显著的时空差异性。泉州世界文化遗产景观是东南沿海最具吸引力的遗产景观之一，热度总体呈快速增长趋势，游客景观感知度也同步攀升。“一带一路”“海丝泉州”“入选世遗”等政策与事件，是助推其热度跨越式、超线性增长的主要驱动因素。这与郑群明等<sup>[43]</sup>揭示的“申遗”对游客形象感知的影响机理研究结果一致。此外，遗产点热度梯度由“高一低”两阶向“高一中一低”三阶过渡，各遗产点存在显著的时空差异性，表征了各遗产点的游客景观感知在时空上呈多元化、梯度化的发展趋势。

2) 在横向的遗产景观感知维度与感知网络方面，多元融合是泉州世界文化遗产景观感知的文化内核，并衍生出层次丰富、以文化价值为主导的景观感知体系。在遗产景观感知维度方面，识别得到共有感知、局部共有感知、特征感知三大类，涵盖宗教信仰、历史文化、基础设施及服务、特色体验、风景游赏、文化价值、物质载体七小类感知维度。其中，宗教信仰、历史文化、基础设施及服务为共性感知维度，特色体验、风景游赏、文化价值、物质载体为差异化感知维度。特色体验将历史文化、遗产景观融入文旅互动，使遗产景观感知从文化价值、物质载体转至流动的、发展的特色体验与风景游赏中。这表明，世界文化遗产景观中深厚的历史文化底蕴和遗产属性，已较好地被游客感知。

整体上，12 处遗产点主题数量占比为文化价值>风景游赏>特色体验>物质载体。各遗产点主题占比差异显著，形成以特色体验、风景游赏、文化价值、物质载体 4 个感知维度主导的 4 类遗产点群组。其中，以风景游赏感知维度主导的遗产点群组（如万寿塔、九日山祈风石刻等遗产点），其世遗文化的游客景观感知相对匮乏。未来，需结合公众感知的动态反馈，基于价值特征思维与可持续发展理念，持续提升文化价值与特色体验等方面的景观感知度<sup>[43-44]</sup>。在遗产景观感知网络方面，高频词以物质载体、风景游赏、文化价值 3 个景观感知维度为主。主要高频词为文化价值、物质载体 2 个维度，次要高频词向风景游赏维度收敛，一般高频词向物质载体、风景游赏、文化价值 3 个维度发散。语义网络总体呈“中心区域—边缘区域”结构，无绝对核心词。这进一步印证了游客对泉州世界文化遗产景观感知的多元化特征。语义网络的 4 个语义集群与 LDA 主题聚类感知维度匹配度高，语义集群交集多为共有感知维度及局部共有感知维度。表明图片经“图”至“文”的模式降维后，在景观感知体系上仍较好地保有与相应文本信息的一致性与协同性，并传递出比文本更为细腻、明确和丰富的感知信息。相较于文本 LDA 主题聚类结果，图片描述文本的词频与语义网络在词汇性质上有更多形容词及中微观名词，在感知维度上更趋向于物质载体感知。

3) 在垂向的遗产景观感知情感倾向方面，游客有效感知到了泉州世界文化遗产景观及其深厚的历史文化底蕴与遗产属性，并对其表现出整体中性偏积极的情感倾向，且中性及消极情感概率的离散度更大，但在各遗产点上存在显著差异。评论文本情感倾向集中且更积极，而图像描述文本情感倾向离散且更趋中性及消极。各遗产点景观感知情感倾向分为文图协同、文图离散 2 类，情感指数差异大。距泉州古城的距离及遗产点的聚集度是影响情感指数的根本原因。此外，文化科普宣传不到位、服务与配套设施不完善等也是拉低情感指数的重要原因。公众对遗产点的情感反馈是未来遗产景观保护与发

展的重要关注点。通过合理的遗产点协同串联及路径规划,持续优化文化科普及基础配套设施,是改善公众对遗产点景观感知情感指数的重要举措。

本研究在图片的图像描述转译及情感倾向分析上仍有一定的局限性。一方面,OFA large 图像描述模型在图文转译中易趋向于识别即时性细节,且对文化价值信息的识别能力不足,导致描述结果存在一定误差。另一方面,基于图像描述文本开展图片情感倾向分析尚属探索阶段,会因前述误差使结果向中性及消极情感倾向上产生一定的偏差,这在城郊风景游赏感知维度主导的遗产点上较为突出。此外,本研究也存在游客单一视角的局限性。

未来,或可向3个方面继续深入研究。

1) 通过手工制作研究区域的图像描述训练集,融合其他图像描述与情感分析机器学习模型等方式,不断提升图文转译及图片情感倾向分析的准确度,建立更加科学与智能的世界文化遗产景观感知分析体系。2) 计算机领域对图文多模态数据情感分析已有部分路径不一的探索,但其目标大多侧重于对齐图片与文本的语义信息,以最大化降低图文语义差异对图文情感分析的影响<sup>[45-47]</sup>。后续研究或可尝试综合图文转译技术及图像语义分割等计算机视觉技术,探索图片语义特征、图片情感倾向、文本特征、文本情感倾向等内容间的复杂关联机制,在对齐图文语义信息及提高情感倾向分析准确度的基础上,探索基于网络图文数据与机器学习的世界文化遗产深层景观感知。3) 综合游客、专家、当地居民、官方等多元视角,探索多利益相关者博弈视角下的世界文化遗产景观感知。

#### 注释 (Notes):

① 该模型可输出与图像对应的自然语言描述,在经典测试集 Karpathy test split 上取得 CIDEr 154.9 的分数,对通用领域具有较好的表现效果。

② 科学数据银行 (Science Data Bank, ScienceDB, 网址 <https://www.scidb.cn/>) 是一个开放可信的通用型科学数据存储与发布平台,由中国科学院建设维护。

③ 新闻报纸内容源自泉州市人民政府 ([https://www.quanzhou.gov.cn/zfb/xgk/zfxgkzl/qzdt/qzyw/201702/t20170203\\_420987.htm](https://www.quanzhou.gov.cn/zfb/xgk/zfxgkzl/qzdt/qzyw/201702/t20170203_420987.htm)) 及《光明日报》 (<https://epaper.gmw.cn/>)

gmr/html/2016-03/12/nw.D110000gmr\_20160312\_4-02.htm)。

④ 主题困惑度一图中困惑度越低,主题聚类效果越好。

⑤ pyLDAvis 工具包可视化结果中,圆圈相距越远表明主题内容重合度越低,主题聚类效果越好。

⑥ 图像描述语义网络图详见本刊官网该文章资源附件 1 (<http://www.lalavision.com/article/doi/10.3724/j.fjyl.202403310190>)。

⑦ 箱形图上边缘、箱体顶部、中横线、白圆点、箱体底部、下边缘、超出下边缘的点,分别代表数据的极大值、上四分位数、中位数、平均值、下四分位数、极小值、异常值。

#### 参考文献 (References):

[1] 戴方睿. 浙中灌区景观中的风土建成遗产识别与解析[J]. 中国园林, 2023, 39 (3): 119-124.

DAI F R. Identification and Analysis of Built Vernacular Heritages in the Historical Irrigation Districts of Central Zhejiang Province[J]. Chinese Landscape Architecture, 2023, 39 (3): 119-124.

[2] 向岚麟, 叶雅飞, 潘劲东, 等. 基于生活世界的历史街区居民地方依恋研究: 以新疆伊宁前进街为例[J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2022, 58 (3): 488-502.

XIANG L L, YE Y F, PAN J D, et al. Residents' Place Attachment from the Perspective of Lifeworld in Chinese Historic and Cultural Areas: A Case Study in Qianjin Street in Xinjiang[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2022, 58 (3): 488-502.

[3] 周年兴, 俞孔坚, 黄震方. 关注遗产保护的新动向: 文化景观[J]. 人文地理, 2006 (5): 61-65.

ZHOU X N, YU K J, HUANG Z F. New Challenges of World Heritage Conservation: Cultural Landscape[J]. Human Geography, 2006 (5): 61-65.

[4] 徐桐, 向岚麟. 文化线路建构的事件驱动与文明驱动[J]. 南京社会科学, 2020 (9): 148-157.

XU T, XIANG L L. Event and Civilization Motivation of Cultural Route Construction[J]. Nanjing Journal of Social Sciences, 2020 (9): 148-157.

[5] MAARTEN J, FLOOR H, MARIA W D, et al. Heritage Contestation in Matterscape, Mindscape, and Powerscape[J]. Landscape Research, 2023, 48 (8): 1041-1053.

[6] EMMA K, JOSEPHINE G. Separating Natural and Cultural Heritage: An Outdated Approach?[J]. Australian Geographer, 2022, 53 (2): 167-181.

[7] 陆哲明, 武祥永, 沈存, 等. 乡村传统公墓文化景观遗产特征: 以漏泽园为例[J]. 风景园林, 2023, 30 (5): 117-123.

LU Z M, WU X Y, SHEN C, et al. Characteristics of Cultural Landscape Heritage of Traditional Rural Cemetery: A Case Study of "Louzeyuan"[J]. Landscape Architecture, 2023, 30 (5): 117-123.

[8] 周向频, 李劲杰. 面向保护的历史公园多重遗产认知视角及其解析[J]. 风景园林, 2023, 30 (9): 114-120.

ZHOU X P, LI S J. Conservation-Oriented Multiple Heritage Cognition Perspectives for Historical Parks and Analysis Thereof[J]. Landscape Architecture, 2023, 30 (9): 114-120.

[9] 赵晶, 陈然, 郝慧超, 等. 机器学习技术在风景园林中的应用进展与展望[J]. 北京林业大学学报, 2021, 43 (11): 137-156.

ZHAO J, CHEN R, HAO H C, et al. Application Progress

and Prospect of Machine Learning Technology in Landscape Architecture[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2021, 43 (11): 137-156.

[10] 周详, 李骥, 刘伟. 基于景观的遗产研究与实践[J]. 景观设计学 (中英文), 2023, 11 (3): 5-10.

ZHOU X, LI J, LIU Y F. Landscape-Based Heritage Research and Practice[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2023, 11 (3): 5-10.

[11] HONG Z Z, CAO W T, CHEN Y, et al. Identifying Rural Landscape Heritage Character Types and Areas: A Case Study of the Li River Basin in Guilin, China[J]. Sustainability, 2024, 16 (4): 1626.

[12] QIU J T, MU H X, RUI X M, et al. The Relationships Between Danxia Geheritages and Regional Tectonics in Southern Sichuan Basin: Implications for the Spatial Distribution of Danxia Landforms in China[J]. Geoheritage, 2024, 16 (1): 24.

[13] DURRANT L J, VADHER A N, TELLER J. Disaster Risk Management and Cultural Heritage: The Perceptions of European World Heritage Site Managers on Disaster Risk Reduction[J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2023, 89: 103625.

[14] LIANG Y Q, YANG R X, WANG P, et al. A Quantitative Description of the Spatial-Temporal Distribution and Evolution Pattern of World Cultural Heritage[J]. Heritage Science, 2021, 9 (1): 1-14.

[15] XIE Y H, YANG R X, LIANG Y Q, et al. The Spatial Relationship and Evolution of World Cultural Heritage Sites and Neighbouring Towns[J]. Remote Sensing, 2022, 14 (19): 4724.

[16] MARWICK B, SMITH P. World Heritage Sites on Wikipedia: Cultural Heritage Activism in a Context of Constrained Agency[J]. Big Data & Society, 2021 (1): 1-19.

[17] ALBERTO J S R, ALEJANDRO P F C, ADELA P L D M R. Achieving Universal Accessibility Through Remote Virtualization and Digitization of Complex Archaeological Features: A Graphic and Constructive Study of the Columbarios of Merida[J]. Remote Sensing, 2022, 14 (14): 3319.

[18] 许涛, 周可钦, 王苗. 严肃游戏在风景园林遗产中的应用进展[J]. 风景园林, 2023, 30 (S2): 51-55.

XU T, ZHOU K Q, WANG M. Application Progress of Serious Games in Landscape Architecture Heritage[J]. Landscape Architecture, 2023, 30 (S2): 51-55.

[19] 周详, 常婧超. 城市治理与空间转型背景下上海遗产社区建设和公众参与机制研究[J]. 现代城市研究, 2023 (1): 124-130.

ZHOU X, CHANG J C. Research on Shanghai Heritage Community Construction and Public Participation Mechanism Under the Background of Urban Governance and Spatial Transition[J]. Modern Urban Research, 2023 (1): 124-130.

[20] 周详, 成玉宁. 基于场景理论的历史性城市景观消费空间感知研究[J]. 中国园林, 2021, 37 (3): 56-61.

ZHOU X, CHENG Y N. Research on Consumption Space's Perception of the Historic Urban Landscape Based on the Theory of Scene[J]. Chinese Landscape Architecture, 2021, 37 (3): 56-61.

[21] YAN J X, YUE J H, ZHANG J F, et al. Research on Spatio-Temporal Characteristics of Tourists' Landscape Perception and Emotional Experience by Using Photo Data Mining[J]. International Journal of Environmental Research

and Public Health, 2023, 20 (5): 3843.

[22] 倪超琦, 张怡情, 陈楚文. 景观感知对游客重游乡村精品线意愿的影响[J]. 风景园林, 2023, 30 (5): 100-108.

NI C Q, ZHANG Y Q, CHEN C W. Influence of Landscape Perception on Tourists' Intention to Revisit Rural Boutique Lines[J]. Landscape Architecture, 2023, 30 (5): 100-108.

[23] WOJNOWSKA-HECIAK M. The Naturalness of the Vistula Riverbank's Landscape: Warsaw Inhabitants' Perceptions[J]. Sustainability, 2019, 11 (21): 5957.

[24] 陈然, 赵晶, 郝慧超, 等. 基于多模态深度学习的审美认知规律大规模测度方法[J]. 装饰, 2021 (7): 106-111.

CHEN R, ZHAO J, HAO H C, et al. A Large-Scale Measurement Method of Esthetical Appreciation Laws Based on the Multimodal Machine Learning[J]. ZHUANGSHI, 2021 (7): 106-111.

[25] 程哲, 郑曦. 利用网络口碑数据探究城市湿地文化服务感知: 以湖北省武汉市湖泊湿地为例[J]. 城市环境设计, 2023 (4): 226-231.

CHENG Z, ZHENG X. Perception Evaluation of Urban Wetland Cultural Services Based on Word-of-Mouth Data: Take the Lake Wetland in Wuhan, Hubei Province as an Example[J]. Urban Environment Design, 2023 (4): 226-231.

[26] 李昊冉, 刘喆, 李晓溪, 等. 基于社交媒体文本的城市滨河绿地生态系统文化服务评价[J]. 风景园林, 2023, 30 (8): 80-88.

LI H R, LIU Z, LI X X, et al. Evaluation of Cultural Ecosystem Services in Urban Riverside Green Space Based on Online Social Media Commentary[J]. Landscape Architecture, 2023, 30 (8): 80-88.

[27] ANTONIO S, MARTINA V, MAURO A. Landscape Perception and Public Participation for the Conservation and Valorization of Cultural Landscapes: The Case of the Cinque Terre and Porto Venere UNESCO Site[J]. Land, 2021, 10 (2): 1-24.

[28] 霍艳虹, 李源. 城市运河文化景观的公众意象感知: 以扬州为例[J]. 风景园林, 2023, 30 (2): 89-96.

HUO Y H, LI Y. Public Imagery Perception of Urban Canal Cultural Landscape: A Case Study of Yangzhou[J]. Landscape Architecture, 2023, 30 (2): 89-96.

[29] 石坚韧, 金淑敏, 满俞玮, 等. 醉西湖与最杭州: 世界文化遗产杭州西湖滨水夜景数字化解析[J]. 工业建筑, 2024, 54 (9): 66-74.

SHI J R, JIN S M, MAN Y W, et al. Fascination and Distinction of West Lake and Hangzhou: Digital Analysis of Night Scene of the World Cultural Heritage Hangzhou West Lake[J]. Industrial Construction, 2024, 54(9): 66-74.

[30] 樊亚明, 孙正阳, 张晓莎, 等. 基于 UGC 数据的农业文化遗产地景观意象感知研究: 以龙胜龙脊梯田为例[J]. 桂林理工大学学报, 2024, 44 (2): 357-365.

FAN Y M, SUN Z Y, ZHANG X S, et al. Landscape Image Perception of Agricultural Cultural Heritage Sites Based on UGC Data: Taking Longji Terrace in Longsheng as an Example[J]. Journal of Guilin University of Technology, 2024, 44 (2): 357-365.

[31] 黄健, 王颖. 基于图像语义翻译的图文融合情感分析方法[J]. 计算机工程与应用, 2023, 59 (11): 180-187.

HUANG J, WANG Y. Image-Text Fusion Sentiment Analysis Method Based on Image Semantic Translation[J]. Computer Engineering and Applications, 2023, 59 (11): 180-187.

[32] 李金枝, 纪好姍. 泉州: “世遗” 旅游火热 海丝魅力尽显[N]. 中国旅游报, 2021-09-01 (002).

LI J Z, JI Y S. Quanzhou: "World Heritage" Tourism Is Hot, the Charm of the Sea Silk Is Revealed[N]. China Tourism News, 2021-09-01(002).

[33] UNESCO World Heritage Centre. Quanzhou: Emporium of the World in Song-Yuan China[EB/OL]. (2021-07-25)[2023-10-12]. <https://whc.unesco.org/en/list/1561/>.

[34] 何伟林, 谢红玲, 奉国和. 潜在狄利克雷分布模型研究综述[J]. 信息资源管理学报, 2018, 8 (1): 55-64.

HE W L, XIE H L, FENG G H. Review on Latent Dirichlet Allocation Model[J]. Journal of Information Resources Management, 2018, 8 (1): 55-64.

[35] 刘兵, 李穗, 刘明明, 等. 基于全局与序列混合变换 Transformer 的多样化图像描述生成方法[J]. 电子学报, 2024, 52 (4): 1305-1314.

LIU B, LI S, LIU M M, et al. Diverse Image Captioning Based on Hybrid Global and Sequential Variational Transformer[J]. Acta Electronica Sinica, 2024, 52 (4): 1305-1314.

[36] WANG P, YANG A, MEN R, et al. OFA: Unifying Architectures, Tasks, and Modalities Through a Simple Sequence-to-Sequence Learning Framework[EB/OL]. (2022-06-01)[2023-10-12]. <https://arxiv.org/abs/2202.03052>.

[37] 米俊, 李超, 王迪. 基于 LDA 和 SNA 的应急物流研究主题可视化研究[J]. 灾害学, 2024, 39 (1): 29-36.

MI J, LI C, WANG D. Research on the Visualization of Emergency Logistics Research Topics Based on LDA and SNA[J]. Journal of Catastrophology, 2024, 39 (1): 29-36.

[38] 陈宇, 秦昆, 喻雪松, 等. 旅游景点间细粒度语义交互作用挖掘及模式分析: 以云南省为例[J]. 地球信息科学学报, 2022, 24 (10): 2021-2032.

CHEN Y, QIN K, YU X S, et al. Fine-Grained Semantic Interaction Mining and Pattern Analysis Between Tourist Attractions: A Case Study of Yunnan Province, China[J]. Journal of Geo-information Science, 2022, 24 (10): 2021-2032.

[39] 张怡, 裴鸿菲. 基于 LDA 主题模型的湖泊公园生态系统文化服务公众感知研究[J]. 中国园林, 2023, 39 (7): 121-126.

ZHANG Y, QIU H F. A Study on Public Perception of Cultural Ecosystem Services in Lake Parks Based on Latent Dirichlet Allocation Model[J]. Chinese Landscape Architecture, 2023, 39 (7): 121-126.

[40] 詹开元, 徐诗旸, 任维. 基于网络评论的城市公园景观感知研究[J]. 中外建筑, 2023 (6): 27-31.

ZHAN K Y, XU S Y, REN W. Research on Landscape Perception of Urban Parks Based on Online Comments[J]. Chinese & Overseas Architecture, 2023 (6): 27-31.

[41] JIANG L, LIU L, YAO J J, et al. A Hybrid Recommendation Model in Social Media Based on Deep Emotion Analysis and Multi-source View Fusion[J]. Journal of Cloud Computing, 2020, 9 (1): 57.

[42] 杨杨, 钱易鑫, 吴明佳. 国际海洋生态补偿研究综述: 基于 LDA 主题模型的潜在语义分析[J/OL]. 海洋湖沼通报 (中英文): 1-10. (2024-01-26) [2024-03-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1141.p.20240125.0826.002.html>.

YANG Y, QIAN Y X, WU M J. Review on the International Research of Payment for Marine Ecosystem: Potential Semantic Analysis Based on LDA Topic Model[J/OL]. Transactions of Oceanology and Limnology: 1-10. (2024-01-26) [2024-03-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1141.p.20240125.0826.002.html>.

[43] 郑群明, 洪心妍. “申遗” 让游客感知到世界遗产地哪些变化?: 基于泉州市 UGC 网络数据[J]. 中国生态旅游,

2023, 13 (3): 438-452.

ZHENG Q M, HONG X Y. What Changes Have Tourists Perceived of World Heritage Site After the Successful Inscription on the World Heritage List? An Analysis of UGC Web Data of Quanzhou[J]. Journal of Chinese Ecotourism, 2023, 13 (3): 438-452.

[44] 王敏, 傅晶, 梁中荟. 遗产价值特征思维与可持续发展: 以“泉州: 宋元中国的世界海洋商贸中心”为例[J]. 南方文物, 2022 (3): 77-85.

WANG M, FU J, LIANG Z H. Heritage Value Identity Thinking and Sustainable Development: The Case of "Quanzhou: The World Center of Maritime Commerce and Trade in Song and Yuan China"[J]. Cultural Relics in Southern China, 2022 (3): 77-85.

[45] 王法玉, 郝攀征. 基于视觉注意力的图文跨模态情感分析[J]. 计算机工程与设计, 2024, 45 (2): 601-607.

WANG F Y, HAO P Z. Cross-Modal Sentiment Analysis of Visual and Textual Based on Visual Attention[J]. Computer Engineering and Design, 2024, 45 (2): 601-607.

[46] 胡慧君, 丁子毅, 张耀峰, 等. 基于联合交互注意力的图文情感分析方法[J/OL]. 北京航空航天大学学报: 1-11. (2023-11-23) [2024-05-12]. <https://doi.org/10.13700/j.bh.1001-5965.2023.0365>.

HU H J, DING Z Y, ZHANG Y F, et al. Images-Text Sentiment Analysis in Social Media Based on Joint and Interactive Attention[J/OL]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics: 1-11. (2023-11-23) [2024-05-12]. <https://doi.org/10.13700/j.bh.1001-5965.2023.0365>.

[47] 李书星, 胡慧君, 刘茂福. 基于语感一致性的社交媒体图文情感分析[J]. 中国科技论文, 2023, 18 (3): 322-329.

LI S X, HU H J, LIU M F. Sentiment Analysis of Social Media Images-Text Based on Semantic Sense Consistency[J]. China Sciencepaper, 2023, 18 (3): 322-329.

#### 图表来源(Sources of Figures and Tables):

表 1 由作者绘制, 面积数据源自《泉州提名文本 2020》(<https://whc.unesco.org/en/list/1561/>); 其余图表均由作者绘制。

(编辑 / 刘玉霞)

#### 作者简介:

任维 / 男 / 博士 / 福建农林大学风景园林与艺术学院副教授、硕士生导师、风景园林系主任 / 海峡美丽乡村人居环境研究中心副主任 / 研究方向为国土景观保护与生态修复、风景园林历史与理论、风景园林规划与设计

李巧婷 / 女 / 福建农林大学风景园林与艺术学院在读硕士研究生 / 海峡美丽乡村人居环境研究中心成员 / 研究方向为风景园林规划与设计、风景园林历史与理论

詹开元 / 男 / 福建农林大学风景园林与艺术学院在读硕士研究生 / 海峡美丽乡村人居环境研究中心成员 / 研究方向为声景观理论与实践

傅伟聪 / 男 / 博士 / 福建农林大学风景园林与艺术学院副教授、硕士生导师 / 研究方向为绿地感官体验与居民福祉、城市绿地生物多样性  
通信作者邮箱: weicongfufuj@163.com

REN W, LI Q T, ZHAN K Y, FU W C. Research on Landscape Perception of World Cultural Heritage in Quanzhou, Fujian Based on Machine Learning[J]. Landscape Architecture, 2024, 31(11): 120-129. DOI: 10.3724/j.fjyl.202403310190.

# Research on Landscape Perception of World Cultural Heritage in Quanzhou, Fujian Based on Machine Learning

REN Wei, LI Qiaoting, ZHAN Kaiyuan, FU Weicong\*

## Abstract:

**[Objective]** Digital technologies have opened new avenues for quantitative research on heritage landscapes. Web image-text data, primarily driven by user-generated contents, are frequently utilized in the research on heritage landscape perception. However, existing research often grapples with limitations related to single data type and inadequate integration, alongside insufficient application of advanced technologies and methods like machine learning. There is an urgent need to explore novel methods for effective fusion of multimodal data as well as innovative techniques for integrating multivariate machine learning models.

**[Methods]** This research reviews 12 world cultural heritage sites in Quanzhou. The Octopus Collector is applied to gather comments, images, and other web image-text data. After data cleansing and pre-processing, a total of 100,292 valid entries were obtained. Based on this dataset, the following analyses are completed. 1) Popularity analysis. Based on the number of annual comments, streamgraph, a pyecharts tool, is adopted for visualized analysis of the temporal and spatial evolution of heritage site popularity. 2) Image perception analysis. Latent Dirichlet allocation (LDA) topic clustering model is adopted for mining unsupervised clustering topics from all comment texts to explore landscape perception dimensions associated with world cultural heritage in Quanzhou; one-for-all (OFA) image description model is adopted for natural language translation and description of all collected images while analyzing the landscape perception network through word frequency analysis and semantic network. 3) Sentiment perception analysis. Based on all comment texts and image description texts, long short-term memory (LSTM) sentiment analysis model is adopted to analyze the sentiment tendency of overall landscape perception and landscape perception of each heritage site.

**[Results]** 1) In terms of the spatial and temporal evolution of heritage sites' popularity and tourists' landscape perceptions, despite significant spatial and temporal variability, there is a discernible overall trend indicating rapid growth in both popularity and landscape perceptions. Various policies and events serve as the primary driving factors behind this phenomenon. The gradient of heritage sites' popularity and tourists' landscape perceptions is shifting from "high – low" to "high – middle – low". 2) In the context of perception dimensions and networks, pluralistic integration serves as the cultural core of landscape perception, resulting in a multifaceted landscape perception system driven by culturally value. This framework identifies three categories of perceptions.

## Authors:

REN Wei, Ph.D., is an associate professor and master supervisor in and director of the Department of Landscape Architecture, College of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture and Forestry University, and deputy director of the Research Center for Cross-Strait Beautiful Rural Human Settlements. His research focuses on territorial landscape conservation and ecological restoration, history and theory of landscape architecture, and landscape planning and design.

LI Qiaoting is a master student in the College of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture and Forestry University, and a member of the Research Center for Cross-Strait Beautiful Rural Human Settlements. Her research focuses on landscape planning and design, and history and theory of landscape architecture.

Furthermore, the framework delineates seven subcategories within the dimensions of perception. Overall, cultural value perception > landscape appreciation perception > characteristic experience perception > material carrier perception. Notably, there exists a significant variance in topic proportions across different heritage sites, which culminates in four predominant types of heritage sites characterized by four perception dimensions. In terms of the heritage landscape perception network, the high-frequency words predominantly align with three key dimensions of landscape perception. The semantic network exhibits a "center – edge" structure devoid of absolute core words. The four semantic clusters of the semantic network align closely with LDA topic clustering perception dimensions; intersections among these clusters predominantly reflect both common perception dimensions and local common perception dimensions. 3) In terms of the sentiment perception of heritage landscapes, tourists effectively perceive Quanzhou's world heritage landscape along with the profound historical and cultural attributes thereof. Overall, the tendencies in landscape perception sentiment range from neutral to positive tendency, exhibiting a greater dispersion in the probabilities of neutral and negative sentiments. The sentiment tendencies reflected in comment texts are predominantly concentrated and more positive, whereas those observed in image description texts display greater variability, leaning towards neutrality and negativity. The sentiment tendencies regarding landscape perception of each heritage site can be categorized as either text-image synergistic or text-image discrete tendency, revealing significant disparities in sentiment indices regarding the landscape perception of different heritage sites. Factors such as proximity to the ancient city of Quanzhou and the degree of aggregation of heritage sites fundamentally influence these sentiment indices. Furthermore, insufficient cultural and scientific outreach alongside inadequate services and supporting facilities also significantly contribute to a diminished sentiment index.

**[Conclusion]** This research effectively integrates multimodal web image-text data as well as multivariate machine learning models to explore a novel method for quantitative research on heritage landscape perception. It resolves the issues such as the singularity of data type and the insufficient integration in previous research, along with the inadequate application of new technologies and methods like machine learning.

**Keywords:** landscape perception; world heritage; heritage landscape; machine learning; web image-text data; Quanzhou

ZHAN Kaiyuan is a master student in the College of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture and Forestry University, and a member of the Research Center for Cross-Strait Beautiful Rural Human Settlements. His research focuses on soundscape theory and practice.

FU Weicong, Ph.D., is an associate professor and master supervisor in the College of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture and Forestry University. His research focuses on sensory experience of urban green space and residents' well-being, and biodiversity of urban green space.

Corresponding author Email: weicongfufj@163.com