

邵钰涵, 殷雨婷, 薛贞颖. 基于街景大数据的北京、上海街景舒适度评价及比较 [J]. 风景园林, 2021, 28 (1) : 53-59.

基于街景大数据的北京、上海街景舒适度评价及比较

Evaluation and Comparison of Streetscape Comfort in Beijing and Shanghai Based on A Big Data Approach with Street Images

邵钰涵 殷雨婷 薛贞颖
SHAO Yuhan, YIN Yuting, XUE Zhenying



中图分类号: TU984
文献标识码: A
文章编号: 1673-1530(2021)01-0053-07
DOI: 10.14085/j.fjyl.2021.01.0053.07
收稿日期: 2020-09-03
修回日期: 2020-12-04

邵钰涵 / 女 / 博士 / 同济大学建筑与城市规划学院副教授、硕士生导师 / 上海市城市更新及其空间优化技术重点实验室成员 / 本刊特约编辑 / 研究方向为风景园林理论与技术、社会恢复性城市景观规划设计
SHAO Yuhan, Ph.D., is an associate professor and master supervisor in the College of Architecture and Urban Planning (CAUP), Tongji University, and a member of Shanghai Key Laboratory of Urban Renewal and Spatial Optimization Technology, and a contributing editor of this journal. Her research focuses on landscape theory and technology, social restorative landscape planning and design.

殷雨婷 / 女 / 谢菲尔德大学风景园林学院在读博士研究生 / 研究方向为疗愈性环境研究、多维度景观感知评价、社会恢复性城市主义
YIN Yuting is a Ph.D. candidate in the Department of Landscape Architecture, University of Sheffield. Her research focuses on restorative environment research, multi-dimensional landscape perceptible evaluation, and social restorative urbanism.

薛贞颖 / 女 / 同济大学建筑与城市规划学院景观学系在读硕士研究生 / 研究方向为景观可视化、恢复性景观规划与设计
XUE Zhenying is a master student in the Department of Landscape Architecture, the College of Architecture and Urban Planning (CAUP), Tongji University. Her research focuses on landscape visualisation, restorative landscape planning and design.

摘要: 基于环境舒适度的理论扩展和街景大数据的应用实践, 在城市尺度下对北京和上海 2 座城市的街景在舒适度感知、影响舒适度的元素以及城市间街景舒适度分布差异方面进行探讨。采用图像语义分割技术, 依据街景元素构成特征, 通过聚类方法对其进行分类, 而后通过网络问卷收集街景舒适度的主观评价。通过相关性分析及数据对比, 成功建立了人们对于街景的舒适度感知与客观街道环境元素之间的联系, 并区分出对舒适度具有积极和消极影响作用的街景元素; 通过将舒适度评价结果在城市空间中进行映射, 来反映不同城市之间、城市内部不同区域之间的舒适度分布情况及差异。结果显示北京和上海的街道中的“地形起伏”, 均可增强行人的舒适度, 而“墙”在 2 个城市街道中对街道舒适度的作用相反。与以往研究不同的是,“植物”并未显示出对街景舒适度明显的促进作用。就舒适度在城市中的分布来看, 北京、上海的老城区舒适度均较低, 北京大部分舒适度较低的街道多集中于二环以内的历史性街区, 而上海街道的舒适度分布则未呈现出明显规律。基于街景视觉特征的分类方法, 归纳总结针对不同类型街道舒适度提升的规划设计建议, 为未来能够进一步形成更加精细化、多维度的街景分类标准探索了新的可能。

关键词: 街景舒适度; 大数据; 城市尺度; 空间映射

基金项目: 国家自然科学基金 (编号 51678417, 51808393)

Abstract: This study sets out from the extension of environmental comfort theory and the practical application of big data approach using city-scale streetscape images. The streetscape comfort in Beijing and Shanghai, and the comfort-relevant street indicators are investigated. The difference of streetscape comfort between cities were discussed in this paper as well. The image semantic segmentation was adopted to classify the street images according to their constituent attributes, and then the subjective evaluation of streetscape comfort was collected by online questionnaire. Through the correlation analysis, the relationship between users' perceived comfort and objective street features was successfully established. This study also managed to identify street indicators with positive and negative effects on streetscape comfort. By mapping the evaluation result of comfort in urban space, the difference of comfort perception between Beijing and Shanghai, and between different regions within these cities were reflected. The result shows that the terrain can improve the streetscape comfort in both Beijing and Shanghai, while the wall shows different effects between these cities. The plant have no noticeable effect on improving the streetscape comfort which is different with previous studies. In terms of the distribution of comfort, the streetscape comfort in the old urban areas of Beijing and Shanghai is relatively low. Most of the streetscape with low comfort in Beijing are concentrated in the historic districts within the second Ring Road, while the distribution of comfort in Shanghai streets does not show an obvious rule. This study provides practical suggestions for optimizing the the streetscape comfort in Beijing and Shanghai and explored new possibilities for forming a more refined and multi-dimensional classification standard of street images in the future.

Keywords: streetscape comfort; big data; urban scale; spatial mapping

Fund Items: The National Natural Science Fund of China (No. 51678417, 51808393)

0 引言

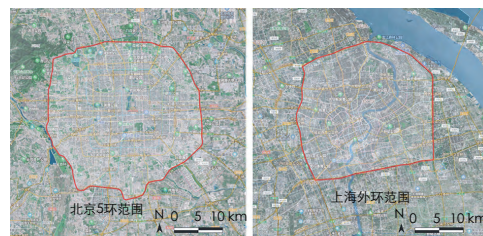
心理学理论认为舒适度包含身体、心理、社会和环境 4 个方面^[1]，建成环境的舒适度是稳定社会发展^[2]、提升居民生活质量^[3]的重要条件。街道是居民频繁接触的户外活动空间，其舒适度水平会对日常使用者产生短暂但高频的影响^[4-5]，从而影响城市居民的身心健康。环境的舒适度评价既可以从使用者的主观舒适度感知方面展开^[6-7]，亦可依据环境的客观特征进行倒推^[8-9]，而后者实质上来源于对大量主观评价结果分析、积累形成的经验。因此，基于使用者主观感知的街景舒适度评价研究对于推进人本导向下的街道规划设计实践具有重要意义。

近年来，人本主义视角下开展的街道环境品质评价在研究尺度上跨越较大、研究方法也存在较大差异。在小尺度街道空间的研究中，环境特征通常与人的主观感知或情绪反应结合，以发现这些特征对人的影响。一部分研究聚焦于挖掘不同特征环境下，人们的心理感知及反应，如舒适度^[10]、疗愈性^[11]、安全感^[12]、愉悦感^[13]等；另一部分研究则关注对街道环境特征的评价，如要求使用者对环境内的丰富度^[14-15]、维护程度^[16]、连贯性^[17]等作出判断。随着技术的发展，对于人们主观感知和情绪反应的测量方法更加精细化，头戴式摄像头、眼动追踪技术以及生理监测设备等技术被广泛运用于小尺度的城市街景研究中，以建立环境特征与主观感知、行为反应和生理反应之间的联系。James 通过眼动仪追踪人们在街道环境中的视觉活动来分析不同使用目的下人们的街道体验^[18]；人们在观看不同类别街景时的舒适度也被学者通过脑电信号加以区分和评估^[19]；此外，殷雨婷等则结合眼动技术与传统疗愈性量表，识别出街道环境中有助于人们获得疗愈体验的街景元素^[20]。大尺度街道空间研究则通常将人工智能技术与城市街景大数据相结合，使得对于街道的研究视角能够上升至城市网络层面。此类研究的重要环节之一是通过计算机图像识别技术，将海量街景图像中的视觉元素特征，如绿视率^[21-22]、天空面积^[23-24]、色彩^[25]、行人数量^[26]等进行量化，从而在街

区、社区以及城市尺度下反映街景特性及其分布规律。

不断开放的数据环境和不断升级的研究途径能够使早期难以量化的主观信息映射到具象、客观的城市空间中^[27]，以辅助规划设计者更好地形成对城市的系统认识^[28]和决策。因此，大数据的丰富性对于突破小尺度街道空间研究在研究范围和样本数量上的局限性起到了重要作用。这一途径有助于形成对城市街道品质的整体评价，并提供在主观感知结果和客观影响元素之间建立联系的有效方法，与小尺度街道研究的结论进行互补。目前，国外的相关研究较少，江文津等通过对纽约和波士顿 2 个城市的部分街景照片所呈现的街道管理维护水平、植物、立面通透性等进行客观量化分析，并通过网络平台对街道安全感进行评价，发现界面透明度是影响街道安全感的重要街景特征^[29]；另有 Daniele 等在伦敦社区街景图像评价中设置了环境客观指标“美丽、安静”，以及主观情绪指标“幸福”，凭借图像处理技术发现绿量、街道宽度和建筑对情绪具有影响作用^[30]。中国目前基于街景大数据开展的大规模街道品质研究多以单个城市或局部区域为研究对象，仅有龙瀛等对全国街道客观的绿化水平进行研究，发现经济发达且管理水平较高的城市街道绿视率更高^[31]。因此，现状大尺度街景研究在城市之间的横向比较相对缺乏，主客观结合方面亦相对空白，这在一定程度上阻碍了对目前街道环境品质中存在问题的有效识别和改善。

高密度城市在能源、环境、居民身心健康等方面都面临着巨大的挑战^[32]，良好的城市设计对于高密度城市的可持续发展具有重要作用^[33]，而研究表明舒适的街道环境能够促使人们更愿意选择诸如骑行、步行等绿色出行方式^[32-33]，对于城市公共空间的良好运行具有重要意义。中国幅员辽阔，南北方城市之间、不同等级的城市之间街景特征差别巨大，对于城市尺度的街道品质研究应考虑到这些差异性，以形成对不同城市街道环境的正确认识。因此，研究选取北京和上海 2 座中国典型的高密度超大城市分别作为北方城市和南方城市的代表，基于街景大数据，通



1 研究范围
Study area

过定性、定量结合的方法比较 2 地的街景舒适度差异以及街景元素对舒适度影响机制的差异；通过对 2 座城市之间以及城市内部各区域之间的比较分析，进一步探讨不同舒适度街景在空间上的分布差异，为街道更新实践提供依据。

1 研究方法

研究选取北京五环（673 km²）和上海外环（693 km²）^①范围内（图 1）的街道作为研究对象，通过百度地图开放平台提取街景数据，其中北京五环范围内街景点数量为 81.9 万，上海外环范围为 60.9 万。因采用街景数据作为评价媒介，研究所聚焦的街景舒适度评价仅针对不同街道环境在视觉上给予使用者的舒适感受。此外，以往有关街景舒适度的研究中，安全性^[34]被认为对环境舒适度具有显著影响，二者均对使用者偏好有影响^[35]。因此，在街景舒适度评价以外增加 2 项与街景安全性与使用者偏好相关的调查，进一步验证这三者在街道环境品质中的相关性。在评价数据采集及分析部分，首先，通过图像语义分割技术以及 2 种聚类算法对采集的街景元素特征进行分析和分类；其次，基于分类结果，通过网络平台发布街景舒适度评价问卷；最后，结合街景的坐标信息，将舒适度评价结果在研究范围内的街道网络上进行映射和进一步比较分析（图 2）。

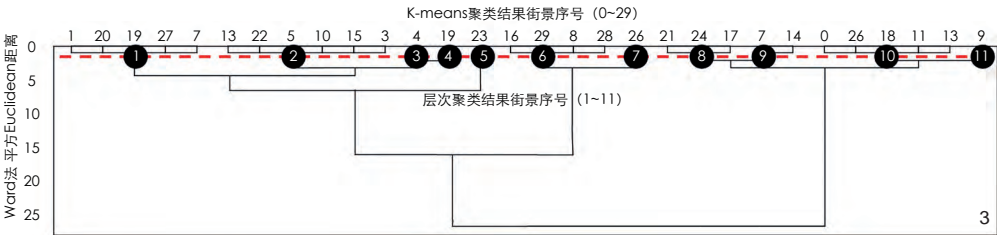
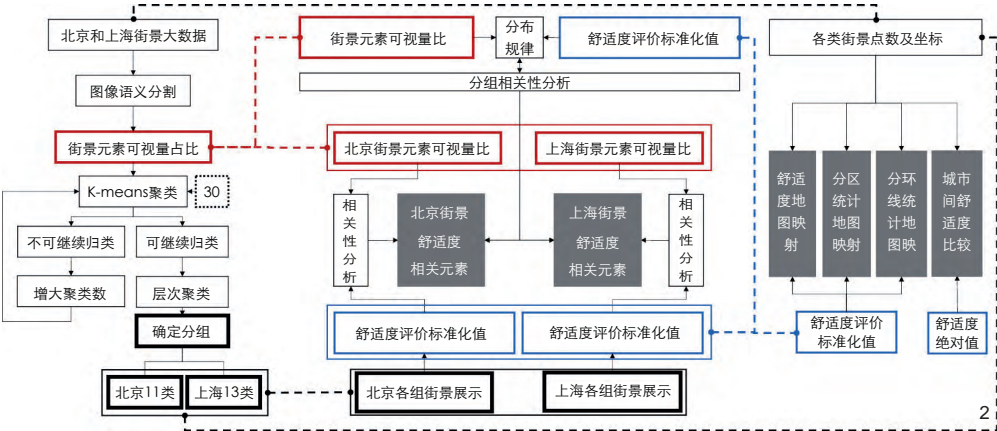
1.1 街景图像分类

研究借助图像语义分割技术提取街景图片所包含的各类元素种类及占比。图像语义分割得 19 类元素，包括建筑、墙、电线杆、交通标志、交通灯、植物、天空、地形起伏、行人、骑行者、卡车、汽车、公交车、摩托车、自行车、火车、人行道、车行道和围栏。

将 19 类街景元素的可视量占比作为街景分类的依据，通过 K-means 聚类，分别将北京、上海的街景图片初步分为 30 类。而后，观察 30 类街景是否存在相似度较高的情况：若有，则高度相似的街景可以合并为一类，而后，取各类街景中元素可视量的中位数作为该类街景的元素特征量，并用层次聚类法进一步聚类（图 3）；若无，则调高聚类参数重新进行 K-means 聚类。结果最终将研究范围内的街景图片分为北京 11 类，上海 13 类。

1.2 街景评价及影响元素识别

在初步聚类后的街景类型分组中随机选取图片，通过网络平台进行街景舒适度评价。评价问卷共为 2 套，北京、上海各 1 套。每类街景从该类街景数据库中由系统抽取供参与者评价，每张街景后设置 3 项评价内容：舒适（感到舒适）、安全（感到安全）和偏好（喜欢这里）。采用李克特 5 级评价量级，其中 1 代表非常不认同、5 代表非常认同。参与者进入在线问卷系统后，需要对北京的 11 张随机街景（或上海的 13 张随机街景）进行评价。经筛选，北京有效评价样本 331 份，其中男女比例为 1 : 1.4，年龄范围为 18~60 岁（标准差 =8.78）；上海的有效评价样本 323 份，男女比例为 1 : 1.5，年龄范围为 18~60 岁（标准差 =7.78）。研究首先对每个样本的结果进行 Z-Score 标准化处理，以消除参与者的打分为习惯差异^[36]。其次运用 SPSS Statistics 20 分别对 2 个城市的各类典型街景中元素可视量及其构成与舒适度评价结果进行皮尔森相关性分析，以相关性结果的显著性及正负关系判断各类街景元素对街景舒适度的积极或消极影响，从而进一步挖掘街景图片的元素特征与舒适度主观评价之间的关系。其中，相关性分析包括全类街景相关性分析和分类街景相关性分析。全类街景相关性（简称全类分析）分析针对北京、上海 2 座城市整体舒适度评价结果和街景元素特征之间的关系展开，反映的是街景舒适度水平和街景元素影响作用的共性规律。考虑到高、低水平舒适度街景中元素的影响机制可能有差异，因此依据街景舒适度评价标准值将街景分为舒适度较高的街景（舒适度标准值 ≥ 0）以及舒适度较



2 研究步骤
Research protocol

3 北京街景 K-means 聚类及层次聚类结果
K-means and Hierarchical clustering results of street images of Beijing

低的街景（舒适度标准值 < 0），再分别对 2 类舒适度水平的街景类型进行分类相关性分析（简称分类分析），以获得不同舒适度品质条件下街景元素能够产生的影响。

1.3 城市尺度下的街景舒适度映射

为比较北京、上海 2 地之间以及城市内部各区域间街景舒适度总体情况差异，并从空间层面寻找影响街景舒适度分布的原因，研究将北京、上海典型街景类型的舒适度评价结果在城市尺度街道网络上进行映射，基于各街景点的地理坐标将舒适度评价结果（标准值）在城市尺度上进行可视化处理并比较分析。研究以行政区划和城市环线作为 2 种统计分区的边界，分别对 2 个城市的街景舒适度评价结果进行统计^②，由于不同区块路网密度不同，因此单块区域的舒适度指的是所有街景点的平均^[21]舒适度，在本研究中即各类街景所对应的舒适度值的加权之和，计算过程使用 Rhinoceros6 及其插件 Grasshopper，单个区域内舒适度计算公式如下：

$$Y = \sum_{n=1}^N ((X_n \div M) \times P_n), \quad (1)$$

其中，Y：单块统计区域的舒适度表征；N：

街景层次聚类后所得类别数； X_n ：单块统计区域的第 n 类街景的数量；M：该区域范围内的街景点数量； P_n ：第 n 类街景的舒适度评价价值。

2 结果与分析

问卷结果均通过内部一致性（Cronbach's α （北京）=0.918；Cronbach's α （上海）=0.937）检验^[37]和组间差异检验^②。

2.1 街景影响元素识别及其作用机制分析

同一类街景中同一类元素可视量代表值以该类街景中该类元素可视量的中位数表示，将街景元素可视量与舒适度评价结果进行皮尔森相关性分析，其中舒适度的数值是每个样本的 Z-Score 标准化值（表 1）。北京和上海 2 地研究范围内的街景图片中共识别出 12 类与舒适度显著相关的街景元素，包括“建筑”“墙”“电线杆”“交通标志”“植物”“地形起伏”“行人”“骑行者”“卡车”“公交车”“摩托车”和“自行车”。其中，对 2 地街景舒适度均有影响的元素有 5 类，仅对北京街景舒适度产生影响的有 7 类（表 2）。

表 1 全类街景皮尔森相关性分析
 Tab. 1 Pearson correlation analysis for the whole types of street images

街景元素	地点	舒适度	安全感	喜好程度	街景元素	地点	舒适度	安全感	喜好程度
建筑	北京	-0.717**	-0.381*	-0.695**	行人	北京	-0.421*		-0.420*
	上海	-0.585**	-0.559**	-0.574**		上海			
墙	北京		-0.415*	-0.271	骑行者	北京	0.412*	0.479**	0.440*
	上海					上海	0.407*	0.455*	0.417*
电线杆	北京	-0.409*	-0.532**	-0.440*	卡车	北京		-0.447*	
	上海					上海		-0.383*	
交通标志	北京	-0.295	-0.528**	-0.299	公交车	北京		-0.426*	
	上海					上海			
植物	北京	0.760**	0.730**	0.761**	摩托车	北京	-0.451*		-0.428*
	上海	0.784**	0.755**	0.804**		上海			
地形起伏	北京	0.549**	0.507**	0.553**	自行车	北京	-0.377*		-0.393*
	上海	0.371*		0.379*		上海			

注：**表示 P 值在 0.01 水平（双侧）上显著相关；*表示 P 值在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

表 2 街景舒适度的影响元素
 Tab. 2 Influential indicators of streetscape comfort

	对两城市均有影响	仅对北京的街景舒适度有影响	仅对上海的街景舒适度有影响
街景元素	建筑（-）、卡车（-）、植物（+）、地形起伏（+）、骑行者（+）	墙（-）、电线杆（-）、交通标志（-）、行人（-）、公交车（-）、摩托车（-）、自行车（-）	无

注：+ 表示该元素为积极元素，- 表示为消极元素。

研究结果显示，对北京、上海 2 地均起到影响作用的 5 类元素中，“植物”“骑行者”以及“地形起伏”是能够增强街景舒适度的积极元素（表 1~2）。环境中的自然元素，如“植物”，对于舒适度的积极作用已在大量研究中得到证实^[38-41]，而与环境中“地形起伏”“骑行者”有关的直接证据则较为缺乏。目前，仅在一项以类似方法开展的街景疗愈性研究中发现了这 2 类元素对提升街景疗愈性的作用^[20]。“建筑”和“卡车”2 类元素则是对 2 地街景主观评价均有负面影响的元素，其中“建筑”元素与街景的舒适度呈负相关（表 1~2）。街景图片中“建筑”视觉占比高意味着其对其他街景主要元素如“植物”“天空”以及“人行道”和“车行道”等占比的挤压，进而在视觉上形成较强的街道围合度（高宽比）和较弱的空间开阔度。以往研究发现，空间围合与舒适度之间存在显著相关性，当围合度（高宽比）比值超过临界点 1.5 时，舒适度便会随之下降^[10]；但“建筑”对与人们安全感的消极作用在以往研究中尚未发现相关证据。“卡车”数量的增多则可能与交通安全有关。一项针对中国道路安全的调查结果显示，

80% 的人认为重型卡车在道路上行驶会加剧道路的危险性，且会对环境带来负面影响^[42]。

仅对北京街景舒适度产生负面作用的元素中，“行人”“公交车”“摩托车”和“自行车”（表 2）可能导致街景显得较为凌乱无序，从而使得使用者的主观舒适度降低。相较于北京，上海自 2015 年起便开展持续的交通违法行为大整治，对于非机动车驾驶行为也进行了较为严格的规范。北京自 2020 年 6 月开始加大加强对非机动车交通的重点整治，因街景图片拍摄时间为 2017 年，部分街景图片中记录的非机动车的乱穿马路等乱序违法行为可能是导致人们舒适度、偏爱程度较低的主因。另外 3 类“墙”“电线杆”以及“交通标志”对街景舒适度的消极影响的原因，则可能与这 3 类元素增大了街景图片中的熵值（混乱度）有关，而以往研究发现街道熵值增大可能会降低街景的疗愈体验^[13]。

将北京、上海 2 市的街景舒适度评价结果与对应的街景元素构成特征进行进一步分类分析发现，同一街景元素对不同舒适度水平的街景以及不同城市街景的影响作用有较为明显的差异（表 3）。1）同一元素对不同分

类街景影响作用不同：就北京的评价结果而言，在舒适度评价较高的街景类型中，“天空”和“交通标志”被证实具有消极影响；但在舒适度评价本身较低的街景类型中，这 2 类元素占比的增加却在一定程度提升了其舒适度（表 3）。2）同一元素对不同城市街景影响作用不同：“电线杆”在北京舒适度评价较高的街景类型中起消极作用，却在上海舒适度评价较低的街景中起积极作用。“墙”也类似，在北京低舒适度街景类型中起消极作用，但在上海低舒适度街景类型中却呈现积极作用（表 3）。3）同一元素在舒适度全类分析和分类分析中影响作用不同：“建筑”在全类分析中被认为对北京和上海的街景舒适度均有消极影响（表 1），但分类分析结果显示其仅在上海舒适度较高的街景类型中被识别为消极元素（表 3），在北京的高舒适度街景或低舒适度街景中并未被单独识别出来。“植物”在全类分析中被认为对北京和上海的街景舒适度均有积极影响（表 1），而分类分析的结果表明，无论是北京还是上海，植物元素的占比都只和舒适度评价较高的类型呈显著正相关，而与舒适度评价较低的街景舒适度无关（表 3）。

这意味着，只有当街道发生了质的提升，绿视率的增加才更可能提升街景舒适度；而在街道品质未达到一定标准之前，盲目地增加绿视率以期提升舒适度的效果可能并不理想。

2.2 北京、上海的街景舒适度比较

从空间分布来看，2座城市的街景舒适度评价结果（图4）在空间上的分布特征较为相似。北京舒适度评价最低的街景集中在二环的老城区，评价相对较高的位于高架环线以及其他一级道路，舒适度最高的街景则均匀地分布在支路之中。上海舒适度较高的街景则多分布于浦东的张江工业园区、新发展工业园区、复兴公园以及沿江的后滩和前滩公园附近，衡复历史风貌区是浦西市中心舒适度较高的片区，然而其外围区域以及老城厢、苏州河与黄浦江交汇口、杨浦和虹口沿江居住区附近街景舒适度较低。从上海的道路等级上看，二、三级道路比城市一级道路舒适度更高，同北京类似。

2.3 街景舒适度、安全感以及使用者偏好

本研究结合以往研究中所发现的环境舒适度、安全感以及偏好之间的强相关性^[34, 43]，在评价过程中同时获取了针对北京、上海2地各街景类型的安全感和主观偏好评价。研究结果与许多研究结论相一致^[35, 43-46]，发现街景的舒适度、安全感和偏好之间两两呈显著相关（表4）。从空间映射结果来看，三者在城市街道网络上也表现出相似的分布特征（图4）。这不仅验证了街景舒适度与其安全性和使用者偏好之间的密切关系，也验证了本研究所采用的评价方法的可行性。

3 讨论

本研究比较了北京和上海2座高密度城市之间以及市内各区域之间的街景舒适度情况，为基于街景大数据的城市街景舒适度及其影响机制提供了较为新颖的思路与方法。通过相关性分析识别出对舒适度有影响的街景元素及其在不同街道条件下的差异性影响机制。与以往研究发现相同，“植物”是能够对街道舒适度产生积极作用的元素^[37, 39, 41]，但本研究还发现：街道中“植物”的增加并不一定意味着舒适度的提高，只有当街道品质

表3 分类街景皮尔森相关性分析
Tab. 3 Pearson correlation analysis for different types of street images

街景元素 可视量	地点	舒适度较高街景评价			舒适度较低街景评价		
		舒适度	安全感	偏好	舒适度	安全感	偏好
建筑	北京						
	上海	-0.700**	-0.746**	-0.712**			
电线杆	北京	-0.796**	-0.821**	-0.782**			
	上海				0.555*		
交通标志	北京	-0.644**	-0.716**	-0.629**			
	上海						
植物	北京	0.675**	0.698**	0.645**			
	上海	0.639**	0.594*	0.634**			
天空	北京	-0.675**	-0.754**	-0.668**	0.637*	0.515	0.685**
	上海						
骑行者	北京	0.480	0.601*	0.493		0.610*	0.575*
	上海						
卡车	北京	-0.611*	-0.587*	-0.604*		-0.747**	-0.530
	上海	-0.605*	-0.585*	-0.606*			
交通灯	北京	-0.676**	-0.754**	-0.661**	0.738**	0.549*	0.778**
	上海						
车行道	北京				0.697**	0.633*	0.756**
	上海						
墙	北京				-0.579*		
	上海					0.566*	
公交车	北京				-0.523*	-0.578*	-0.505*
	上海						

注：*表示P值在0.05水平（双侧）上显著相关；**表示P值在0.01水平（双侧）上显著相关。

表4 舒适度、安全感以及偏好评价的皮尔森相关性分析
Tab. 4 Pearson's correlation analysis among comfort, security, and preference

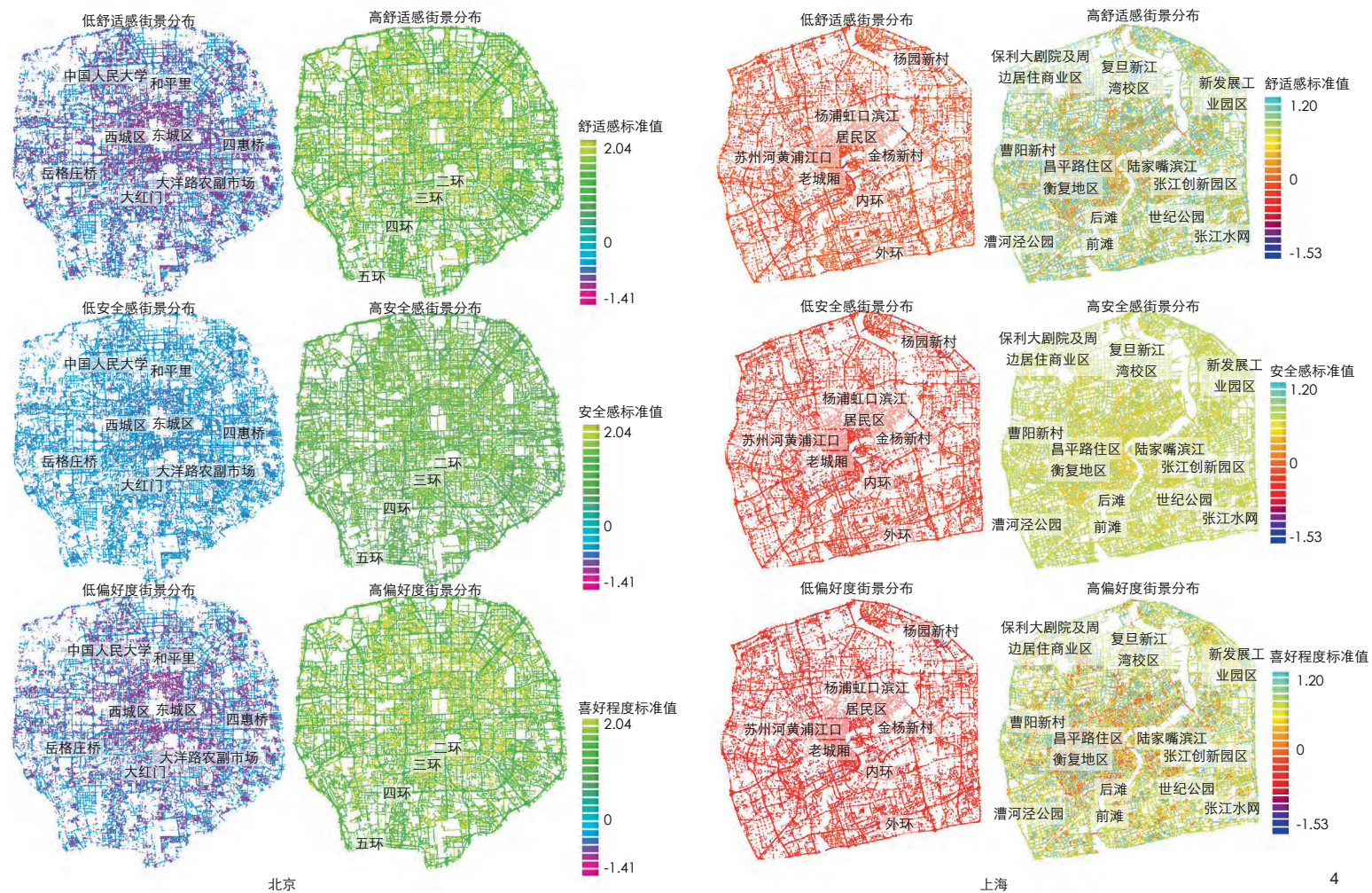
感知评分	舒适度	安全感
安全感	0.880**	
偏好	0.956**	0.863**

注：**表示P值在0.01水平（双侧）上显著相关。

本就处于较好状态时，增加植物才能够作为进一步提升街景舒适度的设计手段。“地形起伏”对2个城市的街景舒适度都具有促进作用，但以往研究聚焦于这一环境元素的讨论较少，其影响原因可能与更加丰富的空间层次感有关^[47]。“墙”在北京和上海老城区舒适度较差的街景中表现出截然不同的作用，这可能与北京巷子和上海弄堂的建筑外墙色彩规律不同有关。建筑空间色彩对舒适度的影响作用^[48]已在相关研究中得到证实，而上海弄堂较之北京巷子而言，建筑用色饱和度较高且更多为暖色调。

研究对街景舒适度评价结果进行空间映射所发现的城市之间以及城市内部区域之间

的舒适度差异，反映出了2地城市建设的特征。从舒适度整体分布情况来看，北京、上海除了老城区街景舒适度普遍较低以外，北京的舒适度差异与街道等级有关，且呈现单中心向外增高的态势；上海的舒适度感知差异则呈现多中心态势。这一差异性的街景舒适度水平分布可能与北京和上海的城市建设扩张时序有关，城市中越晚建设的街道呈现出的舒适度越高。近年来，城市老城区的街道改造是一个热点话题，老城街景舒适度的提升能够显著改善居民的生活质量。因此，从市域范围内识别出舒适度较低的街道能够对专业机构的更新规划设计决策给出强有力支撑。此外，研究中发现的与街景舒适度相关



4 街景舒适度、安全感和偏好分布情况

的积极和消极元素更能帮助专业人员针对性地对较差的街道施以设计干预,准确、迅速地提升街道环境品质。

本研究中研究对象及方法的选择对于相关的研究、实践具有较为重要的意义。以往环境舒适度相关研究主要针对单一空间或较小的城市范围^[18, 20, 29-30], 街道视觉特征所涵盖的种类有限, 因此其结果在研究范围以外地区的适用性可能较低。本研究以北京和上海城市范围内的街道景观作为研究对象, 基于街景特征的相似性进行分类、归纳, 使所得结果更具普适性。此外, 以往基于街景大数据的主观感知研究^[25, 29-30, 49]能够通过计算机高效准确地获知任意地点街景的相关评价结果, 却往往忽略了造成这些评价结果的、与街道环境本身的特征相关的原因。本研究尝试在

兼顾研究对象广泛性的同时,挖掘影响街道环境舒适度的街景元素,使结果具备应用于设计实践的可能性。

然而,本研究中也存在一些局限性亟需在未来的研究中解决。首先,街景图片聚类中语义分割的底层逻辑是依据不同类别元素的边界,以及材质和色彩上的相似性进行区分,这有可能遗失或误判某些种类的街景元素及其与街景舒适度的关系。本研究的分类街景相关性分析中街景的分类方法是基于舒适度相对高低进行划分的,即北京和上海街景研究范围内舒适度相对高低,因而,若综合更多城市街景数据,各类街景的相对舒适度可能会随之改变,从而影响街景舒适度分类结果。此外,街道环境丰富多样,采用街景大数据图片作为评价媒介一定程度上剥离

了能够影响人们舒适度感知的其他感官维度,因此该结果只能用于表征通过视觉信息获取的舒适度体验。未来研究中应考虑如何保证实验环境的真实性,从而能够更加全面地提取街景元素;更加严格地控制实验条件,从而保证评价结果的有效性和准确性;并且进一步扩大研究范围,从而获得更具普适性的结果。

4 结论

综上,本研究基于街景图片海量数据,将舒适度评价与新兴的图像识别技术相结合,比较了北京、上海街景舒适度分布情况的差异,并在城市尺度上成功建立了对街景主观感知评价与街景环境特征之间的关系,这不仅为北京和上海街景的舒适度提升提供了针对性的实践建议,也为未来形成更精细化的、

从使用者主观感受出发的街景分类标准探索了新的可能。更重要的是，对北京、上海街景舒适度的比较分析为城市之间横向的感知评价比较开拓了思路，未来相关研究将在此基础上继续扩大范围，对中国不同等级的典型城市进行进一步探索、发现总结规律，为最终能够形成兼具差异性和普适性的国家级城市街道舒适度规划设计指导原则奠定基础。

注释 (Notes):

- ① 研究范围面积均通过天地图平台进行测量。
- ② 相关结果及表格已上传 OSID。

参考文献 (References):

[1] KOLCABA K Y, FISHER E M. A Holistic Perspective on Comfort Care as an Advance Directive[J]. Critical Care Nursing Quarterly, 1996, 18(4): 66-76.

[2] AIVAZYAN S. Analysis of the Quality and Way of Life of the Population[M]. Moscow: Publishing House, 2012.

[3] 梁天池, 石谦飞. 建成居住区景观环境质量舒适度研究 [J]. 工业建筑, 2017 (Z1) : 19-22.

[4] 柯燕霖. 基于景观美学的生活街道设计研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2018.

[5] 倪嵩卉. 城市生活性街道空间人性化设计研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2013.

[6] 蔡丹丹, 潘毅群, 黄治钟. 办公光环境舒适性主观评价指标的研究 [J]. 建筑节能, 2013, 41 (12) : 62-67.

[7] 张文忠. 城市内部居住环境评价的指标体系和方法 [J]. 地理科学, 2007, 27 (1) : 17-23.

[8] IVANOVA N, GANZHA O. The Methodological Aspect of the Landscape and Ecological Forming of a Comfortable Environment for the Smart City[EB/OL]. (2017-01)[2020-0903]. https://www.researchgate.net/publication/317119056_The_methodological_aspect_of_the_landscape_and_ecological_forming_of_a_comfortable_environment_for_the_Smart_City.

[9] GAO C, WENG S, ZHAO B. Establishment of Landscape Plant Assessment Model in Waterfront Greenway Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(3): 206-209.

[10] LIU F, KANG J. Relationship between Street Scale and Subjective Assessment of Audio-Visual Environment Comfort Based on 3d Virtual Reality and Dual-Channel Acoustic Tests[J]. Building and Environment, 2018, 129(1): 35-45.

[11] KAPLAN S. The Restorative Environment: Nature and Human Experience[M]. Portland: Timber Press, 1992.

[12] HARVEY C, AULTMAN-HALL L, HURLEY S E, et al. Effects of Skeletal Streetscape Design on Perceived Safety[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 142(1): 18-28.

[13] LINDAL P J, HARTIG T. Architectural Variation, Building Height, and the Restorative Quality of Urban Residential Streetscapes[J]. Journal of Environmental Psychology, 2013, 33(3): 26-36.

[14] 刘江. 北京市建筑物背景与城市森林景观视觉质量的关系研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2017.

[15] LAVIE T, TRACTINSKY N. Assessing Dimensions of

Perceived Visual Aesthetics of Web Sites[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2004, 60(3): 269-298.

[16] DE VRIES S, VAN DILLEN S M, GROENEWEGEN P P, et al. Streetscape Greenery and Health: Stress, Social Cohesion and Physical Activity as Mediators[J]. Social Science and Medicine, 2013, 94(10): 26-33.

[17] LIN Y, TSAI C, SULLIVAN W C, et al. Does Awareness Effect the Restorative Function and Perception of Street Trees?[J]. Frontiers in Psychology, 2014, 5(3): 1-9.

[18] SIMPSON J, FREETH M, SIMPSON K J, et al. Visual Engagement with Urban Street Edges: Insights Using Mobile Eye-Tracking[J]. Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability, 2019, 12(3): 259-278.

[19] YAMAGUCHI S, MITSUKURA Y. Construction of Comfort Evaluation System for Streetscape Improvement Using Electroencephalogram[C]//IEEE. ICITEE 2016: The 8th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering. Yogyakarta: IEEE, 2016.

[20] 殷雨婷, 邵钰涵, 薛贞颖, 等. 疗愈性街景元素识别与评价研究 [J]. 景观设计学, 2020, 8 (4) : 76-89.

[21] LONG Y, LIU L. How Green are the Streets? An Analysis for Central Areas of Chinese Cities Using Tencent Street View[J]. PloS One, 2017, 12(2): e0171110.

[22] YE Y, RICHARDS D, LU Y, et al. Measuring Daily Accessed Street Greenery: A Human-Scale Approach for Informing Better Urban Planning Practices[J]. Landscape and Urban Planning, 2019, 191(1): 103434.

[23] LIANG J, GONG J, SUN J, et al. Automatic Sky View Factor Estimation from Street View Photographs: a Big Data Approach[J]. Remote Sensing, 2017, 9(5): 411.

[24] ZENG L, LU J, LI W, et al. A Fast Approach for Large-Scale Sky View Factor Estimation Using Street View Images[J]. Building and Environment, 2018, 135(1): 74-84.

[25] 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 (1) : 32-36.

[26] CAO R, FUKUDA T, YABUKI N. A Real-Time Visual Environmental Estimation System Using Image Segmentation[C]//IEEE. The 41st Symposium on Computer Technology of Information, Turin: IEEE, 2018.

[27] 甄峰, 秦萧, 王波. 大数据时代的人文地理研究与应用实践 [J]. 人文地理, 2014, 29 (3) : 1-6.

[28] 龙瀛, 刘伦. 新数据环境下定量城市研究的四个变革 [J]. 国际城市规划, 2017, 32 (1) : 64-73.

[29] 江文津, 徐磊青, 陈箴. 城市安全感知与文化差异: 以两个美国城市街景图片的实验为例 [J]. 住区, 2018, 24 (6) : 5.

[30] QUERCIA D, O'HARE N K, CRAMER H. Aesthetic Capital: What Makes London Look Beautiful, Quiet, and Happy?[C]//CSCW. The 17th ACM conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing. New York: CSCW, 2014.

[31] FINCH E, IVERSON G, DYE J. Pedestrian Comfort Guidance for London[EB/OL]. (2019)[2020-09-03]. <http://content.tfl.gov.uk/pedestrian-comfort-guidance-technical-guide.pdf>.

[32] GARCÍA A, TORRES A J, ROMERO M A, et al. Traffic Microsimulation Study to Evaluate the Effect of Type and Spacing of Traffic Calming Devices on Capacity[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2011, 16(4): 270-281.

[33] CAPITANIO M. Attractive Streetscape Making Pedestrians Walk Longer Routes: The Case of Kunitachi

in Tokyo[J]. Journal of Architecture and Urbanism, 2019, 43(2): 131-137.

[34] WILLIAMS A M, PIENAAR C, TOYE C, et al. Further Psychometric Testing of an Instrument to Measure Emotional Care in Hospital[J]. Journal of Clinical Nursing, 2011, 20(23-24): 3472-3482.

[35] HABIB K N, MANN J, MAHMOUD M, et al. Synopsis of Bicycle Demand in the City of Toronto: Investigating the Effects of Perception, Consciousness and Comfortability on the Purpose of Biking and Bike Ownership[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2014, 70(4): 67-80.

[36] BILGE A, YARGIÇ A. Improving Accuracy of Multi-Criteria Collaborative Filtering by Normalizing User Ratings[J]. Anadolu University of Sciences and Technology-A: Applied Sciences and Engineering, 2017, 18(1): 225-237.

[37] SHEETS V L, MANZER C D. Affect, Cognition, and Urban Vegetation: Some Effects of Adding Trees Along City Streets[J]. Environment and Behavior, 1991, 23(3): 285-304.

[38] LOUAFI B S, ABDOU S, REITER S. Thermal and Visual Comfort under Different Trees Cover in Urban Spaces at Constantine City Centre-Hot and Dry Climate[C]//PLEA. The 32nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA 2016: Cities, Buildings, People - Towards Regenerative Environments. Los Angeles: PLEA 2016, 2016.

[39] LOUAFI S, ABDOU S, REITER S. Effect of Vegetation Cover on Thermal and Visual Comfort of Pedestrians in Urban Spaces in Hot and Dry Climate[J]. Nature and Technology, 2017, 1(17): 30B.

[40] PALMER G, GREEN M, BOYLAND E, et al. A Deep Learning Approach to Identify Unhealthy Advertisements in Street View Images[EB/OL]. (2020-07-09)[2020-09-03]. <https://arxiv.org/abs/2007.04611>.

[41] SMARDON R C. Perception and Aesthetics of the Urban Environment: Review of the Role of Vegetation[J]. Landscape and Urban Planning, 1988, 15(1-2): 85-106.

[42] 经济日报新闻. 沃尔沃安全调查: 80% 的人认为重卡很危险 [EB/OL]. (2019-12-07) [2020-09-03]. <https://static.jingjiribao.cn/static/jjrbrss/rsshtml/20191207/211911.html>.

[43] LAI S, TSAO S. Preferences for Tree Allocation for Urban Arterials[J]. Trans Planning Journal, 2006, 35(1): 85.

[44] 黄邓楷, 王国光, 陈芷筠. 广州大学城环境因素对学生安全感的影响研究 [J]. 南方建筑, 2020, 198 (4) : 73-79.

[45] 龚鹏. 基于动画媒介的城市公园植物视觉景观安全感评价研究 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2018.

[46] 郭芸君, 陈佩君, 陶君玮, 等. 植栽季节变化组合对道路使用者偏好之影响 [J]. 设计与环境学报, 2016, 99 (17) : 9-87.

[47] 程芸. 微地形在园林景观中的作用和处理办法 [J]. 投资与创业, 2012 (12) : 75-75.

[48] 于政坤. 基于行为心理分析下的养老建筑空间色彩量化研究 [D]. 济南: 山东大学, 2019.

[49] 甘欣悦, 余天唯, 龙瀛. 街道建成环境中的城市非正规性: 基于北京老城街景图片的人工打分与机器学习相结合的识别探索 [J]. 时代建筑, 2018 (1) : 162-168.

图表来源 (Sources of Figures and Tables):

文中图表均由作者绘制。

(编辑 / 王亚莺)