

基于新数据、新技术的城市公共空间品质研究

THE QUALITY OF URBAN PUBLIC SPACE BASED ON NEW DATA AND NEW TECHNOLOGIES

怀松垚 陈筝 刘颂 | Huai Songyao Chen Zheng Liu Song

住房和城乡建设部科学技术计划与北京未来城市设计高精尖创新中心开放课题项目资助（编号：UDC2017010521）

同济大学教学改革研究与建设项目资助

中央高校基本科研业务费专项资金项目资助（编号：22120170016）

摘要 随着我国进入存量规划阶段，城市研究的重点逐步从关注城市建设的速度，向关注城市发展的质量转变。城市公共空间品质与人们的生活质量密切相关，是城市规划与设计关注的重点与难点。手机数据、传感器数据和社交媒体等新数据及计算机视觉、机器学习等新技术为城市公共空间品质研究提供了很多新的机会。本文基于人本尺度，从出行行为、主观感受、主观认知度等方面系统性地梳理了近十余年来新数据、新技术在城市公共空间品质研究中的应用进展。新数据、新技术的推广应用实现了对城市空间品质精细且深入的刻画，也为城市空间品质的提升和优化提供了量化依据。

关键词 新数据；新技术；城市公共空间品质

Abstract As China enters the stage of inventory planning, the focus of urban research gradually shifts from the speed of urban construction to the quality of urban development. The quality of urban public space is closely related to people's quality of life, which is important and difficult for urban planning and design. New data such as mobile phone, sensor and social media data, as well as new technologies such as computer vision and machine learning, have provided many new opportunities for urban public quality research. From the perspective of human-scale, the paper systematically reviews the applications of new data and new technologies in the quality of urban public space in recent ten years from the aspects of travel behavior, subjective perception and subjective recognition. The popularization and application of new data and new technologies have realized the fine and in-depth portrayal of urban space quality and provided quantitative basis for the promotion and optimization of urban space quality.

Keywords new data; new technologies; the quality of urban public space

一、背景

城市空间品质的提升与优化是当前中国城市建设重点关注的问题。第三届联合国住房和城市可持续发展大会通过了指引未来20年城市可持续发展的《新城市议程》，强调享有高质量的公共空间是城市人的基本权利^[1]。中央城市工作会议提出从追求速度转变为追求质量的城市发展理念，针对城市公共空间，要盘活存量、做优增量、提高质量，明确了提高城市发展持续性、宜居性的战略方向。《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》提出塑造城市特色风貌、营造城市宜居环境的指导思想^[2]。《住房城乡建设部关于加强生态修复城市修补工作的指导意见》提出开展生态修复、城市修补是治理“城市病”、改善人居环境的重要行动，并进一步提出修复城市生态、改善生态功能、修补城市功能、提升环境品质的任务目标，具体措施包括增加城市公共空间、塑造城市风貌等^[3]。在以上背景下，上海市出台了《上海市街道设计导则》，从街道微观层面切入城市设计以提升城市空间品质、激发城市活力^[4]。

城市空间品质，特别是公共空间品质，一直是城市设计的核心研究问题，是建筑学、城市规划、风景园林三个专业的重要研究内容。理论学者就城市空间品质展开了广泛而深入的研究。简·雅各布斯（Jane Jacobs）面对日益衰败的美国大城市，提出促进城市活力和品质的四个条件，即混合土地利用、小街区、老建筑、足够的人口和建筑密度^[5]。克里斯托弗·亚历山大（Christopher Alexander）呼吁城市空间不应是简单的树形结构，而

应是复杂的半网格结构（semi-lattice），以承载丰富多样的公共活动^[6]。唐纳德·阿普尔亚德（Donald Appleyard）探究影响城市居民理解和回忆城市空间的几个因素：形式（form）、可见性（visibility）、使用及重要性（use and significance）^[7]。凯文·林奇（Kevin Lynch）通过对城市空间的认知与意向，利用认知地图，基于道路（path）、边界（edge）、区域（district）、节点（node）、标志物（landmark）五类空间要素对城市空间品质起重要作用的核心空间进行评价^[8]。

尽管城市空间品质的研究具有理论及实践指导意义，但如何科学地衡量和检验、准确地评价与界定城市空间品质却面临着数据及技术上的难题。首先，获取有关城市空间的数据困难。传统上研究城市空间品质多借助低通量的实地调查法，这种方法耗时耗力且成本较高，只能获取较小研究范围的数据，这种小样本数据得出的结论是否在大尺度研究区域同样适用还不得而知^[9]。其次，评价城市空间的方法低效。传统上评价城市空间品质多通过专家打分或问卷访谈的方式，受访谈对象人数的限制及其主观感受的影响^[10-11]，调查结果往往不能准确反映城市空间品质的真实体验。

随着近年来新数据、新技术的快速推进，上述传统空间品质研究所遇到的问题开始出现新的转机。由大数据（big data）及开放数据（open data）共同构成的新数据环境、深度学习（deep learning）及人工智能（artificial intelligence）等形成的新技术环境能较好地回应上述问题，为城市空间品质的研究带来了新的机遇，推动城市空间品质研究朝着更精细

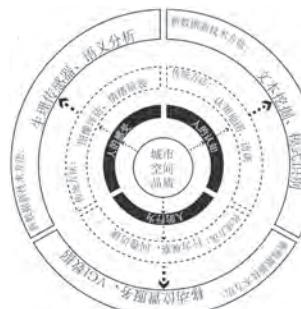


图1 新数据和新技术全面拓展了我们探索城市空间品质的方法 (图片来源:作者绘制)

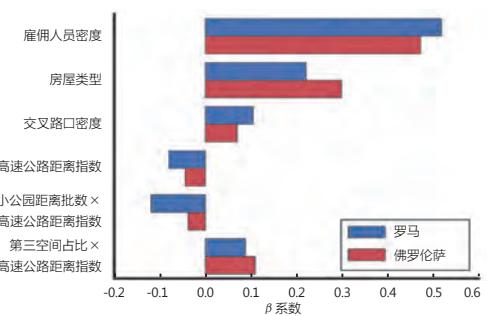


图2 采用最大城市罗马和最小城市佛罗伦萨比较验证可知城市多样性的四个条件不受城市的大小和尺度影响 (图片来源:作者根据Marco De Nadai的The Death and Life of Great Italian Cities: A Mobile Phone Data Perspective一文重新编译)

化、更人本化的方向迈进。

本文重点对这些新数据和新技术对空间品质领域的实质知识推进进行综述。目前新数据和新技术应用于城市空间品质的研究关注点主要是在方法上，忽视了其对实质知识和规划实践的实际推进。对方法的过度关注往往导致本末倒置，也会暴露出其实际应用于城市空间研究所带来的诸多问题。曾有学者对大尺度城市规划模型这种新技术应用于城市规划研究进行了批判，李 (Lee) 提出了大尺度模型的七个缺陷，认为其对理论和实践并没有实质性推进^[12]。基于此，本文将从人本视角总结几个新数据、新技术近十年以来在出行行为、感受感知、空间认知领域的应用（图1），并分别就这三个领域阐述新数据、新技术对城市空间品质研究的推进。

二、新数据、新技术支持下的城市空间品质进展

手机数据、传感器数据、计算机视觉算法、深度学习等一系列新数据类型及新技术方法提供了对城市空间品质进行精细研究的新途径。新数据、新技术也为从人本尺度研究城市空间品质提供了机遇^[13-19]，如基于移动数据的人的出行行为追踪^[20]、基于传感器数据的感受变化监测^[21-23]、基于社交媒体数据的地区认知度分析^[24-27]，等等（表1）。这些数据和技术可以帮助我们量化并验证城市设计假说，从多维视角了解不同群体的城市空间品质感受，并在此基础上修正我们对城市空间品质的认识。

1. 根据出行行为描述空间品质

出行行为能够反映空间环境对人们的吸引力，适宜的空间环境能促进出行行为的发生，因此出行行为是城市空间品质的重要体现之一。人口的时空分布，如人口密度和人口流动，可以定义如城市吸引力指标、城市相似性指标、城市流行性指标、城市连通性指标等城市指标^[29]。美国心理学家库尔特·勒温 (Kurt Lewin) 的生态心理学观点指出环境与行为之间的间接关系，人的行为是人本身的特征和物质环境一起影响的结果^[30]。

基于出行行为研究城市空间品质的传统调研方法主要是行为观察法，这种方法在城市空间研究中应用广泛，但受限于调查对象的数量和尺度，只适于微观调查，不能进行宏观研究。长久以来，西方诸多学者如简·雅各布斯^[5]、唐纳德·阿普尔亚德 (Donald Appleyard)^[31]、艾伦·雅各布斯 (Allan Jacobs)^[32]、扬·盖尔 (Jan Gehl) 均倡导以行为观察来研究城市公共空间，具有代表性的是扬·盖尔提出的PSPL调研法 (public space & public life survey，即“公共空间—公共生活调研法”）。PSPL调研法由四种方法构成，即地图标记法、现场计数法、实地考察法和访谈法^[33]，该方法旨在通过了解和掌握人们在公共空间中的活动与行为特点，探究空间环境与公共生活之间的关系，为公共空间设计和改造提供依据，从而创造满足市民生活需要的高品质公共空间。传统的行为观察法需要耗费大量人力成本，研究

表1 城市空间品质新数据类型及应用实例

数据类型	数据实例	可能应用
街景数据	谷歌全景街景	与众包及计算机视觉算法一起进行图像的标注并自动分类，识别街景要素，量化街景的风貌变化 ^[28]
社交媒体数据	Foursquare数据	获取用户公共活动的地理位置信息进行活动—空间使用的分析 ^[20]
	Twitter推文数据	在包含空间要素的推文中筛选出地点及路线标识，基于凯文·林奇的《城市意象》中的城市要素（道路、边界、地区、节点、标志物），对空间推文进行分析 ^[24]
手机数据	通信记录及网络连接	基于手机数据的通信记录和网络连接提取活动密度作为城市活力的指标，分析城市活力与城市多样性的相关关系 ^[20]
传感器数据	腕带传感器数据（测量皮肤电导率和皮肤温度）	将传感器测得的生理数据与移动GPS追踪器收集的地理位置数据同步，分析随地理位置的移动人们的情绪、生理的变化 ^[21]

范围受到极大限制，采集的数据量对城市研究来讲往往不够充分。

因此，通过行为观察总结得出的城市空间品质的相关理论也因实证支持不足而饱受争议，尤其是对简·雅各布斯的城市多样性理论的争议最大。通过观察城市实际被使用的方式，简·雅各布斯提出了创建多样性和活力城市生活的四个条件^[5]：第一，城市需要混合的土地使用功能 (mixed land uses)，以吸引在白天和夜晚不同时间点具有不同目的的人群。第二，城市街区要小 (small blocks)，密集的路口可以让行人增加接触和交流的机会。第三，城市需要不同年代和多种形式的建筑 (buildings diverse in terms of age and form)，并且街区居住着可负担低租金和高租金的不同租户。第四，城市要有足够的人口和建筑物密度 (dense concentration)。不同于脱离居民的精英式规划模式，雅各布斯通过行为观察来研究城市，城市设计开始自下而上从人的视角来理解空间。有学者批判雅各布斯的观点因难以收集到有关城市生活的数据而不易于进行量化验证，也有学者批判她的观点过于笼统宽泛，缺乏具体的细节以进行简单的实证检验^[34]。有学者尝试采用传统的人工行为调查方法验证简·雅各布斯的理论^[35-36]，但这种方法需耗费大量时间和财力，并不适用于在大尺度城市里验证。

新数据和新技术让这种大尺度甚至超大尺度的理论定量性验证成为可能，促进了人本城市空间研究从主观经验判断向客观实证转变。马科·德·纳德 (Marco De Nadai) 等学者基于手机数据的通信记录和网络连接提取活动密度作为城市活力的指标，采用了大样本的精细化将原来定性的描述转化为可度量的指标予以验证，并且在这些验证的基础上可以进一步识别其中最重要的主导因素^[20]。他们的研究结果发现简·雅各布斯提出的保持城市活力与多样性的四个条件在意大利城市同样适用，而且四个条件对城市活力的影响程度不受城市的大小和尺度影响（图2）。该研究利用Open Street Map开源地图数据、城市ATLAS数据、ISTAT基础设施统计数据

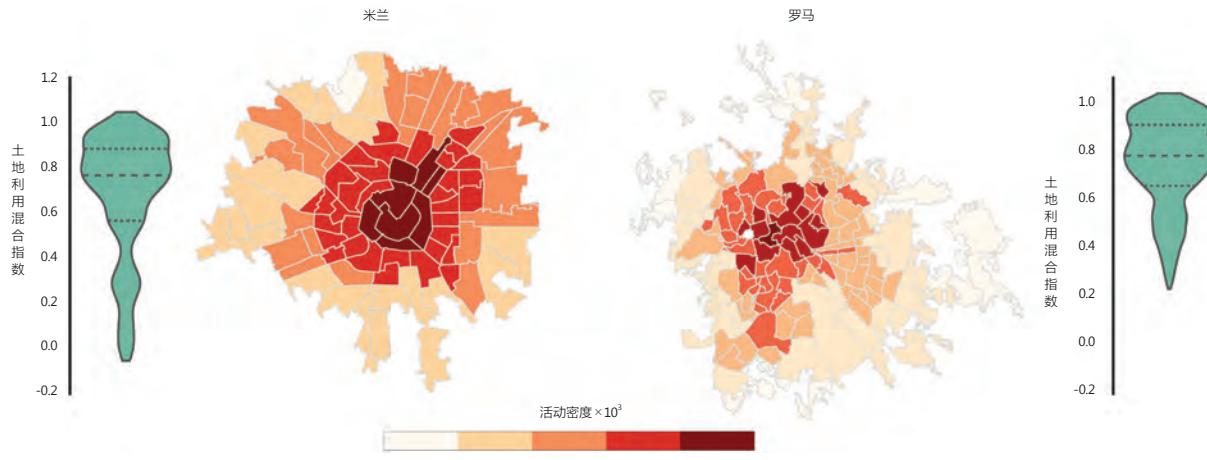


图3 米兰和罗马两座城市的地区活动密度及对应的土地利用混合指数 (图片来源:作者根据Marco De Nadai的《The Death and Life of Great Italian Cities: A Mobile Phone Data Perspective》一文重新编译)

据、人口普查数据、土地利用数据及Foursquare社交数据提取土地利用、小街区、老建筑、集聚程度、空间距离5种城市多样性指标及28种具体测度(表2),运用普通最小二乘法评估地区活动密度与城市多样性的关系,并在博洛尼亚、佛罗伦萨、米兰、巴勒莫、罗马、都灵6座意大利城市中验证了简·雅各布斯提出的四个城市多样性条件(图3)。研究表明,在土地利用类别中,由公共建筑类型构成的以社交互动为主的第三空间占比对城市多样性影响显著;在小街区类别中,街区的尺度影响甚微,但是交叉路口的密度对城市活力影响显著,活力街区往往具有街道密集,汽车慢行等特征,这种环境可以增加行人的接触与交往;在集聚程度类别中,街区活力的主要贡献者是在此工作的居民;在空间距离类别中,研究结果表明靠近高速公路反而会增加城市活力(图4)。

国内学者基于新数据、新技术对城市空间品质与人们的出行行为的关系展开了大量研究。龙瀛等在2008年4月利用一周时间内的公交IC卡数据分析了北京的职住关系和通勤出行特征^[37]。王德等基于手机信令数据,通过2014年上海顾村樱花节开幕前后一周的客流对比^[38],对樱花节引发大客流的时空分布规律及游客行为的改变进行了分析,并尝试对大客流进行预警。田宝江等基于手机信令数据分析居民活动的时空特征,对上海衡复风貌区公共活动空间网络进行规划^[39]。

以上针对出行行为的国内外研究表明,新数据与新技术在城市空间品质领域存在一定优势(表3)。首先,新数据调查样本量大,研究分辨率高。传统调研方法仅能调查数百名参与者,数据量和精度有限,而新技术可提取上千万条数据,覆盖范围广,研究分辨率高。其次,新数据可精细化描述行为模式如何影响城市空间品质。通过对位置信息数据的采集、挖掘与提炼,可以识别出传统调研不能实现的人们的出行行为模式及对城市空间品质的深层次需求,从而分类施策,精准定位城市空间,实现城市空间的优化配置。最后,实时数据助力城市动态监测。手机数据、交通出行数据等具有很强的时效性,可以对城市空间的人群分布实现动态监测和响应。

然而,新数据、新技术的应用也面临着一些困难和挑战(表3)。首先,数据的隐私问题。数据来源的多元和分析能力的强大往往会暴露过多个人信息,而个人信息安全隐私的保护成为社会关注的焦点。其次,多源数据的获取和融合障碍。城市空间品质研究往往鼓励多源数据的融合,但这意味着数据的获取和格式规范都需要更多的部门合作。第三,新方法的运用存在数据误差及样本偏差。手机信令采集的数据并不能无偏差代表城

市空间使用者,如没有手机的儿童和不愿带手机出行的老年人等。

综上所述,在出行行为方面,新数据具有样本量大、实时等特点,较适合于进行大尺度、大样本行为模式的识别及模拟。可以将人的行为信息实时提取并植入社会动态信息网络中,挖掘数据背后反映出的普遍规律,可以进行城市行为预测,创建高效的城市管理动态反馈机制,实现高效预警与调控,建设高效智能的城市。

2. 根据主观感受描述空间品质

城市空间品质评价指标除了包括人们的出行行为之外,人们对城市空间的主观感受也是相当重要的一个方面。其中人们如何感知城市空间的各种要素并形成综合感受是以感受为核心的城市空间品质评价的主要方面^[40]。人们的感知及感知的方式和范围对于城市空间的规划设计来说是重要的先决条件之一^[41]。被使用人群感知的城市特征是城市空间品质不可或缺的特点^[42]。城市居民对城市物理环境特征的评估和判断直接或间接地影响着城市空间品质^[43]。城市感知不仅仅是维持和塑造良好城市空间品质的重要因素,也可以作为预估人们将如何与其周边环境进行互动的有效工具^[44]。对城市感知的研究将有助于居民参与空间规划,其测量结果将成为未来公共决策和权衡过程的一部分,为城市监测提供一种新型验证^[45]。

基于主观感受研究城市空间品质的传统调研方法主要是图像评估法,这种人工评估的方法同样受限于调查对象的数量和尺度,并且不能客观全面地反映人在实地实景实时的综合空间感受^[46]。众多学者如杰克·纳萨(Jack L. Nasar)^[47]、凯文·林奇^[48]、阿摩斯·拉波特(Amos Rapoport)^[48]都曾运用图像评估法对城市空间感知偏好进行实践研究。但受参与者数量的限制,数据样本难以支持更深入的研究。

众包(crowdsourcing)这种新数据在线收集模式的出现弥补了人工调研的局限,可以在微观尺度实现以人为中心的空间感知要素的识别与偏好判断。在一项对伦敦城市空间的研究中,研究者提出了一个利用众包调查城市感知的方法,用于描述什么样的城市空间看起来美丽、安静和使人快乐^[49-50],收集了超过3.3万人的投票,同时将其转化为城市感知的量化测度并以此量化每个社区的审美资源。通过使用最先进的图像处理技术确定使街道美丽、安静或街道使人快乐的视觉线索。研究结果显示,绿化量是3个品质中最具有正相关性的视觉线索;相反,宽阔的街道、堡垒般的建筑和会议室往往与相反的特质(丑陋、嘈杂和使人不快乐)联系在一起。另一项类似的研究探索了安全、活泼、无趣、富有、沮丧和美丽6个不同感受的城市空间究竟分别是怎样的状态^[51]。研究者组织81 630名在线志

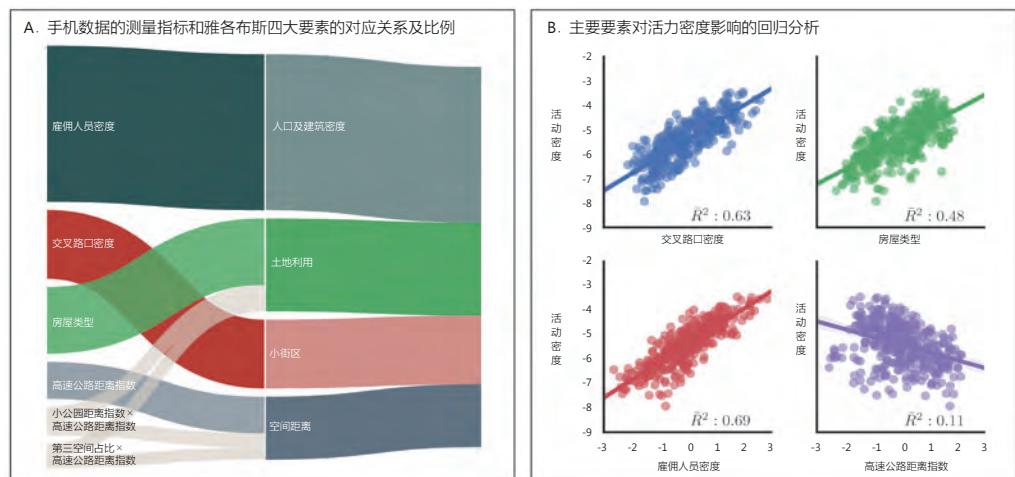


图4 对雅各布斯空间活力四大要素的量化检验 (图片来源：作者根据Marco De Nadai的The Death and Life of Great Italian Cities: A Mobile Phone Data Perspective一文重新编译)

表2 城市多样性指标及测度

城市多样性指标	城市多样性测度	数据来源
土地利用 (land use)	土地利用混合指数 (land use mix)	土地利用数据、城市ATLAS数据
	到小公园的距离 (closeness to small parks)	
	居住用地与非居住用地面积比例 (residential vs. non-res.)	
	房屋类型 (housing types)	
	商业区域面积占比 (commercial)	
	夜间活动区域占比 (nightlife)	
	夜间活动区域密度 (nightlife density)	
小街区 (small blocks)	日常活动区域占比 (daily)	土地利用数据、手机数据、Foursquare社交数据
	第三空间占比 (3rdplaces)	
	街区面积占比 (block area)	
老建筑 (aged buildings)	交叉路口密度 (intersections density)	城市ATLAS数据
	街区各向异性 (anisotropcity)	
集聚程度 (concentration)	建筑平均建成时间 (average building age)	城市ATLAS数据
	建筑建成时间标准差 (building age standard deviation)	
	人口密度 (population density)	
	公司平均员工数量 (average number of employees per company)	
	雇员密度 (employment density)	
	人口密度与雇员密度比值 (ratio between population density and employment density)	
空间距离 (vacuums)	单栋建筑平均住宅户数 (average number of apartments per building)	人口普查数据、城市ATLAS数据
	日常使用场所密度 (density of daily places)	
	非常日常使用场所密度 (density non-daily places)	
	大型公园距离指数 (closeness to large parks)	
	铁路距离指数 (closeness to railways)	Open Street Map开源地图数据、ISTAT基础设施统计数据、城市ATLAS数据
	公路距离指数 (closeness to highways)	
	水域距离指数 (closeness to water)	

资料来源：作者根据Marco De Nadai的The Death and Life of Great Italian Cities: A Mobile Phone Data Perspective一文重新编译

表3 新数据与新技术应用在出行行为、感受感知和空间认知领域的优缺点和适用性

研究领域	常用数据举例	应用优点	应用缺点	适用性
出行行为	手机信令数据	调查样本量大，研究分辨率高；精细化描述行为模式如何影响城市空间品质；实时数据助力城市动态监测	数据的隐私问题；数据需要多元获取；数据样本的偏差	大尺度、大样本行为模式的识别及模拟；城市行为预测与调控，发展智慧城市
感受感知	街景照片、众包划分、生理传感器	传感器测量得到的生理情绪数据准确性高；机器学习可以预测未来人们对城市空间品质的感受偏好；众包与机器学习综合应用大大提升了样本数量	机器学习模型训练学习过程长；机器学习是一个黑盒过程，不能观察中间过程；新方法的运用存在数据误差及样本偏差	城市空间品质的评价
空间认知	带有地理定位属性的社交媒体数据	参与者无须受调研形式的限制；多元化的数据分析组合模式有助于城市认知识别；新数据与新技术大大提升了研究样本的数量和范围	地名会影响人们对场所的认知偏好；人的到访轨迹时间状态有延迟；统计偏差	推广城市名片及城市营销

愿者，针对56个城市的110 988幅图像进行成对比较，通过卷积神经结构机器学习模拟人类分类，从而对上述6个感受维度进行城市空间自动评价。

众包与计算机视觉 (computer vision) 结合的机器学习技术的应用大幅度提高了数据样本获取的数量和精度。众包可以为计算机视觉算法

提供理想的训练数据集，经过测试和训练后的计算机视觉算法可以在不同尺度上对城市空间进行自动化调查。麻省理工学院感知实验室在此领域的研究极具代表性。尼基尔·耐卡 (Nikhil Naika) 等学者创立了“场所脉动 (place pulse)”项目收集众包数据集，训练并开发出一款名为“街道

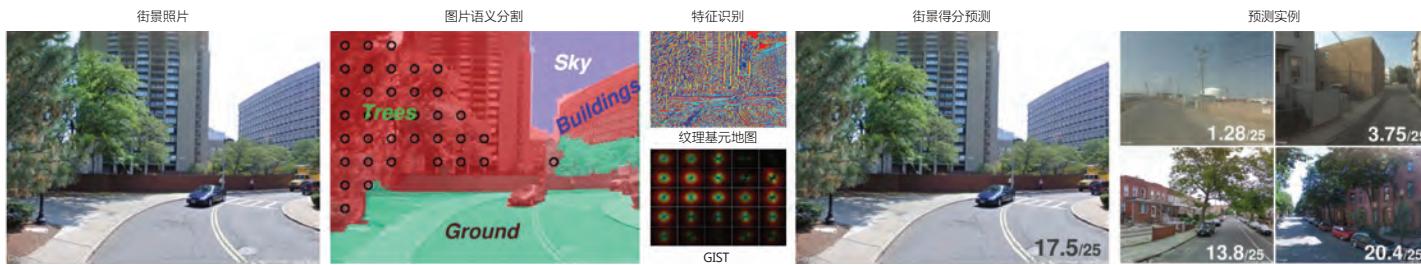


图5 基于图像特征识别的Streetscore算法街景的算法和技术流程(图片来源:作者根据Nikhil Naik的Computer vision uncovers predictors of physical urban change一文重新编译)

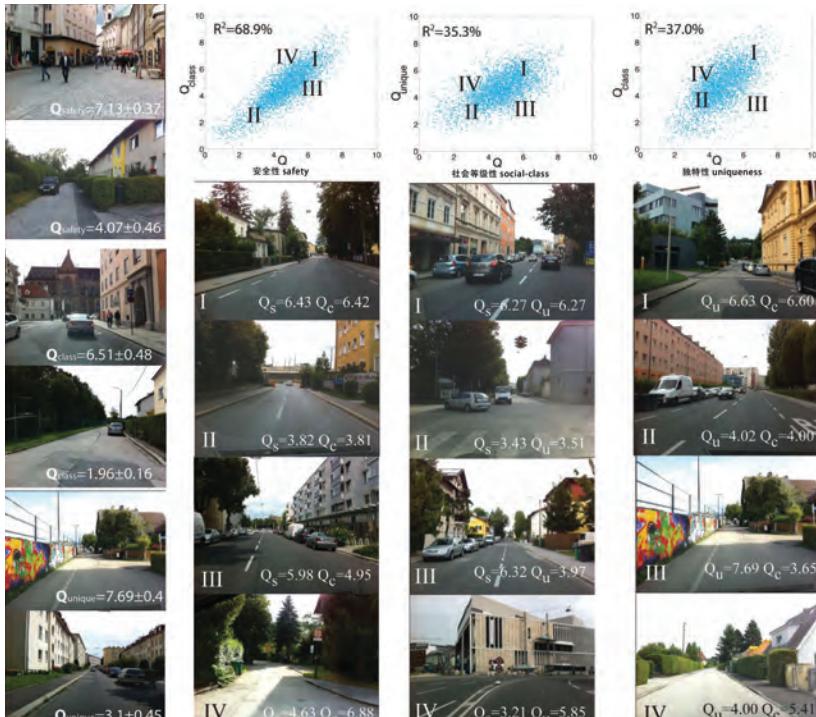


图6 基于安全性、社会等级性和独特性的街景评价实例(图片来源:作者根据Philip Salesses的The Collaborative Image of The City: Mapping the Inequality of Urban Perception一文重新编译)

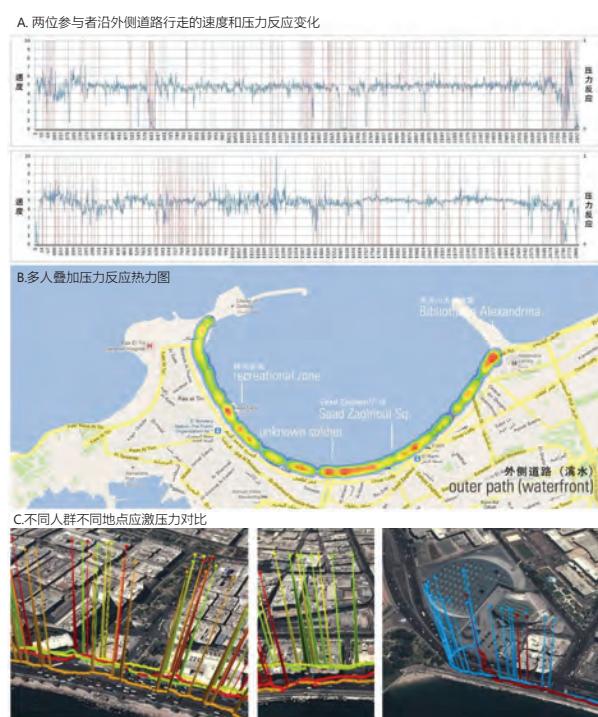


图7 利用皮电和皮温评价不同使用者在实景环境中的情绪应激压力
(图片来源:作者根据Benjamin S. Bergner的Human Sensory Assessment Methods in Urban Planning - a Case Study in Alexandria一文重新编译)

评分(streetscore)“的测量城市街景安全感知的计算机视觉算法^[28, 52-53](图5),以此证明基于众包的小样本数据训练开发出的计算机视觉算法可以创建高分辨率、大尺度的城市安全感知地图。该项目在线调查了7 872名参与者,要求用户从两个谷歌街景视图中挑选出他们认为看起来更安全的一个视图。调查收集了来自纽约、波士顿、林茨和萨尔茨堡4个城市的4 109张图像,总共进行了208 738次两两分析比较,Naik等将感知安全性的两两比较转换为排名分数,并且通过图像训练回归算法预测出感知安全的评分(图6)。运用上述计算机视觉技术,研究者对100万幅谷歌街景视图进行安全感知评分,并以每平方英里200幅图像的分辨率为美国东北部和中西部的21个城市创建高分辨率的安全感知地图。

城市感知数据的获取除了通过以人为中心的感知方法(human-centric sensing),还可以通过传感器感知(sensor-centric sensing)的方法获取。用传统方法很难测量人们情绪的波动和感受的变化,新兴的生理传感器技术能够提供更细致的环境表征和更准确的行为与感知记录,可以进行空间形态和行为感受的直接分析,从而更深入地了解人—建成环境的交互^[13]。本杰明·伯格纳(Benjamin S. Bergner)等学者发现皮电传感器数据可以较

准确地反映人们在城市行走时的压力反应变化水平^[21]。研究者在亚历山大市一条主要的散步道的内外两侧收集并分析了当地人与外国人的生理数据(皮肤电导率和皮肤温度)(图7),研究道路的内外侧和不同的文化背景的参与者是否会影响城市空间感知。结果显示,受试者在研究区域的内侧路径的人行道上比在海滨附近的人行道上有更大的压力反应,此外,在本土或陌生环境,外国人和当地人对周围环境的体验并无明显差异。借助传感器提供的与环境有关的数据进行人体感知评估,可以确定影响人们感知的空间因素。居民与传感器作为感应单元与城市环境相互作用,产生的可量化数据可以更全面地了解人与城市环境之间的相互依存关系,为城市管理、组织和开发提供新的规划方法^[54]。

国内学者结合人们对于城市空间品质的感受也展开了广泛讨论。唐婧娴等利用多时相、多角度的街景图片数据,测度北京更新类居住区外围街道空间品质的水平、变化类别特征^[55]。徐磊青等基于虚拟现实(virtual reality)技术以虚拟街道的实验方式探讨了迷人街道的两个变量^[56]——建筑界面与绿视率对街道体验的影响,结果表明,建筑界面和绿视率都影响了街道的迷人体验,但是界面影响第一,绿视率第二。陈筝等在同济校园

内设计了15 min步行实验^[57-58]，利用便携式生物反馈仪，记录实景环境下人们的生理反应，选用脑电、心电、表情肌电、肌电传导率、皮温和呼吸6个生理指标来描述情绪，并通过情感计算方法描述人的心理感受，结果表明，结合时空间轨迹的生理情绪数据较好地反映了受试者受空间影响的情绪反应^[59]。根据受试者的感知记录绘制情感分布地图，反映出环境压力源和积极或消极环境刺激^[60]。

国内外研究表明，众包、机器学习和生理传感器等新数据、新技术的应用为城市空间感受研究带来了多种优势（表3）。首先，传感器测量得到的生理情绪数据准确性高。针对城市空间品质感受的传统研究往往会因个体主观描述的差异而产生偏差，而生理情绪数据能客观真实地反映人们在实时实地实景中的生理及心理感受。其次，机器学习可以预测人们对新的城市空间的感受，即使这种组合并没有在训练集中出现过。第三，众包与机器学习综合应用大大提升了样本数量。众包为机器学习提供了训练样本，而机器学习在掌握了规律后可以大批量输出人们所需的信息，提高了研究效率。

然而，新数据与新技术的应用在城市空间感受研究中也存在着一定的局限（表3）。第一，机器学习模型要求样本量大，训练学习过程长。很多行为研究并不具备可供机器学习的样本量。第二，机器学习，如常用的神经网络，往往是一个黑盒子，并不能清晰解释其作用因子。虽然这样的方法可以较好地预测人们对新环境的感知评价，却很难直接指导空间设计改进。第三，存在与上述问题类似的抽样偏差。

基于以上对新数据和新技术优劣势的总结，可知其在城市空间品质的评价中往往能发挥显著作用，能遵循人们的主观感受对城市空间品质进行评分和偏好预测，但并不能分析人们感受偏好的原因，即未来的研究可以探索如何运用新数据、新技术筛选出影响人们感受偏好的城市空间要素。

3. 根据主观认知度描述空间品质

有学者通过主观认知度来研究城市空间的品质，他们认为人们并非无差别地照片化记忆城市空间的各个角落，人们对有的空间印象深刻，并且印象深刻的部分在极大程度上影响了人们对城市空间品质的整体评价^[7-8, 61]。城市通过人与其之间的相互影响和相互作用而获得认同。凯文·林奇将认知度定义为“人们识别或回忆一个地方与其他地方不同的程度”^[8]。像人一样，城市应具有独特的性格和特征，城市的性格特征由许多可识别性元素构成，城市空间品质的营造就是通过控制主要的环境因素从而影响人们对城市的记忆和感受。

基于主观认知度研究城市空间品质的传统方法主要是认知地图法，通过访谈调查以手绘草图的形式定性判断认知度与城市空间品质的关系，但受限于无法大规模进行定量化测验。认知地图提出至今，许多学者都进行过大研究。凯文·林奇采用认知地图研究了人们对城市空间的主观认知，并提出构成认知地图的五要素：道路（path）、边界（edge）、地区（district）、节点（node）和标志物（landmark）^[8]。研究反映出认知地图是城市空间在城市居民脑海中的主观表现。良好的记忆和想象力可以让城市居民有宾至如归的感觉，增加他们的社区幸福感。唐纳德·阿普尔亚德研究发现次序型和空间型两种认知地图类型^[61]，其中次序型认知地图以道路、节点要素为主，而空间型认知地图则以地区、标志物、边界等要素为主。研究认为随着人们对城市越来越熟悉，人们所描绘的认知地图往往呈次序型向空间型转变的趋势。Milgram等学者针对巴黎、纽约等城市进行过城市居民集体感知地图的研究^[62-63]，但调查过程中招募居民耗费大量人力财力，无法进行大范围的推广研究。

带有地理定位属性及空间信息的社交媒体数据的出现大大提高了认知地图在城市空间品质研究中的作用。焦俊峰等学者通过提取空间推文数据，证明了凯文·林奇提出的空间认知五要素在文本数据中同样适用^[24]，此

外研究还发现含地区（64.8%）和标志物（21.8%）的空间推文出现的数量最多，其次是节点类推文（19.5%）和道路类推文（9.7%），边界类推文（0.12%）在推文样本中最少见。研究还提出基于社交媒体网络数据可以生成更加准确的城市认知地图（图8），并可用于未来的大型活动策划和城市管理。除了收集社交媒体数据用于研究城市认知，还有研究人员运用在线游戏的方式建立城市认知地图。发现认知度低的地区空间品质相对低，明显存在住房匮乏、生活条件恶劣、犯罪等社会问题^[34, 64]。这款游戏在谷歌街景视图中随机选取地点，并测试用户是否可以根据游戏的场景识别出距离最近的地铁站。研究从2 255位参与者中收集数据，并根据他们的反应建立了伦敦的认知地图。研究结果可以定量地显示伦敦人的认知地图与住房情况、生活环境条件和犯罪方面的相关程度。

国内学者针对城市空间品质的认知度也做了相关研究。赵渺希等以网络搜索引擎中广东省21个城市的图片为数据来源^[65]，有针对性地比较分析案例城市在网络空间中的意象，试图通过实证研究对凯文·林奇的意象理论进行扩展和补充。龙瀛等利用Flicker相片展开中国城市意象研究，综合分析相片点位信息、标签信息和图片内容深度学习信息^[66]。王飒等运用眼动仪记录并分析了不同人群在感知不同建筑时的眼动数据^[67]，分析建筑风格及建筑照片呈现状态如何影响人们认知建筑的准确性和反应时间，结果表明，建筑风格对认知准确性和反应时间有显著影响，而呈现状态对其没有显著影响。

国内外学者的研究表明，用新数据与新技术研究城市空间品质的认知度具有某些显著优势（表3）。第一，参与者无须受调研形式的限制。传统的认知地图调研法阻碍了不具有手绘能力的人群的表达，而在新数据及新技术的支持下，参与者可以用自己习惯的方式进行输出表达，如社交媒体、手机通信，等等，只要其具备空间地理信息，便可以进行数据挖掘提取有用信息。第二，多元化的数据分析组合模式有助于城市认知识别。人作为城市重要的认知对象，表达的文本信息和图像信息都可以与地理位置相结合，进行城市认知的分析识别。第三，新数据与新技术大大提升了研究样本的数量和范围。社交媒体的广泛应用为城市空间研究提供了大量图像、文本及地理位置数据，丰富了研究样本的数量和覆盖范围。

新数据与新技术在城市认知中的应用也存在一定局限（表3）。第一，地名会影响人们对场所的认知偏好。很多时候，数据统计得出认知度较高的地方有的时候不是因为人们的到访率高，而是因为场所的名字便于记忆。第二，由于发布延迟，地点常常存在一定误差。很多时候人们并没有在当下时刻分享场所的信息（如到了有Wi-Fi的地方或者坐下来休息的时候才发布），这就造成了分享的信息地点标签不准确，这对城市认知的识别与分析会造成一定的影响。第三，存在与上述问题类似的抽样偏差。基于以上对新数据和新技术的优势与劣势的总结，可知新数据及新技术在城市认知的研究中适于识别特色的城市空间，推广与打造特色城市名片，实施城市空间营销战略。

三、总结和展望

城市公共空间对城市发展意义重大，是影响城市生活质量的主要因素之一。从城市规划的角度系统科学地评价城市空间品质，一方面可以发现空间现状与人们需求之间的差异，从而对其进行优化和完善；另一方面还能指导空间的规划设计与建设实施，对现有的理论体系进行有效的补充和完善^[68]。受传统调研数据和方法的限制，城市空间品质长久以来面临着难以大范围及高分辨率地进行客观测度的问题，而新数据及新技术对城市空间品质研究在时空覆盖和考察力度等方面产生了重大推进，为从精细化的人本尺度刻画城市空间提供了可能^[69-70]。

尽管新数据及新技术为城市空间品质的研究提供了全新的视角和途

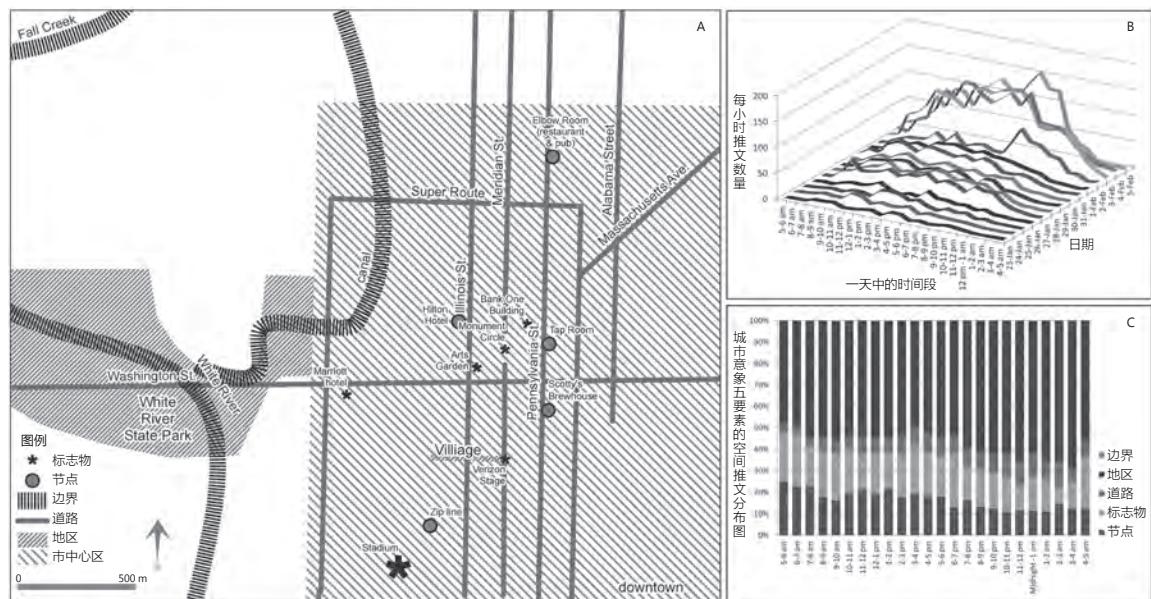


图8 利用Twitter数据计算的城市感知地图（A）及其推文数量（B）、空间要素（C）的数据统计分布（图片来源：作者根据Junfeng Jiao的Revisiting Image of the City in Cyberspace: Analysis of Spatial Twitter Messages During a Special Event一文重新编译）

径，但其不可避免也存在一些新问题。首先，由于相关法规和管理的滞后，大数据还存在着个人隐私和公共信息安全隐患^[71-72]。虽然人们的出行行为和感受认知数据对城市空间品质的研究极具帮助，但这也属于个人生活极具敏感性的数据，采集此类数据进行分析并公布应该加以衡量且适度使用^[73]。其次，新数据本身存在一定的局限性。比如街景众包调查只针对视觉要素而忽略了声音、气味等影响人们感知的声觉和嗅觉要素^[74]。此外，新数据的调查对象也存在一定程度的限定性。例如，社交媒体及交通出行数据等是针对使用社交媒体和交通出行的人群的调查，而不使用此种方式的人群，新数据是包含不到的^[75]。最后，新技术辅助城市空间品质评价的过程中也存在一定的局限。例如，鱼眼镜头拍摄的街景图像会造成一定程度的失真，进而会影响受访者对城市空间场景的感知^[49]。

针对上述问题，新数据及新技术也将不断发展完善，给未来城市空间品质的研究提供更广阔的可能性空间。传统规划依赖运筹学和决策科学进行布局优化^[76]，在新数据的支持下，一系列精准响应的智慧城市正在开始重新定义规划决策优化的方法、技术和标准^[77-80]。在可预见的未来，机器学习、人机交互等新技术将为城市品质的测度提供更多维的数据，而城市公共开放数据将打开城市智能规划与管理的新领域，让未来的空间规划设计师和城市研究者可以更精准地诊断城市问题，优化并提升城市空间品质。■

参考文献

- [1] Habitat III. The 3rd United nations conference on housing and sustainable urban development[EB/OL]. (2016-10-24)[2018-01-08]. <http://www.worldbank.org/en/events/2016/10/17/world-bank-at-habitat-iii-conference>.
- [2] 中共中央国务院. 中共中央、国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见 [EB/OL]. (2016-02-02) [2018-01-08]. http://www.gov.cn/zhengce/2016-02/21/content_5044367.htm.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 住房城乡建设部关于加强生态
- 修复、城市修补工作的指导意见（征求意见稿）[EB/OL]. (2017-03-06) [2018-01-08]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201703/t20170309_230930.html.
- [4] 上海市规划和国土资源管理局,上海市交通委员会,上海市城市规划设计研究院. 上海市街道设计导则[EB/OL]. (2016-10-22) [2018-01-08]. <http://doc.orz520.com/a/doc/2016/1022/2033616.html>.
- [5] JACOBS J. The death and life of great American cities[M]. New York: Random House, 1961.
- [6] ALEXANDER C. A city is not a tree[J]. Archit Forum, 1966, 122: 58-62, 58-61.
- [7] APPLEYARD D. Why buildings are known a predictive tool for architects and planners[J]. Environment & Behavior, 1969, 1(2): 131-156.
- [8] LYNCH K. The image of the city[M]. Cambridge: The MIT Press, 1960.
- [9] NAIK N, RASKAR R, HIDALGO C A. Cities are physical too: using computer vision to measure the quality and impact of urban appearance[J]. American Economic Review, 2016, 106(5): 128-132.
- [10] GILOVICH T, GRIFFIN D W, KAHNEMAN D. Heuristics and biases: the psychology of intuitive judgement[M]. New York: Cambridge University Press, 2002.
- [11] KAHNEMAN D, KRUEGER A B. Developments in the measurement of subjective well-being[J]. The journal of economic perspectives, 2006, 20(1): 3-24.
- [12] LEE D B. Retrospective on large-scale urban models[J]. Journal of the American Planning Association, 1994, 60(1): 35-40.
- [13] 龙瀛,叶宇. 人本尺度城市形态: 测度、效应评估及规划设计响应[J]. 南方建筑, 2016 (5): 41-47.
- [14] BETTENCOURT L M. The uses of big data in cities[J]. Big Data, 2014, 2(1): 12-22.
- [15] BARIS M E, UCKAC L, USLU A. Exploring public perception of urban

- identity: the case of Ankara, Turkey[J]. African Journal of Agricultural Research, 2009, 4(8): 724-735.
- [16] CAMPBELL A T, EISENMAN S B, LANE N D, et al. People-centric urban sensing[C]//ACM. Proceedings of the 2nd annual international workshop on wireless internet. Boston: [s.n.], 2006: 18.
- [17] GOODCHILD M F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography[J]. GeoJournal, 2007, 69(4): 211-221.
- [18] ZHENG Y. Urban computing: enabling urban intelligence with big data[J]. Frontiers of Computer Science, 2017, 11(1): 1-3.
- [19] 唐婧娴, 龙瀛. 特大城市中心区街道空间品质的测度——以北京二三环和上海内环为例[J]. 规划师, 2017, 33 (2) : 68-73.
- [20] NADAI M D, STAIANO J, LARCHER R, et al. The death and life of great Italian cities: a mobile phone data perspective[C]//Marie-Claire Forgue. Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web. Montreal: IW3C2, 2016: 413-423.
- [21] BERGNER B, EXNER J, MEMMEL M, et al. Human sensory assessment methods in urban planning-a case study in Alexandria[C]//Real Corp. Conference Proceedings REAL CORP 2013. Rome: [s.n.], 2013: 407-417.
- [22] CHEN Z, SCHULZ S, HE X, et al. A pilot experiment on affective multiple biosensory mapping for possible application to visual resource analysis and smart urban landscape design[M]. Hamburg: REAL CORP, 2016.
- [23] PICARD R W. Affective computing[M]. Cambridge: The MIT Press, 1997.
- [24] JIAO J, HOLMES M, GRIFFIN G P. Revisiting image of the city in cyberspace: analysis of spatial twitter messages during a special event[J]. Journal of Urban Technology, 2017: 1-18.
- [25] QUERCIA D, SCHIFANELLA R, AIELLO L M. The shortest path to happiness: recommending beautiful, quiet, and happy routes in the city[C]//ACM. Proceedings of the 25th ACM conference on Hypertext and social media. New York: [s.n.], 2014: 116-125.
- [26] PANG J, ZHANG Y. Location prediction: communities speak louder than friends[C]//ACM. Proceedings of the 2015 ACM on conference on online social networks. California: [s.n.], 2015: 161-171.
- [27] PANG J, ZHANG Y. Quantifying location sociality[C]//ACM. Proceedings of the 28th ACM conference on hypertext and social media. Prague: [s.n.], 2017: 145-154.
- [28] NAIK N, KOMINERS S D, RASKAR R, et al. Computer vision uncovers predictors of physical urban change[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2017, 114(29): 7571.
- [29] RATTI C. The senseable city[C]//NASA. Proceedings of the 1st international conference and exhibition on computing for geospatial research. Washington D C: [s.n.], 2010: 1-14.
- [30] LEWIN K. Field theory in social science[J]. American Catholic Sociological Review, 1976, 12(2): 103.
- [31] APPLEYARD D, LINTELL M. The environmental quality of city streets: the residents' viewpoint[J]. Transport Sociology, 1986, 38(2): 93-120.
- [32] JACOBS A B. Looking at cities[J]. Places A Quarterly Journal of Environmental Design, 2017, 1(4): 28-37.
- [33] GEHL J, SVARRE B. How to study public life: methods in urban design[M]. Washington D C: Island Press, 2013.
- [34] HILL D R. Jane Jacobs' ideas on big, diverse cities: a review and commentary[J]. Journal of the American Planning Association, 2007, 54(3): 302-314.
- [35] SUNG H, LEE S, CHEON S H. Operationalizing Jane Jacobs's urban design theory[J]. Journal of Planning Education & Research, 2015, 35(2): 7458-7464.
- [36] SUNG H G, GO D H, CHANG G C. Evidence of jacobs's street life in the great seoul city: identifying the association of physical environment with walking activity on streets[J]. Cities, 2013, 35(s1): 164-173.
- [37] 龙瀛, 张宇, 崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012, 67 (10) : 1339-1352.
- [38] 方家, 王德, 谢栋灿, 等. 上海顾村公园樱花节大客流特征及预警研究——基于手机信令数据的探索[J]. 城市规划, 2016, 40 (6) : 43-51.
- [39] 田宝江, 钮心毅. 大数据支持下的城市设计实践——衡山路复兴路历史文化风貌区公共活动空间网络规划[J]. 城市规划学刊, 2017 (2) : 78-86.
- [40] KAPLAN R, KAPLAN S. The experience of nature: a psychological perspective[M]. New York: Cambridge University Press, 1989.
- [41] 盖尔. 交往与空间[M]. 何可人, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [42] DEMPSEY N. Quality of the built environment in urban neighbourhoods[J]. Planning Practice & Research, 2008, 23(2): 249-264.
- [43] BLACK P, STREET E. The power of perceptions: exploring the role of urban design in cycling behaviours and healthy ageing[J]. Transportation Research Procedia, 2014, 4(1): 68-79.
- [44] KALTENBORN B P, BJORKE T. Associations between environmental value orientations and landscape preferences[J]. Landscape & Urban Planning, 2002, 59(1): 1-11.
- [45] ZEILE P, RESCH B, DÖRRZAPF L, et al. Urban emotions-tools of integrating people's perception into urban planning[C]//Real Corp. Conference Proceedings REAL CORP 2015. Ghent: [s.n.], 2015: 905-912.
- [46] 陈筝, 刘悦来, 刘颂. 美国景观视觉资源规划设计方法评析及新技术改进潜力分析[J]. 风景园林, 2015 (5) : 111-117.
- [47] NASAR J L. The evaluative image of the city[J]. Journal of the American Planning Association, 1990, 56(1): 41-53.
- [48] RAPOPORT A. Environmental quality in designing a new town[J]. Australian Planner, 1972, 10(4): 139-143.
- [49] QUERCIA D, O'HARE N K, CRAMER H. Aesthetic capital: what makes London look beautiful, quiet, and happy?[C]//ACM. ACM Conference on computer supported cooperative work & social computing. New York: [s.n.], 2014: 945-955.
- [50] QUERCIA D, AIELLO L M, SCHIFANELLA R, et al. The digital life of walkable streets[J]. Computer Science, 2015(3): 875-884.
- [51] DUBEY A, NAIK N, PARIKH D, et al. Deep learning the city: quantifying urban perception at a global scale[C]//University of

- Amsterdam. Computer Vision-European Conference on Computer Vision 2016. Amsterdam: Springer International Publishing, 2016: 1-23.
- [52] NAIK N, PHILIPPOOM J, RASKAR R, et al. Streetscore-predicting the perceived safety of one million streetscapes[C]//IEEE. IEEE Conference on computer vision and pattern recognition workshops. Columbus: IEEE Computer Society, 2014: 793-799.
- [53] NAIK N, KOMINERS S D, RASKAR R, et al. Do people shape cities, or do cities shape people? the co-evolution of physical, social, and economic change in five major U.S. cities[J]. Social Science Electronic Publishing, 2015(10): 15-61.
- [54] ZEILE P, MEMMEL M, EXNER J. A new urban sensing and monitoring approach: tagging the city with the radar sensing app[C]//Real Corp. Conference Proceedings REAL CORP 2012. Vienna: [s.n.], 2012: 17-25.
- [55] 唐婧娴, 龙瀛, 翟炜, 等. 街道空间品质的测度、变化评价与影响因素识别——基于大规模多时相街景图片的分析[J]. 新建筑, 2016 (5) : 110-115.
- [56] 徐磊青, 孟若希, 陈筝. 迷人的街道: 建筑界面与绿视率的影响[J]. 风景园林, 2017 (10) : 27-33.
- [57] 陈筝, 徐蜀辰, 刘雨菡. 从认知行为学到环境神经学: 实景环境体验增强循证设计[J]. 城市建筑, 2017, 25 (4) : 41-45.
- [58] 陈筝, 杨云, 邱明, 等. 面向城市空间的实景视觉体验评价技术[J]. 风景园林, 2017 (4) : 28-33.
- [59] 陈筝, 舒尔兹, 刘雨菡, 等. 基于生理反馈的建成环境体验评价与设计辅助[J]. 时代建筑, 2017 (5) : 24-28.
- [60] 陈筝, 何晓帆, 杨汶, 等. 实景实时感受支持的城市街道景观视觉评价及设计[J]. 中国城市林业, 2017, 15 (4) : 35-40.
- [61] APPLEYARD D. Styles and methods of structuring a city[J]. Environment & Behavior, 1970, 2(1): 100-117.
- [62] MILGRAM S, JODELET D. Psychological maps of Paris[M]. New York: Holt Rinehart and Winston, 1976.
- [63] MILGRAM S. A psychological map of new york city[J]. American Scientist, 1972, 60(2): 194-200.
- [64] QUERCIA D, PESCE J P, ALMEIDA V, et al. Psychological maps 2.0: a web engagement enterprise starting in London [C]//ACM. Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013: 1065-1076.
- [65] 赵渺希, 徐高峰, 李榕榕. 互联网媒介中的城市意象图景——以广东 21个城市为例[J]. 建筑学报, 2015, 1 (2) : 44-49.
- [66] 龙瀛, 周垠. 图片城市主义: 人本尺度城市形态研究的新思路[J]. 规划师, 2017, 33 (2) : 54-60.
- [67] 于闯, 张珍, 王飒. 当代非线性建筑与线性建筑形态的视觉注视行为比较研究——以四座知名建筑为例[C]//全国高校建筑学学科专业指导委员会, 建筑数学技术教学工作委员会, 沈阳建筑大学建筑与规划学院·信息·模型·创作2016年全国建筑院系建筑数字技术教学研讨论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016: 163-170.
- [68] 周进. 城市公共空间建设的规划控制与引导: 塑造高品质公共空间的研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [69] ZHENG Y, CAPRA L, WOLFSON O, et al. Urban computing: concepts, methodologies, and applications[J]. Acm Transactions on Intelligent Systems & Technology, 2014, 5(3): 38.
- [70] ZHENG Y. Introduction to urban computing[J]. Geomatics & Information Science of Wuhan University, 2015, 40(1): 1-13.
- [71] BOYD D, CRAWFORD K. Critical questions for big data[J]. Information, Communication & Society, 2012, 15(5): 662-679.
- [72] POLONETSKY J, TENE O. Privacy and big data: making ends meet[J]. Stanford Law Review Online, 2013(9): 66.
- [73] PANG J, ZHANG Y. Deep City: a feature learning framework for mining location check-ins[C]//Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI). In proceedings of the 11th international conference on web and social media (ICWSM). Montreal: The AAAI Press, 2017: 652-655.
- [74] SALESSES P, SCHECHTNER K, HIDALGO C A. The collaborative image of the city: mapping the inequality of urban perception[J]. Plos One, 2013, 8(7): e68400.
- [75] 杨振山, 龙瀛, NICOLAS, 等. 大数据对人文—经济地理学研究的促进与局限[J]. 地理科学进展, 2015, 34 (4) : 410-417.
- [76] SZANTON P L. Analysis and urban government: experience of the new york city-rand institute[J]. Policy Sciences, 1972, 3(2): 153-161.
- [77] GIBSON D V, KOZMETSKY G, SMILOR R W. The Technopolis phenomenon: smart cities, fast systems, global networks[M]. Washington D C: Rowman & Littlefield Publishers, 1992.
- [78] BATTY M. The computable city[J]. International Planning Studies, 1997, 2(2): 155-173.
- [79] GRAHAM S. The cybercities reader[M]. New York: Routledge, 2004.
- [80] MITCHELL W J. Me++: The cyborg self and the networked city: the cyborg self and the networked city[M]. Cambridge: The MIT Press, 2003.

作者简介: 怀松垚 同济大学建筑与城市规划学院, 硕士研究生
 陈 箝 (通讯作者) 同济大学建筑与城市规划学院, 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室数字景观实验室, 助理教授, 硕士生导师, zhengchen@tongji.edu.cn
 刘 颂 同济大学建筑与城市规划学院, 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室数字景观实验室, 教授, 博士生导师

收稿日期: 2018-01-05