

健康视角下城市居民对建成环境感知的测度方法研究进展

董慰, 刘岩, 董禹*

哈尔滨工业大学建筑学院; 寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室, 哈尔滨 150006

摘要 居民健康与城市建成环境的诸多因素密切相关, 居民对建成环境的感知能够影响其压力状况和心理健康。对建成环境感知的测度是建立起居民健康与建成环境之间关系的重要环节。归纳了居民对建成环境感知的3类主要测度方法: 感知者评价式、研究者监测式、数字化技术辅助式; 对这3类方法优缺点、主要内容、适用范围和适用层级进行总结对比; 提出将现有测度方法与云计算、现代神经影像学、人工智能等技术相结合的发展建议。

关键词 建成环境感知; 问卷访谈法; 图像法; 动态评估法; 虚拟现实技术

城市建成环境对居民健康的影响日益受到城乡规划学、社会学、医学等学科的关注。研究表明, 建成环境与健康具有较强的相关性^[1-3], 测度居民对建成环境感知有助于分析居民健康与建成环境的各个构成要素之间的关系。Gold^[1]和Burnett^[2]提出环境感知是感知者在物理环境中接收处理信息后形成的心理环境, 并能够指导外在行为。为了分析居民如何将客观的建成环境要素构建成主观的心理感知和认知, 有效的测度方法是必不可少的。目前, 研究人员普遍采用的测度方法可以分为感知者评价式、研究者监测式、数字化技术辅助式3类。

1 感知者评价式测度方法

感知者评价式测度方法主要包括问卷法、访谈法、图像法, 侧重于通过居民的自我报告数据和居民对环境的评价数据来分析居民对建成环境的感知, 一般采用纸质问卷、电子问卷、电话调查、面对面访谈、认知地图绘制、图像识别等方式。

1.1 问卷量表测度法

1.1.1 建成环境指标问卷测度

通过构建建成环境指标评价体系测度居民对建成环境的感知, 是最直接获取居民感知数据的方法。

收稿日期: 2020-01-06; 修回日期: 2020-03-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(51878204)

作者简介: 董慰, 副教授, 研究方向为城市设计理论与方法、健康城市与社区、城乡可持续更新, 电子信箱: dongweiup@hit.edu.cn; 董禹(通信作者), 副教授, 研究方向为低环境影响城市开发、城市绿色基础设施规划、城市步行环境、城市设计、村镇规划及景观设计等, 电子信箱: dongyu@hit.edu.cn

引用格式: 董慰, 刘岩, 董禹. 健康视角下城市居民对建成环境感知的测度方法研究进展[J]. 科技导报, 2020, 38(7): 61-68; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.07.008

法。较为成熟且得到广泛应用的问卷和指标评价体系主要有环境感知问卷、步行环境感知调查问卷、步行环境质量指标(PEQI)、行人环境评估系统(PERS)、社区街道评估指标(CSR)等。这些信度效度较高的指标体系和问卷有助于研究者精准、直接地获取居民的主观感知数据,其中环境感知问卷主要用于测度邻里设施的可达性和社会环境等因素对居民的影响;步行环境感知调查问卷以街景美感、便捷性、服务设施可达性、交通量大小等指标,完成了居民对环境要素感知的测度,使用率和好评度较高。

1.1.2 健康量表测度

许多研究证明了心理因素和体力活动对居民感知建成环境具有显著的影响^[3-5]。运用健康量表分析居民对建成环境感知的研究过程通常为:首先,应用健康量表测度居民身心的健康程度;其次,结合建成环境要素分析健康差异产生的原因。因此,准确选取健康量表至关重要。

1) 心理因素与建成环境感知测度量表。

居民对建成环境的感知是居民心理因素的直接反映,心理因素可以通过满意度和主观幸福感等量表进行测定,常见的量表可以归纳为积极和消极两大类:测评积极心理因素的量表有世界卫生组织5项身心健康指标(WHO-5)、纽芬兰主观幸福度量表(MUNSH)、总体主观幸福感量表(GWB)、沃里克-爱丁堡积极心理健康量表(WEMWBS)、中国城市居民主观幸福感量表(SWBS-CC)、一般健康问卷(GHQ-12)、健康调查简表(SF-36)、生活满意度量表(SWLS)等;测评消极心理因素的量表有症状自评量表(SCL-90)、焦虑自评量表(SAS)、抑郁自评量表(SDS)、焦虑抑郁量表(DASS)、心理困扰量表(K6和K10)、抑郁自评量表(CES-D)等。

在测评积极心理因素的量表中,WHO-5量表在国外不同国家和群体的众多心理健康研究中被证明具有较高的信度和效度^[3-4],中文版本在中国健康领域的实际研究应用中也有很强的一致性^[5];MUNSH量表对幸福感测定的信度和效度较高,稳定性较好,特别适合对老年人群的测度;SWBS-CC量表内容简洁,施测省时,对中国城市居

民主观生活质量的动态检测和追踪研究具有良好的适用性。相比较而言,测评消极心理因素的量表产生偏差的可能性较高,例如若受访者焦虑抑郁较为严重,会导致自评结果准确度降低。

2) 体力活动与建成环境感知测度量表。

体力活动是居民感知建成环境的重要途径。测度居民体力活动的量表中,较为常用的有邻里环境步行性测量表(NEWS)、国际体力活动问卷(IPAQ)、全球全面体力活动问卷(GPAQ)、扩展版个人特征问卷(EPAQ)、Minnesota 休闲时身体活动问卷(MLTPAQ)、阿尔法环境问卷(ALPHA)、Baecke 身体活动问卷(BPAQ)、Zutphen 身体活动问卷(ZPAQ)、老年人身体活动量表(PASE)等。

其中IPAQ问卷和GPAQ问卷是当前体力活动相关学者较为认同的量表问卷,已经通过世界多个国家和地区的信度和效度检验,是目前应用最广泛的量表,用于大样本的体力活动调查,主要适用于16~65岁人群的体力活动测度。IPAQ问卷能够表征受访者一周内日常工作、交通、生活、运动训练及休闲娱乐,以及静坐时间5个方面的情况,体力活动强度分为重度、中度以及步行3种,受访者需填写每一种体力活动的活动天数以及每天的运动时间;GPAQ问卷的受访者首先被询问一周内有没有做过工作、交通、休闲娱乐和静坐4个方面的体力活动,需保证活动时间在10 min以上,如果有体力活动才开始填写GPAQ问卷,问卷中工作和休闲娱乐部分分为重度和中度体力活动;PASE量表多用于测度老年人群体力活动,分别测度老年人体育锻炼性体力活动、家务性体力活动和职业性体力活动,具有良好的信度与效度。

1.2 访谈测度法

访谈测度法通常采用半结构式访谈,以面对面访谈^[6](直接采访)或电话信件^[5](间接采访)形式进行。受访者依据实际情况与采访者交流,内容鲜有固定的模式。以半结构访谈法中最为经典的扎根理论质性研究法为例,访谈过程可大致分为5个步骤^[6]:(1)通过文献检索确定研究对象、范围和问题,拟定访谈提纲;(2)进行访谈技巧培训、操作规范和质量控制;(3)通过目的性抽样确定访谈对

象,进行预访谈和正式访谈;(4) 采访者将录音逐字转录形成稿件备忘录;(5) 运用扎根理论三级编码(开放性编码、主轴编码、核心编码)分析备忘录得出结果。

需要注意的是,研究者应在访谈前准备好具有开放性和灵活性的问题,抓住时机充分发问;问题需严谨控制长度和清晰度,尽量简明扼要;依据实际情况考虑整体或个体采访,并且注意在每一段采访之后及时整理采访资料,防止内容遗漏;若发现记忆不清或整理内容不甚合理,应考虑进行二次访谈。访谈对象可以通过推荐和抽样自发选取。

1.3 图像测度法

1.3.1 认知地图法

认知地图法能够将感知层面的空间意象外化为可被度量分析的对象,是分析居民对建成环境感知的重要方式。居民对空间意象结构的认知是建成环境感知研究的核心,认知地图被认为是对空间意象结构的再现。空间意象的5要素关系紧密,区域与节点构建在一起,由边界来界定,被路径所渗透,地标以焦点位于其中,各要素叠加贯通凸显城市特色。顾朝林^[7]将认知地图结构化地描述为段、链、支/环、网等8种几何结构;冯健^[8]将认知地图数据分为序列型(线型、段型、链型、支/环型、网型)、空间型(散点型、马赛克型、连接型)和单体型(具体型、抽象型)3种类型进行分析;鲁政^[9]提出结构化地分析认知地图容易产生分析偏差、缺乏说服力,认为可通过将空间句法与认知地图结合较为客观地量化反映环境要素被居民感知的频率和影响力,提升了认知地图法的可信度。

1.3.2 CNN 图像识别模型

随着科学技术的发展,深度学习的卷积神经网络(Convolutional Neural Network, CNN)算法被应用到了感知领域。CNN 图像识别模型能够自主从海量建成环境图像中提取环境特征,让居民在网上对特征评分,采集居民感知数据,使居民对环境的感知突破了地域范围的限制。海量建成环境图片有两种获取方式:一是使用第三方已标签好的图像数据集;二是收集图像数据,对图片进行自定义标签来构建训练数据库。目前已有研究者研发出较

为先进的图像数据收集技术^[10],可以接收和分析处理海量的实时图像数据。

CNN 图像识别模型因其先进性和便捷性,在居民对建成环境感知的研究中得到了广泛应用,何宛余^[11]构建了市民互动的视觉分析系统,让公众参与城市空间的评分,在系统后台将评分的图片转化为对应城市街景图的标签,从而获取居民在图片所示街景环境中的感受;Dubey 等^[12]从英国各地的20多万张户外图片中提取出数百个特征,让公众在网上对包含这些特征的场景评分,进一步了解市民所感知到的城市中美丽的环境空间;Seresinhe 等^[13]基于 Place Pulse 1.0 实验基础继续细化训练数据集 Place Pulse 2.0,通过评分的形式让公众对10万张横跨56座城市的街景图像进行标签分类,得出安全、活力、无趣、富裕、低落和美丽等6个居民感知类别。

1.4 3类测度方法比较分析

感知者评价式测度方法可被归纳为问卷量表法、访谈法和图像法3类。目前,问卷量表法和访谈法已被广泛应用于城市、街区、邻里住区、步行环境、公共空间等各种层级。问卷量表法的优势在于易量化、效率高、成本低、数据来源范围广,适用于大样本量;不足在于要求问卷设计必须严谨,信度和效度控制需要丰富的经验,数据的可利用程度有限。访谈法主要有两种形式:面对面访谈和电话调查。面对面访谈便于深入沟通、挖掘有价值的信息,但无统一标准、记录和处理困难、易回避和造假、对时间和人力物力要求较高。电话调查优势在于节省时间、过程灵活,但交流时间受限、访谈深度不足、准确度难以判断。图像法可被归纳为认知地图法和CNN 图像识别模型,通常应用于城市层级,也有部分学者将认知地图法应用在街区层级。认知地图法能够直观获取居民的感知信息,具有普适性,但往往因表达形式过于主观、聚类分析易产生结构性偏差、易忽略扭曲感知者的意象,表达效果影响信度,且调查过程费时、获取有效样本量小。CNN 图像识别模型通过简单人为干预即可从庞大量级的图像数据中提取特征,不受环境广度限制,但目前该方法的图片捕捉技术和标签优化能力有

限,鲁棒性仍需提升。

2 研究者监测式测度方法

研究者监测式测度方法侧重于研究者对居民行为的客观监测,主要包括观察法和动态评估法。研究者使用工具、仪器客观地观测建成环境中居民的行为,实时记录居民对建成环境的使用频率和使用感受,客观地量化居民感知,获取真实详尽的感知数据。

2.1 观察测度法

最初研究者需要以人力进行全过程的观测记录,导致消耗时间过多。首先研究人员必须选择地点,在地点内定义和取样片段;然后训练观察员进行监测,收集数据,输入数据;最后从大量的原始数据中计算汇总得出影响变量。随着科学技术的进步,研究者开发了多种测度工具,应用较多的包括社会观察工具、行人和骑行环境扫描(systematic pedestrian and cycling, environmental scan, SPACES)工具、社区活力潜力监测工具、步行适宜性评估工具、体力活动资源评估(physical activity resource assessment, PARA)工具、Bedimo-Rung 评估工具-直接观测(bedimo-rung assessment tool-direct observation, BRAT-DO)等。其中 SPACES 工具的观测精准度已得到广泛认可,可以准确地观测到建筑特征、行人步行和骑行行为特征等;PARA 工具因其良好的普适性,得到了研究者的广泛认可,具有较高的使用率。

2.2 动态评估测度法

随着环境感知技术的广泛应用,通过 GPS 跟踪器、里程计、加速度计、陀螺仪等相对定位传感器可以实现对居民日常生活的动态实时监测。动态评估测度法让受试者在智能手机上实时填写报告,并且通常以固定的时间间隔触发报告。因其避免了自我报告的回忆偏差,在居民对建成环境感知的研究中应用最为广泛。动态评估中常用的测度方法包括生态瞬时评估(如智能手机日志)、环境参数和物理行为监测(如加速度计、GPS 跟踪器、心电图监视器)等,可以捕捉居民的情绪和行为如何随位置、

时间波动。动态评估测度法所得的数据结果受到了健康研究领域的广泛重视。

动态评估在监测居民对建成环境感知的研究中最常用的方法是智能手机日志^[14]。目前最先进的是触发式电子日志,能够最大限度地收集受试者的感知数据。Ebner-Priemer 等^[15]开发了一种活动触发型电子日记,促使受试者每次进行活动时都进行生理和心理情况的报告,获取居民的活动地点数据及居民对活动地点的感知数据。Tornros 等^[16-17]使用环境参数触发监测系统,评估城市绿地多和少的区域为居民带来的瞬时幸福感,连续 7 天跟踪 143 名自愿参与者的运动数据;对比了基于位置的采样方案、基于时间的采样方案以及基于距离(体力活动)的采样方案,发现基于位置的采样方案触发报告的频率最低,但可以获得最多的触发位置和空间分布;在缺少基础环境数据的情况下,可以采用基于位置的采样方案,基础环境数据完备的情况下,多采用基于时间和距离的采样方案,以便尽可能多地获取触发报告。

除智能手机日志外,动态评估还能够通过地理定位的方法来干预建成环境特征对居民健康的影响,例如 Gustafson 等^[18]通过应用程序在智能手机上实现了实时反馈,在受试者靠近酒吧等环境的情况下触发禁酒提示,减少饮酒对健康的影响。Yeom^[19]开发了时空排列扫描统计系统,用以检测暴力行为的时空集群区域,提升居民对建成环境的安全感知,减少居民的人身安全风险。此外,还有一些传感器与居民对建成环境感知的测度相关:全球导航卫星系统和磁力计可以跟踪居民的地理位置;蓝牙和视频识别可以获取附近的设备以及潜在的社交联系人;气压计可以获取居民活动的天气数据等。

2.3 2类测度方法比较分析

研究者监测式测度方法可被归纳为观察法和动态评估法两大类。观察法通常应用于街区、邻里住区、步行环境、公共空间层级,具有真实性、具体性、及时性,能够避免记忆偏差,但受行为发生时间和对象限制,受研究者主观限制,对时间和人力物力要求较高。动态评估法的应用范围较广,被用于

城市、街区、邻里住区、步行环境、公共空间各个层级,具有定位捕捉居民瞬时感知的功能,排除了居民对环境感知的记忆偏差问题,已广泛应用于心理学与健康领域。动态评估的生态瞬时干预属性能够将动态评估数据与服务器上的实时分析功能相结合,在居民需要帮助的时刻和地点向其提供实时反馈和干预,能够获取长周期、大样本量的详尽数据,可与GIS系统相结合实现可视化,但目前技术水平受限,原始数据转换过程可能有误差,指标体系有待深入。

3 数字化技术辅助式测度方法

数字化技术水平不断提升,其中虚拟现实技术和增强现实技术能够将多源信息融合,容纳感知者的实体运动,实现交互式三维动态实景画面的构建。数字化技术辅助测度能够实时同步采集人-机-环境定量数据(包括如眼动、心律、心电、呼吸、脉搏、皮电、皮温、脑波、肌电、肢体动作、关节角度、人体捏力、压力、握力、拉力、振动、噪声、大气压力、光照、温湿度等),成为了辅助感知者体验环境和研究者获取数据的重要途径。

3.1 虚拟现实技术

虚拟现实技术的发展为健康视角下居民对建成环境的感知研究开辟了新途径。最初,研究者利用视频剪辑模拟真实场景,结合专家小组打分评级,分析建成环境特征对居民的影响。随着数字化技术的发展,虚拟现实技术已能够将多源信息融合,实现交互式三维动态实景体验,相比于录像和照片,虚拟现实技术构建的实验场景具有良好的代入感和立体感,逼真、互动的特质成为模拟城市环境体验的一种重要途径。目前,便携式脑电图帽^[20]和功能性近红外光谱^[21]等是平稳性能较高的传感设备,可以独立控制模拟所有参数^[22-23],配合应用生理测量,对受试者呼吸率、心电的R-R间期、皮电等进行检测,配合应用心理测量,对被试者的心理状态进行评估^[22],能够客观准确地推断出受试者在建成环境中的感知。

3.2 增强现实技术

增强现实技术^[23]可实现虚拟环境与真实环境的无缝集成,通过三维注册技术^[24]准确标定虚拟物体在现实世界中的位置,使虚拟物体完美融入现实环境中,增强受试者的沉浸感和真实感。增强现实技术与GPS结合可获取建成环境中最易被居民感知到的构成要素的位置。荆圣媛^[25]等以增强现实技术为支撑开发了智能服务模块,通过收集、处理受试者应用智能服务模块的位置、轨迹和路网数据,实现了居民感知环境数据的可视化;周忠^[26]等构建的增强现实连续统一体参考模型、林一^[27]构建的虚拟现实与增强现实混合式移动导览系统能够通过GPS对一定区域的关键点(point of interest, POI)进行定位,并且当居民到达被定位的POI后,获取居民对周围环境感知的热点目标,从而分析环境因素对居民感知的影响。不过目前增强现实技术的稳定性和精准性仍有提升空间,为提高系统稳定性,研究者将增强现实与SLAM技术^[28]相结合,通过输入端跟踪环境与重建场景的无缝集成,稳定获取了输出端居民的感知数据;为提高系统的精准性,研究者将增强现实与深度学习中的深度神经网络(deep neural network, DNN)结合,通过对建成环境进行6-DOF跟踪^[29],提升了测度过程的跟踪精度。随着人工智能技术的发展,未来会有更多方法能够使增强现实技术突破跟踪不稳定、效果欠佳的缺陷,实现其在环境感知领域的广泛应用。

3.3 2类测度方法比较分析

数字化技术辅助式测度方法具有实时同步采集人-机-环境定量数据的能力,提升了居民对建成环境感知的量化程度,适用于城市、街区、邻里住区、步行环境、公共空间各个层级的研究中,可实现多源感知信息融合,完成了从居民感知到量化指标的真实反馈,得到了环境感知研究者的广泛认可。虚拟现实技术可稳定地接收数据、代入感和立体感强、比真实环境更加容易控制;增强现实技术实现了虚实结合,沉浸感和真实感,但剧烈运动时稳定性受限,在城市层级的研究中较为少见。目前,数字化技术辅助式测度方法仍存在一些不足,由于操

作过程复杂、对受试者要求较多、设备昂贵等原因,采集样本的数量相对受限。

4 结论

健康视角下居民对建成环境感知的测度方法

主要有问卷量表法、访谈法、图像法、观察法、动态评估法、虚拟现实技术测度法和增强现实技术测度法,这些方法大大推动了居民对建成环境感知的研究与发展,将方法的优势、不足、适用范围和适用层级进行归纳(表1)。

表1 健康视角下居民对建成环境感知测度的方法

方法	优势	不足	适用范围	适用层级		
感知者评价式测度方法	问卷量表法	结构化、易量化、效率高、成本低、数据来源范围广	设计必须严谨、信度和效度控制需要丰富经验、数据可利用程度有限	大样本量	城市、街区、邻里住区、步行环境、公共空间等	
	访谈法	面对面访谈	沟通深入、可深度挖掘有用信息	无统一标准、记录和处理困难、易回避和造假、对时间和人力物力要求高	大样本量	城市、街区、邻里住区、步行环境、公共空间等
		电话调查法	节省时间、过程灵活			
图像法	认知地图法	直观、具有普适性	表达形式过于主观、聚类分析易产生结构性偏差、易忽略扭曲感知者的意象表达影响信度、过程费时、数据量受限	大范围 大样本量	城市、街区	
	CNN图像识别模型	简单人为干预即可从庞大图像数据中提取特征、不受环境广度限制	技术仍需提升(提升深度学习鲁棒性、优化标签、提升图片捕捉技术)	大范围 大样本量	城市	
研究者监测式测度方法	观察法	具有真实性、具体性、及时性、避免记忆偏差	受行为发生时间和对象限制、受研究者主观限制、对时间和人力物力要求高	小范围 大样本量	街区、邻里住区、步行环境、公共空间等	
	动态评估法	样本量大、长周期、数据详尽、可与GIS系统相结合、可视化度高、结果精准	技术平稳性受限、原始数据转换过程可能有误差、指标体系有待深入	大范围 大样本量	城市、街区、邻里住区、步行环境、公共空间等	
数字化技术辅助式测度方法	虚拟现实技术	可稳定地接收数据、多源信息融合、代入感和立体感强、比真实环境更加容易控制	操作过程复杂、对受试者要求较多、样本数量受限、设备昂贵	小范围 小样本量	城市、街区、邻里住区、步行环境、公共空间等	
	增强现实技术	多源信息融合、虚实结合、沉浸感和真实感强	操作过程复杂、对受试者要求较多、样本数量受限、设备昂贵、剧烈运动时稳定性受限	小范围 小样本量	街区、邻里住区、步行环境、公共空间等	

结合科学技术的发展,健康视角下居民对建成环境感知的测度方法有望在以下3个方面实现突破。

1) 针对感知者评价式测度方法,建议与深度学习算法相结合,充分利用人工智能的图像识别功能和超强的算法能力,完成批量化快捷处理问卷、

访谈、认知地图数据,节省人力和时间,大幅提升数据可利用程度。CNN图像识别模型建议考虑构建自动设计分类网络能力强和对抗性行为好的深度学习神经网络计算框架,提升识别精准度。

2) 针对研究者监测式测度方法中的动态评

估,建议将生态瞬时干预属性与现代神经影像学方法相结合,提升居民感知环境的时刻与地点获取的准确性和实时干预能力。

3) 针对数字化技术辅助式测度方法,建议结合云计算服务的变形编辑方法,该方法能够提供新型的分布式计算模式,克服增强现实输出端设备计算模式的限制,提升感知者穿戴传感设备剧烈运动时数据输出的稳定性。

在当前云计算、现代神经影像学、人工智能等技术的支持下,未来对建成环境感知测度方法的数据稳定性、精准性以及预测性都能够有更多的发展,能够在健康建成环境研究领域起到更大作用。

参考文献(References)

- [1] Gold J R. An Introduction to Behavioural[M]. New York: Oxford University Press, 1980.
- [2] Burneett K P. Behavioural Geography and Philosophy of Mind[C]//In: Golledge R G and Rushton G. Spatial Choice and Spatial Behavior. Columbus: Ohio State University Press, 1976: 23-50.
- [3] Barton H. Land use planning and health and well-being [J]. Land Use Policy, 2009, 26(Suppl 1): 115-123.
- [4] Booth M L, Owen N, Bauman A, et al. Social-cognitive and perceived environment influences associated with physical activity in older Australians[J]. Preventive Medicine, 2000, 31(1): 15-22.
- [5] Humpel N, Owen N, Leslie E, et al. Associations of location and perceived environmental attributes with walking in neighborhoods[J]. American Journal of Health Promotion, 2004, 18(3): 239-242.
- [6] 陈向明. 扎根理论的思路和方法[J]. 教育研究与实验, 1999(4): 58-63, 73.
- [7] 顾朝林, 宋国臣. 北京城市意象及空间构成要素研究 [J]. 地理学报, 2001, 56(1): 64-74.
- [8] 冯健. 北京城市居民的空间感知与意象空间结构[J]. 地理科学, 2005(2): 142-154.
- [9] 鲁政. 认知地图的空间句法研究[J]. 地理学报, 2013, 68 (10): 1401-1410.
- [10] Li J, Liu K, Li D. High altitude flight checking platform has analysis terminal that is used for building environment for mass data and real time image data of receiving and carrying out analysis processing[P]. CN205156953-U. 2016-05-13: 6.
- [11] 何宛余, 李春, 聂广洋, 等. 深度学习在城市感知的应用可能——基于卷积神经网络的图像判别分析[J]. 国际城市规划, 2019, 34(1): 8-17.
- [12] Dubey A, Naik N, Parikh D, et al. Deep learning the city: Quantifying urban perception at a global scale[C]//Leibe B, Matas J, Sebe N, et al. Computer Vision-EC-CV 2016. Cham: Springer, 2016: 196-212.
- [13] Seresinhe C I, Preis T, Moat H S. Using deep learning to quantify the beauty of outdoor places[J]. London: Royal Society Open Science, 2017, 4(7): 170170.
- [14] Stone A A, Shiffman S. Ecological momentary assessment (EMA) in behavioral medicine[J]. Annals of Behavioral Medicine, 1993, 16(3): 199-202.
- [15] Ebner-Priemer U W, Koudela S, Mutz G, et al. Interactivemultimodal ambulatory monitoring to investigate the association between physical activity and affect[J]. Front Psychol, 2013, 3: 596.
- [16] Tornros T, Dorn H, Reichert M, et al. A comparison of temporal and location-based sampling strategies for global positioning system-triggered electronic diaries[J]. Geospatial Health, 2016, 11(3): 335-341.
- [17] Tost H, Reichert M, Braun U, et al. Neural correlates of individual differences in affective benefits of real-life urban green space exposure[J]. Nature Neuroscience, 2019, doi: 10.1038/s41593-019-0451-y.
- [18] Gustafson D H, McTavish F M, Chih M Y, et al. A smart-phone application to support recovery from alcoholism: A randomized clinical trial[J]. JAMA Psychiatry, 2014, 71: 566-572.
- [19] Yeom Y. Detecting spatial-temporal clusters of violent behavior in South Korea with space-time permutation can statistics[J]. Policing An International Journal of Police Strategies & Management, 2019, 42(3): 490-502.
- [20] Boto E, Holmes N, Leggett J, et al. Moving magnetoencephalography towards real-world applications with a wearable system[J]. Nature, 2018, 555: 657-661.
- [21] Sun P P, Tan F L, Zhang Z, et al. Feasibility of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) to investigate the mirror neuron system: An experimental study in a real-life situation[J]. Front Hum Neurosci, 2018, 12: 86.
- [22] 徐磊青, 孟若希, 黄舒晴, 等. 疗愈导向的街道设计: 基于 VR 实验的探索[J]. 国际城市规划, 2019, 34(1): 42-49.
- [23] Azuma R. Survey of augmented reality[J]. Teleoperators

- and Virtual Environments, 1997, 6(4): 355-385.
- [24] 王宇希, 张凤军, 刘越. 增强现实技术研究现状及发展趋势[J]. 科技导报, 2018, 36(10): 75-83.
- [25] 荆圣媛, 韩勇, 孟学文, 等. 移动 AR+VR 支持下旅游 GIS 系统的设计与实现[J]. 测绘通报, 2019(1): 79-84.
- [26] 周忠, 周颐, 肖江剑. 虚拟现实增强技术综述[J]. 中国科学: 信息科学, 2015, 45(2): 157-180.
- [27] 林一, 陈靖, 刘越, 等. 基于心智模型的虚拟现实与增强现实混合式移动导览系统的用户体验设计[J]. 计算机学报, 2015, 38(2): 408-422.
- [28] Civera J, Davison A J, Martínez M J. Inverse depth pParametrization for monocular SLAM[J]. IEEE Transactions on Robotics, 2008, 24(5): 932-945.
- [29] Garon M, Lalonde J F. Deep 6-DOF tracking[J]. IEEE transactions on visualization and computer graphics, 2017, 23(11): 2410-2418.

Measurement methods of urban residents' perception of built environment from a health perspective: A review

DONG Wei, LIU Yan, DONG Yu*

School of Architecture, Harbin Institute of Technology; Key Laboratory of Cold Region Urban and Rural Human Settlement Environment Science and Technology, Ministry of Industry and Information Technology, Harbin 150006, China

Abstract Existing studies show that residents' health is related to many factors of the built environment, residents' perception of built environment can affect their stress status and physiological health. Therefore, measurement of built environment perception is an important link to establish the relationship of health and built environment. The measurement methods of residents' perception of built environment are summarized in this paper as follows: Perceiver evaluation, researcher monitoring, and digital technology assistance. The main contents, application scope, application level of the three methods are summarized, both advantages and disadvantages of various methods are evaluated. Some suggestions are put forward to combine the existing measurement methods with cloud computing, modern neuroimaging, and artificial intelligence (AI).

Keywords built environment perception; questionnaire interview method; image method; dynamic evaluation method; virtual reality technology ●



(责任编辑 卫夏雯)