

城市更新视角下的公共空间品质评估方法 ——基于移动感知技术的探索

Quality Assessment of Urban Public Space from the Perspective of Urban Renewal:
Exploration Based on Mobile Sensing

王新宇 李彦 李伟健 李洪澄 龙瀛
Wang Xinyu, Li Yan, Li Weijian, Li Hongcheng, Long Ying

摘要：城市更新是以居民美好生活需求为导向的动态过程，其目的是提升城市公共空间利用效率，激活城市存量空间活力。然而，面对城市更新中微观、复杂的空间问题，急需及时、翔实、准确的基础数据与高效的深入调研方法。在此背景下，本文对现有城市更新工作的具体内容与前沿方法做了综述，吸纳了国际上广泛应用的移动感知实践，针对城市公共空间品质评估方面的问题提出了基于移动感知技术的公共空间品质评估方法，实现了高效率、低成本、大范围的基础数据采集与智能化的评估。该方法被成功应用于西宁市的城市更新专项规划，获得了大量的一手数据，积累了工程经验并形成工作手册。上述实践证实了该方法的可行性，同时也为其继续推进打下了扎实的基础。

Abstract: Urban renewal is a dynamic process that aims to improve the quality of life for residents and increase the utilization of urban public space. However, in the face of microscopic and complex renewal needs in urban renewal, there is a urgent need of timely, detailed and accurate basic data and efficient in-depth research methods. In this context, this paper summarizes the specific content and cutting-edge methods of existing urban renewal work, and proposes a mobile sensing technology-based method for evaluating spatial quality. This method achieves efficient, low-cost, large-scale foundational data collection and intelligent assessment of urban public space. We employ this method in the context of urban renewal planning in Xining city. It acquires a substantial volume of firsthand data and accrues valuable engineering experience, culminating in the creation of a comprehensive work manual. The above practice proves the feasibility of the method and lays a solid foundation for its application in urban planning.

关键词：城市更新；移动感知技术；公共空间品质评估；城乡规划技术方法；
城市体检

Keywords: Urban Renewal; Mobile Sensing Technology;
Quality Assessment of Public Space; Urban and Rural Planning Technology;
Urban Physical Examination

国家自然科学基金面上项目 (51778364), 国家自然科学基金面上项目 (51978329)

作者：王新宇，清华大学建筑学院，博士研究生
李彦，清华大学建筑学院，博士后，清华大学“水木学者”
李伟健，清华大学建筑学院，硕士
李洪澄，中国城市建设研究院绿色中心，主任助理
龙瀛（通信作者），清华大学建筑学院，长聘副教授；清华大学生态规划与绿色建筑教育部重点实验室，副主任。ylong@tsinghua.edu.cn

引言

城市更新是通过改善城市内部物理、社会、经济和文化环境来促进城市可持续发展的一种行动和策略，旨在创造更具吸引力和适宜的居住环境，以提高城市居民生活、工作、游憩的质量，重塑城市的形象^[1]。城市更新是世界各国在进入城镇化后半期所面临的关键任务，是由高速发展转向高质量发展的必要途径。根据我国国家统计局公布的数据，2022年末中国的城镇化率达到65.2%，已经进入城镇化快速增长的后期^[2,3]。在过去以经济增速为导向的城市发展过程中，城市在取得巨大发展成就的同时也积累了大量的矛盾与问题，重速度、轻质量的发展造成了城市公共空间品质的不均衡发展，城市土地与房屋空置、空间失序衰败等现象在不同城市涌现^[4,6]。如何对既有的城市问题进行合理改善，成为当下城市发展的重要议题，得到了政府、规划师、城市居民等多方的高度关注。2021年，政府工作报告和“十四五”规划文件中明确提及城市更新概念并启动城市更新行动，城市建设由粗放式发展逐渐转变至精细化运营阶段，对城市更新提出了新的要求。

在城市更新实践中，一方面，规划师急需及时、翔实、准确的数据采集与高效的深入调研方法去诊断城市问题，以应对城市更新中复杂的社会需求；另一方面，在处理城市更新的具体问题时，需要满足人本尺度精度，兼顾城市居民个体感受以推动城市公共空间品质的提升。然而，城市更新现有的实践中，已有城市数据的时效性和空间

覆盖度与颗粒度均存在一定的不足，限制了规划师对城市问题的精细化分析。

国际学者提出的基于“移动感知”的城市建成环境分析方法为解决上述问题提供了思路。一方面，该方法所采用的自采集技术能够满足城市更新工作的效率需求，通过大范围、高精度、低成本地获取城市数据，研究者能够便捷地构建城市各类环境数据库；另一方面，该方法符合城市更新的人本尺度分析导向，以人为视角收集建成环境的客观状态。更重要的是，该方法能针对不同城市区域或问题制定差异化的感知方案，根据研究或实践的具体需求对数据采集设备、采集路线、数据格式、数据种类或分析方法等进行调整，例如麻省理工学院（MIT）的研究者将热像仪、GPS、空气质量、温度和湿度传感器等设备架设在城市垃圾车上，对固定线路进行了为期8个月的扫描，开展了热异常和空气污染热点监测、小范围热岛现象评估等方面的研究^[17]。

1 综述——城市更新空间品质评估方法与现有不足

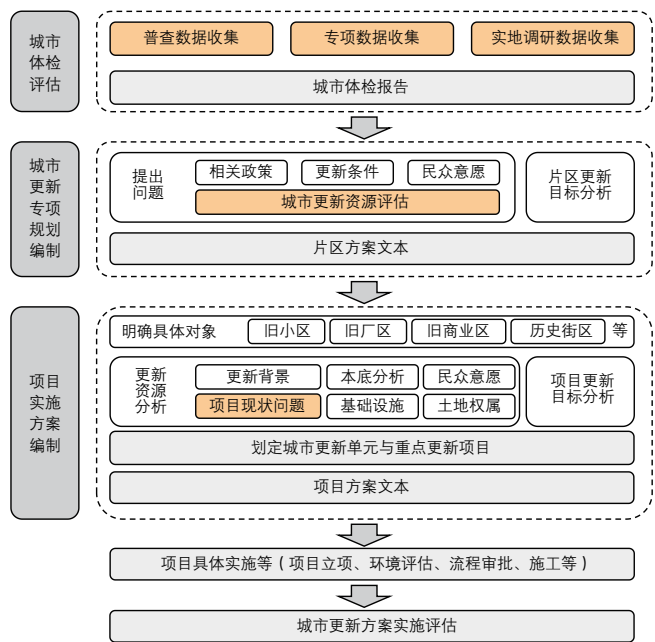
1.1 城市更新的公共空间品质评估

城市更新是提升城市空间形态和城市功能的具体行动，所涵盖的内容非常广泛，并根据实际情况在不断发展，具体可以概括为城市公共空间整治、旧商圈活力提升、老旧小区改造、绿色基础设施升级、历史遗产保护等多项内容，其目的是解决城市物质与社会空间环境衰败以及发展不合理区域的具体问题^[8,9]。随着中国的城镇化发展步入下半程，城市由粗放式发展转为内涵式发展，城市更新实践逐渐转向于关注精细化的人本尺度公共空间，以及物质空间形态背后的社会、经济、文化等方面的动力因素^[10]。

根据对现有的全国城市更新相关文件和技术手册的总结，城市更新的具体流程至少包括城市体检评估、专项规划和项目方案编制^①、项目具体实施三步，部分城市还纳入了城市更新方案实施评估环节^[11-16]（图1）。其中，搜集城市相关数据，进行城市体检评估是推进城市更新的前提，片区方案用于政府决策和后续方案编制，项目方案为后续具体实施的重要依据^[14]，方案实施评估是确保城市体检评估中的问题得到有效解决的重要手段^[16]。当然，由于各地的实际情况差异较大，不同地区城市更新相关政策和具体操作流程具有一定差异。

一般情况下，城市更新的首要步骤是城市体检评估，而公共空间品质评估在其中占有重要位置。公共空间品质评估用于分析城市物质环境特征及其对使用者感知与行为的具体

影响，其目的是推动空间品质的提升^[17]。近期公布的城市更新规划文件都强调了公共空间品质评估在城市更新中的关键作用：如《北京市城市更新专项规划》中明确了“体检评估找问题”为城市更新路径的第一步，其中公共环境、城市管理、生活品质等涉及城市公共空间品质的评估是街区体检的重要组成部分^[18]；《广州市城市更新专项规划（2021—2035年）》的核心关注城市中的旧村庄、旧厂房、旧城镇（即“三旧”）、历史街区、工业遗产等要素，这些要素都涉及大量的有关公共品质评估和提升方面的内容^[19]；《青岛市城市更新专项规划（2021—2035年）》中明确，老旧住区改造要“多源数据评估，对照目标查找问题”，体现了公共空间品质评估在其中的价值^[20]；《济南市城市更新专项规划（2021—2035年）》中明确城市更新单元规划方案（同本文中专项规划方案）中要形成“优势清单、问题清单、任务清单”，要针对“土地、建筑、设施、公共空间”等要素判定更新资源，形成区域调查评估报告^[21]；此外，长沙市、江西省等也通过导则、技术手段等建立了针对旧街区的体检体系^[22]。同时，在具体规划实践中，公共空间品质评估也已经成为支持规划实践的重要部分，如天津的城市更新项目中，规划师针对城



注：左侧深灰色框代表城市更新的核心流程；橙色框格代表涉及城市公共空间品质评估（包括基础数据搜集）的具体环节；浅灰色框格为每一核心流程的核心产出；白色框格为一般环节。

图1 城市更新的一般流程

资料来源：参考文献[11-16]

① 各城市出台的城市更新相关政策与技术导则，在具体流程与具体概念上并不统一。其中的“专项规划”也被称为片区策划、更新行动计划、更新实施方案等；具体流程中，也存在总体策划、片区策划、项目实施方案三层次流程，或将上述环节的多个步骤概括为方案编制流程。

市存量空间品质不高的问题进行了评估,并在评估基础上将提升公共空间品质作为城市更新专项规划设计导则的更新指引^[23];武汉市具体实践中,规划师在具体调研的基础上针对社区单元采用了“安全、方便、舒适、美观”的评估方法,在四个社区中进行具体应用^[24];重庆大学学者针对社区品质提升提出了“多层次六方面”的品质评估方法,并将其应用于重庆市渝中区的具体案例^[25]。

1.2 现有基础数据搜集和诊断方法的不足

基于上述文献综述可以发现,在规划方案方面,现有文件明确了公共空间品质评估的重要性,但针对现状问题的诊断方法涉及较少;在具体项目实施层面,调研方法与数据来源主要依靠政府提供的数据以及规划师实地调研,存在效率较低、调研周期较长等问题。

具体而言,现有的调研方法主要是运用人工调研的方法搜集城市的基础数据,包括实地观察、访谈调研、问卷调研、专家访谈等方法,并运用量化模型对城市公共空间进行分析与问题诊断^[26-30]。上述方法由于调研方式和人力成本的限制,难以获得大规模精细化的数据,因此相关研究的创新点一般聚焦于细分量化指标、创新性应用多种量化模型等方面。随着计算机科学和互联网技术的不断发展,大量的城市数据和计算机分析技术为上述研究带来了海量的数据源^[31-32]。新的基础数据集大量出现驱动了新研究方法的纷至沓来,为深入识别城市现状问题提供了具有实践意义的技术策略^[33]。街景图片(SVI: Street View Images)的出现打破了传统城市调研方法的空间和时间局限,同时保留了大量的有关城市建成环境的真实信息^[6,34-36],得到了非常广泛的应用。图片深度学习技术的出现将诸多传统研究不可测度或者很难测度的指标,如街道绿视率、天空可视率^[37-42]、建筑色彩^[43]、界面渗透率等^[44]纳入公共空间品质评估体系,成为分析问题的重要方法。

然而,现有的城市更新项目中上述数据收集方法依然存在明显不足:(1)在时间范围上,现有的城市数据往往是历史上某一时刻/时间段的截面数据,其更新频率往往难以匹配快速变化的城市环境;(2)在空间范围上,城市数据存在覆盖度不足和数据标准不统一的问题,如街景图像在空间上并非全覆盖^[45],且所呈现的信息存在差异^[46],政府的诸多统计数据难以在空间上得到量化,也难以与城市更新单元相结合;(3)针对政府数据库、统计年鉴、城市新数据等无法覆盖到的数据,规划师往往依赖实际勘察、问卷访谈等传统方式收集场地数据,存在主观性强、数据获取效率低的问题。上述问题大大限制了基础数据搜集的效率和准确度,也导致了城市现状问题诊断环节存在主观性强、时效性差的问题。

1.3 新的数据获取方式的出现

移动感知系统(MSS: Mobile Sensing System)为解决上述问题提供了思路。移动感知系统是借助搭载传感器的移动设备(如汽车、自行车、船等)快速收集城市环境数据,以提高对于城市的动态理解的解决方案。该系统的出现克服了上述研究的两个核心痛点:(1)在时间范围上,移动感知系统能够快速感知到城市的建成环境变化,是解决城市复杂动态性问题的理想方案^[47];(2)在空间范围上,根据所选择载具的不同,可以采集不同空间尺度的数据以支持城市研究^[48],这为解决城市更新的数据来源问题提供了良好思路。该方法也已经在部分城市得到大范围的应用,特别是在环境监测领域,如运用手机的麦克风测量巴黎市的噪声和环境污染^[49],运用街景图片采集车评估城市的建成环境污染情况^[50-51],运用水体监测设备评估阿姆斯特丹的水体环境等^[52],为城市更新的现状问题诊断提供了技术支撑。

2 方法——基于移动感知技术的城市更新支持技术

基于上述探讨,运用移动感知系统收集基础数据分析城市现状问题(如多数城市更新规划中涉及的“三旧”、历史街区、工业遗产、公共空间等方面的问题^[18,21],以支撑具体城市更新行动的思路具有较强的应用价值,本研究将其概括为“基于移动感知技术的城市更新支持技术”。该方法扩展了城市更新项目中的公共空间品质评估方法,能够提升城市体检评估的时效性与数据的空间颗粒度,也能够支持专项规划和项目方案编制中的更新单元划定、具体项目问题诊断等多种环节,同时在城市更新实施评估中具有很大的应用潜力。

在数据采集层面,该方法将图片/视频采集设备视作传感器,同移动感知的具体实践经验相结合;在数据分析层面,该方法结合了已经广泛应用的图片深度学习方法,解决了城市更新具体流程中数据处理所存在的局限性。具体而言可将该方法概括为四步:明确目的与指标、搭建移动感知平台、制定采集方案、数据处理与解译(图2)。

2.1 明确目的与指标

由于基础数据搜集和公共空间品质评估在城市更新的不同环节具有不同的作用,因此首先需要结合当地的城市更新规划明确评估的具体内容与指标体系,以及其在城市更新行动中所处的地位。进一步,需要搭建分析框架,明确所分析的空间指标,最终形成指标体系。研究者可以从数据驱动的视角分析现有采集器可提供的解译结果中,何种要素有助于进行城市空间分析,自然空间如绿视率、天空比等,社会空间如行人数量,建成空间如空间失序、空间品质等指标,并搭建完整的分析框架^[6,37-42],进而确定移动感知载体。

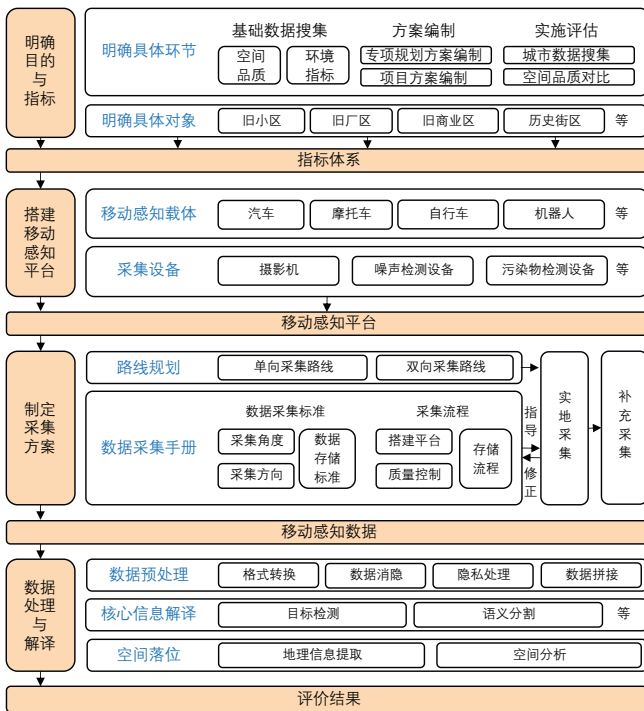


图 2 基于移动感知技术的城市更新支持技术流程图

2.2 搭建移动感知平台

不同的移动感知载体具有不同特点，相较于行人、自行车和摩托车，汽车在采集大范围的空间数据中具有明显的效率优势^[53]。研究团队基于学界现有的大量实践经验，尝试在城市更新中应用基于汽车的移动感知平台采集数据，即在汽车中搭载城市数据采集和其他辅助设备，实现对于城市街景的大范围测度与评估。感知传感器方面，街景拍摄装置（摄像机）、自然环境采集装置（噪声、照度、污染物采集设备等）、定位装置等都可以选择性地安装在移动载体上，以支持采集与后续的数据分析。

2.3 制定采集方案

在制定采集方案时，采集路线规划、数据采集标准、数据采集流程是必不可少的内容。其中路线规划直接决定了数据的空间精度、空间覆盖度；数据采集标准和数据采集流程的制定直接决定了数据的采集质量。

如何设计合理高效的采集路线，且不重复采集街道数据，本质上是图论中经典的“中国邮路问题”（CPP: Chinese Postman Problem），在过去 60 余年已经在数学、管理学、运筹学、计算机科学等领域得到了大量研究^[54-58]。根据前期试验，由于设备检测距离（拍摄距离）存在限制，采集载体的左侧会由于相向车道的阻隔（如护栏、过往的车辆等）受到巨大干扰。因此考虑到数据拍摄质量，数据采集仅能通过单

侧（右侧）采集获得。研究团队需要根据城市路网数据规划具体的采集路线，运用混合中国邮路算法（MCPP: Mixed Chinese Postman Problem）^[55]设计双向采集路线，并根据实际情况将其划分为多个区域，同步进行数据采集。

数据采集标准和数据采集流程是指根据前期经验，制定详细的采集与注意事项，以及各种可能情况的解决方案，并以数据采集手册的形式体现。随后，需选择较小的区域进行预实验，以保证设备的稳定性以及方法的可靠性，包括：对设备进行调试，选择最佳的搭载方式、拍摄角度、存储格式等。在开展正式采集的过程中，需要根据具体情况不断完善数据采集手册。针对采集出现问题的区域，需要重新规划路线进行补充采集。

2.4 数据处理与解译

数据处理过程包括数据预处理、核心信息解译、空间落位三个核心步骤。首先进行数据预处理，在数据格式转换的基础上，还需要考虑如下方面：消除数据中的异常噪点以提升数据质量；数据消隐问题，由于数据采集在公共场所进行，为了保护行人隐私，需采用必要的去密处理，以保证在后续成果展示过程中无个人隐私信息泄露；针对具有空间或时间连续性的数据，需要采用拼接算法对相邻数据进行拼接处理，以展示完整的信息。

核心信息解译是图像处理的核心步骤。具体而言是根据前期确定的研究对象与研究框架，运用合适的方法对采集数据进行解译，如运用目标检测方法识别图片中的空间失序要素，运用语义分割的方法计算绿视率、天空率等多项指标。

采集到的城市数据需要进行空间落位操作，使其能够与其他数据匹配。考虑到此方法最终服务于城市问题诊断，因此需要将其转化为可视化的规划图纸。

3 具体实践——西宁市城市更新专项规划

基于上述提出的方法与具体分析步骤，本文以西宁市城市更新专项规划这一实际项目为具体依托，介绍该方法的具体实践过程。

3.1 明确分析指标

研究团队首先明确研究的对象和具体范围。研究对象为青海省省会西宁市，位于青海省东部，是青藏高原的东门户；研究具体范围为西宁市城镇建设用地区域。研究团队同规划师团队进行了前期的协商，明确移动感知方法的目的，即搜集城市基础数据，分析公共空间品质以支持城市更新单元的划定和评估（即图 1 中的城市体检评估与专项规划方案编制工作）。

根据城市更新工作的前期分析，西宁市正处于城镇化快

速发展的阶段，公共空间品质差异非常明显，高品质的现代化商业中心和品质恶劣的城中村共存。城市更新专项规划更加偏向于解决品质较差的空间问题，数据搜集需要聚焦于城市中的破败现象。

研究团队首先筛选出了导致公共空间破败的清单，并选择7名专业的城市规划研究人员针对1000张中国的随机街景图片进行问题识别，并与清单进行对比，最终识别出15个小类的公共空间品质问题^[6]。根据西宁市的具体情况，这些问题被总结为五大类：建筑类、沿街商业类、环境绿化类、道路类、基础设施类（图3）。在此阶段，研究团队采用网络开放数据，并结合商业街景图片，运用图片深度学习模型完成了模型的训练工作。

3.2 搭建移动感知平台

研究初步搭建了移动感知平台进行数据采集工作（图4）。移动感知平台所采用的设备包括GoPro相机和城市环境监测设备（可以采集城市温湿度、噪声和污染物等数据，后期可根据需要扩充采集传感器类型），同时还包含必

要的储存设备、充电设备、定位设备等。为保险起见，调研员需同时运用手机的定位APP，记录拍摄轨迹以校核数据采集过程的时空位置。

3.3 制定采集方案

采集方案以研究范围几何中心附近的某宾馆为起点，基于混合中国邮路算法，以右转弯优先的方案初步设计了双向采集路线，共计约1446 km道路长度。其中中国省道364.97 km，主次干道779.23 km，支路301.80 km。根据前期实验，平均状态下的采集效率平均为150~200 km/天，因此需要合理规划采集路线，将其均分为150~200 km的多段路程。通过选择多个关键采集点的方式，将采集范围划分为8段路程，每段路程约200 km（图5）。

数据采集的时间为2022年2月。研究团队使用3辆汽车根据前期设定的采集路线在研究范围内同步进行采集，并及时备份数据。最终在天气晴朗的4天时间内完成了西宁市研究范围内的数据采集工作，共计获得了约1.1TB容量的MP4格式的视频数据、自然环境数据和坐标信息。



图3 本研究中的五大类15种小类的公共空间品质问题

3.4 坐标提取与图片解译

根据方法中具体讨论的解译方法，研究首先完成了视频数据向图片数据的转换，对视频采用抽帧操作，并获得对应图片的定位坐标；对每条街道使用 25 m 等距离采样方法，共获取 115 680 张街景图片。

研究团队根据前期确定的分析指标，并结合现有研究，运用图像目标检测方法评估西宁市的城市公共空间品质。首先，根据现有指标训练深度学习模型，运用全国街景随机抽样 200 000 张的标注结果作为训练集参与 SegNet 算法的训练中，并运用图片深度学习领域广泛使用的 IoU (Intersection over Union) 和 F2-score 指标作为评估模型可靠性的依据。其中，IoU 指标，即交并比，指代的是模型输出的候选框 (candidate bound) 与真实的标记框 (ground truth bound) 的交叠率，也就是它们的交集与并集的比值；F2-score 即精确率 (precision) 和召回率 (recall) 的调和平均值，其中召回率的重要程度是精确率的 2 倍。一般情况下，在不考虑重合等情况，IoU 大于 0.5 (50%) 即可认为识别为同一物体，而本模型的综合 IoU 指标达到了 72.4%，综合 F2-score 指标达到了 79.7%，同已经发表的研究相比，上述指标证明了研究使用的模型能够较为精确地检验出街景图片中的公共空间品质问题 (表 1)。

基于此模型，研究采用图片语义分割技术对 11 万余张街景图片进行解译，针对评估框架中所涵盖的要素进行一一判定，最终依托于街景图片采集点，获得了各种要素的量化

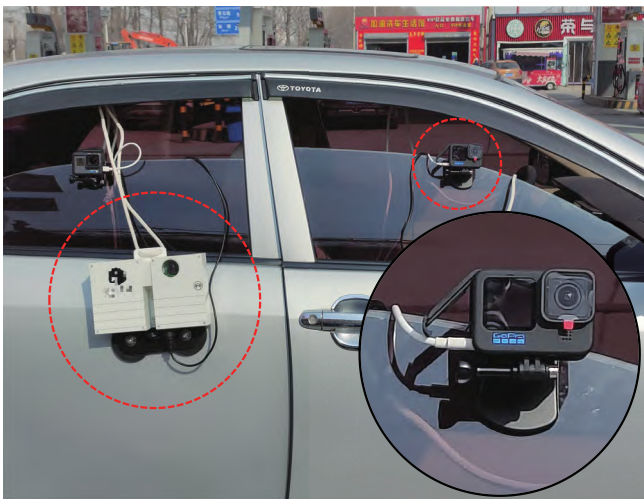


图 4 本研究中搭建的移动感知平台

指标在空间上的分布。数据格式为 Shapefile 点状数据，每个点中包含了该点拍摄的街景图片的 15 种公共空间品质评估结果，单位为个/点。

3.5 结果分析与规划支持

与已有研究进行相比^[6]，评估结果表明西宁市中心城区公共空间品质略低于全国平均水平^① (图 6)。研究同时分析

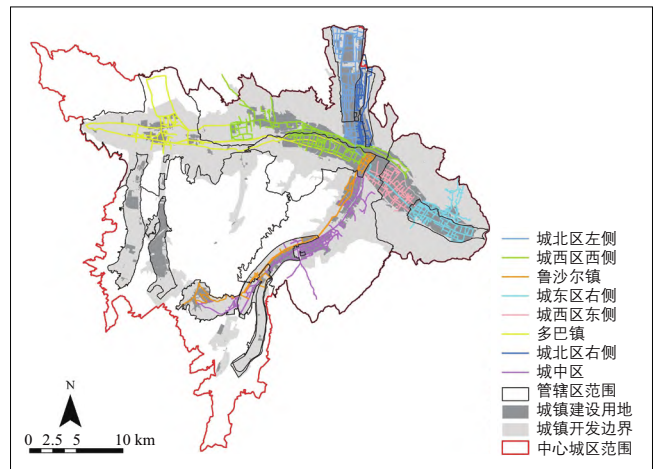


图 5 具体的采集路线

表 1 模型的 F2-score 和 IoU 指标

公共空间品质要素		F2-score / %	IoU / %
综合		79.7	72.4
建筑类	建筑物废弃、拆除	75.9	68.0
	建筑外立面破损	80.8	61.2
	建筑外立面污损	89.9	74.0
	建筑外立面涂鸦小广告	83.6	66.3
	私搭乱建、临时建筑物	71.2	76.4
沿街商业类	店面招牌污损、破损	54.4	56.1
	铺面污损	84.4	79.0
	铺面空置及出售	82.6	75.0
环境绿化类	绿化杂乱、未维护	73.9	79.4
	垃圾堆放、丢弃	77.6	79.4
	施工围挡污损	78.0	78.2
道路类	道路破损	86.0	84.0
	私人物品侵占道路	78.8	74.7
基础设施类	基础设施破损	75.8	69.0
	围墙围栏破损	82.8	84.0

① 针对全国 264 个地级市约 77 万条街道的研究表明，264 个地级市的平均的空间失序 (physical disorder) 得分为 0.21^[6]。本次研究所采用的 15 种分析指标同上述研究完全相同，获得的西宁市平均空间失序值为 0.23，略高于全国平均值。上述提到的空间失序是指街道上存在的特定视觉物品，对个人对空间的舒适和安全感产生负面影响的现象，即空间品质较差、空间秩序混乱的现象。空间失序得分越高表明空间质量越差，因此上述结果表明西宁市的中心城区空间品质略低于全国平均水平。

了西宁市各种公共空间品质问题集中的区域，并针对各个城区提出了各区最为突出的特征问题。

公共空间品质分析结果在后续直接支持了城市更新专项规划的具体工作。城市公共空间品质、公共服务、基础设施评估结果成为判定城市更新单元更新资源、划定示范单元的重要依据。基于上述指标的评价结果，规划师团队对每一个西宁市城市更新单元作出资源评价，并将西宁市的城市更新单元划为重点更新区、鼓励型更新区、一般更新区与其他四类，分批开展西宁市的具体城市更新行动。

4 总结与讨论

4.1 主要贡献

本研究核心聚焦于城市的公共空间品质，引入移动感知技术优化了城市更新实际项目中的评估方法，并将该技术方法其应用于实际规划，从而证明了该方法在实际项目中应用的可能性。具体而言，本文主要贡献如下。

(1) 解决了城市更新项目中数据搜集与城市公共空间品

质评估中所面临的问题。研究团队采用移动感知技术获取了西宁市 1 446 km 的双侧街景数据，解决了商业街景数据空间覆盖率不足、时效性不足等问题。此外，研究团队在 4 日内完成了数据采集工作，城市基础数据在时间上更加集中。

(2) 在数据采集过程中，运用中国邮路算法解决了实际测量过程中的路径规划问题，同时将大范围的城市街道划分为若干可测量、可同时采集的范围，从而降低了数据采集工作的难度，大大提升了数据采集的效率。

(3) 总结了工程化的经验，撰写了初步的数据采集流程与技术手册，通过标准化的流程保证了数据采集的质量。在实际采集的过程中，研究员处理了大量未曾预计的现实问题，并总结成文本资料，形成了初步的数据采集技术手册，为后续的工作总结了宝贵的经验。

4.2 方法优势

(1) 本研究所提出的方法具有很强的灵活性，能够支持城市更新行动中的诸多环节。一方面，研究团队可以针对未

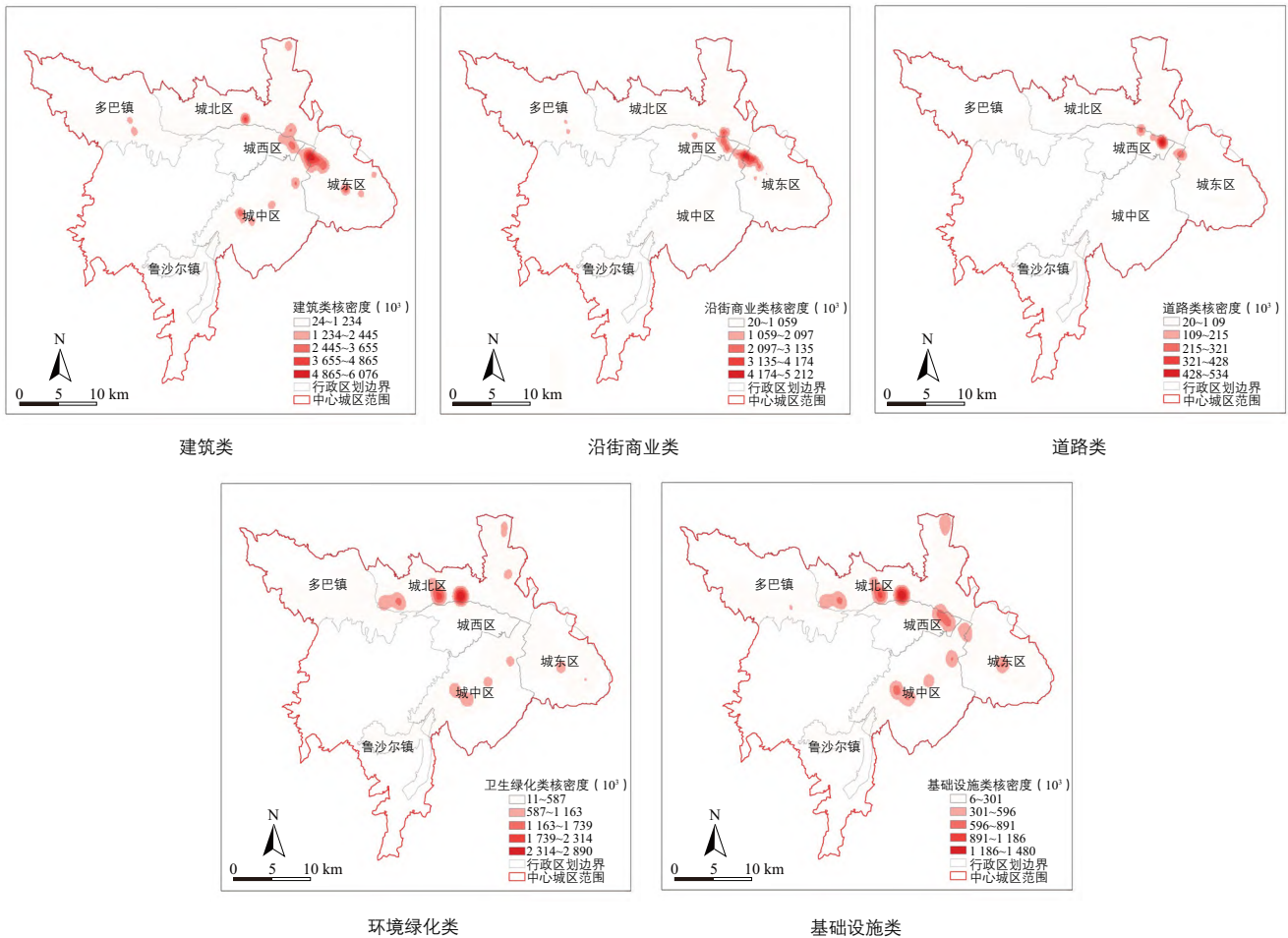


图 6 街道单元的公共空间品质评估结果

来不同的研究需求,对数据采集和数据分析方法进行调整;另一方面,研究团队可以低成本、高效地逐年甚至逐月地更新城市基础数据。

(2) 本研究的方法具有可迁移性。移动感知平台可快速地在汽车等移动载体上完成安装与卸载,相关设备可以随调研员往返于不同城市之间。同时本研究方法也可在不同的城市中得到应用,这也是移动感知方法的重要特征之一^[47]。

(3) 本研究所提出的方法具有低成本的优势。本研究在有限的时间内(约1周)完成西宁市的调研工作,降低了公共空间品质分析所需的时间成本。同时人员的调研、住宿等成本也得到了有效的降低。

4.3 方法限制与后续展望

现有技术方法还存在若干问题,值得后续进一步讨论,具体如下。

(1) 本技术方法在评估公共空间中的建成环境具有一定的优势,但对于人的具体活动和情感,以及城市功能和用地的适配度等方面存在一定的不足。城市更新的核心目的是满足人的需求,兼顾城市居民个体感受推动城市公共空间品质的提升,因此本方法后续还应提升对于人本身的关注。

(2) 选择机动车作为移动感知载体,无法采集到狭窄的城市道路与地块内部的公共空间,如狭窄的内部路网、步行街、无法调头的街巷内部等。同时,受限于移动感知的客观条件与移动感知载体的高度限制,本研究中某些指标的采集流程和标准采集流程存在差别^①。

(3) 采集具体过程中需要临时决策,对调研员的理解和判断力要求较高。在具体的采集过程中,往往会遇到路网变化、临时施工等突发情况,一方面要求调研员深刻地了解路线规划算法的逻辑,并时刻修改感知平台的采集路径,另一方面也体现了城市更新的速度之快,需要更及时的基础数据作为支撑。

(4) 研究中的五大类15种小类的公共空间品质问题是基于全国街景图片的随机抽样识别而来,并不仅仅是针对西宁市的具体情况作出的判断。

未来,针对现有的研究方法,研究团队可以从具体流程、评估体系等方面开展进一步的工作,如构建长时间序列的城市数据库;运用自行车、机动车相互补充的移动感知方法,以采集到更多的城市狭窄道路;考虑将人的活动和行为纳入图片深度学习模型中进行识别分析,形成“人”和“空间”

两类指标体系进行分析,以满足城市更新的初衷等。UPI

注:文中图片均为作者绘制或拍摄。

参考文献

- [1] HUBBARD F P. Landlord duties of the local public agency: a Source of Protection for Residents in Urban Renewal Areas[J]. *New York University Law Review*, 1970, 45: 1015.
- [2] 国家统计局. 中华人民共和国2022年国民经济和社会发展统计公报[R/OL]. (2023-02-28)[2023-03-30]. http://www.gov.cn/xinwen/2023-02/28/content_5743623.htm.
- [3] 朱雨溪,朱乐,阳建强. 英国城市更新区识别中多重剥夺指数的应用与启示[J/OL]. *国际城市规划*: 1-14 (2023-01-04)[2023-04-01]. <https://doi.org/10.19830/j.upi.2022.585>.
- [4] JIN X, LONG Y, SUN W, et al. Evaluating cities' vitality and identifying ghost cities in China with emerging geographical data[J]. *Cities*, 2017(63): 98-109.
- [5] SHEPARD W. Ghost cities of China: the story of cities without people in the world's most populated country[M]. London: Bloomsbury Publishing, 2015.
- [6] CHEN J, CHEN L, LI Y, et al. Measuring physical disorder in urban street spaces: a large-scale analysis using street view images and deep learning[J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2023, 113(2): 469-487.
- [7] ANJOMSHOAA A, DUARTE F, RENNINGS D, et al. City scanner: building and scheduling a mobile sensing platform for smart city services[J]. *IEEE internet of things Journal*, 2018, 5(6): 4567-4579.
- [8] 丁凡,伍江. 城市更新相关概念的演进及在当下的现实意义[J]. *城市规划学刊*, 2017(6): 87-95.
- [9] 唐燕. 我国城市更新制度建设的关键维度与策略解析[J]. *国际城市规划*, 2022, 37(1): 1-8. DOI: 10.19830/j.upi.2021.163.
- [10] 张庭伟. 从城市更新理论看理论溯源及范式转移[J]. *城市规划学刊*, 2020(1): 9-16.
- [11] 北京市人民代表大会常务委员会. 北京市城市更新条例[EB/OL]. (2022-11-25)[2023-03-30]. http://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202212/t20221206_2871600.html.
- [12] 上海市人民代表大会常务委员会. 上海市城市更新条例[EB/OL]. (2021-08-25)[2023-03-30]. <https://ghzjy.sh.gov.cn/gzdt/20210831/fc38143f1b5b4f67a810ff01bfc4deab.html>.
- [13] 广州市住房和城乡建设局. 广州市城市更新条例(征求意见稿)[EB/OL]. (2021-07-07)[2023-03-30]. <http://zfcj.gz.gov.cn/hdjlpt/yjzj/answer/12999>.
- [14] 重庆市住房和城乡建设委员会. 重庆市城市更新技术导则[EB/OL]. (2022-03-30)[2023-03-30]. http://zfcxjw.cq.gov.cn/zwxx_166/gsgg/202203/P020220513674857211431.pdf.
- [15] 苏州市城市更新工作领导小组. 苏州市城市更新技术导则(试行)[EB/OL]. (2023-02-08)[2023-03-30]. <https://www.suzhou.gov.cn/szsrnzf/bmwj/202302/4097533d72d8441f878c6eb8041f314c.shtml>.
- [16] 云南省住房和城乡建设厅. 云南省城市更新工作导则(试行)[EB/OL]. (2021-02-01)[2023-03-30]. https://www.yn.gov.cn/bsfw/ztfw/zfly/zflywyk/202210/t20221010_248421.html.
- [17] 王兰,王静,徐望悦. 城市空间品质评估及优化[J]. *城市问题*, 2018(7): 77-83.
- [18] 北京市人民政府. 北京市城市更新专项规划(北京市“十四五”时期

① 理想状态下,城市气温应当满足“在植有草皮的观测场中离地面1.5m高的百叶箱中”进行测量,城市噪声测量应当满足“距离任何反射物(地面除外)至少3.5m外,距地面高度1.2m以上”的条件下测量。但受限于移动感知的客观条件与移动感知载体的高度限制,本研究采集的数据是指“运用城市环境监测设备,在距地面约1.1m左右的车窗中”所测得的结果,同采集标准存在差异。

- 城市更新规划 [EB/OL].(2022-05-10)[2023-03-30]. http://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefaui/202205/t20220518_2715630.html.
- [19] 广州市规划和自然资源局. 广州市城市更新专项规划(2021—2035年)[EB/OL]. (2023-02-06)[2023-03-30]. <http://ghzjy.gz.gov.cn/hdjlpt/yjzj/answer/26312>.
- [20] 青岛自然资源和规划局. 青岛市城市更新专项规划(2021—2035年)[EB/OL]. (2023-03-10)[2023-03-30]. http://zrzygh.qingdao.gov.cn/zxfw/zrzyghgzjyxx/ghgl/ghcajzjg/zxgh/202303/t20230310_7043945.shtml.
- [21] 济南市住房和城乡建设局. 济南市城市更新专项规划(2021-2035年)[EB/OL]. (2022-12-05)[2023-03-30]. http://jinan.cn/art/2022/12/12/art_2615_4934625.html.
- [22] 魏琛, 陈思加, 刘琳琳, 等. 片区统筹视角下老旧小区更新实践的思考与总结 [J]. 北京规划建设, 2023(1): 162-169.
- [23] 宋金全, 殷丽娜, 尔雅, 等. 天津“城市双修”到“城市更新”规划编制探索 [J]. 北京规划建设, 2022(4): 89-93.
- [24] 洪梦瑶, 魏伟, 夏俊楠. 面向“体检—更新”的社区生活圈规划方法与实践 [J]. 规划师, 2022, 38(8): 52-59.
- [25] 李和平, 付鹏. 城市更新中精准化的社区品质提升 [J]. 世界建筑, 2022(11): 26-27.
- [26] ALEXANDER C. A pattern language: towns, buildings, construction[M]. Cambridge: Oxford University Press, 1977.
- [27] 陈义勇, 刘涛. 社区开放空间吸引力的影响因素探析——基于深圳华侨城社区的调查 [J]. 建筑学报, 2016(2): 107-112.
- [28] 李渊, 高小涵, 杨林川, 等. 基于有序 Probit 模型的遗产地居民步行环境满意度研究——以鼓浪屿为例 [J]. 中国园林, 2020, 36(11): 90-94.
- [29] 自然资源保护协会, 中国城市科学研究会城市大数据专业委员会. 中国城市步行友好性评价: 步道设施改善状况研究 [OL/R]. (2021-09)[2023-03-30]. <http://www.nrdc.cn/Public/uploads/2021-09-22/614aac8cc54f7.pdf>.
- [30] 卢济威, 王一. 特色活力区建设——城市更新的一个重要策略 [J]. 城市规划学刊, 2016(6): 101-108.
- [31] TANG J, LONG Y. Measuring visual quality of street space and its temporal variation: methodology and its application in the Hutong area in Beijing[J]. Landscape and urban planning, 2019, 191: 103436.
- [32] SULIS P, MANLEY E, ZHONG C, et al. Using mobility data as proxy for measuring urban vitality[J]. Journal of spatial information science, 2018, 16: 137-162.
- [33] YE Y, LIU X. How block density and typology affect urban vitality: an exploratory analysis in Shenzhen, China[J]. Urban geography, 2018, 39(4): 631-652.
- [34] ZHANG F, ZHOU B, LIU L, et al. Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning[J]. Landscape and urban planning, 2018, 180: 148-160.
- [35] 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.
- [36] NAIK N, PHILIPOOM J, RASKAR R, et al. Streetscore-predicting the perceived safety of one million streetscapes[C] // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops, 2014: 779-785.
- [37] 陈亚萍, 郑伯红, 曾祥平. 基于街景和遥感影像的城市绿地多维度量化研究——以郴州市为例 [J]. 经济地理, 2019, 39(12): 80-87.
- [38] 江浩波, 宋益坤, 肖扬. 滨水空间视觉景观舒适度评价研究——以上海市“一江一河”为例 [J]. 风景园林, 2022, 29(10): 122-129.
- [39] 胡一可, 张天霖, 王磊, 等. 景观服务视角下城市街区感知测度及空间分布特征 [J]. 风景园林, 2022, 29(10): 45-52.
- [40] 郑屹, 杨俊宴. 基于大规模街景图片人工智能分析的精细化城市修补方法研究 [J]. 中国园林, 2020, 36(8): 73-77.
- [41] 方智果, 刘聪, 肖雨, 等. 基于深度学习和多源数据的街道美感评价与影响因素分析 [J/OL]. (2023-01-06)[2023-03-11]. <https://doi.org/10.19830/j.upi.2022.371>.
- [42] 魏越, 杨东峰. 基于街景图片的邻里目的地建成环境适老性评价——以大连市为例 [J]. 建筑学报, 2022(增刊 1): 24-30.
- [43] 江浩波, 卢珊, 肖扬. 基于街景技术的上海历史文化风貌区城市色彩评价方法 [J]. 城市规划学刊, 2022(3): 111-118.
- [44] 邵源, 叶丹, 叶宇. 基于街景数据和深度学习的街道界面渗透率大规模测度研究——以上海为例 [J/OL]. (2022-02-15)[2023-03-11]. <https://doi.org/10.19830/j.upi.2021.241>.
- [45] ANGUELOV D, DULONG C, FILIP D, et al. Google street view: capturing the world at street level[J]. Computer, 2010, 43(6): 32-38.
- [46] BILJECKI F, ITO K. Street view imagery in urban analytics and GIS: a review[J]. Landscape and urban planning, 2021, 215: 104217.
- [47] LAPORT-LÓPEZ F, SERRANO E, BAJO J, et al. A review of mobile sensing systems, applications, and opportunities[J]. Knowledge and information systems, 2020, 62(1): 145-174.
- [48] HU W, WINTER S, KHOSHELHAM K. Forecasting fine-grained sensing coverage in opportunistic vehicular sensing[J]. Computers, environment and urban systems, 2023, 100: 101939.
- [49] AUMOND P, LAVANDIER C, RIBEIRO C, et al. A study of the accuracy of mobile technology for measuring urban noise pollution in large scale participatory sensing campaigns[J]. Applied acoustics, 2017, 117:219-226.
- [50] GUAN Y, JOHNSON M C, KATZFUSS M, et al. Fine-scale spatiotemporal air pollution analysis using mobile monitors on Google Street View vehicles[J]. Journal of the American Statistical Association, 2020, 115(531): 1111-1124.
- [51] APTE J S, MESSIER K P, GANI S, et al. High-resolution air pollution mapping with Google street view cars: exploiting big data[J]. Environmental science & technology, 2017, 51(12): 6999-7008.
- [52] MEYERS D, ZHENG Q, DUARTE F, et al. Initial Deployment of a Mobile Sensing System for Water Quality in Urban Canals[J]. Water, 2022, 14(18): 2834.
- [53] HULL B, BYCHKOVSKY V, ZHANG Y, et al. Cartel: a distributed mobile sensor computing system[C] // Proceedings of the 4th international conference on Embedded networked sensor systems. 2006: 125-138.
- [54] ASSAD A A, PEARL W L, GOLDEN B L. The capacitated Chinese postman problem: lower bounds and solvable cases[J]. American journal of mathematical and management sciences, 1987, 7(1-2): 63-88.
- [55] MINIEKA E. The Chinese postman problem for mixed networks[J]. Management science, 1979, 25(7): 643-648.
- [56] RALPHS T K. On the mixed Chinese postman problem[J]. Operations research letters, 1993, 14(3): 123-127.
- [57] PEARL W L, LIU C M. Algorithms for the Chinese postman problem on mixed networks[J]. Computers & operations research, 1995, 22(5): 479-489.
- [58] 崔晓婷. 随机网络中国邮路问题算法研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2006.

(本文编辑: 许政)