

精准更新导向下的计算性城市设计实践探索 ——以上海市陆家嘴水环为例

Precise Urban Regeneration via Computational Urban Design: Using
Lujiazui Water Loop Project as the Case

叶宇 | YE Yu 张华丽 | ZHANG Huali 陈星汉 | CHEN Xinghan 于瀚婷 | YU Hanting
陈君 | CHEN Jun 匡晓明 | KUANG Xiaomin

中图分类号: TU-984.11+4 文献标志码: A 文章编号: 1001-6740 (2024) 02-0000-00

DOI:

摘要: 本研究面向精准更新需求, 提出了数据支持下的计算性城市设计分析范式, 推动设计分析与效能评价从主观经验向量化解析的转换。在现状问题研判上以“人本”为核心, 基于移动互联网 LBS 数据解析场地人口组成与行为特点, 路网组构和 sDNA 诊断慢行堵点断点, 社交媒体数据研判空间品质, 结构化网页数据与 POI 兴趣点数据提炼功能布局, 在方案效能评估上强调“量化”, 结合大数据案例库与空间分析技术形成针对性效能提升分值评价。陆家嘴水环片区, 这一紧邻上海核心 CBD 的“城市背面”, 作为具有更新潜力和复合问题的代表性区域被选为案例。通过整合多源城市数据和城市设计分析技术, 本研究在实现从问题诊断到效能评估的多环节嵌入性支持的同时保证了相关分析方式的易用性和可推广性。通过实践需求引导下的技术与设计深度融合, 本文有望为设计科学 (Design Science) 新范式的涌现提供针对性探索。

关键词: 精准更新、计算性城市设计、多源城市数据、设计科学

Abstract: This study, in response to the need for precise urban regeneration, proposes a data-supported computational urban design analysis paradigm, promoting the transition of design analysis and efficiency evaluation from subjective experience to quantified analysis. It adopts a 'human-centric' approach in diagnosing current issues, analyzing site population composition and behavioral characteristics based on mobile internet LBS data, diagnosing slow traffic bottlenecks based on road network composition and sDNA, assessing spatial quality based on social media data, and refining functional layout based on structured web page data and point of interest data. The study emphasizes 'quantification' in scheme efficiency evaluation, combining a big data case library with spatial analysis technology to form a targeted efficiency improvement score evaluation. The Lujiazui Water Loop area, a 'city backside' adjacent to Shanghai's core CBD and a representative area with potential for regeneration and complex issues, is selected as a case study. By integrating multi-source urban data and urban design analysis technology, this study ensures the ease of use and scalability of the related analysis methods while achieving multi-link embedded support from problem diagnosis to efficiency evaluation. Through the deep integration of technology and design guided by practical needs, this paper is expected to provide targeted exploration for the emergence of a new Design Science paradigm.

Keywords: Precise urban regeneration, Computational urban design, Multi-sourced urban data, Design science

作者:

叶宇, 同济大学建筑与城市规划学院, 高密度人居环境与生态节能(同济大学)教育部重点实验室;
张华丽, 同济大学建筑与城市规划学院;
陈星汉, 同济大学建筑与城市规划学院;
于瀚婷, 同济大学建筑与城市规划学院;
陈君, 上海同济城市规划设计研究院有限公司;
匡晓明(通讯作者), 同济大学建筑与城市规划学院, 高密度人居环境与生态节能(同济大学)教育部重点实验室, 上海同济城市规划设计研究院有限公司。

国家自然科学基金面上项目(52078343); 国家自然科学基金国际合作项目(72361137008)。

录用日期: 2024-03

一、研究背景

随着我国快速城市化阶段的结束, 城市发展的重心也从粗放式的大规模建设转为以精准更新为导向的城市建设^[1]。和以往“大拆大建”的方式不同, 精准城市更新以“人”为核心, 从“有

没有”转向“好不好”, 对城市设计的各个方面提出了更高的要求^[2, 3]。然而, 过去的城市设计往往依赖设计者的主观经验, 难以从复杂的城市建成环境和市民行为中科学提取信息, 更难以形成全流程的方案迭代与优化支持^[4]。近年来, 多源城市数据的涌现和新城市分析技术的发展为城市

设计分析范式的革新带来了新的机遇^[5]。以机器学习、算法规则、性能导向为典型特点的计算性城市设计方法逐渐形成，并催生了一系列研究与实践^[6]。新数据和新技术使得城市设计的分析研判不再完全依赖于研究者的实地调研和手工分析，而是有机会通过精细化计算，更加深入地理解城市形态各要素特征，宏观把握过去难以研判的复杂人口构成、城市形态、空间品质与功能设施等要素，为精准城市更新提供全面且系统的技术支持。

二、精准城市更新的痛点分析与回应

2.1 精准城市更新：从理念性的呼吁向设计全流程的嵌入转化

在城市建设放缓的当下，更为精准的城市更新已成为人们的共识，旨在以“小投入”实现“大产出”^[7]。为了落实精准更新，需要在前期分析阶段对城市本底进行精准解析，对人群构成实现精准定位，并在后续阶段对设计方案的效能进行精准评估，形成一套全流程的方法。然而，上述理念性呼吁在实操环节却面临困难，尚未完全实现。

2.2 精准城市更新的关键维度

通过对经典的城市设计理论文献进行研究，可以发现城市设计分析可归纳为人群特征、路网结构、空间品质和功能构成等关键维度（表 1）。

2.3 多源数据与新技术的涌现：精准更新导向下的多维度、多环节分析支持

多源城市数据和新城市分析技术的涌现为精准城市更新的问题分析与多环节评价提供了技术支持，其发展历程如图 1 所示。早期研究主要通过单一的数据支持实现城市现状分析与问题研判。在人群特征方面，大量设计实践基于 LBS 数据研究市

精准更新导向下的城市设计分析关键维度					表 1
	Jane Jacobs ^[8]	Henri Lefebvre ^[9]	William H. Whyte ^[10]	Kevin Lynch ^[11]	Montgomery John ^[12]
人群特征	城市需要高密度的人口	城市建设和发展应当全民参与	不同人群的场所偏好存在差异	城市应包容不同阶层和个性的人群	/
路网结构	短小、转折的街道能提供新鲜感	街道应相互组合而非割裂	街道等小尺度空间很重要	关注街道的方向性、可达性和系统性	提升街道生活的多样性
空间品质	高品质场所能激发人的活动	/	公共空间设计能促进人的交往	优秀的城市空间应具有可意象性	应通过规划设计提高空间质量
功能构成	应当功能混合	提升空间多样性	/	强调一致的形态学特征及主导功能	以混合式区划促进多样性

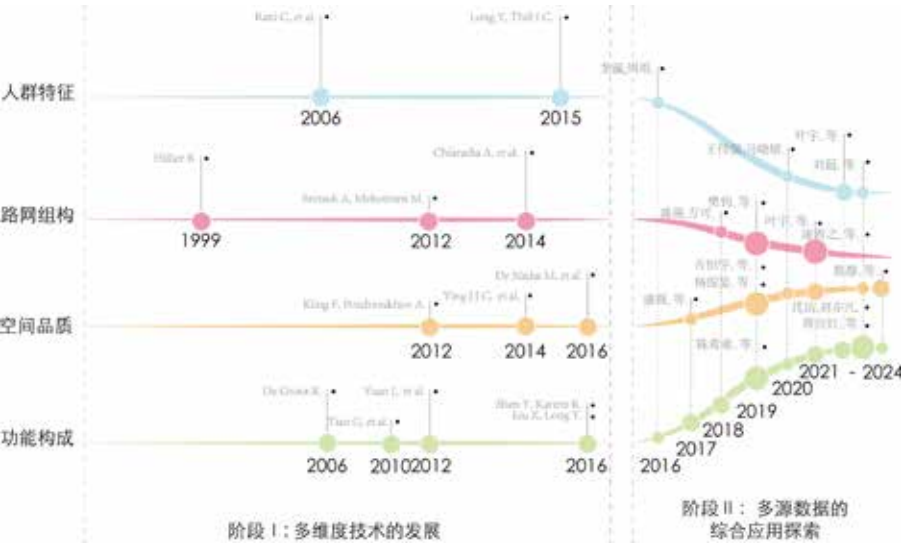


图 1：基于多源数据与新技术的计算性城市设计发展历程 [5, 6, 13-15, 17, 19-22, 24-35]

民时空行为^[13, 14]，进而解析场地的人口组成与行为特征与空间活力；在路网结构方面，继空间句法（Space Syntax）之后^[15]，空间设计路网分析（sDNA）以及城市空间网络分析技术工具（UNA）等为测度路网可达性提供了多样的方法^[16, 17]；在空间品质方面，社交媒体数据被用来研究市民活动模式，或结合用户点评和签到数据评估空间品质^[18-22]；在功能构成方面，基于 POI 数据的功能构成解析也被广泛运用^[6, 23]。在这一系列技术探索的基础上，一大批从单一维度分析走向综合性实践支持的研究开始涌现。如结合 LBS 和 POI 数据评估街道活力^[24]；采用 POI、街景和 LBS 等数据评价街道慢行品质^[5]；使用城市本底和网络包数据等辅助绿道设计^[25]；结合空间路网分析和 POI、LBS 等数据帮助城市设计的前期研判^[6, 26]等。总体呈现出多数据协同运用的趋势。

多源数据和技术综合运用能面向复杂城市环境开展多维度问题研判，高效的计算性方法也可以有效支持多环节的性能评估与方案优化。然而，当前的综合性运用仍有不足，尚未对精准城市更新的关键痛点进行回应，从问题诊断到效能评估的多环节嵌入方法有待提出。因此，探索一套新的计算性分析方法对精准城市更新提供多维度、多环节支持已日益成为当前需求。

三、研究方法与技术路径

本研究将上述多维度、多环节分析与多源城市数据和新技术相结合，构建了以数据为基础，精准更新为导向的计算性城市设计分析范式，其涵盖人群特征、路网结构、空间品质、功能构成四大维度（图 2）。



图 2：研究框架

在人群特征方面，使用基于位置服务的用户画像数据以深入理解人口构成和行为特性。研究利用 LBS 数据开展包括服务人口、年龄结构、消费水平等方面分析。基于该分析能定位出研究目标人群，并针对不同人群需求给出问题研判。

在路网结构方面，使用城市道路以及人的步行网络数据，基于图底理论对街区尺度和基于连接理论对路网可达性进行分析。运用 sDNA 量化形态学空间分析工具，识别在街道路网中起关键作用的核心路段，并研判各道路的可达性。

在空间品质方面，通过对包含片区商业设施的空间分布、服务水平（用户评分）等信息的美团数据进行空间分析，以表征服务设施品质。此外，将包含空间信息的微博签到数据经空间分析处理后可以表征城市空间的吸引力以及可意向性。最后，移动互联网 LBS 数据可用于反映行为使用特征及对应的空间活力。

在功能构成方面，研究表明，通过提

高城市功能混合度（MXI），可以提高城市空间品质^[36]。研究利用 Pals 数据，结合空间分析，从功能混合度以及街道的主导功能识别对城市进行分析。基于数据分析平台和 Pals 数据，根据地块中居住、工作、设施这三种主要功能的数量在总数量中的比值得到，并利用 Pals 数据根据街道建筑功能的占比判断街道类型。

立足前述精准分析与问题诊断，可形成针对性设计策略响应，进而开展效能评估，针对前述问题提出的策略响应对改造后的效果开展回溯，研判其较改造前是否得到有效提升。

四、基于陆家嘴水环城市设计项目为例的现状研判

4.1 研究对象

设计场地位于上海市浦东新区，紧邻上海核心 CBD。一方面，该区域的城市规

划和建设存在土地利用效率低下、城市空间组织不合理、基础设施配套不足等问题；另一方面，由于城市化进程的加速和人口的增长，该区域的环境压力、交通拥堵和社区服务等问题日益显现。因此，陆家嘴水环由于其更新潜力和复合问题的特性，被选为研究案例。水环总长度约为 40km，为便于对实际问题分析和精准导控，根据不同地方行政单位划分为四个街道片区，分别为洋泾街道片区、花木街道 - 张家浜片区、花木街道 - 世纪公园片区、潍坊新村街道及塘桥街道片区。

4.2 基于 LBS 用户画像数据的人口组成与行为特点研判

本案例选取 2019 年某“工作日 + 周末”时间段的 LBS 数据，对实际服务人口、消费能力、年龄构成三个维度进行分析。

在实际服务人口中，洋泾街道片区和潍坊新村街道及塘桥街道片区总服务人口较多，具有较高城市热力。花木街道两个片区的人口热力较低，可能是由于道路可达性低，人们难以轻易到达，后续可以考虑对道路可达性做针对性分析。消费水平方面，花木街道 - 张家浜片区高消费占比相对较高，潍坊新村及塘桥街道片区低消费占比较高。消费能力的差距反映了居住人群的社会阶层分异。对比房价信息发现，花木街道两个片区房价较高，居民社会阶层与消费能力较强；而潍坊新村及塘桥街道片区以老公房为主，房价偏低，居民消费水平也相对偏低。可考虑增加建筑功能的多样性，以提高区域人口活力，从而平衡各片区消费水平。各片区年龄构成也不尽相同，青年人群在潍坊新村及塘桥街道片区占比最高（接近 40%），该片区老公房较多，吸引更多在陆家嘴附近的就业人群到此租房，形成了年轻化氛围；中年人群在张家浜及世纪公园片区占比偏高，该片区以典型的中产住区为主，应着重考虑空间品质提升与儿童友好型设施介入；而老年人在洋泾街道片区占比偏高，需要注意适老型设施的强化（图 3）。

4.3 基于路网组构和 sDNA 的出行可达性研判

研究基于图底理论对区域地块尺度进行量化形态分析，发现片区普遍存在距离河较远、地块面积较小的特点，不利于整体滨水可达性的营造。同时使用 sDNA 对路网特征进行精细化研判发现片区整体可达性不高。具体来说，洋泾街道片区沿河主要是小区内部道路，缺乏滨水公共道路。花木街道 - 张家浜片区沿河道路较少，导致河岸可达性普遍较低。花木街道 - 世纪公园片区沿河公共道路较多，整体道路可达性较高。但世纪公园对岸区域为封闭小区，其可达性相对较低。潍坊新村及塘桥街道片区内部可达性分布存在差异，其东部和南北两端的可达性稍高，而中部和西侧由于滨水道路主要位于社区内部，因此其可达性较低。总的来说，各片区中可达性较低的地方主要集中在桥梁断点和河岸断带位置，有待精准设计介入（图 4）。

4.4 基于社交媒体数据的空间品质研判

首先，以前述 LBS 数据为基础，抽取周末 LBS 热力数据，分析得到上海中环以内的空间热力分布情况（图 5 左上）。分析显示，水环片区除花木街道 - 张家浜片区部分居住区稍有活力外，其他区域活力均较低。其次，微博签到数据分析显示，整个水环片区城市空间普遍缺乏可意向性，其中世纪公园片区虽有较好的景观基底，但其可意向性仍有较大提升空间，可进一步打造魅力城市市场所（图 5 右上）。最后，基于美团数据的服务设施密度，对其分析显示，与邻近的 CBD 片区相比，水环片区设施密度整体较低，缺乏核心服务圈。针对设施服务质量的分析显示，水环片区服务水平明显低于陆家嘴中心区，且高分店铺呈散点状分布。在设施档次分布上，片区整体档次较低且分散，与水岸段空间的联系较弱。建议洋泾街道片区与潍坊新村 - 塘桥街道片区在已有服务设施的基础上，向河岸延伸，结合沿河绿地空间

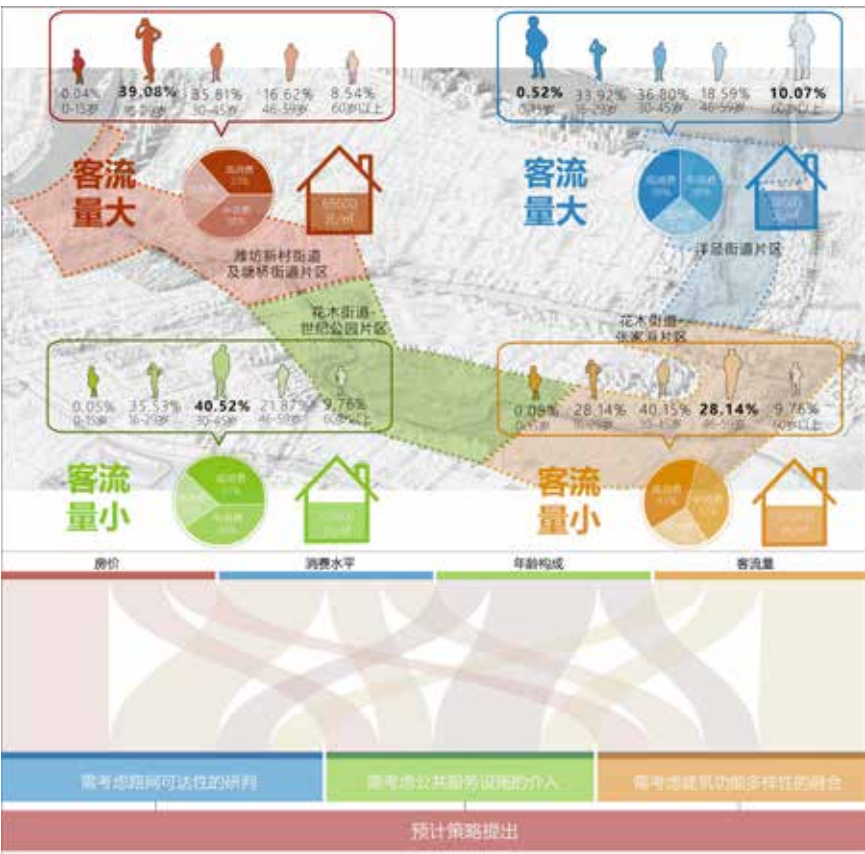


图 3：基于 LBS 数据的人群特征分析

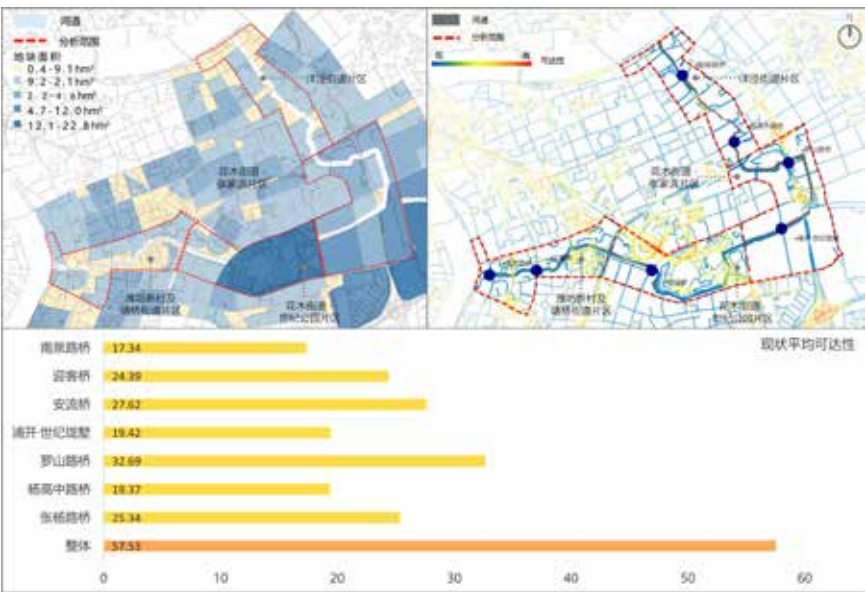


图 4：街区尺度及可达性现状分析

发展宜游宜乐的多功能活力水岸带。

4.5 基于兴趣点数据的功能布局研判

功能混合度分析结果以散点图形式呈现在地理三角形中（图 6）。混合度越低，

点分布越靠近三个顶点；反之越靠近三角形中心。片区的整体计算结果显示，研究区域功能混合度较低，大部分地都呈现单一功能。具体来说，洋泾街道片区以居住和办公型街块的分布较为集中。花木街道 - 张家浜片区主要以居住功能为主，日

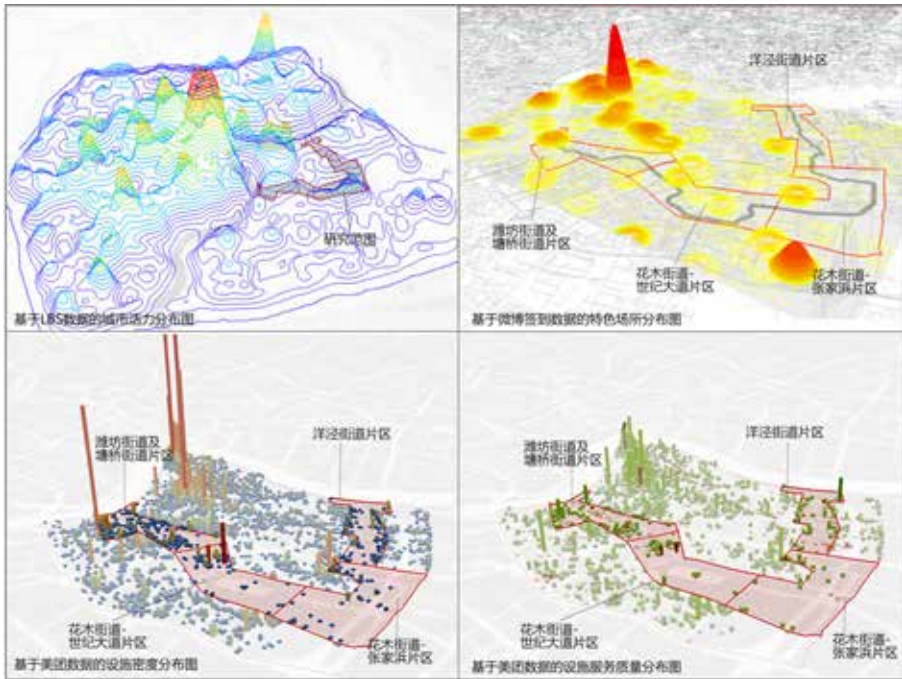


图 5：基于 LBS 和美团 / 微博数据的空间吸引力分析

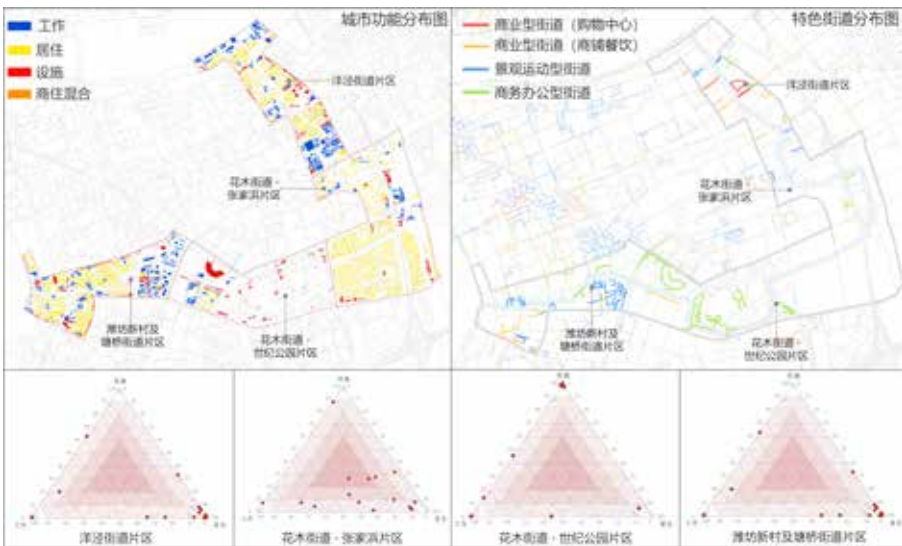


图 6：基于 POI 数据的功能构成及特色街道分析

常生活配套设施相对欠缺；而花木街道 - 世纪公园片区则公共设施分布较为广泛。相比之下，潍坊新村及塘桥街道片区的功能混合度相对较高，因此相对具有更高的活力。对于特色街道的识别，相较于周边区域，片区内特色街道数量明显偏少，类型分散且连续性低。洋泾街道片区类型丰富，但其系统性较差，水岸两侧断裂感较强。花木街道 - 张家浜片区路网稀疏，特色街道严重缺乏。花木街道 - 世纪大道片区主要为景观运动型，类型过于单一，难

以形成高活力街道。

五、策略响应及效能评估

5.1 策略响应

根据以上分析总结出该区域三个主要问题：路网组构不畅、空间品质不足、功能构成单一。针对以上三个问题，项目组针对性地给出策略响应，并依托多源数据开展改造后的效能评估（图 7）。

5.1.1 路网组构提升策略响应

针对上述可达性较低的情况可形成三个细分策略。首先是打通“达岸通道”，包括实现公建区域临河面开放以及开设垂直河道的步行通道，旨在通过改善和优化城市空间布局，提高整个区域的连通性和可达性；其次是打通“桥梁断点”，包括桥下贯通、水上浮桥、天桥跨越以及地道下穿四类；最后打通“河岸断带”，其包括产权到边和侵占公地，主要方式是通过协商开放、同侧绕行和异侧绕行。通过策略的实施，期望能有效提高水环片区的可达性，进一步优化和改善区域的城市空间品质。

5.1.2 空间品质提升策略响应

针对上述活力较低的情况，研究提出打造张家浜、洋泾街道魅力节点，激活水岸潜力的策略，以提升城市空间吸引力。同时，需要强化世纪公园等既有公共空间的都市意向，分片区打造具有吸引力的城市场所。针对设施覆盖度低的情况，需提升片区内设施密度，以提高整体服务设施覆盖度，并沿河发展多功能活力水岸带，以提供宜游宜乐的环境。

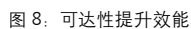
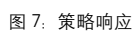
5.1.3 功能构成提升策略响应

研究结果表明，各片区功能混合度需有所提高，并发挥其现有特点，实施差异化发展策略。具体来说，可以在洋泾、张家浜片区打造公共空间节点，世纪公园片区则可以进一步增加公共设施、提升其公共服务范围。同时增加当前地块内建筑的功能特性，提升其功能多样性，以提高区域内的人口活力。

5.2 效能评估

5.2.1 路网组构提升效能评估

设计组参考可达性现状，分析选择了需要打通的断点和断带位置，对调整后的路网使用 sDNA 开展分析。研究发现，改造后整体河岸段的平均可达性提高了 8.25%。相应打通的断点、断带各有不同效能的提升，最高处达到 81.82%（图 8）。可达性提高后，人们更易到达该区域，能



够有效提升滨水活力。

5.2.2 空间品质提升效能评估

通过对现有商业设施点位覆盖度进行分析,发现其现状覆盖度较低,仅为33.95%,且滨水空间的覆盖度并不高。根据设计策略建议和商业潜力街道分析,新增重点店铺点位,并对其覆盖率进行了验证。结果显示,改造后设施覆盖率达到46.98%,较之前提高38.4%,同时设施密度也提升了36.26%。优化后的商业覆盖范围明显增大,除世纪公园外的其他区域均得到了覆盖。这种基于数据分析的设计策略,不仅可以提高片区的商业覆盖率,也有助于片区空间品质提升。陆家嘴水环于2021年12月动工改造,2022年年底完成一期工程建设。研究抓取2024年初春节后某周末的LBS数据与改造前相比,可以发现,区域内的人口热力得到大幅提升(226.39%),这也证明了更新策略的有效性(图9)。

5.2.3 功能构成提升效能评估

对研究区域来说,通过适当改变功能布局,增加功能多样性,其功能混合度提升了18.37%(图10)。具有多元化功能的场地能够满足人们多样化的需求,从而吸引更多的人口流动,增加人们在场地的停留时间,进而提高场地人口活力。

六、讨论与总结

6.1 精准更新导向下的计算性城市设计范式创新

本研究提出了一种面向精准更新需求的计算性城市设计分析范式。首先,体系架构上,在新数据与新技术支持下,实现了城市设计中对人本生活品质与切身体验的量化测度,构建了一套相对系统的分析框架。其次,分析视角上,对大范围城市空间中人群特征、路网组构、空间品质和功能构成进行测度,实现了传统方法中不可测度的“人本”要素精细化度量。再次,得益于相关数据的易获取性和方法的易操作性,这一分析范式具有推广潜力,

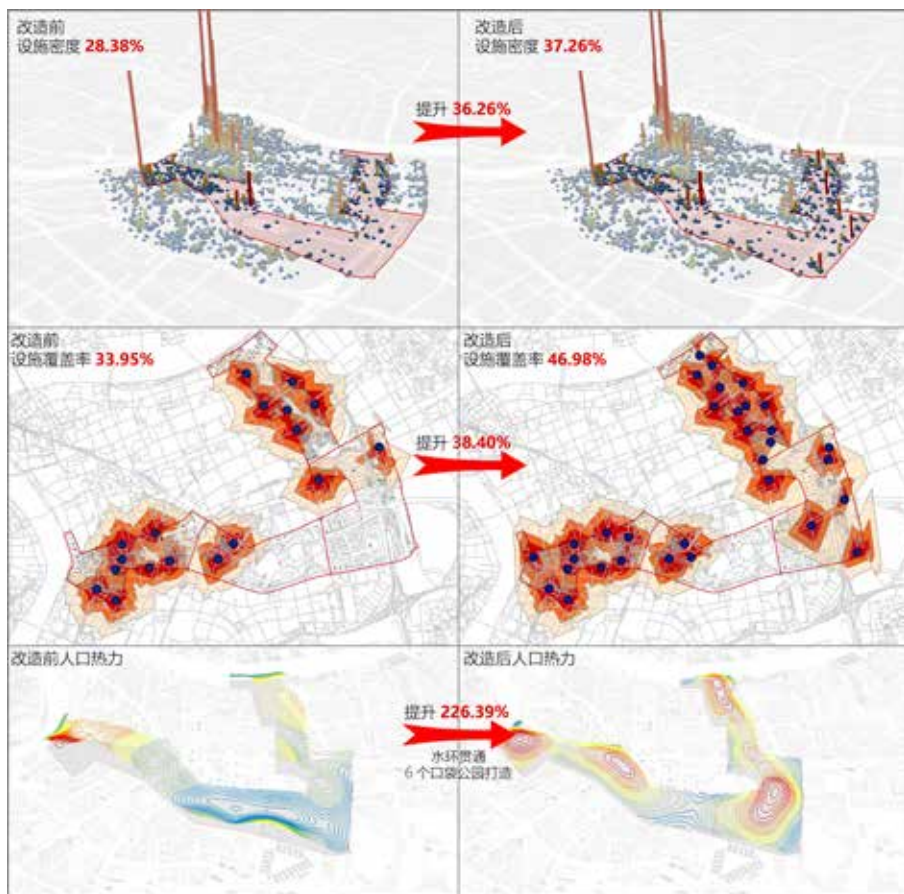


图9: 空间品质提升效能

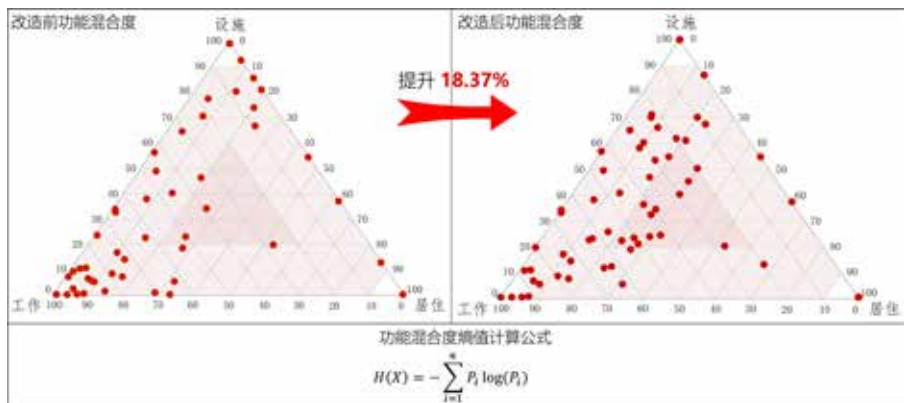


图10: 功能混合度提升效能

能以计算性的方法进一步赋能城市的精准更新。

此外,本分析范式的应用不仅局限于城市设计的初期阶段,还能实现从问题诊断到效能评估的多流程嵌入,这恰恰是过去城市设计中实现精准提效的难点所在。得益于本范式良好的可扩展性,本研究中一系列数据分析方法能够在现状研判、策略评估和效能后评价等多个城市更新与设计环节中得以应用。根据不同的项目需

求,辅助迭代设计和优化方案,从而更好地满足城市精准更新需要,推动城市空间品质改善和人本活力的全面提升。

6.2 研究局限

首先,本研究的分析框架在未来有必要进一步拓展。我们对城市精准更新的四个关键维度进行了探索,但这并不能完全覆盖精准更新的所有内容。例如,尽管生

态低碳并不在经典的都市设计分析维度中,但在可持续发展日益重要的当下,非常有必要将其纳入未来工作中。其次,受制于一些关键指标可量化性不佳的问题,无法对所有策略逐一开展量化评价。最后,本研究所采用的部分数据可能存在误差。例如在基于LBS的人群特征分析中,不持有手机等移动智能设备的低龄和高龄群体的比例会低于实际值,未来需要结合多种数据源开展纠偏。

6.3 未来展望

本研究以都市设计经典理论为基础,借助多源城市数据和新技术的应用,实现了研究问题从实践中来,研究成果支持设计实践,构建了“研究-实践-反馈”的应用闭环。本研究能够系统地整合多源数据,进行全面的设计场地监测和评价,并能高效地进行分析。通过快速反馈,跟进设计进程,使新技术真正融入设计工作流程。这一系列数据和技术的协同进步,正在推动都市设计专用分析技术的出现和系统化,进一步为城市精准更新和高品质城市建设提供更高效的支持,并通过计算性途径为设计科学(design science)新范式的发展提供新可能。

参考文献

- [1] 伍江. 城市有机更新与精细化管理 [J]. 时代建筑, 2021 (4) : 6-11.
- [2] 金伊婕, 匡晓明, 奚婷霞, et al. 街道空间宜人性测度及精准更新——以成都市三道街为例 [J]. 建筑与文化, 2023 (7) : 142-145.
- [3] 杨健, 卢峰. 都市设计人文主义思潮评议 [J]. 建筑师, 2017 (1) : 105-114.
- [4] 叶宇, 张昭希, 张啸虎, et al. 人本尺度的街道空间品质测度——结合街景数据和新分析技术的大规模、高精度评价框架 [J]. 国际城市规划, 2019, 34 (1) : 18-27.
- [5] 樊钧, 唐皓明, 叶宇. 街道慢行品质的多维度评价与管控策略——基于多源城市数据的整合分析 [J]. 规划师, 2019, 35 (14) : 5-11.
- [6] 叶宇, 强丹, 韩赟. 计算性都市设计尝试——上海小陆家嘴公共空间品质提升计划 [J]. 新建筑, 2022(4) : 94-99.
- [7] 康善之, 陈晓雨, 黄成成, et al. 新都市科学视角下的街道微更新技术探索——以上海南汇新城古棕路提升研究为例 [J]. 新建筑, 2023 (6) : 52-57.
- [8] JACOBS J. The death and life of great American cities [M]. Vintage, 2016.
- [9] LEFEBVRE H. From the production of space [M]// Theatre and performance design. Routledge, 2012: 81-84.
- [10] WHYTE W H. The social life of small urban spaces [J]. 1980.
- [11] LYNCH K. The image of the city [M]. MIT press, 1964.
- [12] MONTGOMERY J. Making a city: Urbanity, vitality and urban design [J]. Journal of urban design, 1998, 3 (1) : 93-116.
- [13] RATTI C, FRENCHMAN D, PULSELLI R M, et al. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis [J]. Environment and planning B: Planning and design, 2006, 33 (5) : 727-748.
- [14] LONG Y, THILL J-C. Combining smart card data and household travel survey to analyze jobs-housing relationships in Beijing [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2015, 53: 19-35.
- [15] HILLIER B. Space is the machine: a configurational theory of architecture [M]. Space Syntax, 2007.
- [16] SARKAR C, WEBSTER C, PRYOR M, et al. Exploring associations between urban green, street design and walking: Results from the Greater London boroughs [J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 143: 112-125.
- [17] SEVTSUK A, MEKONEN M. Urban network analysis [J]. Revue internationale de géomatique-n, 2012, 287: 305.
- [18] SHEN Y, KARIMI K. Urban function connectivity: Characterisation of functional urban streets with social media check-in data [J]. Cities, 2016, 55: 9-21.
- [19] KLING F, POZDNOUKHOV A. When a city tells a story: urban topic analysis; proceedings of the Proceedings of the 20th international conference on advances in geographic information systems, F, 2012 [C].
- [20] DE NADAI M, STAIANO J, LARCHER R, et al. The death and life of great Italian cities: a mobile phone data perspective; proceedings of the Proceedings of the 25th international conference on world wide web, F, 2016 [C].
- [21] YING J J-C, KUO W-N, TSENG V S, et al. Mining user check-in behavior with a random walk for urban point-of-interest recommendations [J]. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 2014, 5 (3) : 1-26.
- [22] YUAN J, ZHENG Y, XIE X. Discovering regions of different functions in a city using human mobility and POIs; proceedings of the Proceedings of the 18th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, F, 2012 [C].
- [23] SHI Y, TAO T, CAO X, et al. The association between spatial attributes and neighborhood characteristics based on Meituan take-out data: Evidence from Shanghai business circles [J]. Journal of Retailing and Consumer Services, 2021, 58: 102302.
- [24] 龙瀛, 周垠. 街道活力的量化评价及影响因素分析——以成都为例 [J]. 新建筑, 2016 (1) : 52-57.
- [25] 叶宇, 黄, 张灵珠. 多源数据与深度学习支持下的人本都市设计: 以上海苏州河两岸城市绿道规划研究为例 [J]. 风景园林, 2021, 28 (1) : 39-45.
- [26] 盛强, 方可. 基于多源数据空间句法分析的数字化都市设计——以武汉三阳路城市更新项目为例 [J]. 国际城市规划, 2018, 33 (1) : 52-59.
- [27] 古恒宇, 黄铎, 沈体雁, et al. 多源城市数据驱动下都市设计中的空间句法模型校核及应用研究 [J]. 规划师, 2019, 35 (5) : 67-73.
- [28] 蒋应红, 姚立成, 候鹏, et al. 多源数据支持下都市高架桥下空间更新策略研判——以上海为例 [J]. 城市建筑, 2023, 20 (6) : 19-23, 79.
- [29] 刘超, 陈树熙, 黄芷仪, et al. 多源数据支持的都市更新潜力评价研究 [J]. 世界建筑, 2023 (7) : 18-19.
- [30] 盛强, 杨滔, 刘宁. 空间句法与多源新数据结合的基础研究与项目应用案例 [J]. 时代建筑, 2017 (5) : 38-43.
- [31] 王伟强, 马晓娇. 基于多源数据的滨水公共空间活力评价研究——以黄浦江滨水区为例 [J]. 城市规划学刊, 2020 (1) : 48-56.
- [32] 杨俊宴, 吴浩, 郑屹. 基于多源大数据的城市街道可步行性空间特征及优化策略研究——以南京市中心城区为例 [J]. 国际城市规划, 2019, 34 (5) : 33-42.
- [33] CHIARADIA A, COOPER C, WEDDERBURN M. Network geography and accessibility; proceedings of the Proceedings of 12th Transport Practitioners' Meeting, F, 2014 [C]. PTRC London.
- [34] DE GROOT R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes [J]. Landscape and urban planning, 2006, 75 (3-4) : 175-186.
- [35] LIU X, LONG Y. Automated identification and characterization of parcels with OpenStreetMap and points of interest [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2016, 43 (2) : 341-360.
- [36] KANG S C, Y, LIU, Y, YE, Y. Urbanpedia as an exploration to Identifying the common features of pedestrian-friendly districts: A quantitative morphological approach. [Z]. THE INTERNATIONAL SEMINAR ON URBAN FORM (ISUF2023), 2023.