



URBAN ENVIRONMENT DESIGN

学术

150
2024/08

城市环境设计

学术

计算性设计赋能人居环境建设——理论·方法·应用

Computational Design in Human Environment Construction — Theories, Methods, and Applications



计算性设计赋能人居环境建设——理论·方法·应用

Computational Design in Human Environment Construction —

Theories, Methods, and Applications

150
2024/08

ISSN 1672-9080



URBAN ENVIRONMENT DESIGN

城市环境设计

坚持 专业·时尚路线

关注 中国建筑·中国建筑师

报道 人物·作品·思想



线下购买

群鸟书店
方所书店·北京店
方所书店·广州店
方所书店·成都店
先锋书店·五台山总店
先锋书店·颐和书店
先锋书店·骏惠书屋
先锋书店·诗人之家
先锋书店·碧山书局
先锋书店·云夕图书馆
先锋书店·陈家铺平民书局
先锋书店·霞地水田书店
先锋书店·沙溪白族书局
先锋书店·汤山矿坑书店
先锋书店·园博园简仓书店
先锋书店·西南联大先锋书店
先锋书店·天下粮仓书店
单向空间·北京东风店
单向空间·广东佛山店
单向空间·杭州乐堤港店
单向空间·北京檀谷店
单向空间·良渚大谷仓店
普禾书吧·沈阳店

上海市徐汇区云锦路300-2号
北京市海淀区五棵松万达2层
广东省广州市天河区天河路383号太古汇MU35号
四川省成都市锦江区中纱帽街8号成都太古里M68-70号
江苏省南京市鼓楼区华侨路街道广州路173号
江苏省南京市鼓楼区宁海路街道江苏路39号
江苏省南京市秦淮区夫子庙街道老门东边营2号
江苏省南京市鼓楼区华侨路街道广州路189号民防大厦1005室
安徽省滁州市琅琊镇碧山村启泰堂
浙江省杭州市桐庐县荪山畲族乡新丰民族村戴家山7号
浙江省丽水市松阳县四都乡陈家铺村文化礼堂
福建省屏南县屏城乡厦地村120号
云南省大理白族自治州剑川县沙溪镇北龙村粮库
江苏省南京市江宁区汤山街道美泉路11号汤山矿坑公园
江苏省南京市江宁区汤山街道圣湖路8号
云南省红河哈尼族彝族自治州蒙自市南湖南路18号南湖公园内
广东省江门市开平塘口镇塘西路6号
北京市朝阳区驼房营南里甲6号东风艺术区北院4-1
广东省佛山市顺德区北滘镇怡和路6号美的青春+F座2层
浙江省杭州市拱墅区丽水路58号远洋乐堤港B区2楼
北京市门头沟区京潭中路7号院1号楼
浙江省杭州市余杭区良渚街道玉鸟流苏苑1-101-1
辽宁省沈阳市浑南区浑南东路金地琥珀A区

征订热线 024-23280035



购买链接



官方公众号

国际标准刊号: ISSN 1672-9080
国内统一刊号: CN21-1508/TU

邮发代码: 8-575
刊数: 全年6期(双月刊)

国内统一价: 176.00元/期; 1056.00元/年
联系人: 沈子臣

学术

计算性设计赋能人居环境建设——理论·方法·应用

Computational Design in Human Environment Construction — Theories, Methods, and Applications

150
2024/08

目录

Contents

计算性设计理论 Computational Design Theory	204	环境 - 行为计算在城市与建筑设计中的应用 / 杨阳 高媛媛 孙澄 *	Application of Environmental-behavioral Computing in Urban and Architectural Design / YANG Yang, GAO Yuanyuan, SUN Cheng*
	210	基于形态发生的算法模型及其在建筑形体生成设计中的应用研究 / 张烨 李承垣 许蓁 *	Research on Morphogenesis-based Algorithmic Models and Their Application in the Design of Architectural Form Generation / ZHANG Ye, LI Chengyuan, XU Zhen*
	217	现代设计中形式的祛魅与复魅——建筑学发展中的形式分析和形式生成 / 陈立维 许蓁 * 郑越 张烨	Disenchantment and Re-enchantment of Form in Modern Design—Form Analysis and Form Generation in the Development of Architecture / CHEN Liwei, XU Zhen*, ZHENG Yue, ZHANG Ye
计算性设计方法 Computational Design Method	223	基于小样本学习的传统村落形态分类研究——以江苏省传统村落为例 / 朱雪融 王笑 唐芃 *	Research on Classification of Traditional Village Morphology Based on Few-shot Learning—A Case Study of Traditional Villages in Jiangsu Province / ZHU Xuerong, WANG Xiao, TANG Peng*
	230	基于变分自编码器的村镇形态分析与生成 / 张笑凡 史珈溪 华好 * 唐芃	Analysis and Generative Design of Spatial Pattern of Villages Based on Variational AutoEncoder / ZHANG Xiaofan, SHI Jiaxi, HUA Hao*, TANG Peng
	234	基于 GAN 的住宅室内自然通风即时预测方法研究 / 石泽威 黄辰宇 姚佳伟 *	A Study on Real-time Prediction of Residential Indoor Natural Ventilation Based on GAN / SHI Zewei, HUANG Chenyu, YAO Jiawei*
计算性设计分析与评估 Computational Design Analysis and Assessment	239	多源数据驱动的城市空间评价与更新策略——以郯城县为例 / 洪齐远 李岚清 龙瀛 * 唐燕 王飞 卢治凭 赵晓明	Multi-source Data Driven Urban Spatial Assessment and Renewal Strategy—A Case Study of Tancheng / HONG Qiyuan, LI Lanqing, LONG Ying*, Tang Yan, WANG Fei, LU Zhiping, ZHAO Xiaoming
	246	城与乡, 距与流——数字经济时代理发店空间分布逻辑研究 / 许泽阳 盛强 *	Urban and Rural, Distance and Flow—The Spatial Distribution Logic of Barbershops in the Digital Economy / XU Zeyang, SHENG Qiang*
	252	北京市儿童热健康风险评估及规划响应 / 艾合麦提·那麦提 曾坚 * 宋苑震	Assessment of Heat Health Risks and Planning Responses for Children in Beijing / Aihenaiti Namaiti, ZENG Jian*, SONG Yuanzhen
	257	面向线上线下社区生活圈的商业供需配置与优化 / 王睿 柯玲虹 周雯珮 张赫 * 曹舒仪	Research on morphogenesis-based algorithmic models and their application in the design of architectural form generation / WANG Rui, KE Linghong, ZHOU Wenpei, ZHANG He*, CAO Shuyi
	264	京津冀城市群高速公路建设对区域经济发展的影响研究 / 金丽国 张桢 黄凌翔 * 黎睿晓	Study on the impact of expressway construction on regional economic development in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration / JIN Liguo, ZHANG Zhen, HUANG Lingxiang*, LI Ruixiao

多源数据驱动的城市空间评价与更新策略

——以郯城县为例

Multi-source Data Driven Urban Spatial Assessment and Renewal Strategy

—A Case Study of Tancheng

洪齐远

李岚清

龙瀛*

唐燕

王飞

卢治凭

赵晓明

HONG Qiyuan

LI Lanqing

LONG Ying*

TANG Yan

WANG Fei

LU Zhiping

ZHAO Xiaoming

文章编号： 1672-9080(2024)08-0239-07

DOI： 10.19974/j.cnki.CN21-1508/
TU.2024.08.0239

中图分类号： TU981

文献标志码： A

收稿日期： 2024-03-02

修回日期： 2024-06-13

基金项目： 清华大学(建筑学院)-临沂城市建设投资集团有限公司建筑全生命周期品质管理联合研究中心项目：“城市空间评价与更新发展整合优化方法研究”，课题编号 2022-A3

作者简介

洪齐远 女，清华大学建筑学院在读博士，主要研究方向为居住区空间质量评价。E-mail：quen.hongqy@outlook.com

李岚清 男，清华大学建筑学院在读博士，主要研究方向为租赁住房投融资。E-mail：llq.lan@foxmail.com

龙瀛 博士，男，清华大学建筑学院院长聘副教授、博士生导师，主要研究方向为城乡规划技术科学。E-mail：ylong@tsinghua.edu.cn

唐燕 博士，女，清华大学建筑学院院长聘教授、博士生导师，主要研究方向为城市设计、城市更新、规划设计与城乡治理。E-mail：yantang@tsinghua.edu.cn

王飞 男，郯城县人民政府县委常委，主要研究方向为城乡规划与设计。E-mail：13791506991@163.com

卢治凭 男，临沂铁路建设投资集团有限公司董事长，主要研究方向为城乡规划与设计。E-mail：13953997799@163.com

赵晓明 男，临沂城市建设投资集团有限公司董事，主要研究方向为城乡规划与设计。E-mail：601608053@qq.com

摘要：基于空间评价与问题诊断推进城市更新与存量规划的过程中，数据的质量和准确性会直接影响空间评价结果与规划设计方向，因此数据的获取和利用方法至关重要。传统城市空间评价使用的调研与访谈等数据获取方式，成本较高，依赖主观判断；而使用开放大数据则在匹配度、时效性等方面存在不足，因此本文重在探索新兴主动感知技术与大数据搜集、传统城市更新调查方法相结合的多源数据获取方式与空间评价路径。以山东省郯城县中心城区更新项目为例，为支持城市更新相关策略制定与实践开展，结合主动感知街景与开放遥感图像等高精度、高覆盖度的新数据，通过人工智能方法识别城市空间现状特征，构建空间评价指标体系，诊断城市空间问题；同时利用传统调研方法了解现状与更新诉求。本文为空间优化导向的城市更新构建起“数据采集——数据库构建——空间评价——更新策略生成”的系统研究路径，为城市空间评价与更新实践开展提供工作方法参考。

Abstract: In the process of advancing urban renewal and stock planning through spatial assessment and problem diagnosis, the quality and accuracy of data directly impact the outcomes of spatial evaluations and the direction of planning and design, thus making the methods of data acquisition and utilization crucial. Traditional urban spatial assessment methods, such as surveys and interviews, are costly and depend heavily on subjective judgments; meanwhile, the use of open big data often lacks in terms of applicability and timeliness. This paper focuses on exploring a multi-source data acquisition approach that integrates emerging proactive sensing technologies and big data collection with conventional urban renewal survey methods. Taking the central urban area renewal project in Tancheng County, Shandong Province as an example, to support the formulation and execution of related urban renewal strategies and practices, it combines new, high-precision, and extensive coverage data sources like proactive sensing street views and open remote sensing images. By using artificial intelligence methods, it identifies the current characteristics of urban spaces, constructs a spatial assessment indicator system, and diagnoses urban spatial issues, while concurrently employing traditional survey methods to understand current conditions and renewal demands. This paper establishes a systematic research pathway of “data collection — database construction — spatial assessment — strategy development for renewal”, providing a methodological reference for the conduct of urban spatial evaluation and renewal practices.

关键词：主动感知技术；城市大数据；空间评价；城市更新；技术方法

Keywords: active sensing technology; urban big data; spatial assessment; urban renewal; techniques and methods

1 引言

我国城镇化进程逐步迈入减速期^[1]，城市发展由外延扩张转向内涵提升，因此国家“十四五”规划明确提出“实施城市更新行动”。

城市空间问题诊断是城市更新和规划设计的基础和重要一环^[2]，如我国近年来推行的城市体检^[3]。客观评估城市空间失序并识别具体问题，有助于识别和解决城市空间问题，

* 通信作者（Corresponding author）E-mail：ylong@tsinghua.edu.cn

促进城市人居环境高质量发展。

空间问题或空间失序，是干扰居民生活和公共活动的一种物理要素状态^[4]，已被证实会对居民的安全与健康造成显著负面影响^[5]。既往城市空间失序的测量主要依赖于实地调研和系统性社会观察（Systematic Social Observations, SSOs）^[6]。然而，这些方法存在一定局限性，如主观调查的结论可能与客观的失序程度不符，以及工作开展成本较高、空间覆盖度不足等，从而影响基于数据得出结论的可靠性。随着技术的发展，开放大数据为城市空间评估提供了新的数据源，如遥感图像、街景图像和社交媒体数据等^[7-8]，一定程度上弥补了传统方法的不足。近年来，一些学者开始探索使用主动采集技术进行空间评估，如街景图像采集和无人机遥感图像采集等^{[2][9]}，进一步弥补了大数据在数据维度和时效性等方面存在的局限。

本文以山东省郯城县中心城区更新项目为例，探索了一种创新的多源数据驱动的城市空间评价方法，通过主动感知技术采集街景图像与大数据、传统数据相结合，构建了一个相对全面的空间评估体系，并引入深度学习模型来高效识别和量化图像数据。其中，街景图像主要覆盖了沿街建筑立面和道路情况，遥感图像则补充了街区内部的信息。在综合数据分析结果基础上，研究结合传统调研方法获得的当地更新需求，识别出五类城市老旧 / 低效空间并提出空间改造策略，为郯城县的城市更新工作提供支持，也证明了该方法流程的有效性和推广使用价值。

2 相关研究

2.1 城市空间评价

城市空间评价是城市问题整治、城市更新规划编制的基础。在国际范围内，规划实施评估的方法已日趋成熟，如美国和欧洲等发达国家在联合国可持续发展目标（Sustainable Development Goals, SDG）指引下，开展了面向城市的可持续发展评估工作^[10]；英国自 2005 年起实施的规划年度监测系统，已建立了一套完整的技术方法和工作流程^[3]；在我国，住房城市建设部自 2019 年起推动城市体检工作，形成了“一年一体检、五年一评估”的工作制度^[11]。

城市空间评价主要关注公共空间和居住区域，这些空间的质量直接关系到公共活动的活力和居民的日常生活^[4]。评估城市空间失序采用的大量指标主要集中在公共空间上^[7]，而居住区域内部的空间评估则多通过住房质量

专项评估开展^[12]。在我国的城市体检中，公共空间和居住区空间质量分别从城区和街区维度，以及社区和住房层面进行综合评估。

2.2 空间评价方法和数据

空间评价采用的传统方法为调研和系统性社会观察。具体而言，包括实地观察、居民访谈、问卷调研、专家访谈，以及社区评价特有的“挡风玻璃之旅”等^[13]。通过这些方法获得的数据，结合量化模型和虚拟审计，可以得到空间评价的结果和问题诊断^[14]。然而，系统性的社会观察方法成本高、耗时长，需要大量的人力物力^[9]，也因此难以获取大规模且精细化的数据。针对这些挑战，部分研究探索了流程方法的优化，如广州市在城市体检工作中通过招募“城市体检观察员”来创新公众参与方式，扩大社会调查范围^[15]。

随着大数据和计算机技术的发展，新的数据来源为城市空间评估带来了更多可能性^[16]。例如北京市利用通信大数据、兴趣点（Points of Interest, POI）数据等网络开源数据对社区、街区治理进行评价^[17]。街景图像（Street View Images, SVIs）携带了丰富的城市建成环境信息，结合图像深度学习技术，为空间问题审计提供了新的方法^{[7][18]}。尽管如此，大数据并非针对城市研究需求量身定制，存在维度单一等不足，在空间分辨率和时效性上有时无法满足城市研究需求；在偏远乡镇，还存在数据的覆盖度有限的问题。

2.3 主动感知的数据获取技术

主动感知技术，区别于传统被动感知方式，具有高覆盖度、高灵活性、低成本等优点^[19]。在城市环境监测领域，此技术已被广泛探索和应用。例如，利用传感器对噪声和环境污染进行测量^[20-21]，使用水质监测设备

进行水体环境评估^[22]等。在城市空间评价领域，通过移动感知技术采集街景图像，已展示了高精度和低成本的优势^[2]。此外，无人机系统（UAS）在空间失序识别中展现出巨大潜力，其优于传统卫星图像的分辨率和更新速度，可以对更细粒度的要素识别提供支持^[9]。

3 方法：结合主动感知技术、开放数据、传统调研的多源数据评估方法

基于上述讨论，运用主动感知技术采集城市现状数据对于空间评估和问题诊断具有显著价值，尤其是运用移动感知系统采集街景数据进行公共空间评估；而开放数据资源，如遥感图像，具有更长时间序列，覆盖主动感知未触及的空间区域；二者共同构成高精细度、高覆盖度的新数据。与此同时，传统的调研方式如实地观察、访谈，能够深入挖掘城市更新的特定需求和深层问题。综上，本研究提出了一条由多维数据获取技术驱动的城市空间评价与更新的研究途径，其主要步骤包括数据获取、数据库构建、城市空间评价，在此基础上生成城市更新发展策略（图 1）。

3.1 数据获取

用于获取街景数据的主动感知技术依赖于装备有采集设备的移动载具，在明确的研究范围内制定详尽的采集策略。其中路线规划的核心在于实现合理且高效的覆盖，确保数据采集的双向性和全面性，并尽可能减少重复性采集，需采用混合中国邮路算法（Mixed Chinese Postman Problem, MCPP）设计路线^[23]。考虑到实验人员和感知平台的数量，研究区域需要适当分区，以实现数据的同步采集。在制定数据采集标准时，应依据实践



图 1 基于多源数据的空间评价与更新策略的技术路线

经验和当地具体条件，制定细致的规则。通常情况下，为确保视野不被其他车辆遮挡，载具应保持在最右侧车道上行驶；同时，为保证数据在空间分布的均匀性，载具应保持适宜且稳定的速度行驶，一般在 20~40km/h 范围。

3.2 数据库构建

构建数据库的基础来自城市总体规划图纸等传统数据和开放路网数据，经过人工对比核验，确保街道、地块、建成区边界等数据的精确性。其他数据则需要通过空间定位，与对应分析单元（街道或地块）相匹配，从而促进数据之间的互操作性，便于后续分析。街景数据的预处理包括格式转换和通过定时取帧的方法从采集视频中提取带有时间和位置信息的图像数据；然后删除存在位置重复的数据。为了保证自采集数据的质量和准确性，在空间定位后需要检查坐标和图像准确性：使用 ArcGIS 等 GIS 工具进行坐标可视化，完成空间定位的检查；抽取部分点位与商业街景如百度街景对比，保证坐标与图像的准确匹配。

自采集街景和公开获取的遥感数据均属于图像数据，需要提取其中空间失序相关要素，用于后续的量化分析，该过程可以通过人工智能图像识别技术实现，也可以通过人工审计完成。最终要素提取结果同样需要按照空间位置信息落位到分析单元中。

3.3 空间评价系统

虽然现有研究已经建立了多种空间失序评价标准和量表，但在特定城市环境下，仍需根据当地具体状况，如城市定位和特色等，来筛选和定制空间评价的具体内容，构建一个综合性的评价指标体系。从数据驱动的角度出发，关键在于确定哪些指标信息可以从特定类别的数据中提取，以及通过哪些分析方法能够将信息转化，从而对空间评价有价值。

基于新数据的城市空间评价分为公共空间评价和居住区内部空间评价。公共空间的失序评价以街道为基本分析单元，主要依托街景数据；而居住区内部的失序评价则以地块为基本分析单元，综合街景数据和遥感数据。通过传统调研方法和社会、经济数据的引入，进一步发掘空间问题。

4 具体实践：郯城县中心城区更新项目

本文依托“郯城县城市空间评价与更新发展整合优化方法研究”项目，根据上述方法对郯城县中心城区进行了空间失序评价和

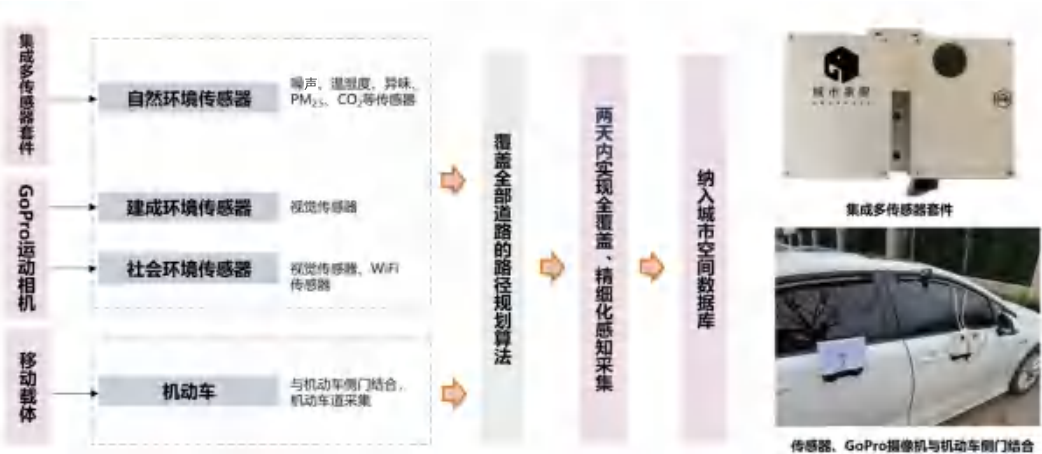


图2 主动感知采集方案

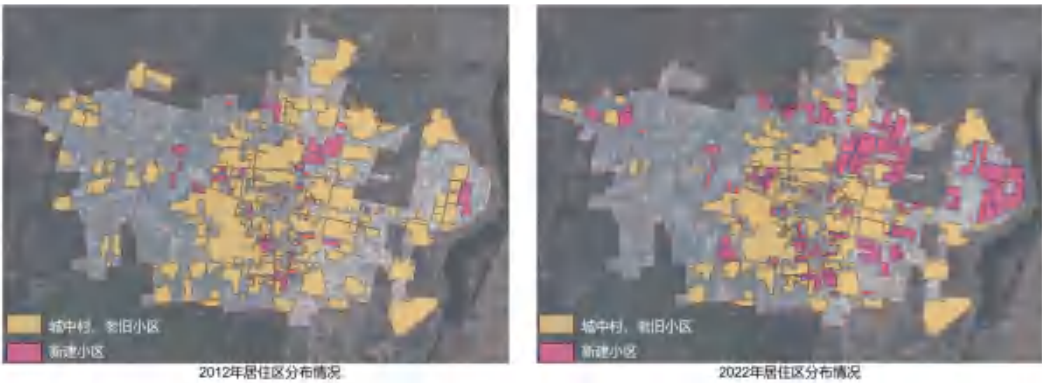


图3 居住区基础数据细化优化

问题诊断。研究以郯城县中心城区为研究范围，总面积 44.2km²。

4.1 平台搭建和采集方案

在平台搭建中，采用运动相机 GoPro 作为主要传感器，捕捉街景画面和 GPS 定位信息。此外为了构建城市空间环境数据库，搭载了集成多传感器套件，以采集包括噪声、温湿度、异味、空气污染物等在内的多维度自然环境和社会环境数据。必要的配套设备包括：储存设备、充电设备、数据读取设备等（图 2）。

数据采集时间为 2023 年 3 月 17 日至 18 日，采集路线依据郯城县空间布局的东西划分，基于混合中国邮路算法，以最少调头次数为优先原则初步设计了双向采集路线，规划采集总长度 270km，由两名研究员配合两套采集平台同步执行。

4.2 数据汇总与数据库构建

街景主动采集最终覆盖道路 253 条，总长 246km，累计采集原始视频数据 14.8h。此外，集成传感器采集到建成环境、自然环境与社会环境数据，包括温湿度、PM_{2.5}、异味和用于推测人群聚集情况的 Wi-Fi 数据，

在开放数据资源方面，从 Bitmap 网站下载最新遥感图像（2022 年 11 月），图像级别为 21 级，分辨率为 0.54m，同时获取了

过去 10 年的历史遥感数据。从高德地图获取兴趣点等数据。从 OpenStreetMap 获取地块边界和功能等数据。

通过与政府部门的座谈和调研等，获得了郯城县总体规划、“三区三线”、中心城区用地规划矢量文件等资料和实际城市工作的难点信息。

根据以上多源数据资源，成功构建郯城县基础空间数据库。经过数据交叉比较，首先修正了原始数据中准确度、覆盖度不足的部分，包括地块边界矢量数据、地块功能、建成区边界等。以利用最新自采集数据，更新了存在滞后的部分官方数据，如国土变更调查数据中的功能区划分；对公开数据中分辨率、分类精细度不足的部分，进行了细化和优化，如居住区具体分布和类别（图 3）。

对街景视频逐秒取帧，得到 40622 张图片，并分别落位于 253 条城市道路和 210 个居住区地块，用于后续的公共空间失序评价和居住区内部空间失序评价。街景图像、环境数据均通过地理坐标定位到基础地图中。

4.3 评价指标确定

使用前述方法，基于既有文献的空间失序评价体系，和郯城县的实际情况，筛选并确定了 6 个一级指标，19 个二级指标，旨在构建一个既符合理论基础又贴合郯城县实际

需求的空间失序评价指标体系（表1）。在此基础上，为了保证这些指标能够通过现有的数据资源准确提取，根据数据特性和可获取的分辨率，针对街景和遥感数据分别设定了预计提取的指标要素（图4，图5）。

4.4 指标计算

在街景识别的深度学习模型方面，使用了Chen等人所公开的预训练模型^[7]，该模型使用5000张中国街景图像训练，用于识别空间失序要素，与本研究的图像内容和目标有很高的一致性。在识别中使用了Yolov8模型，准确率阈值设为0.4，对40622张街景图片进行了识别。对于遥感图像，由于处理工作量较小，采用人工审计的方式，以地块为单元审核失序指标是否存在。

最终，公共空间单项指标得分 = 存在该指标的图片数量 / 街道总图片数量，总体公共空间失序得分 = 图像识别失序要素总数 / 街景图像总数。

居住区空间单项指标得分 = 1（存在该指标）或 0（不存在该指标），总体居住区空间失序得分 = (街景图像指标数 / 指标总数) × (图像识别失序要素总数 / 街景图像总数) + (遥感图像指标数 / 指标总数) × (图像识别失序要素类别总数 / 失序类别总数)。

5 空间评价结果

5.1 基于新数据的城市空间评价结果

如表2、图6所示，在公共空间失序维度上，郯城县中心城区平均得分为0.285，低于全国平均值0.213（得分范围为0~1，得分越低代表失序情况越少）^[7]，城市中心区比边缘区失序情况严重，城中村周边空间品质较差。其中，铺面空置及出售是占比最多的失序要素（33.9%）。

如表3、图7所示，居住区内部空间失序维度，从遥感图像中识别占比最多的地块内部空间问题是私搭乱建（50.48%）。郯城县中心城区平均得分：0.251。

基于空间失序结果，结合地块功能分别识别出郯城县中心城区“五旧”空间：老旧小区、城中村、老旧商办、老旧厂房、老旧公共空间（图8）。“五旧”的问题包括：老旧小区环境老旧、基础配套不足。城中村低层以2至4层为主，违建问题显著，建筑质量与风貌差，严重影响城市空间品质。中心城区商业设施交通拥挤、功能衰退，低品质商业在城郊聚集。工厂用地面积大，土地粗放，部分工厂闲置。小型工厂与低品质商业混杂。公共活动空间面积不足，开放性差，空间品

表 1 郯城县空间失序评价指标体系

一级指标	二级指标	来源数据	参考文献
建筑	废弃建筑 (abandoned building)	街景	Quinn et al., 2016
	外墙受损的建筑物 (buildings with damaged facades)	街景	Grubestic et al., 2018
	外墙脏乱的建筑物 (buildings with unkempt facades)	街景	Grubestic et al., 2018
	涂鸦 (graffiti)	街景	Hoebenet al., 2016
	违规广告 (illegal ads)	街景	Hoebenet al., 2016
商业	私搭乱建 (illegal/temporary buildings)	街景、遥感图像	Chen et al., 2022
	招牌破损的商店 (stores with poor signboards)	街景	Chen et al., 2022
	外墙破损的商店 (stores with poor facades)	街景	Chen et al., 2022
	空置的商店 (vacant and pending stores)	街景	Choi et al., 2021
道路地面	破损的道路 (broken roads)	街景、遥感图像	Allen, 2013
	个人物品侵占道路 (roads stacked with personal belongings)	街景、遥感图像	Chen et al., 2022
	未硬化的道路 / 地面 (unhardened roads/ground)	街景、遥感图像	Wang et al., 2023
环境绿化	垃圾 (garbage/litter)	街景、遥感图像	Bader et al., 2017
	杂乱和未维护的绿化 (messy and unmaintained greening)	街景、遥感图像	Chen et al., 2022
基础设施	基础设施损坏 (roads stacked with personal belongings)	街景、遥感图像	Chen et al., 2022
	公共界面破坏 (damaged public interface)	街景、遥感图像	Chen et al., 2022
	围墙围栏破损 (construction fence remnant)	街景	Chen et al., 2022
其他	空地 (vacant lots)	遥感图像	Cannon et al., 2023
	院子维护情况 (yard conditions)	遥感图像	Plascak et al., 2020



图 4 基于街景图像的失序指标获取

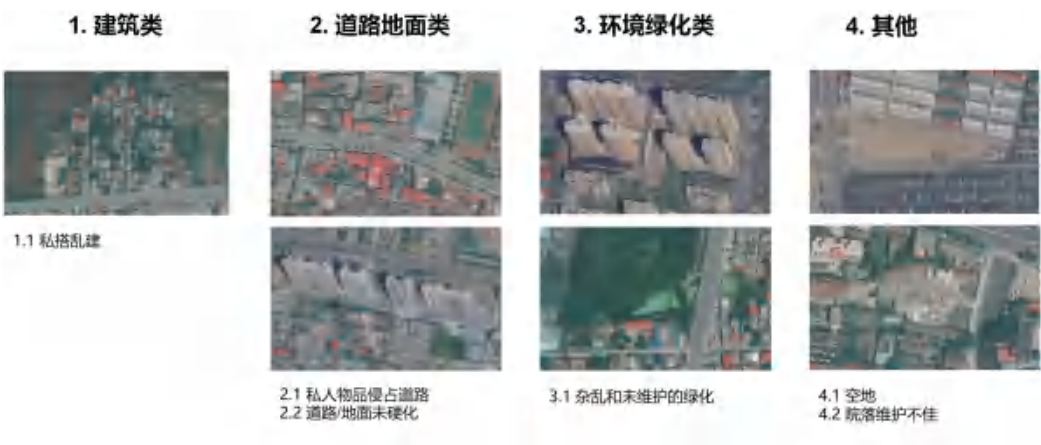


图 5 基于遥感图像的失序指标获取

质有待提升。总体空间分布上，空间失序问题主要出现在城中村、自建房区域。西部城区比东部城区空间失序情况较严重，新建东北片区评估结果良好。

5.2 基于传统调研方法的问题识别

传统的城市更新调研分析方法包括实地调查、部门走访、统计数据分析等。分析得出的主要问题如下。

（1）空间上，半城半乡风貌显著，城中村改造任务重难度大。根据2020年第七次人口普查结果，郯城县的城镇化率只有36.85%，低于“六普”，十年间基本没有推进城镇化。由于城镇化发展的欠账和建设管控的缺失，县城留存下了64个城中村，县中心城区居住用地27.65km²中的城中村有10.82km²，占比近四成，使得城乡杂糅现象十分明显，老城区亦城亦乡，现代楼宇、老旧小区、宅基地平房等交错分布（图9）。

在增量土地指标约束的情形下，郯城县的发展只能转向存量更新（图10）。近年来，郯城县的城中村改造面临着较大困难，一是城中村人均住房建筑面积高，安置成本较高，为资金投入与筹措带来压力。二是部分城中村遗留久远，经济发展抬高了被拆迁户的心理预期和补偿要求，使得征地拆迁难上加难。三是由于近年经济形势，安置房的建设进度较慢，使政府公信力有所折扣，影响了居民拆迁意愿。

（2）财政上，拆除重建主导城市更新方式财政不可持续。城市更新可以划分为投资和运营两个阶段。要满足城市更新的财政可持续，需要在两个阶段均实现收入大于支出^[24-25]。我国的财政划分为“四本账”，下文以郯城县财政收入支出现实为基础，分析城市更新的财务困境。

投资阶段的财务指标及相关趋势如图11所示，2022年以来，由于宏观经济和房地产行业形势严峻，土地出让收入下降，且需要调出补足一般公共预算收入，投资阶段的收入已经无法覆盖征迁等相关支出，郯城县主要依靠专项债进行支撑。

运营阶段考虑的指标及趋势如图12所示，税收收入与城市运营支出差距较大，主要依靠上级一般转移支付收入和土地出让收入调入资金来覆盖。特别是自2020年以后，郯城县通过土地出让收入覆盖城市运营支出的趋势明显。“转移性支付收入/城市运营收入”自2017年的48%上升至2022年的76%，说明郯城县的运营越发依赖上级政府和土地出让的支持，培育壮大本地税基税源

表 2 街景图像识别结果

一级指标	二级指标	存在指标街景点数量	指标占失序问题比例
建筑	建筑废弃拆除	455	3.5%
	建筑立面破损	5	0.04%
	私搭乱建	746	5.7%
	建筑立面涂鸦、小广告	178	1.4%
	建筑立面污损	350	2.7%
	建筑类总计	—	13.3%
商业	店面招牌污损破损	152	1.2%
	铺面污损	483	3.7%
	铺面空置及出售	4408	33.9%
	商业类总计	—	38.7%
道路地面	路面破损	644	5.0%
	垃圾堆放	68	0.5%
	私人物品侵占道路	1388	10.7%
	道路地面类总计	—	16.1%
环境绿化	杂乱和未维护绿化	1462	11.2%
	环境绿化类总计	—	11.2%
基础设施	围墙围栏破损	958	7.4%
	公共界面损坏	607	4.7%
	基础设施破损	1112	8.5%
	基础设施类总计	—	20.7%



图 6 公共空间失序评价结果

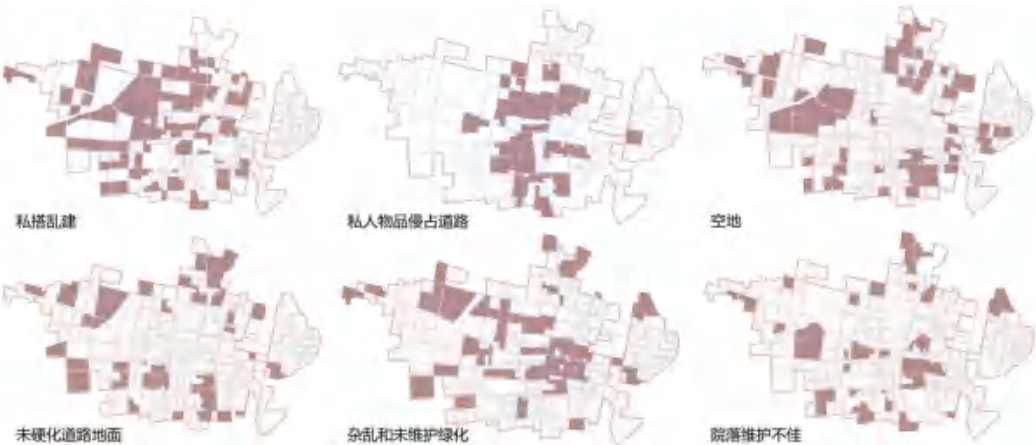


图 7 住宅区空间失序分布

表 3 遥感图像识别结果

一级指标	二级指标	存在指标街景点数量	存在指标街景点比例
建筑	私搭乱建	106	50.48%
道路地面	私人物品侵占道路	50	23.81%
	未硬化道路地面	21	10.00%
环境绿化	杂乱和未维护绿化	41	19.52%
其他	空地	37	17.62%
	院落维护不佳	28	13.33%

的任务十分艰巨。

6 更新实施路径

6.1 明确空间规划目标与分类指引要求

基于多源数据能够识别出不同类型的待更新空间，在此基础上能够进行制定针对性的更新工作指引，以解决空间问题。基于识别出的“五老”空间，本文提出以下空间规划目标：对于老旧小区，一方面要补足老旧小区功能短板，分期构建完整社区，逐步实现15分钟生活圈全覆盖；另一方面要挖掘可赢利的存量资源，积极引入社会资本，实现老旧小区改造的“微利可持续”。对于城中村，改造需要“留改拆”结合，少量的重点项目实行拆除重建，服务城市重大功能片区建设，改善城市风貌。更多的城中村则需要引导居民自我更新。对于老旧商办，一方面要合理布局商业业态、道路、停车空间，另一方面

以城市更新的方式创造出更多促进消费的空间。对于老旧厂房，要提高土地集约程度，推动产业升级。根据产业政策进行生产力布局，建设标准化工业厂房，升级配套设施，打造更高水平的工业集聚区，逐步解决违法建设、安全生产、消防隐患、环境污染等问题。对于老旧公共空间，一方面要适当增加公共空间数量、面积和覆盖程度，增强蓝绿空间开放性，提升城市宜居度；另一方面要提升公共空间的现金流捕捉能力，提升公共空间功能复合性。例如将蓝绿空间与商业空间结合规划，引入社会资本参与公共空间运维，通过商业活动覆盖维护成本。“五旧”空间涉及的空间分类引导内容如表4所示。

6.2 推动居民自我实施物业更新，降低政府单一财政投入

面对城市财务状况困难的现实，不能够再延续既往的大规模拆建路径，需要依靠居

民实现城中村的自我改建。第一，转变更新思想，政府不再大包大揽进行物业更新，也不再进行“拆除重建”式的片区更新，而是“留改拆”相结合的方式，实现空间的综合整治和品质提升。第二，政府可以提供容积率、低息贷款等政策支持。银行开发针对居民的贷款产品，鼓励业主自我更新。第三，政府可以列出城中村改造中和居民结合的相关技术支持企业名单，在更新规划、设计指导、施工等方面提供支持。第四，形成“居民—社区—政府—市场主体”的更新协作机制，解决自我更新物业过程中的一系列政策、法规、相邻关系等问题。第五，形成与居民自我更新相适应的新审批机制，简化物业更新项目的审批流程，减少行政手续和时间成本。第六，建立示范项目。城中村自我改造的带动作用极强，要通过展示成功的物业更新案例，激发其他居民的参与热情。



图8 五类老旧空间识别结果



图9 郾城中心城区城中村鸟瞰

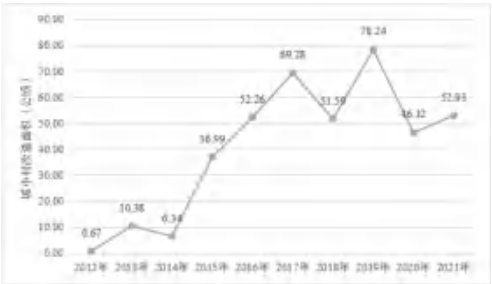


图10 近年城中村拆除面积



图11 投资阶段的财务指标

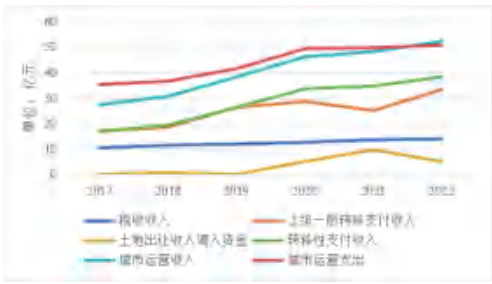


图12 运营阶段的财务指标

表4 “五旧”空间的分类引导

组成	老旧小区	城中村	老旧商办	老旧厂房	老旧公共空间
主体	政府	政府；开发主体	物业权利人；开发主体	物业权利人；政府；开发主体	政府；公众；社会组织；专业团队
资金	以政府财政资金为主，引导社会资本参与更新改造	以政府财政资金为主，引导社会资本参与	自筹资金；企业融资（贷款）	以产权人自主更新为主；政府资金	以政府财政资金为主，引导物业权利人出资改造
空间	以空间改造为主，不涉及规划指标调整	按新用途变更用地性质及规划指标，或不调整规划指标	按新用途变更用地性质及规划指标，或变更规划指标，不调整规划指标	按新用途变更用地性质及规划指标，或变更规划指标，不调整规划指标	以空间改造为主，不涉及规划指标调整
运维	物业	开发主体	物业权利人；第三方运营平台	物业权利人；第三方运营平台	主要由物业后续接手运营维护

6.3 以新技术适时评估更新实施状况

城市空间评价与问题诊断是规划编制的基础，而长期的空间监测可以反馈更新的实施效果，并对城市长期治理产生正向作用。主动感知技术低成本、高效率，而大数据定期维护更新、易获取，使得这种长期的监测成为可能。通过定期采集中心城区街景数据，可以获得①城中村的腾退进展；②老旧小区的空间品质提升情况；③其他老旧空间的功能变更情况和空间改造情况；④违法空间活动信息。以此加强规划实施过程中的管理与引导，监测各个项目的推动速度和进程，及时发现实施问题并介入解决。

7 结论与讨论

本文聚焦数据驱动的城市空间评价及更新策略，纳入了一种主动感知的技术获取自采集数据，并将之与公开的大数据资源及传统数据相结合，为以空间优化为导向的城市更新与设计构建了包括“数据获取、数据库构建、城市空间评价、更新发展策略”的完整研究路径。

针对所提出的方法，本文识别了其多项优势与局限性。首先，该方法扩大了数据的空间覆盖范围和可评价维度。相较于完全依赖街景图像的空间评价方法，本研究创新地整合了遥感数据，以揭示区块内部的空间失序元素，包括更多地面维度的问题，实现了空间的深度覆盖，增加了问题评价的维度^[26]。

其次，该方法展现了高效率与多线程并行处理的优势。在有限的时间（两天）内，同时完成了郾城县中心城区的数据主动采集、传统调研、访谈及数据整合工作，并结合了图像识别的方法，显著提升了时间效率，从而有效降低了人力、交通成本。

该方法对城市更新的支持是深度、长期的。综合多源数据的空间评价方法可以识别房屋高度、建筑功能、违建状况等，能够从空间的角度评估更新的难度，进而支撑城市更新片区更新时序的划定。更进一步，该方法的高效率和低成本提供了定期采集与长期监测城市更新的实施的可能性，为长期规划提供了支撑。

然而，该方法也存在一定局限性，特别

是在数据维度方面，部分数据的分辨率受限于原始采集设备的能力。遥感图像的分辨率（0.54m）限制了某些失序指标（如地面垃圾、道路损坏）通过图像识别的可能。此外，基于遥感图像的失序识别在本研究中通过人工审计完成，相比于模型识别，时间成本更高。

基于当前研究框架，未来的研究方法值得进一步探索。一方面，未来研究可考虑采用无人机进行广域扫描^[9]，以获得更高分辨率的影像资料，从而支持对细微失序要素的更精确识别。另一方面，未来在更大范围内的城市空间评价工作中，可以通过深度学习模型训练，使用人工智能图像技术优化遥感图像失序要素识别步骤，以进一步降低成本并提升研究和实践的效率。

致谢：感谢清华大学（建筑学院）- 临沂城市建设投资集团有限公司建筑全生命期品质管理联合研究中心的项目支持（“城市空间评价与更新发展整合优化方法研究”，课题编号 2022-A3）。

图片来源

文中图片均为作者拍摄或自绘。

参考文献

[1] 国家统计局．中华人民共和国 2023 年国民经济和社会发展统计公报 [R].(2024-0229)[2024-02-29].https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202402/content_6934935.htm.

[2] 王新宇，李彦，李伟健，等．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 [J]. 国际城市规划，2024, 39(1): 21-29.

[3] 单卓然，安月辉，袁满，等．中国与英国城市体检评估工作的对比解析及政策建议 [J]. 规划师，2022,38 (3): 53-60.

[4] SKOGAN W G. Disorder and Decline: Crime and the Spiral of Decay in American Cities[M]. New York: The Free Press, 1990.

[5] BURDETTE A M, HILL T D. An Examination of Processes Linking Perceived Neighborhood Disorder and Obesity[J]. Social Science & Medicine, 2008, 67(1): 38-46.

[6] SAMPSON R J, RAUDENBUSH S W. Systematic Social Observation of Public Spaces: A New Look at Disorder in Urban Neighborhoods[J]. American Journal of Sociology, 1999, 105(3): 603-651.

[7] 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.

[8] 龙瀛，罗子昕，茅明睿．新数据在城市规划与研究中的应用进展 [J]. 城市与区域规划研究，2018, 10(3): 85-103.

[9] GRUBESIC T H, WALLACE D, CHAMBERLAIN A W, et al. Using Unmanned Aerial Systems (UAS) for Remotely Sensing Physical Disorder in Neighborhoods[J]. Landscape and Urban Planning, 2018, 169: 148-159.

[10] 王江磊．美国和欧洲城市可持续发展报告分析与启示 [J]. 北京规划建设，2020, (4): 124-128.

[11] 张乐敏，张若曦，黄宇轩，等．面向完整社区的城市体检评估指标体系构建与实践 [J]. 规划师，2022,38 (03): 45-52.

[12] 赵慧敏，龙瀛．中国居住区外观空间质量指标体系构建及其平顶山应用研究 [J]. 城市设计，2022, (02): 48-55. doi:10.16513/j.urbandesign.2022.02.006.

[13] ENG E, BLANCHARD L. Action-oriented Community Diagnosis: A Health Education Tool[J]. International Quarterly of Community Health Education, 1990, 11(2): 93-110.

[14] ALEXANDER C. A pattern language: towns, buildings, construction[M]. Cambridge: Oxford university press,1977.

[15] 石晓冬，杨明，金忠民，等．更有效的城市体检评估 [J]. 城市规划，202044(3): 65-73.

[16] 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.

[17] 龙瀛，张昭希，李派，等．北京西城区城市区域体检关键技术研究与实践 [J]. 北京规划建设，2019, (增刊 2): 180-188.

[18] ZHANG F, ZHOU B L, 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. doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.08.020.

[19] 李一来，李超．主动感知技术在城市化建设设计中的应用研究 [J]. 中国设备工程，2023(23): 203-205.

[20] CLARK S N, ALLI A S, EZZATI M, et al. Spatial modelling and inequalities of environmental noise in accra, ghana[J]. Environmental Research, 2022, 214: 113932.

[21] Can A, Van Renterghem T, Botteldooren D. Exploring the Use of Mobile Sensors for Noise and Black Carbon Measurements in an Urban Environment[C]//Acoustics 2012 Nantes Conference (Joint Meeting: 11th Congrès Français d'Acoustique and 2012 IOA Annual Meeting), 2012: 1543-1548.

[22] 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.

[23] MINIEKA E. The Chinese Postman Problem for Mixed Networks[J]. Management Science, 1979, 25(7): 643-648.

[24] 赵燕菁．城市化 2.0 与规划转型——一个两阶段模型的解释 [J]. 城市规划，2017, 41(03): 84-93+116.

[25] 赵燕菁，宋涛．城市更新的财务平衡分析——模式与实践 [J]. 城市规划，2021, 45(09): 53-61.

[26] QUINN J W, MOONEY S J, SHEEHAN D M, et al. Neighborhood Physical Disorder in New York City[J]. Journal of Maps, 2016, 12(1): 53-60.