

# 基于新数据的中国人居环境质量监测： 指标体系与典型案例

龙瀛<sup>1,2</sup> 李苗裔<sup>3,4,5,\*</sup> 李晶<sup>1</sup> (1. 清华大学 建筑学院,北京,100084; 2. 清华大学恒隆  
房地产研究中心,北京,100084;3. 福州大学 建筑学院,福建 福州, 350116;4. 福州大学 金泽大学空间规划  
与可持续发展功际联合实验室,福州 350116;5. 数字空间规划大数据研究所,福建 福州,350116)

**【摘要】**传统的城市人居环境相关指标体系及其计算方法在更新速度、精度、准确度等方面存在不足,难以满足日益增长的精细化管理需求。新数据、新方法的出现给传统人居环境监测指标体系的更新及演替带来机遇。基于大数据和开放数据构成的新数据环境对中国人居环境监测的支持性进行了客观分析,并提出新数据环境下人居环境监测指标体系的构建方法,首先指标筛选或设计要遵循“体系完整性、可量化性、以人为本、数据兼容性”四大原则,其次对指标的数据来源和评估方法进行了分类例举,最后构建了一套中国人居环境监测的指标体系作为参考。

**【关键词】**大数据;开放数据;城市系统;人居环境;环境监测

**【中图分类号】**TU984 **【文献标识码】**A

## 0 引言

快速城市化,在带来人口集聚、财富集中等机遇的同时,也使城市面临环境污染、交通拥堵、公共产品和服务供给不足、生态受损等挑战<sup>[1]</sup>,直接影响了居民的健康发展和生活环境品质的提升<sup>[2]</sup>。为了应对城市理论研究和建设缺乏综合性的问题,18世纪五、六十年代,希腊学者 C. A. Doixoids(道萨迪亚斯)提出“人类聚居学”(Eiksites)的新概念,吴良镛院士将其定义为人居环境科学,系统性探讨城乡发展规律,指导城乡建设活动,提升城市质量<sup>[1]</sup>。2016年10月,第三届联合国住房和城市可持续发展大会(“人居三”)举办,发布了《新城市议程》,共同探讨全球快速城镇化面临的挑战和解决方案,致力于建设人人共享的可持续城市和人居住环境。在城镇化进程中,人类住区(人居环境)的提升成为全球城市共同的追求。我国作为世界上城镇化速度最快的国家,近年来,关于人居环境的研究越来越受到重视。从人居环境理论研究<sup>[1,3,4]</sup>,到城市人居

环境特征分析<sup>[5,6]</sup>,到城市规划实践和成效评价<sup>[7,8]</sup>,再到空间环境特征与社会和人的行为的关系研究<sup>[9,10]</sup>等,建筑学、地理学、社会学等多学科融合,各机构和学者对人居环境的内涵认知不断细化,研究视角不断拓展,评价分析方法也不断深入。其中,人居环境监测作为城市人居环境管理提升的基本步骤,是人居环境研究的重要领域之一。有效的监测,必须筛选合适的指标,研究指标与发展状况的关系,通过指标表征发展状态、分析发展问题、判断发展趋势,进而提升管理水平<sup>[11-12]</sup>。因此,构建特定指标体系、科学监测人居环境发展状态和趋势是深入认知城市发展规律、支撑规划决策的有效手段。

目前,我国人居环境监测的指标数据主要来自住房和城乡建设部编撰的《城市建设统计年鉴》和《城乡建设统计年鉴》,以及环境公报等基于城市(县城)和村镇进行的建设统计和环境监测评估<sup>[5,13-14]</sup>。然而,面对日益增长的城市认知需求,这种传统的统计数据来源在运行和绩效方面存在若干局限性。一是数据覆盖面受限。很多表征意义较好的指标由于缺乏相关统计而不得不放弃使用,造成监测绩效的损失。二是更新频度较低。统计年鉴、年报的特质,多为每年一版,其数据搜集方式造成了统计数据难以做到更为频繁的更新,人口

**基金项目:**住房和城乡建设部课题“基于大数据的城市建设重要指标统计研究”;国家发展和改革委员会课题“新数据支撑下的城镇化发展质量评测及可视化研究”

**通讯作者:**李苗裔,日本金泽大学博士,福州大学建筑学院讲师,主要研究方向为空间分析与建模、城市定量研究,Email: myli@fzu.edu.cn

普查、经济普查数据等则要五年一次,数据成本较高。三是统计口径不统一。自下而上、层层上报的统计资料,其特点是来自基层部门,即上级政府制定统计报表,层层下发,由基层统计人员填报再上报汇总。该统计方法容易造成各地区(城市)的标准尺度不一致,且缺少校验机制。统计人员技术水平差异、城镇发展阶段不同、对概念标准的理解力差别等多方面因素容易造成数据偏差。四是统计单元多为行政上的城市,不适用于重新定义的城市。龙瀛等研究发现,中国行政意义上的城市与实体城市存在不匹配,大量县城和发达地区的镇,实际已形成城市。该研究利用覆盖全国的道路交叉口数据,重新定义了中国的城市系统,共4629个城市,而现行统计资料则完全不适合评价重新定义的城市系统<sup>[15]</sup>。为了提供更加科学化、精细化的决策支撑,人居环境监测指标及其对应的数据需要更加系统化、网络化、高质量和高分辨率。人居环境监测指标体系亟待改善。

近几年,伴随信息通信技术的进步、互联网的普及以及政务公开的有效推进,形成了由大数据和开放数据所共同构成的新数据环境,并在我国的城市规划、城市研究以及基础数据库建设等方面产生日益增强的影响<sup>[16-17]</sup>。相较于传统调查统计数据,新数据(特别是其中的大数据部分)具有高频的时空性,同时具有自下而上、覆盖面广、一致性程度高、粒度细致、可获得性强、易验证性强等特点<sup>[22]</sup>,可有效改善传统数据在数据质量、更新频率方面的不足,给传统人居环境监测指标体系的更新乃至演替带来了可能。本研究基于新数据环境的发展,探索新数据环境下城市人居环境监测指标体系的构建原则,及指标的数据新来源、量化评价新方法,研究既适用于传统城市又适合于重新定义的城市系统的人居环境监测指标体系的构建方法。

## 1 新数据环境下既有人居环境相关指标体系评价

为了具体检验新数据在人居环境监测方面的适用范畴、科学性和可行性,为人居环境监测指标体系的构建新方法提供参考,本文选取既有人居环境相关的典型指标体系,对其各项指标的新数据可支持性进行系统评价。选取的评估对象包括宜居城市、国家园林城市、国家森林城市等三个有代

表性的人居环境指标体系。

中科院地理所发布的《中国宜居城市研究报告》中一级指标有6个,分别为生活方便性、城市安全性、自然环境舒适度、人文环境舒适度、出行便捷度、生态环境健康性。二级指标有38个,可以用新数据支持计算的指标有25个,支持率为66%,主要集中于生活方便性、出行便捷度、自然环境舒适度、人文环境舒适度和生态健康性五个方面,尤其是设施和交通方面的指标,新数据支持性较好。

住房和城乡建设部发布的《国家园林城市评估指标体系》,一级指标有8个,分别为综合管理、绿地建设、建设管控、生态环境、节能减排、市政设施、人居环境、社会保障。二级指标有76个,可以用新数据支持计算的指标有25个,支持率为33%,主要集中于绿地建设、生态环境、市政设施、人居环境、社会保障五个方面。

全国绿化委员会、国家林业局发布的《国家森林城市指标体系》中一级指标有5个,为城市森林网络、城市森林健康、城市林业经济、城市生态文化、城市森林管理。二级指标有40个,可以用新数据支持计算的指标有18个,支持率为45%,主要集中于城市森林网络、城市森林健康、城市生态文化三个方面。

汇总上述三个人居环境指标体系的新数据支持性评价,可以发现,新数据在设施、交通、生态环境、与人的感受密切相关的文化、美感等方面的指标支持性上具有优势。城市人居环境监测指标体系的构建需要发挥新数据的这些优势,除了突出空间设施完善度和生态环境建设,也更加注重人本需求相关的内容。

## 2 新数据环境下城市人居环境监测指标体系构建方法

人居环境是一个广义的概念,不仅仅指人类居住和活动的有形空间,还包括贯穿于其中的人口、资源、环境、社会政策和经济发展等各个方面<sup>[13]</sup>。基于新数据的支持性分析,从构建原则、评估方法和数据来源三个方面,构成新数据环境下城市人居环境监测指标体系的新构建方法。

### 2.1 指标构建原则

指标体系的构建过程中,确定原则进行指标选取是个关键环节。现有指标体系的构建原则较多,

并没有统一的标准规范,不同研究中根据目标的差异会设定不同的指标筛选准则。

国际上,一些国际组织和企业机构发布以可持续发展为核心目标的指标体系等评价方法,更强调理念的传播和评估品牌。2001年,联合国经济和社会事务部发布《可持续发展指标:框架和方法学(Indicators of Sustainable Development: Framework and methodology)》报告,阐释了可持续发展指标体系构建的方法学<sup>[23]</sup>。其指标筛选原则包括主要适用于国家层面的评估需求;与可持续发展进程评估相关;数量有限,但是具有开放性,适应未来需求;广泛覆盖21世纪议程等可持续发展目标;易于理解的、清晰、可达到;概念上合理;最大限度代表国际共识;在国家政府能力范围内;与成本效益相关。

在国内,政府规划的指标体系更强调考核应用,学者或研究机构对指标体系的研究则关注识别问题、国内外对比评析,并提出新的指标体系。包括在基于国内案例分析的基础上,应用数理方法等构建的低碳生态城市控制性详细规划的指标体系<sup>[24]</sup>。该指标体系构建原则包括落实低碳生态城市的发展目标,达到低碳生态城市的建设标准,有利于规划实施,便于修建性详细规划阶段及建设阶段的管理,提高可操作性,即“落实目标、达到标准、利于实施、便于管理、可操作性”。谢鹏飞等,在对国内外生态城市指标体系对比研究的基础上,提出生态城市指标体系的选取原则包括:科学性与可操作性相结合;定性与定量相结合;特色与共性相结合;系统性与独立性相结合;与现有国家宏观经济、社会政策接轨<sup>[25]</sup>。李海龙等也提出指标的甄选需要综合考虑对生态城市的实际指导作用,从科学性、时效性、决策相关、易于获取、简明性、普适性、敏感性等七个方面进行指标体系构建<sup>[26]</sup>。

综合分析国内外指标体系的确定原则,部分原则条目太多,推广性较弱;部分原则语义较为模糊,在实际应用中难以把握,不能有效执行。针对人居环境监测的复杂系统性目标,新数据应用等新形势,需要确定更具时效性的构建原则。

通过对国内外指标体系构建原则的经验借鉴和总结优化,本研究提出,在新数据环境下,城市人居环境监测指标体系中指标的选择,不仅要遵循体

系完整性、可量化性、以人为本等普遍原则<sup>[27-28]</sup>,还应满足数据兼容性等新原则。

(1)体系完整性。人居环境体系是一个综合人、社会、自然、建筑、网络的复杂系统,因此,人居环境监测指标的选择,要重视城市功能、资源环境、景观空间、社会经济、城市安全等目标体系的完整性。

(2)可量化性。指标要易于量化计算、数据容易获取。可量化是监测指标体系重要的、通用的原则,而在新数据环境下,这项原则的内涵发生了根本变化,有更多表征意义好的指标可以纳入体系中,更好地完成评估表征任务。

(3)以人为本。除了客观量化指标,人居环境质量实际上与城市居民的主观心理感受,如“风景优美度”、“对城市基础设施、环境的满意度”等有着重要的关联。新数据与人的活动密切相关,更能综合反映人的感受、建设效果。

(4)数据兼容性。充分发挥新数据对传统数据的补充作用,考虑二者的兼容性。

## 2.2 指标数据来源

新数据环境下,人居环境监测指标的数据来源不是摒弃传统的统计数据,而是在其基础上增加新数据的应用。监测指标可引介和应用的新数据源主要为高德或百度等导航地图中的兴趣点(Point Of Interest, POI)数据、遥感影像、社会大数据(新闻、论坛、微博)及各类点评数据。

依据王鹏等提出的面向城市规划的数据类型划分方式<sup>[29]</sup>,将人居环境监测指标数据来源依据其获取方式和内容进行分类(表1)。一是传统数据,包括调查统计和遥感影像,得到城市经济、社会、人口和空间等相关数据;二是新数据,包括互联网和智慧设施,得到更多主体提供的各类开发数据和城市运行设施数据。

## 2.3 指标评估方法

新数据支持下的指标,除了依据统计年鉴或报告数据的基本统计分析,还可通过GIS叠加分析、几何面积计算、缓冲区分析、元胞自动机模型、扩散模型、遥感影像解译、自然语义分析等多种算法组合,来实现相应的量化评价。我们将指标的算法进行总结,可以分为四大类,大约12小类。即:

表 1 城市人居环境监测指标数据来源分类

序号	数据类型	内容类别	大数据具体内容
1	新数据	互联网数据	<ul style="list-style-type: none"> <li>高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)、路网(轨道)数据;社区边界 polygon(面)数据;社会大数据(新闻、论坛、微博);安居客等房产网数据;淘宝电商数据;大众点评网;手机信令或百度、腾讯 LBS 定位数据;移动手机上网数据(位置微博数据等)。</li> </ul>
2		智慧设施数据	<ul style="list-style-type: none"> <li>社区水/电/气数据;百度、高德或四维的道路拥堵地图;出租车 GPS 数据;空气质量监测点监测数据。</li> </ul>
3		遥感测绘数据	<ul style="list-style-type: none"> <li>大气气溶胶厚度(MODIS AOD)数据;夜间灯光遥感数据;卫片执法数据。</li> </ul>
4	传统数据	调查统计数据	<ul style="list-style-type: none"> <li>人口普查数据;城市统计年鉴;建设用地规划许可证等城市土地开发必备证书数据;公安局犯罪案件数据。</li> </ul>

资料来源:作者自绘

### 第一类:基本统计方法

(1)统计分析。利用传统年鉴或报告中的数据或新数据,进行“平均值、人均值”等常规化的计算。

### 第二类:时空数据统计

(2)GIS 空间分析。应用 ArcGIS 等开展缓冲区分析,叠加分析,融合多边形等空间分析。例如利用 ArcGIS 几何计算功能计算道路的长度及面积。

(3)遥感解译。遥感在生态监测、城市用地评价或景观生态分析等方面的应用不断成熟。例如基于遥感数据提取不同时段城市建设用地范围,并进行空间叠加,判断城市扩张状态。

(4)热力图分析。该方法可表达特定点或线的空间密度分布。例如根据就业岗位密度,制作“就业岗位热力图”表达城市就业岗位的空间分布特征。

(5)空间句法模型。该方法成为新数据环境下的研究热点。例如基于路网数据,利用空间句法模型计算道路深度指数,反映道路对其他街道的连通性。

(6)空间需求分析。基于手机信令或 LBS 等个体空间定位数据,判断居民行为特征,进而分析人居需求的空间规律。例如利用一些运动装备记录的含空间定位的运动数据,分析徒步者、自行车使用者的空间需求。

(7)阈值判断。通过理论分析或大数据特征统计,来判断某种状态的指标阈值。例如设定阈值识别空置房屋,用水/用电/用气低于一定值即为空置房屋。

(8)OD 矩阵分析。使用不同城市地块中的出租车数据制作出租车 OD 矩阵,计算城市不同区域的联系强度。

(9)拥堵状态识别。按特定时间间隔持续抓取百度或高德交通流量图,对抓取的结果切片表达路况的 RGB 值进行识别,给不同级别拥堵情况的栅格赋值。

### 第三类:过程建模

(10)矢量元胞自动机模型。例如基于矢量元胞自动机模型,根据城市地块的大小、POIs 密度和区位特征等属性对初始地块进行筛选,识别出城镇地块,计算城镇建设用地图面积。

(11)FOD 及气体扩散模型。该方法主要应用于环境监测。例如基于垃圾填埋场空间位置数据,利用 FOD 模型计算每个垃圾填埋场的恶臭气体排放量。

### 第四类:网络舆情分析

(12)自然语义分析。该方法在分析公众满意度等人本类、综合成效类指标方面具有广泛应用。例如将城市环境与社区服务等词,进行社会大数据

的关键词检索,将检索出的相关文本数据进行自然语义分析(NPL),可得出公众此类指标的“满意”与“不满意”不同评价态度的条目数,并由“满意”语句的比例计算出满意度指标。

#### 2.4 新数据环境下城市人居环境监测指标体系示例

依据“体系完整性、可量化性、以人为本、数据兼容性”四大原则,本研究以“城市功能、人口与发

展、资源环境、社区活力与城市特色、城市安全与应急”六大目标为导向,构建了一套城市人居环境监测指标体系作为示例(表2)。该指标体系含一级指标19个,二级指标68个,并详细解读了每一项指标的大数据来源及其算法(表1),进一步增强了指标体系的应用性。表中的数据源和算法为研究者提供一种计算可能,并不是一成不变的,不同的研究者可以根据特定目标进行调整完善。

表2 新数据环境下城市人居环境监测指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	大数据来源	算法		
A1 空间形态		城镇建设用地面积	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs);导航路网或OSM(Open Street Map)数据	(2)(10)		
		人均城镇建设用地面积	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs);导航路网或OSM(Open Street Map)数据;人口普查数据	(2)		
		平均街区大小	高德或百度等导航地图的路网数据	(2)(10)		
		次中心数量	腾讯或百度LBS数据	(4)		
A2 住房		街区平均功能多样性	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)及导航路网数据	(2)		
		房屋空置率	社区水/电/气数据	(7)		
		社区配套设施建设	高德或百度等导航地图中兴趣点数据(POIs);社区边界polygon(面)数据	(2)		
A3 市政基础设施		住房保障率	高德或百度等导航地图中的住宅polygon(面)数据;人口普查数据	(2)		
		污水处理厂个数	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)	(2)		
		移动互联网渗透率	移动互联网数据(微博数据等);人口普查数据	(2)		
A 城市功能		移动电话使用率	移动运营商手机信令数据;人口普查数据	(2)		
		道路长度、面积与人均道路面积	导航路网或OSM(Open Street Map)数据;人口普查数据	(2)		
		轨道交通建成的城市个数、线路长度与站点个数	高德或百度等导航地图中的城市轨道交通线路数据	(2)		
		道路交叉口密度	导航路网或OSM(Open Street Map)数据	(2)		
		公交出行率	移动运营商手机信令数据	(2)		
		A4 交通设施与出行		公交站点覆盖率	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)与路网数据	(2)
				交通拥堵程度	百度、高德或四维的道路拥堵地图	(9)
		A5 公共服务设施		平均公共交通通勤距离与时间	移动运营商手机信令数据	(2)
				城市不同区域联系强度	出租车GPS数据	(8)
				职住平衡指数	腾讯、百度的LBS人口数据	(2)
步行、自行车交通系统建设规模	手机信令或百度、腾讯LBS(Location Based Service)定位数据;导航路网或OSM(Open Street Map)数据			(6)		
公共基础设施服务覆盖率	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)			(2)		
各等级医院数量与服务半径	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)			(2)		
九年义务教育学校数量及服务半径	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)			(2)		
A6 商业服务设施		人均公共体育设施、卫生服务中心、图书馆及公益文化娱乐设施数量	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs);人口普查数据	(2)		
		各类设施(餐饮、购物、医疗、教育等)服务覆盖率	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)	(2)		

续表 2

一级指标	二级指标	三级指标	大数据来源	算法	
B 人口与发展	B1 人口特征	人口规模	人口普查数据	(1)	
		人口结构	人口普查数据	(1)	
		居住人口密度	高德或百度等导航地图中的住宅 polygon(面)数据;人口普查数据	(2)	
		人口分布昼夜比	腾讯、百度的 LBS 人口数据	(2)	
	B2 商业与消费	店均网络交易额	淘宝数据	(1)	
		人均网络消费额	淘宝数据	(1)	
		商业设施空间密度、需求度及饱和程度	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs);大众点评数据;位置微博数据	(2)	
		民众消费水平	淘宝数据	(1)	
		商业活力	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs);大众点评数据	(2)	
	B3 就业水平	就业岗位密度	统计年鉴数据	(1)	
		城市就业岗位空间分布与可达性	统计年鉴数据;高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)	(2)(1)	
		通勤人口居住密度	手机信令数据	(1)	
		通勤人口就业密度	手机信令数据	(1)	
	B4 经济结构	电商比重	淘宝数据	(1)	
		居民三产消费品比重	淘宝数据;大众点评等	(1)	
	C 资源环境	C1 土地资源	城市增长边界面积	夜间灯光遥感数据;高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs);城市统计年鉴数据	(3)
			城市增长边界范围内人类活动强度	夜间灯光遥感数据;高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs);城市统计年鉴数据;位置微博、腾讯或百度 LBS 数据、出租车 GPS 数据、公交刷卡等数据	(2)
			城市开发合法率	建设用地规划许可证等城市土地开发必备证书数据;卫片执法数据	(1)
			土地开发强度	高德或百度等导航地图中的公园绿地的 polygon(面)数据;导航路网或 OSM(Open Street Map)数据;安居客等房产网数据	(2)
			乡镇街道办事处尺度、人口密度	人口普查数据;乡镇街道办事处行政边界	(1)
上一年度城市扩张率			遥感数据	(2)(3)	
城市建成区绿化覆盖率			高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)及公园绿地的 polygon(面)数据;导航路网或 OSM(Open Street Map)数据	(2)(10)	
人均公园绿地面积			高德或百度等导航地图中的公园绿地的 polygon(面)数据;人口普查数据	(2)	
C2 城市生态绿化		城市建成区绿地率	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)及公园绿地的 polygon(面)数据;导航路网或 OSM(Open Street Map)数据	(2)(10)	
		城市建成区公园绿地供需比	高德或百度等导航地图中的公园绿地的 polygon(面)数据;手机信令或百度、腾讯 LBS 定位数据	(2)	
		城市建成区公园绿地标准服务半径覆盖率	高德或百度等导航地图中公园绿地的 polygon(面)数据	(2)	
		城市街道绿化率	高德或百度等导航地图中公园绿地的 polygon(面)数据;导航路网或 OSM(Open Street Map)数据	(2)	
		C3 环境质量	PM2.5 超标天数	空气质量监测点监测数据	(1)
			PM2.5 人口暴露风险及敏感人群比例	空气质量监测点监测数据与大气气溶胶厚度(MODIS AOD)数据;手机信令数据或人口普查数据	(2)(3)
垃圾填埋场影响范围覆盖率	垃圾填埋场空间分布数据		(2)(11)		
垃圾填埋场影响敏感人群比例	垃圾填埋场空间分布数据与社交网络数据(例如微博等);乡镇街道尺度人口普查数据		(2)		
垃圾填埋场影响敏感单位比例	垃圾填埋场空间分布数据与社交网络数据(例如微博等);高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)		(2)		

续表 2

一级指标	二级指标	三级指标	大数据来源	算法
D 社区活力与城市特色	D1 老龄、残疾人事业	老年人看护中心数量及覆盖率	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)	(2)
		无障碍设施数量及覆盖率	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)	(2)
	D2 公众参与	社区、城市环境、设施服务居民满意度	社会大数据(新闻、论坛、微博)	(12)
		D3 历史文化与城市特色	建筑景观的美感与协调 周边区域特色与价值认可	社会大数据(新闻、论坛、微博)
E 城市安全与应急	E1 城市管理基础设施安全与社会安全	城市犯罪案件空间分布特征	公安局犯罪案件数据	(4)
		城市道路安全指数评价	高德或百度等导航地图中的路网数据;社交网络数据(微博等)	(5)(12)
	E2 预防灾害	城市人均避难场所面积	城市安全规划中的避难场所数据;人口普查数据	(2)
		城市公共消防基础设施数量	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)	(2)
		E3 城市应急系统建设	城市应急设施数量	高德或百度等导航地图中的兴趣点数据(POIs)

注:可用大数据与开放数据支持计算的现有年鉴统计指标。大数据与开放数据环境下新建城市人居环境监测指标。“算法”一系列的编号详见“2.3 指标评估方法”

资料来源:作者自绘

### 3 典型指标案例

在提出新数据环境下人居环境监测指标体系后,本文选择具有典型性的两个三级指标作为案例,具体阐述新数据支持下的人居环境监测分析方式,说明其监测可用性和测度方法,包括“城镇建设用地面积”和“公交服务覆盖率”两个案例,这两个案例的具体细节详见笔者发表在《城市规划学刊》的文章中。

#### 3.1 基于兴趣点和路网的“城镇建设用地面积”评价

城镇建设用地可借助大量的道路网络和兴趣点数据,结合统计年鉴,利用多种方法(如道路交叉口密度、人口密度、元胞自动机等)来进行识别。龙瀛等已构建了利用兴趣点数据和路网识别的方法<sup>[16]</sup>,见图 1。

图 2 为这种方法识别的中国的 654 个城市高精

细、地块尺度的城市建成区数据,可为实际规划项目和政策的开展实施提供坚实的数据基础。与其他建成区界定方法进行对比,这种模拟过程快捷、直接、精准,数据结果(即识别的地块)为结合其他高像素数据提供了空间单元基础。

#### 3.2 基于兴趣点与微博数据的“公交站点服务覆盖率”评价

公交站点服务覆盖率是监测公交布点是否充足的一个指标。新数据环境下,可利用兴趣点和路网识别城镇建设用地范围(图 1),再将取自高德地图平台的城市公交站点数据导入 ArcGIS 中进行缓冲区(Buffer)分析。每个城市中,将公交站点特定距离的缓冲区范围与城镇建设用地进行叠加分析,相交的部分即为其公交站点覆盖范围。城市的公交站点覆盖范围和城镇建设用地面积之比,即为公交站点服务覆盖率。

采用数据挖掘技术从网络平台获取所需新数

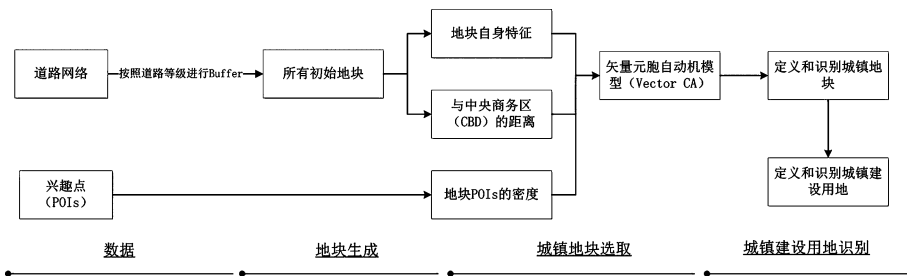


图 1 城镇建设用地识别流程

资料来源:作者自绘

据。具体而言,全国范围内精细到步行道的道路网矢量数据(2013年)可从地图平台获取(图3a),总长度为2,623,867km(共6,026,326个路段);兴趣点(points of interest, POIs)可从高德地图平台获取,共5,281,382个,细分为20类;全国313个城市公交站点的空间分布点位数据(不包括地铁站),可从

高德地图平台中获取,共计867,263个(图4b)。在此数据基础上,应用公交站点500m缓冲区和建设用地叠加分析的方法,计算各城市公交站点服务覆盖率(图5)。在全国281个地级及以上城市的城镇建设用地范围内,500m公交站点服务覆盖率的平均值为64.4%。

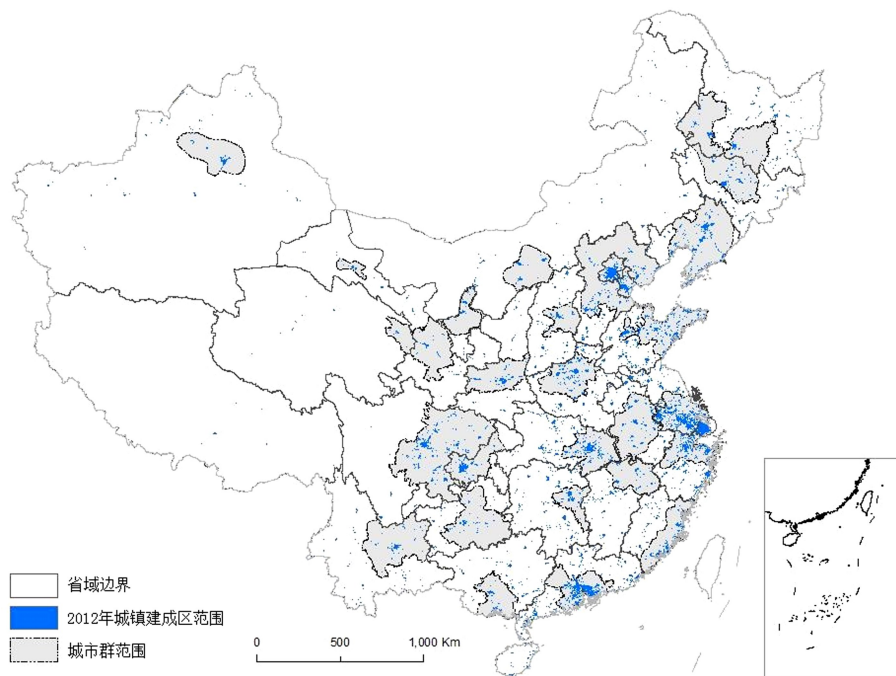


图2 地块尺度城镇建成区的界定

资料来源:作者自绘

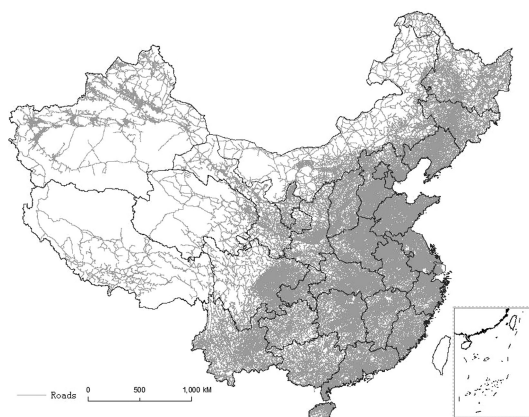


图3(a) 全国道路网矢量数据

资料来源:作者自绘



图3(b) 公交站点分布图

进一步,基于 Flickr 照片、位置微博和兴趣点数据,分析公交站点500m服务范围内人的活动及设施情况,该服务范围内包括了94.4%的设施和超过92%的人类活动,即我国城市公交站点布局,满足了大多数人的活动需要和设施需求。

此外,进一步监测对比单个城市市区人口数量、公交站点服务覆盖率及公交服务范围覆盖城镇建设用地的总体情况(表3)。综合考量来看,西安、深圳、郑州、杭州、北京、上海等地公交站点服务覆盖率及公交服务范围覆盖城镇建设用地比例较高。



### 4 结论与讨论

(1)新数据环境下,人居环境监测指标体系构建新方法的研究是必要的。中国城市建设统计资料在指导城市规划和研究方面起到了突出作用。然而传统的指标数据资源源于其自身特征,存在更新周期慢、数据成本高、各城市不统一、仅仅针对行政意义上的城市等问题,已经无法满足日益增长的城市认知需求。新数据、新方法的出现,促进了人居环境监测指标体系的更新和演替。

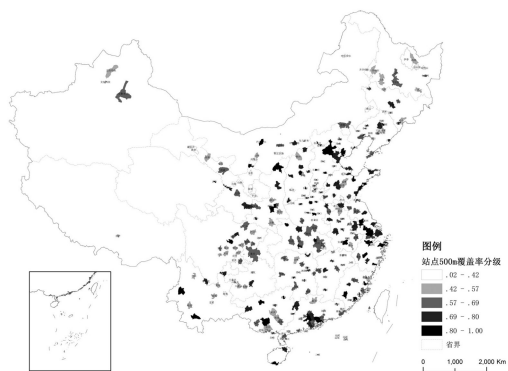


图4 站点500m覆盖率分级

资料来源:作者自绘

表3 部分城市人口、公交站点覆盖率与覆盖情况示意表(500m服务半径)

城市	上海	北京	重庆	深圳	武汉
人口(万人)	2380	2069	1780	1055	825
覆盖率	0.75	0.86	0.60	0.89	0.68
城市	天津	广州	西安	成都	南京
人口(万人)	816	678	673	554	553
覆盖率	0.71	0.80	0.91	0.88	0.77
城市	汕头	沈阳	郑州	哈尔滨	杭州
人口(万人)	533	522	473	471	445
覆盖率	0.60	0.76	0.89	0.63	0.87
城市	长春	青岛	济南	四平	昆明
人口(万人)	380	364	352	341	332
覆盖率	0.73	0.82	0.78	0.31	0.57

资料来源:作者自绘

(2)由大数据和开放数据所构成的新数据环境,为从不同尺度监测人居环境提供了重要机遇,所催生的大模型这一区域与城市研究新范式则为城市建设重要指标的统计提供了技术保障。

(3)新数据对人居环境监测具有较好的支持性。对国家宜居城市、园林城市、森林城市等既有人居环境相关指标体系进行的新数据支持性评价,指标的新数据可支持率分别为 65.8%、32.9%、45%。新数据在设施、交通、生态环境、与人的感受密切相关的文化、美感等方面具有优势,可通过与 GIS 空间分析功能、遥感影像解译、自然语义分析等多种算法组合实现相应的量化评价,进一步展现了新数据对人居环境监测方面的重要作用及应用前景。

(4)新数据环境下城市人居环境监测指标体系构建原则发生了变化。研究提出新数据环境下城市人居环境监测指标体系的构建要遵循“体系完整性、可量化性、以人为本、数据兼容性”四大原则。其中可量化是监测指标体系重要的、通用的原则,而在新数据环境下,这项原则的内涵发生了根本变化,更多表征意义好的指标可以纳入体系中,更好地完成评估表征任务。以人为本的原则,在传统研究中通常只能通过与人相关的客观类指标设计来体现,对人的感受反映较弱,而新数据与人的活动密切相关,可以设置满意度等主观类指标,更能综合反映人的感受、设施建设效果,有效提高了指标的表征绩效。

(5)指标数据来源的精细度和评估方法的科学性进一步提升指标体系的绩效水平。新数据环境下,指标的数据来源主要是高德或百度等导航地图中的兴趣点数据、遥感影像、社会大数据等,其精度和广度都有了显著提升。评估方法从 GIS 空间分析到元胞自动机模型、空气扩散模型等。数据的精细度和评估方法的科学性都可以提升指标体系对人居环境发展状态的表征水平,进而可以更好地发挥监测作用,有利于相关机构更加精细、科学地分析现状、判断趋势,提高管理决策水平。

(6)利用研究提出的新方法构建了一套城市人居环境监测指标体系作为示例。明确了每项指标的大数据来源和详细算法,研发了典型指标的创新计算方法,可供查询和使用,极大增强了指标体系的应用性和可推广性,为相关工作者的使用提供了

具体路径参考。本研究不是构建一个固定的、一成不变的指标体系,而是提出一种方法,强调新数据环境对相关研究理念和模式的影响。在未来的人居环境监测评估中,更加精细的新数据来源和更加关注人本、关注具象问题的分析方法,使得构建更加契合人们的真实需求的指标体系成为可能,也成为新的趋势。

然而研究中也发现,新数据在能源和水资源节约等符合可持续发展理念的人居环境监测方面,仍存在不足。在下一步研究中,结合数据的可获得性,继续深化指标体系的构建;尝试其他典型指标的大规模测算;此外,也期待本文的监测指标体系在一定程度上具体指导我国城市建设的统计工作。△

#### 【参考文献】

- [ 1 ] 吴良镛. 关于人居环境科学[J]. 城市发展研究,1996,(1):1-5.
- [ 2 ] 中共中央、国务院,国家新型城镇化规划(2014-2020年)[R]. 北京:新华社,2014-3-16.
- [ 3 ] 吴良镛,毛其智.“数字城市”与人居环境建设[J]. 城市规划,2002,26(1):13-15.
- [ 4 ] 赵万民,汪洋. 山地人居环境信息图谱的理论建构与学术意义[J]. 城市规划,2014,38(4):9-16.
- [ 5 ] 宁越敏,查志强. 大都市人居环境评价和优化研究——以上海市为例[J]. 城市规划,1999(6):15-20.
- [ 6 ] 李雪铭,晋培育. 中国城市人居环境质量特征与时空差异分析[J]. 地理科学,2012,32(5):521-529.
- [ 7 ] 邹德慈. 从人居环境科学的高度重新认识城乡规划[J]. 城市规划,2002,(7):9-10.
- [ 8 ] 龙瀛,韩昊英,谷一桢,等. 城市规划实施的时空动态评价[J]. 地理科学进展,2011,30(8):967-977.
- [ 9 ] 毛媛媛,戴慎志. 犯罪空间分布与环境特征——以上海市为例[J]. 城市规划学刊,2006(3):85-93.
- [ 10 ] 柴彦威,申悦,塔娜. 基于时空行为研究的智慧出行应用[J]. 城市规划,2014,38(3):83-89.
- [ 11 ] 陈圣宾,蒋高明,高吉喜,等. 生物多样性监测指标体系构建研究进展[J]. 生态学报,2008,28(10):5123-5132.
- [ 12 ] 罗泽娇,程胜高. 我国生态监测的研究进展[J]. 环境保护,2003(3):41-44.
- [ 13 ] 张文新,王蓉. 中国城市人居环境建设水平现状分析[J]. 城市发展研究,2007,14(2):115-120.
- [ 14 ] 卜琳. 大中城市人居环境总体评价及发展对策[J]. 城乡建设,2013(6):36-38.
- [ 15 ] Long, Y. Redefining Chinese city system with emerging new data[J]. *Applied Geography*, 2016, 75: 36-48.
- [ 16 ] 龙瀛,沈尧. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回

- 应与改变[J]. 上海城市规划, 2015(2): 81-87.
- [17] Hao J, Zhu J, Zhong R. The rise of big data on urban studies and planning practices in China: Review and open research issues[J]. *Journal of Urban Management*, 2015, (4): 92-124.
- [18] 崔真真, 黄晓春, 何莲娜, 等. 新数据在城乡规划中的应用体系建设思考[C]. 中国城市规划年会, 2015.
- [19] 王鹏. 为城市体检——大数据在城乡规划中的应用[J]. 景观设计学, 2015(3): 20-25
- [20] 龙瀛, 吴康, 王江浩, 等. 大模型: 城市和区域研究的新范式[J]. 城市规划学刊, 2014, 6: 52-60.
- [21] 高永, 褚琴, 翟雅娟, 等. 公共交通乘客出行特征大数据分析[C]. 中国智能交通年会大会, 2014.
- [22] 秦萧, 甄峰, 朱寿佳, 等. 基于网络口碑度的南京城区餐饮业空间分布格局研究——以大众点评网为例[J]. 地理科学, 2014, 34(7): 810-817.
- [23] 联合国经济社会事务部. Department of Economic and Social Affairs of the United Nations. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies (Third Edition)[Z]. 2007. 10
- [24] 王云, 陈美玲, 陈志端. 低碳生态城市控制性详细规划的指标体系构建与分析[J]. 城市发展研究, 2014, 21(1): 46-53.
- [25] 谢鹏飞, 周兰兰, 刘琰, 等. 生态城市指标体系构建与生态城市示范评价[J]. 城市发展研究, 2010(7): 12-18.
- [26] 李海龙, 于立. 中国生态城市评价指标体系构建研究[J]. 城市发展研究, 2011, 18(7): 81-86.
- [27] 王娟, 陆雍森, 汪毅. 小城镇生态监测指标体系及监测方法研究综述[J]. 环境监测管理与技术, 2004, 16(5): 7-10.
- [28] 刘颂, 刘滨谊. 城市人居环境可持续发展评价指标体系研究[J]. 城市规划学刊, 1999(5): 35-37.
- [29] 王鹏, 袁晓辉, 李苗裔. 面向城市规划编制的大数据类型及应用方式研究[J]. 规划师, 2014, (8): 25-31.

作者简介: 龙瀛(1980-), 男, 清华大学建筑学院副教授, 博士生导师, 博士, 主要从事城市空间量化及其规划设计响应方面的研究。

收稿日期: 2018-01-20

## Monitoring Built Environment of China with New Data: Indicator System and Case Studies

LONG Ying, LI Miaoyi, LI Jing

**[Abstract]** The traditional index system of habitat environment monitoring and its calculation methods are insufficient in terms of updating speed and accuracy, which are difficult to meet the growing demand for refined management. The emergence of new data and new methods has brought opportunities for the updating of habitat environment monitoring index system. This paper firstly presents an objective analysis of the supportiveness of China habitat environment monitoring based on a new data environment, followed by proposing a method for constructing the indicator system for monitoring built environment under the new data environment.

**[Keywords]** Big data, Open data, Urban system, Built environment, Monitoring