

向雨, 张鸿辉, 刘小平. 2021. 多源数据融合的城市体检评估——以长沙市为例. 热带地理, 41 (2): 277-289.
Xiang Yu, Zhang Honghui and Liu Xiaoping. 2021. Urban Physical Examination Evaluation Based on Multisource Data: A Case Study of Changsha City. *Tropical Geography*, 41 (2): 277-289.

多源数据融合的城市体检评估 ——以长沙市为例

向雨¹, 张鸿辉^{2,3}, 刘小平¹

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275; 2. 湖南师范大学资源与环境科学学院, 长沙 410081;
3. 广东国地规划科技股份有限公司, 广州 510650)

摘要: 融合遥感影像、社会开放大数据、统计资料等多源数据, 以长沙市为例, 围绕生态宜居、健康舒适、安全韧性、交通便捷、风貌特色、整洁有序、多元包容、创新活力等8个方面构建城市体检指标体系, 运用归一法和层次分析法对城市自然本底和运行体征展开计算评估, 结果发现: 1) 长沙市人居环境整体良好, 城市生态宜居和整洁有序度较高, 交通便捷和安全韧性建设亟需加强, 风貌特色、健康舒适、创新活力、多元包容等仍有改善空间。2) 各区县专题发展水平不均, 在保留区域功能特色的基础上, 应该着重解决发展的短板。3) 城市中心城区人口密度、空气质量优良天数、万车死亡率等指标达到最高水平, 但在便民服务设施完整覆盖度、住宅建筑更新和开发、群体包容等方面与城市发展需求还有一定差距。根据多源数据城市体检结果可知, 长沙市未来需要以问题和需求为导向, 精准治理“城市病”, 努力提高城市居民生活满意度、幸福感和归属感。

关键词: 城市体检; 多源数据; 指标体系; 人居环境; 长沙市

中图分类号: TU984.113

文献标志码: A

文章编号: 1001-5221(2021)02-0277-13

DOI: 10.13284/j.cnki.rddl.003325

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



改革开放以来, 中国城市化进入加速时期, 许多城市在城市化初期采取粗放型经济发展模式, 使得城市发展以牺牲生态环境为代价, 严重影响了城市人居环境以及居民生活满意度(张文忠等, 2013)。随着中国城镇化率的不断提高, 人们更注重城市的高品质生活, 对城市高质量发展提出了新要求, 城市建设由此转变到存量的提质增效阶段。因此, 提升城市人居环境质量和居民生活满意度成为政府部门和城市居民的共同愿望(陈呈奕等, 2017)。

目前, 中国主要的城市病在人口众多的大城市

尤为突出, 已经成为人居环境高质量发展的棘手难题。人口、资源、生态、交通、房价、安全等“城市病”是当前城市发展必须面对和解决的问题(覃剑, 2012)。“城市病”已经不仅发生在大城市, 也逐渐蔓延到二三线城市, 表现形式也趋于多样化(张洋子, 2017)。建立科学全面、适用性高、可操作性强的城市体检指标体系, 可为城市发展定位对比分析和准确评估提供有效支撑。随着大数据时代的到来, 海量、动态、多源的大数据能及时高效地识别评价城市要素的运行状况(宋刚等, 2014), 为城市建设和可持续发展带来重大机遇。

收稿日期: 2020-10-06; 修回日期: 2020-12-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(41871318); 广东省国土空间规划“一张图”建设关键技术研究项目(GDZRZYKJ2020007); 羊城创新创业领军人才支持计划(2019016)

作者简介: 向雨(1995—), 男, 湖北仙桃人, 硕士研究生, 主要研究城市体检评估和城市大数据挖掘与应用, (E-mail) xiangy58@mail2.sysu.edu.cn;

通信作者: 张鸿辉(1980—), 男, 湖南长沙人, 博士, 教授级高级工程师, 主要研究方向为地理信息技术与应用, (E-mail) 249536073@qq.com。

当前,国内外学者对城市人居环境评价展开了诸多研究,主要集中在城市体检评估指标体系、数据方法和尺度等方面。在指标体系上,构建了包括可持续发展城市、绿色城市、宜居城市等评价体系(Maria-Lluïsa et al., 2015; 张文忠, 2016; Zhan et al., 2018),但多是侧重于城市发展安全、宜居、活力等某一领域,缺少综合全面且针对性强的城市要素评价。在数据方法上,利用遥感数据进行自然资源本底特征识别(郝慧梅等, 2009; 郑晨, 2019),通过社会开放大数据采集进行城市运行体征监测(崔真真等, 2016; 林文棋等, 2019)。同时结合部分统计资料展开全面分析和信息挖掘,采用专家打分法、主成分分析法、熵权法、层次分析法等定性定量方法对指标权重设定和评估计算(李帅等, 2014; 朱燕玲等, 2018; 程启先等, 2019),目前新兴数据和方法在城市体检中的应用还在逐步探索中。在尺度研究上,涵盖了从省份、城市群、城市、街道、社区等不同尺度区域的城市体检人居环境评价(孔令彦等, 2017; 李航等, 2017; 岑家伟, 2018; 周健, 2018; 李欣等, 2019; 龙瀛等, 2019a; 张春敏等, 2019),而不同尺度的评估标准也存在缺乏统一口径的问题。因此,现有城市体检受制于数据获取难、指标体系不全、评估标准不统一等方面,主要通过部门统筹来从上而下进行体检评估,缺少城市客观表征和人本视角的考量。因此,在创新、绿色、协调、开放、共享的发展理念指导下,依据问题和目标导向来精准诊断各城市出现的病症,能着重关注城市自然资源本底和运行体征,客观实际地反映居民反映强烈的城市治理需求。

2015年中央城市工作会议拉开了中国在顶层设计下开展“城市病”治理工作的序幕(邵诗杰, 2016)。近年来,城市体检工作从城市数量和级别上都在逐步扩大,针对以往城市体检要素不全面、数据更新慢、评估标准不统一的问题,本文以长沙市为例,在问题导向下构建城市体检指标体系,同时基于遥感影像、社会开放大数据和统计数据等多源数据融合,通过纵向国家标准参考和横向同级城市比较等角度确定评估标准值,对自然本底和运行体征进行科学评价,并根据不同专题诊断指标内容,识别城市发展的短板与不足,提出相应治理方案 and 对策,以期为其他城市的体检工作提供方法、数据以及评估标准参考。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

长沙市是湖南省省会,位于长江中游和湘江下游地区,地处长浏盆地西缘(长沙市统计局, 2019)。截至2019年底,长沙市总面积11 819 km²,常住人口839.45万,地区生产总值达到11 574.22亿元(长沙市统计局, 2020)。目前,全市下辖芙蓉区、天心区、岳麓区、开福区、雨花区、望城区6个市区及长沙县、浏阳市、宁乡市3个县市。长沙市坚持“以人民为中心”的发展思想,率先成立城市人居环境局,努力解决“城市病”突出问题,提高居民生活获得感、幸福感,已连续12年获评“中国最具幸福感城市”。2019和2020年长沙市作为城市体检试点样本城市,在整体宜居的人居环境中也存在亟需解决的微小城市病症。但当前长沙市除政府部门外,第三方城市体检研究较少,指标体系和评估标准还有待完善。因此,以样本城市长沙市为例,基于多源数据进行城市体检来评估城市要素现状水平,探究其发展的短板和不足,可对其他城市的城市病诊断评估提供参考。

1.2 数据来源与处理

1.2.1 数据来源 数据主要包括反映长沙自然本底和运行体征的遥感影像数据、社会开放大数据、基础地理空间数据和部门统计数据等。其中,城市建筑物来源于2019年Google Earth遥感影像提取,历史文化建筑及街区来自keyhole卫星历史影像解译和部门规划数据,土地利用数据来自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/DOI>)(徐新良等, 2018)提供的中国多时期土地利用土地覆被遥感监测数据集(CNLUCC)和清华大学中国基本城市土地利用类型制图(EULUC)数据集,兴趣点数据、建筑物矢量和实时路况数据通过高德地图获取,路网数据来自Open Street Map,互联网小区信息来自于链家网。基础地理空间数据和人口、经济等统计数据来自长沙市住建局、生态环境局、统计局、城市管理部门。

1.2.2 数据处理 根据城市体检指标市级、区县、街道和社区的层级特点和类型不一、属性复杂的数据特性,结合传统统计分析和新兴数据分析方法,采用遥感解译、深度学习算法、GIS空间连接、叠加分析、缓冲区分析等将城市要素量化评价,同时与统计数据补充分析。

1) 遥感影像解译。遥感影像能反映城市自然

本底特征, 识别城市发展中的生态环境短板。高分辨遥感影像在建筑物轮廓和高度信息提取上有较高精度, 通过改进的全卷积网络深度学习算法提取建筑物轮廓 (Liu et al., 2019) 和关系函数法反演建筑物高度 (陈冲等, 2020), 利用成像时间为 2019-08-18、空间分辨率为 1.05 m 的 Google Earth 影像对高德建筑物矢量数据进行更新。根据遥感解译得到 2018 年土地利用数据 (Gong et al., 2020), 将 CN-LUCC 数据集中城乡、工矿、居民用地作为建设用地, 在 EULUC 数据集中提取城市居住用地、公园绿地和其他类型用地。

2) 社会开放大数据处理。社会开放大数据通过人类活动与地理位置连接, 高效准确地体现城市运行体征的状况, 为诊断“城市病”病症提供及时有效的数据支持。通过互联网地图应用编程接口 (Application Programming Interface, API) 采集兴趣点数据 (Point of Interest, POI), 根据研究内容将 POI 重分类为养老、医疗、教育、商业等公共服务设施。通过高德地图交通态势 API 获取长沙市 2019-08-12—16 工作日早高峰 (T 07:00—09:00)、晚高峰 (T 17:00—19:00) 的实时路况数据, 并对多组数据叠加求取平均值。房价数据通过链家网采集小区信息, 空气质量和水环境质量通过 PM25.in 网站提供的 API 爬取和蔚蓝环境地图水质监测数据获取。

3) 部门数据统计。传统部门数据多为静态数据, 更新周期慢、统计尺度大, 在城市体检中与遥感和大数据互相结合补充, 可提高城市体检评估的精确度和及时性。部门数据主要包括人口、经济、生态环境、交通安全等年度公布的统计年鉴和公报, 将统计数据与长沙市行政边界矢量数据在 Arc-map 中进行空间连接, 得到长沙市各区县人口分布、经济发展等情况, 同时统计居民生活、城市建设和管理、环境保护、创新活力等指标水平。

1.3 研究方法

1.3.1 城市建成区识别 为保证城市体检评估的精确度和可操作性, 将评价尺度划分为市域、市辖区、建成区和社区等。目前基于市域、市辖区和社区尺度的多源数据能有效获取, 但城市建成区没有统一确定的范围区域, 而多数指标是建立在建成区范围内进行计算和评价的, 因此首先需要对建成区进行有效识别。参考 Li 等 (2020) 提出的城市边界数据制图框架, 在 Google Earth Engine 平台上首先对 30 m 分辨率的全球人造不透水面 (GAIA) 数据进行核密度估计, 生成城市建成区初始边界, 再利

用元胞自动机 (CA) 模型填充城市中心周围的大部分非城市区域。最后, 采用膨胀和腐蚀形态学处理, 保留面积较大的绿地和水体, 生成最终的城市建成区 (图 1)。

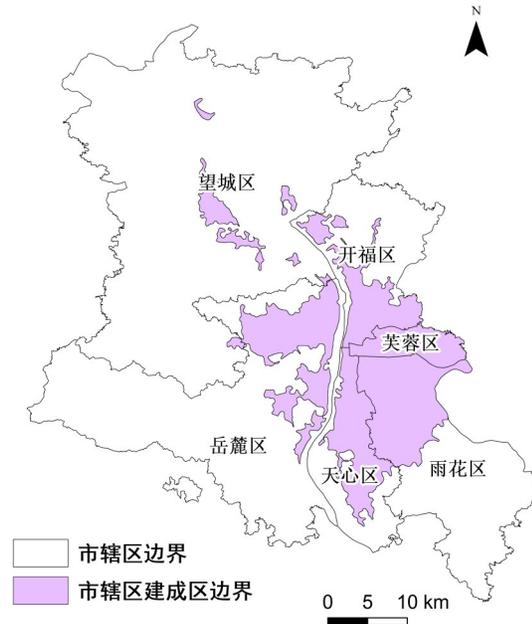


图 1 长沙市辖区建成区范围

Fig.1 The built-up area of a municipal district of Changsha

1.3.2 指标体系构建 城市包含诸多自然、社会、人文要素, 是一个复杂多样的系统, 同时又在不断发展和变化之中。根据长沙市发展水平和实际情况, 以突出重点、群众关切、数据可得为指标选取原则围绕 8 个专题进行评估。其中, 生态宜居反映城市的大气、水、绿地等生态环境要素保护和资源集约节约利用情况; 健康舒适反映社区服务设施和社区管理建设的基本情况; 安全韧性反映城市应对公共卫生事件、安全事故的风险防御水平和恢复能力; 交通便捷反映城市交通系统整体水平和公共交通通达性、便利性; 风貌特色反映城市历史文化保护和城市特色情况; 整洁有序反映城市市容环境和综合管理水平; 多元包容反映城市对不同人群的包容度; 创新活力反映城市创新能力和人口活力等。在 8 个专题评估内容下建立城市体检目标层、准则层和指标层, 构建反映城市自然本底和运行体征的 37 个指标体系 (表 1)。同时根据相关指标的国家标准以及规划预期值的纵向设立和同级城市水平的横向对比定标准值和参考区间, 依据指标正负向进行评估计算。

表1 长沙市城市体检指标体系

Table 1 Index system of urban physical examination of Changsha

城市体检指数A	目标层B(权重) ^①	准则层C(权重)	指标层D(权重)	指标含义	标准值/参考区间	参考区间依据	指标正负向	数据来源		
生态宜居B1 (0.180 4)	资源利用 C1 (0.333 1)		区域开发强度/ D1(0.249 6)	市辖区建成区面积占 市辖区总面积的比例	20~30	《中国建设用地总量 控制与差别化管理政 策研究》	正向	GAIA 数据		
			中心城区人口密度/ (万人·km ⁻²) D2(0.500 8)	中心城区单位用地面积上的 常住人口数	0.9~1.15	长沙市自体检预估参 考值	正向	长沙市统计年 鉴		
			城市建筑开发强度/ (万m ² ·km ⁻²) D3(0.249 6)	市辖区建成区单位用地 面积上的建筑面积	69	样本城市平均水平 ^②	正向	高德建筑物		
	环境保护 C2 (0.666 9)		城市蓝绿空间占 比/% D4(0.144 6)	市辖区建成区水域和绿地面 积占市辖区建成区 总面积的比例	70	《河北雄安新区规划 纲要》	正向	EULUC数据集		
			空气质量优良 天数/d D5(0.354 9)	全年空气质量指数(AQI指 数)≤100的天数	292	“十三五”空气质量约 束性指标参考	正向	PM25.in网站开 放爬取		
			城市水环境质量优 于五类比例/%D6 (0.354 9)	全市地表水优于五类水体数 占总水体数比例	100	全国地级以上城市水 环境质量优良率	正向	蔚蓝地图、长沙 市生态环境局 公报		
			公园绿地服务半径 覆盖率/% D7(0.144 6)	市辖区建成区公园绿地 服务半径覆盖的居住用地面 积占市辖区建成区总 居住用地面积的比例	90	中国人居环境奖 参考指标	正向	EULUC数据集		
	城市 体检 诊断 指数 A	社区服务 C3 (0.749 8)		社区便民服务设施 覆盖率(教育、养老、 医疗、交通、文体、 商业)/% D8(0.749 6)	市辖区建成区建有养老、医 疗教育、商业等公共服务的 社区数占社区总量的比例	75	《城乡社区服务体系 建设规划(2016— 2020年)》	正向	高德地图POI	
				社区物业管理 覆盖度/% D9(0.249 6)	市辖区建成区拥有物业 管理服务的小区占总 小区数的比例	100	预估参考值	正向	链家网小区 数据	
				老旧小区用地面积 占比/% D10(0.665 0)	市辖区建成区未改造的老旧 小区建筑物基底面积占市辖 区建成区总建筑物基底面积 的比例	2.52	预估参考值	负向	keyHole 遥感 影像、高德建筑 物、链家网小区 数据和高德POI	
	健康舒适B2 (0.163 5)	社区建设 C4 (0.250 2)		高层高密度住宅用 地占比/% D11(0.332 5)	市辖区建成区高层高密度居 住区用地面积占市辖区建成 区居住用地面积的比例	14	样本城市平均水平	负向	高德建筑物、 EULUC数据集	
城市二级及以上医 院覆盖率/% D12(0.332 6)				市辖区建成区城市二级及以 上医院4 km(公交15 min可 达)服务半径覆盖的建设用 地占建成区总建设用地面积 的比例	100	预估参考值	正向	高德地图POI、 土地利用数据		
安全韧性B3 (0.142 5)	公共卫生 C5 (0.333 3)		社区卫生服务中心 覆盖率/% D13(0.667 4)	市辖区建成区社区卫生服务 中心1000 m服务半径覆盖 居住用地面积占居住用地总 面积的比例	100	预估参考值	正向	高德地图POI、 EULUC数据集		
			事故风险 C6 (0.666 7)		万车死亡率/ 万车每人 D14(0.593 7)	全市每年因道路交通事故 死亡的人数与机动车保有量 的比例	2	《国家畅通工程评价 标准》(2012年版)	负向	长沙市国民经 济和社会发展 统计公报
					城市传统商贸批发 市场聚集程度/% D15(0.156 8)	城市市辖区建成区内传统商 贸批发市场数量占市辖区传 统商贸批发市场总数的比例	85~95	样本城市平均水平	负向	高德地图POI

续表1

城市体检 指数 A	目标层 B (权重) ^①	准则层 C (权重)	指标层 D (权重)	指标含义	标准值/ 参考区间	参考区间 依据	指标 正负向	数据来源			
交通便捷 B4 (0.142 3)				市辖区建成区消防站点 1 消防站点覆盖率/% D16(0.249 5)	500 m 服务半径覆盖建设用 地面积与市辖区建成区建设 用地总面积比例	100	预估参考值	正向	高德地图 POI、 土地利用数据		
			通勤效率 C7 (0.250 2)	建成区高峰时间 平均机动车速度/ (km·h ⁻¹) D17(0.334 3)	市辖区建成区高峰时段各类 道路、各类机动车的平均行 驶速度	40	《百度中国城市交通 报告》	正向	高德地图交通 态势数据		
					城市常住人口 职住分离度/km D18(0.665 7)	城市中心城区人口居住和就 业空间通勤最短距离平均水 平	3	《百度中国城市交通 报告》	负向	百度《2020 年全 国主要城市通 勤监测报告》	
				出行便捷 C8 (0.749 8)	城市道路网密度/ (km ² ·km ⁻²) D19(0.311 2)	市辖区建成区平均每平方 公里城市建设用地上拥有 的道路长度	8	《城市综合交通体系 规划标准》	正向	OpenStreetMap	
					公交站点覆盖率/% D20(0.493 9)	市辖区建成区公交站点 500 m 服务半径覆盖建设用地区 积占建设用地总面积比例	90	《2018 中国主要城市 公共交通大数据分析 报告》	正向	高德地图 POI、 土地利用数据	
	风貌特色 B5 (0.087 3)				历史文化街区 保存率/% D22(0.499 2)	全市保存完好的历史文化 街区面积占改革开放初期 城市建成区面积	60	预估参考值	正向	长沙市住建局 规划紫线数据、 长沙市统计 年鉴	
				历史文化 C9 (0.750 3)	历史建筑平均密度/ (个·km ⁻²) D23(0.500 8)	全市城市挂牌历史建筑数量 占市辖区建成区面积比例	1	预估参考值	正向	长沙市住建局 规划紫线数据	
					城市特色 C10 (0.249 7)	旅游人口吸引力/% D24(0.334 9)	全年接待国内外旅游人数 占全市常住人口比例	25	同类城市水平	正向	长沙市统计 年鉴
						旅游收入贡献率/% D25(0.665 1)	全市旅游业总收入占 GDP 比例	20	同类城市水平	正向	长沙市统计 年鉴
	整洁有序 B6 (0.089 1)				城市生活垃圾无害 化处理率/% D26(0.500 8)	全市经过无害化处理的 垃圾量占城市生活垃圾 总量的比例	100	“十三五”全国城镇生 活垃圾无害化处理 设施建设规划	正向	长沙市统计 年鉴	
综合管理 C11 (0.666 3)				城市生活污水集中 收集率/% D27(0.499 2)	全市向污水处理厂排水的 城区人口占城区用水人口 的比例	100	中国人居环境奖参考 指标	正向	长沙市统计 年鉴		
				市容环境 C12 (0.333 7)	公共厕所设置密度/ (座·km ⁻²) D28(0.666 7)	市辖区建成区平均单位 面积上的公厕数	7	《深圳市高品质公共 厕所建设与管理 标准》	正向	高德地图 POI	
					垃圾站密度/ (个·km ⁻²) D29(0.333 3)	市辖区建成区平均单位 面积上的垃圾站个数	0.7~1.5	《环境卫生设施 设置标准》	正向	高德地图 POI	
多元包容 B7 (0.092 3)				城市居民最低生活 保障标准占上年度 城市居民人均消费 支出比例/% D30(0.665 6)	城市最低生活保障标准 全年标准与上年度城市 居民人均消费支出比值	30	样本城市 平均水平	正向	长沙市统计 年鉴		
			住房包容 C14 (0.666 7)	城镇登记失业率/% D31(0.334 4)	城镇登记失业人数占期末城 镇从业人员总数与期末实有 城镇登记失业人数之和比例	3.8	全国城镇登记 失业率	负向	长沙市统计 年鉴		
				房租收入比 D32(0.750 0)	城市平均房租水平单位面积 年租金与城市居民人均可支 配收入	0.005~0.01	2018 中国住房租赁市 场发展报告及大数据 租金指数	负向	链家网租房数 据、长沙市统计 年鉴		

续表1

城市体检 指数A	目标层B (权重) ^①	准则层C (权重)	指标层D (权重)	指标含义	标准值/ 参考区间	参考区间 依据	指标 正负向	数据来源	
创新活力B8 (0.102 7)			房价收入比 D33(0.250 0)	城市住房平均总价与城市居民人均可支配收入	9~39	中国城市竞争力第17次报告,全国房价收入比值	负向	链家网小区数据、长沙市统计年鉴	
			人口活力 C15 (0.750 0)	城市常住人口户籍人口比例/% D34(0.666 7)	市辖区常住人口与户籍人口的比例	100~120	样本城市平均水平	正向	长沙市统计年鉴
				18~35岁户籍人口比例/% D35(0.333 3)	市辖区户籍人口中18~35岁人口数占户籍人口总数比例	27	人口普查数据	正向	长沙市统计年鉴
			创新能力 C16 (0.250 0)	全社会R&D支出占GDP比例/% D36(0.751 0)	年度内全社会实际用于基础研究、应用研究和试验发展的经费支出占国内生产总值(GDP)的比例	2.74	样本城市平均水平	正向	长沙市统计年鉴
				万人高新技术企业数/个每万人 D37(0.249 0)	城市高新技术企业数与常住人口数比例	3.5	样本城市平均水平	正向	长沙市科技局公告、长沙市统计年鉴

注: ①括号内数值为该指标权重; ②样本城市平均水平来自于2020年城市体检36个城市评估结果。

1.3.3 基础指标计算 城市体检指标众多, 根据各指标数据来源和评估内容可将计算方法分为两类: GIS空间分析和统计数据分析。对于城市区县及以下更小尺度的空间数据来说, 可采用GIS计算几何、缓冲区分析、叠加分析(龙瀛等, 2018)等方法, 如通过缓冲区分析和叠加分析计算公共服务设施覆盖度(李俊, 2019)。利用统计数据可汇总城市基本要素的静态数据, 进行平均值、人均值、占比计算、个数统计、覆盖率分析(龙瀛等, 2019b)。

1.3.4 数据标准化 根据城市体检指标计算结果, 采用Min-Max归一法(仇方道等, 2011)将所有指标计算值标准化在(0, 1]之间, 得到单项指标评价标准化的分值, 处理方式:

当指标值为正向时, 表明指标在最低水平上的优势程度, 其值越大表示该指标水平越好, 标准化公式为:

$$S_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

式中: S_i 为单个指标*i*的标准化值; X_i 为单个指标*i*的原始计算值。若评价标准为区间, 则 X_{\max} 、 X_{\min} 分别表示区间范围的上限和下限; 若评价标准为单一数值, 则 X_{\max} 为正向指标参考标准值大小, X_{\min} 取0计算。

当指标值为负向时, 表明指标在最高水平下的劣势程度, 其值越小表示该指标水平越好, 标准化公式为:

$$S_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式中: S_i 为单个指标*i*的标准化值; X_i 为单个指标*i*的原始计算值。若评价标准为区间, 则 X_{\max} 、 X_{\min} 分别表示区间范围的上限和下限; 若评价标准为单一数值, 则 X_{\max} 为负向指标参考标准值大小, X_{\min} 取0计算。

1.3.5 权重确定和指数计算 经过归一化后的指标得分可以进行直接比较, 再利用专家打分法和层次分析法(蔡进等, 2013; 柴彦威等, 2018)得到每个指标权重, 将指标标准化后的得分值与权重相乘, 得到每个指标评价的最终评估得分, 计算公式为:

$$Y_j = w_j \times s_j \quad (3)$$

式中: Y_j 为指标层指标评价得分值; w_j 为第*j*个指标权重; s_j 为第*j*个指标的标准化值; *j*为指标个数。

2 结果分析

2.1 典型指标评价分析

选择融合多源数据计算的典型指标进行分析, 以社区、街道、市辖区不同尺度下3个典型指标为例, 从数据和方法阐述体检的评估流程和结果。

2.1.1 城市建筑开发强度 根据市辖区建成区内建筑物数据, 以研究范围内80个街道为评价单元, 计算其建筑开发强度。结果显示, 建筑开发强度高的地区分布在芙蓉区、开福区和天心区的街道, 而望

城区街道的建筑开发强度都处于较低水平。总体来看，长沙市建筑开发强度水平不高，在空间分布上主要集中在城市中心城区街道，建成区外围街道土地的集约利用程度仍需要提高（图2）。

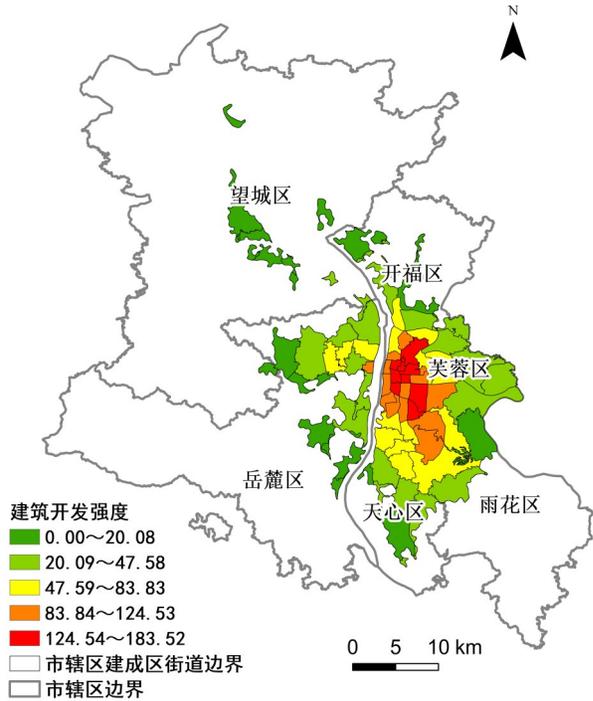


图2 街道建筑开发强度分布

Fig.2 Distribution of street building development intensity

2.1.2 社区便民服务设施覆盖率 社区便民服务设施是为社区居民提供各种公共性、服务性的生活必要设施，根据《长沙市居住公共服务设施配置规定（试行）》的要求，围绕居民日常生活需求，参考文献（赵彦云等，2018）将POI数据分为教育、养老、医疗、交通、文体、商业等6个一类指标和21个二级指标（表2）。由于不同二级指标评估内容具有重叠性，考虑到指标之间可以相互替代，因此只要社区包含一级指标下的任意二级指标，则视为该社区拥有此类设施覆盖。

表2 便民服务设施指标内容

Table 2 Index content of convenient service facilities

一级指标	二级指标
教育设施	幼儿园、小学、中学、教育培训机构
养老设施	社区养老服务中心、养老院、老年活动中心
医疗设施	社区卫生服务中心、综合医院、专科医院、药店
交通设施	公交站、地铁站
文体设施	街道文化中心、文化场馆、运动场馆、健身中心
商业设施	便利商店、菜市场、超市、美食

图3显示，在评价范围中共有259个社区，其中6类便民服务设施完全覆盖的社区有85个，占比32.82%；拥有5类设施覆盖的社区有74个，占比28.57%；拥有4类设施覆盖的社区有41个，占比15.83%；拥有3类及以下设施覆盖的社区有59个，占比22.78%，其中完全没有便民服务设施覆盖社区的有15个，占比5.79%。超过77%的社区便民服务设施在4类及以上，是社区服务水平较高的地区。而覆盖率低的社区主要分布在离市中心较远的建成区边缘。

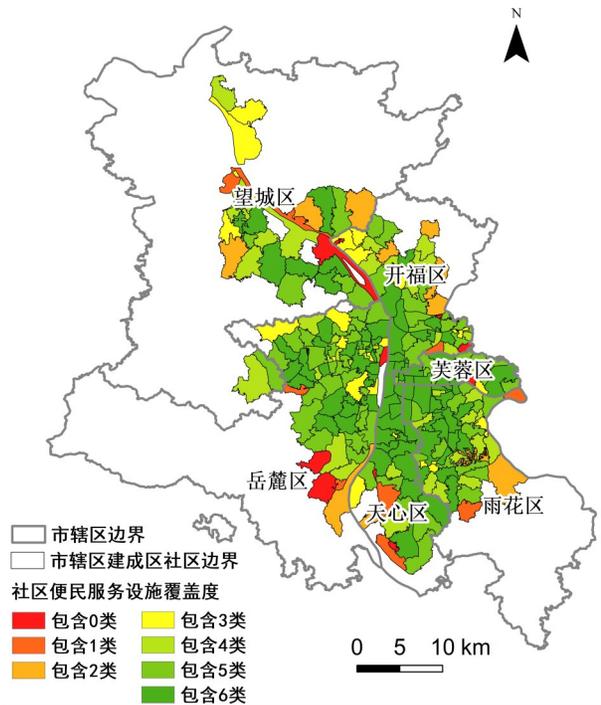


图3 社区便民服务设施覆盖类型数分布

Fig.3 Distribution of the number of coverage types about community convenience service facilities

从便民服务设施分类覆盖情况看（图4），商业、医疗、教育设施覆盖程度较高，分别达到89.19%、79.92%和78.76%。养老、文体设施覆盖率较低，只有43.24%和63.71%，各类别便民设施覆盖率有明显差异。这表明长沙市在公共服务设施完整性和共享性上还存在较大提升空间，特别是随着人口老龄化社会的到来，社区养老服务设施覆盖应该有所加强。

2.1.3 房租收入比 与流动人口收入相匹配的租房价格成为刻画人口住房问题的重要指标，房租收入比反映住宅租赁市场的运行状况，也影响流动人口

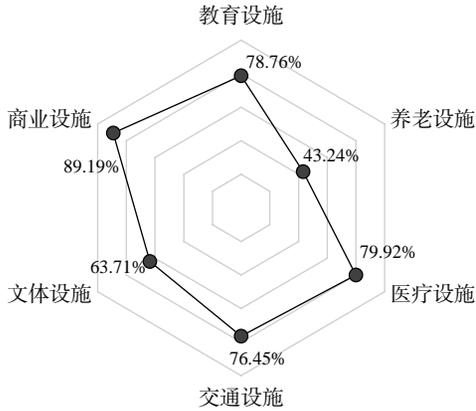


图4 社区便民服务设施分类覆盖率
Fig.4 Classified coverage rate of community convenience service facilities

的生活质量 (李在军等, 2020)。通过链家网采集互联网小区租房价格数据, 经过清洗、去重等处理后由小区的租房租金和租房面积信息可获得住宅单位面积租金, 与各区县统计的人均城镇可支配收入数据相除得到房租收入比 (图5)。

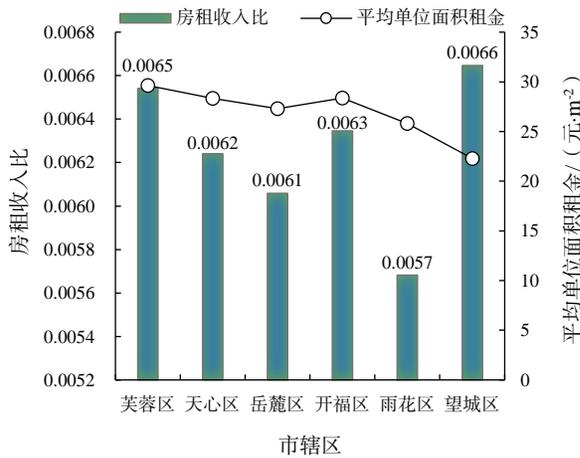


图5 市辖区房租收入比
Fig.5 Rental income ratio for municipal districts

根据市辖区 2 545 个小区租房数据分析, 各区县房租收入比为 0.005 7~0.006 6。其中, 望城区人均城镇可支配收入在所有区县中最低, 因而其房租收入比最高; 芙蓉区平均单位面积年租金最高, 因而其房租收入处于较高水平; 雨花区因为较低的单位年租金和较高的人均可支配收入, 成为市辖区内房租收入比最低的区县。

2.2 综合评估结果分析

长沙市城市体检综合分析需要通过专题评估和指标诊断识别城市发展的特色和短板, 为城市精细治理的对策和方案制定提供参考依据。

2.2.1 城市体检专题评估 总体上, 长沙市城市体检指数得分为 0.833 (最大值为 1), 表 3 显示, 长沙市城市建设和管理整体上有较好表现, 特别在生态宜居、整洁有序方面, 而交通便捷和安全韧性方面仍需加强。

表3 长沙城市体检专题评估结果

Table3 Results of urban physical thematic examination of Changsha

一级专题	评价得分	二级专题	评价得分
生态宜居	0.943	资源利用	0.896
		环境保护	0.967
健康舒适	0.857	社区服务	0.926
		社区建设	0.650
安全韧性	0.783	公共卫生	0.633
		事故风险	0.858
交通便捷	0.763	通勤效率	0.574
		出行便捷	0.826
风貌特色	0.849	历史文化	0.849
		城市特色	0.852
整洁有序	0.943	综合管理	0.983
		市容环境	0.865
多元包容	0.706	群体包容	0.703
		住房包容	0.707
创新活力	0.717	人口活力	0.683
		创新能力	0.817

首先, 从全市整体上看, 生态宜居得分最高, 主要表现在城市中心城区人口密度合理, 空气、水环境质量较好, 由于城市资源集约利用程度较高, 生态环境保护和治理力度逐渐增强, 城市人居环境整体良好。整洁有序得分次之, 主要表现在生活垃圾和生活污水处理能力较强, 环卫设施分布密度高。交通便捷得分最低, 主要表现在高峰时段机动车速度较低, 常住人口职住分离度较大, 以及路网形态分布不合理等。安全韧性方面得分也较低, 在重大突发事件和公共卫生安全上存在隐患, 主要表现在消防站点、社区卫生服务中心覆盖率不高。

在风貌特色上, 城市历史文化保护相对完整, 旅游吸引与创收能力逐渐增长。在健康舒适上, 社区服务基本达到要求标准, 但社区建设管理仍然不足, 社区住宅条件水平受限。在创新活力上, 青年人口活力充足, 创新营商环境逐渐改善。在多元包容上, 群体包容性水平不高, 对低收入群体和失业

人群保障有待进一步加强；住房包容性表现良好，租房能力优异，对外来人口居住包容度高，是长沙市吸引人才的一大优势。

其次，从各市辖区专题评估结果看，岳麓区的专题指数平均值最高，得分为0.80，而望城区的评价值最低，得分为0.47。从不同专题高低水平的区域分布看（图6），生态宜居、健康舒适、整洁有序、创新活力专题最高值的区县都为芙蓉区，交通便捷专题在望城区最高，多元包容在雨花区最高。开福区和天心区各专题得分标准差较小，各指标发展水平较为均衡。

2.2.2 城市体检指标诊断 为更有效识别优劣指标结果，使评价等级类别差异最大化，采用自然断点法将所有指标值分为5个等级：高水平、较高水平、中等水平、较低水平、低水平。表4显示，在较高水平等级及以上的指标占比45.9%，处于较低水平及以下的指标占比32.4%，总体上长沙市城市运行状态良好，一些指标达到很高水平。

1) 较高水平及以上等级指标分析

城市中心城区人口密度、空气质量优良天数、万车死亡率等指标评价得分值居于首位，达到参考标准区间的最高值，说明长沙市在人口疏解、空气污染治理、交通安全等方面已经实现有效管理。同时，生态环境保护、城市生活污水管理都达到较高水平。由于长沙市机构改组建立人居环境局，负责城市更新和历史文化保护等工作，因而人居环境质量得到有效改善。

2) 中等水平等级指标分析

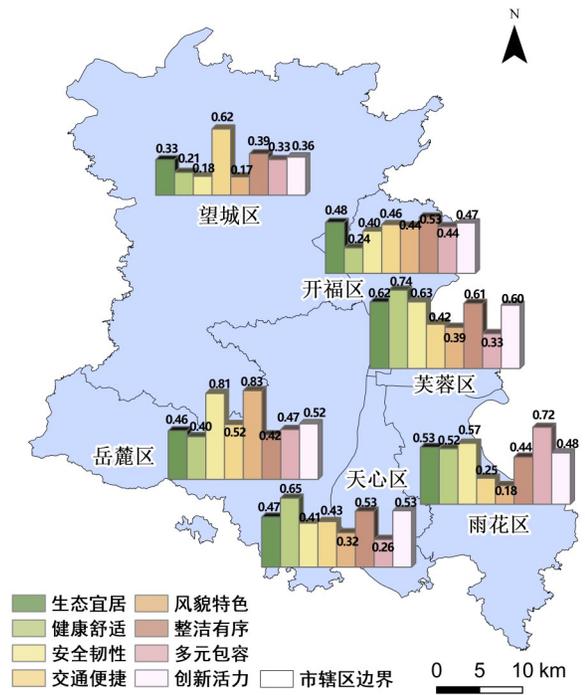


图6 市辖区专题评估结果

Fig.6 Thematic assessment results of municipal districts

在交通方面，长沙市平均机动车速度和公交站点覆盖度处于中等水平，与标准区间还有一定差距。但由于历史文化保存较好，城市特色有所彰显，吸引了较多的旅游人口。城市创新活力方面由于省会优势、人才引进、营商环境改善等政策，使得全社会R&D支出占GDP比重和万人高新技术企业数都表现出良好优势。

3) 较低水平及以下等级指标分析

便民服务设施整体水平较好，但社区卫生医

表4 长沙市体检指标分级结果

Table 4 Index grading results of urban physical examination of Changsha

评价等级	等级区间	指标名称(指标得分)	指标个数/个
高水平	(0.933, 1]	中心城区人口密度(1)、空气质量优良天数(1)、城市水环境质量优于五类比例(0.972)、公园绿地服务半径覆盖率(0.954)、社区便民服务设施覆盖率(0.958)、万车死亡率(1)、城市道路网密度(0.946)、生活垃圾无害化处理率(0.997)、生活污水集中收集率(0.966)	9
较高水平	(0.826, 0.933]	区域开发强度(0.933)、城市蓝绿空间占比(0.890)、社区物业管理覆盖度(0.833)、二级及以上医院覆盖率(0.903)、历史建筑平均密度(0.874)、旅游收入贡献率(0.877)、公共厕所设置密度(0.894)、18-35岁户籍人口比例(0.862)	8
中等水平	(0.721, 0.826]	建成区高峰时间平均机动车速度(0.781)、公交站点覆盖率(0.816)、历史文化街区保存率(0.826)、旅游人口吸引力(0.802)、垃圾站点密度(0.807)、房租收入比(0.749)、全社会R&D支出占GDP比重(0.821)、万人高新技术企业数(0.806)	8
较低水平	(0.605, 0.721]	城市建筑开发强度(0.651)、老旧小区用地面积占比(0.658)、高层高密度住宅用地占比(0.639)、传统商贸批发市场聚集程度(0.721)、轨道交通站点覆盖度(0.656)、城市居民最低生活保障标准占上年度居民人均消费支出比例(0.707)、城镇登记失业率(0.697)	7
低水平	(0, 0.605]	社区卫生服务中心覆盖率(0.499)、消防站点覆盖率(0.605)、常住人口职住分离度(0.471)、房价收入比(0.580)、常住人口户籍人口比例(0.594)	5

疗、消防站点、轨道交通站点等设施覆盖率不高。同时,城市更新需要逐步进行,目前城市建筑开发强度与周边省会城市相比还有较大开发空间,住宅建筑也面临着老旧小区改造以及住宅用地集约利用等问题。另外,对低收入群体和失业人群的社会保障不够,与城市经济发展水平不相匹配,并且城市职住分离度大,通勤距离较长,给工作人群带来诸多不便。房价水平虽然与同等级城市相比较低,但在普遍高房价的现状下,仍然与人民生活水平不符。在同其他城市竞争人口时,长沙市也存在吸引力不足的问题。

3 结论与讨论

利用遥感数据、社会开放大数据和统计资料,建立多源数据融合的城市体检评估指标体系和计算模型,采用主观评估与客观评价相结合的方法,以长沙市为例,对城市自然资源本底特征和运行体征进行综合分析。得到的主要结论为:

1) 长沙市生态宜居和整洁有序程度较高,交

通便捷和安全韧性评价价值较低,风貌特色、健康舒适、创新活力、多元包容处于中等水平。各项专题综合得分都在0.7以上,城市人居环境总体良好,但仍有提升空间。

2) 从各市辖区专题结果可以看出,岳麓区平均得分值最高,芙蓉区评价结果最好的专题达到总专题数的一半,开福区和天心区各专题发展水平最为均衡,雨花区和望城区各自仅有1项专题达到最好,大部分区县的专题间发展情况有较大差距。

3) 由城市体检指标诊断分析可知,长沙市中心城区人口密度、空气质量优良天数、万车死亡率等指标都在最好区间内,而完整公共服务设施覆盖度和共享性不够,住房条件、人群包容、职住分离等都没达到合理标准。可见对于涉及多要素综合导致的“城市病”,城市治理需要花费更长时间、采取更多措施来达到人居环境的改善效果。

针对长沙市城市体检评估诊断的“城市病”,结合城市不同区县发展情况,根据识别的城市发展短板提出治理建议(表5)。

表5 各区县主要“城市病”及建议

Table 5 The main "urban disease" and Suggestions in each district and county

市辖区	主要“城市病”	建议
芙蓉区	蓝绿空间占比低、老旧小区用地占比多、低收入群体包容度不够	坚持生态优先,着力绿色发展,保护河湖水域占比,整合城区分散绿地,实施“三旧改造”改善老城风貌,差异化提高低收入群体最低生活保障水平。
开福区	社区服务水平较低,便民服务和物业管理覆盖率不高,公共卫生安全韧性较低	重点提高社区便民设施覆盖率,采取自筹或委托物业公司方式完善社区物业管理,利用综合医院和社区卫生服务中心结合来提高应对公共卫生事件风险的能力。
天心区	社区卫生服务中心覆盖率低、房租收入比高、低收入群体包容度不够	增加社区卫生服务中心服务人群覆盖范围,严格控制租房价格,降低外来人群和低收入群体生活成本,保障不同群体的生活质量。
望城区	生态宜居的资源利用程度低、便民设施覆盖率低、安全韧性水平不高	科学规划分区开发,降低建筑空置率,提升单位土地利用效率。提高不同社区和不同设施的平衡性和共享水平,新建或增设综合医院分院,加强医疗服务能力。
雨花区	公交站点覆盖率低、历史文化保护程度不够、道路网密度不高	优化公共交通线路和轨道交通换乘体系,合理布局路网结构,强化历史街区和历史建筑保护,彰显城市文化特色。
岳麓区	市容环境有待加强、公共厕所设施密度较低	进一步美化市容环境,增加人流量集中区域的公共厕所设置密度,落实机关事业单位厕所对外开放,做好街道环境保洁和垃圾站点就近收集。

利用多源数据对长沙市进行城市体检,能有效结合静态统计数据 and 动态新兴数据的优势,为高效精确诊断城市病提供有力的数据支撑。同时,对城市资源环境、安全韧性、设施覆盖、创新活力等多方面构建指标体系,横纵向对比确立评估标准,能较为全面地识别城市发展的短板问题,可有针对性地“城市病”进行治理。但本文仍然存在一些不足:1) 由于各个城市发展特点不同,本文制定的城市体检指标体系不能完全适用于其他城市,还需要结合城市特色进行指标选取;2) 指标参考标准值和区间根据相关规定设定和预估,具有一定主观

性,同时指标权重没有与居民问卷调查情况结合,不能完全反映评价要素的重要程度。因此,今后城市体检工作需要在融合多源数据的基础上,进一步制定科学全面的指标体系和评估阈值,结合居民满意度调查,展开“城市病”诊断和治理。

参考文献 (References):

- 蔡进,邱道持,赵梓琰,王静. 2013. 新型农村社区人居环境变化研究——以重庆市忠县天子村社区为例. 西南大学学报(自然科学版), 35 (10): 117-124. [Cai Jin, Qiu Daochi, Zhao Ziyang and Wang Jing. 2013. A Research of the Changes in Residential Environment in New Rural Communities—A Case Study of Tianzi

- Village of Zhongxian County. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 35(10): 117-124.]
- 岑家伟. 2018. 环杭州湾地区人居环境适宜性研究. 上海: 上海师范大学. [Cen Jiawei. 2018. Study on the Suitability of Human Settlement Environment in Hangzhou Bay Area. Shanghai: Shanghai Normal University.]
- 柴彦威, 刘伯初, 刘瑜, 马修军, 塔娜, 申悦. 2018. 基于多源大数据的城市体征诊断指数构建与计算——以上海市为例. *地理科学*, 38 (1): 1-10. [Chai Yanwei, Liu Bochu, Liu Yu, Ma Xiujun, Ta Na and Shen Yue. 2018. Construction and Calculation of Diagnostic Index of Urban Signs Based on Multi-Source Big Data: Case of Shanghai. *Scientia Geographica Sinica*, 38(1): 1-10.]
- 长沙市统计局. 2019. 长沙统计年鉴. 北京: 中国统计出版社. [Statistics Bureau of Changsha Municipality. 2019. *Changsha Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Press.]
- 长沙市统计局. 2020. 长沙市2019年国民经济和社会发展统计公报. (2020-03-18) [2020-05-13]. http://tjj.changsha.gov.cn/tjxx/tjsj/tjgb/202003/t20200318_7042166.html. [Statistics Bureau of Changsha Municipality. 2020. Statistics Bulletin of National Economic and Social Development of Changsha City in 2019. (2020-03-18) [2020-05-13]. http://tjj.changsha.gov.cn/tjxx/tjsj/tjgb/202003/t20200318_7042166.html.]
- 陈呈奕, 张文忠, 湛东升, 李雪丽. 2017. 环渤海地区城市人居环境质量评估及影响因素. *地理科学进展*, 36 (12): 1562-1570. [Chen Chengyi, Zhang Wenzhong, Zhan Dongsheng and Li Xueli. 2017. Quantitative Evaluation of Human Settlement Environment and Influencing Factors in the Bohai Rim Area. *Progress in Geography*, 36(12): 1562-1570.]
- 陈冲, 杨志勇, 史晓亮, 尚雨. 2020. 基于Google Earth遥感影像的城市建筑物高度反演. *测绘通报*, (1): 98-101. [Chen Chong, Yang Zhiyong, Shi Xiaoliang and Shang Yu. 2020. Inversion of Urban Buildings Height Based on Google Earth Remote Sensing Images. *Bulletin of Surveying Mapping*, (1): 98-101.]
- 程启先, 樊哲宇, 秦春艳, 朱叶, 李子豪, 刘昊. 2019. 基于层次分析法的信阳市城市宜居性研究. *环境与发展*, 31 (1): 5-7, 9. [Cheng Qixian, Fan Zheyu, Qin Chunyan, Zhu Ye, Li Zihao and Liu Hao. 2019. The Urban Livability Research of Xinyang City Based on Analytic Hierarchy Process. *Environmental and Development*, 31(1): 5-7, 9.]
- 仇方道, 佟连军, 姜萌. 2011. 东北地区矿业城市产业生态系统适应性评价. *地理研究*, 30 (2): 243-255. [Chou Fangdao, Tong Lianjun and Jiang Meng. 2011. Adaptability Assessment of Industrial Ecological System of Mining Cities in Northeast China. *Geographical Research*, 30(2): 243-255.]
- 崔真真, 黄晓春, 何莲娜, 周志强. 2016. 基于POI数据的城市生活便利度指数研究. *地理信息世界*, 23 (3): 27-33. [Cui Zhenzhen, Huang Xiaochun, He Lianna and Zhou Zhiqiang. 2016. Study on Urban Life Convenience Index Based on POI Data. *Geomatics World*, 23(3): 27-33.]
- Gong P, Chen B, Li X, Liu H, Wang J, Bai Y, Chen J, Chen X, Fang L, Feng S, Feng Y, Gong Y, Gu H, Huang H, Huang X, Jiao H, Kang Y, Lei G, Li A, Li X, Li X, Li Y, Li Z, Li Z, Liu C, Liu C, Liu M, Liu S, Mao W, Miao C, Ni Hao, Pan Q, Qi S, Ren Z, Shan Z, Shen S, Shi M, Song Y, Su M, Suen H P, Sun B, Sun F, Sun J, Sun L, Sun W, Tian T, Tong X, Tseng Y, Tu Y, Wang H, Wang L, Wang X, Wang Z, Wu T, Xie Y, Yang J, Yang J, Yuan M, Yue W, Zeng H, Zhang K, Zhang N, Zhang T, Zhang Y, Zhao F, Zheng Y, Zhou Q, Clinton N, Zhu Z, Xu B. 2020. Mapping Essential Urban Land Use Categories in China (EULUC-China): Preliminary Results for 2018. *Science Bulletin*, 65 (3): 182-187.]
- 郝慧梅, 任志远. 2009. 基于栅格数据的陕西省人居环境自然适宜性测评. *地理学报*, 64 (4): 498-506. [Hao Huimei and Ren Zhiyuan. 2009. Evaluation of Nature Suitability for Human Settlement in Shaanxi Province Based on Grid Data. *Acta Geographica Sinica*, 64(4): 498-506.]
- 孔令彦, 关丽, 丁燕杰, 陈思. 2017. 空间大数据支持下的城市区域评估及其关键技术. *测绘通报*, (8): 100-105. [Kong Lingyan, Guan Li, Ding Yanjie and Chen Si. 2017. Urban Examination Evaluation System and Its Key Technologies Based on Spatial Big Data. *Bulletin of Surveying and Mapping*, (8): 100-105.]
- 李航, 李雪铭, 田深圳, 李松波, 赵鹏飞. 2017. 城市人居环境的时空分异特征及其机制研究——以辽宁省为例. *地理研究*, 36 (7): 1323-1338. [Li Hang, Li Xueming, Tian Shenzhen, Li Songbo and Zhao Pengfei. 2017. Temporal and Spatial Variation Characteristics and Mechanism of Urban Human Settlements: Case Study of Liaoning Province. *Geographical Research*, 36(7): 1323-1338.]
- 李俊. 2019. 基于POI的长沙市15分钟社区生活圈评价及优化研究. 兰州: 兰州大学. [Li Jun. 2019. Evaluation and Optimization of 15 Minutes Community Life Circle in Changsha Based on POI. Lanzhou: Lanzhou University.]
- 李帅, 魏虹, 倪细炉, 顾艳文, 李昌晓. 2014. 基于层次分析法和熵权法的宁夏城市人居环境质量评价. *应用生态学报*, 25 (9): 2700-2708. [Li Shuai, Wei Hong, Ni Xilu, Gu Yanwen and Li Changxiao. 2014. Evaluation of Urban Human Settlement Quality in Ningxia Based on AHP and the Entropy Method. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(9): 2700-2708.]
- 李欣, 于忠海, 邵飞. 2019. 基于时空大数据的济南市城市体检初探. *城市勘测*, 32 (5): 39-41, 46. [Li Xin, Yu Zhonghai and Shao Fei. 2019. Research on the Urban Physical Examination of Jinan City Based on Spatio-Temporal Big Data. *Urban Geotechnical Investigation & Surveying*, 32(5): 39-41, 46.]
- Li X, Gong P, Zhou Y, Wang J, Bai Y, Chen B, Hu T, Xiao Y, Xu B, Yang J, Liu X, Cai W, Huang H, Wu T, Wang X, Lin P, Li X, Chen J, He C, Li X, Yu L, Clinton N and Zhu Z. 2020. Mapping Global Urban Boundaries from the Global Artificial Impervious Area (GAIA) Data. *Environmental Research Letters*, 15(9): 94044.]
- 李在军, 尹上岗, 张晓奇, 秦兴方. 2020. 中国城市流动人口房租收入比时空格局及驱动因素. *地理科学*, 40 (1): 103-111. [Li

- Zaijun, Yin Shanggang, Zhang Xiaoqi and Qin Xingfang. 2020. The Spatial-Temporal evolution and Driving Factors of Floating Population's Rent Income Ratio in Prefectural City of China. *Scientia Geographica Sinica*, 40(1): 103-111.]
- 林文棋, 蔡玉衡, 李栋, 孙小明, 吴梦荷, 马靓, 段冰若. 2019. 从城市体检到动态监测——以上海城市体征监测为例. *上海城市规划*, 30 (3): 23-29. [Lin Wenqi, Cai Yuheng, Li Dong, Sun Xiaoming, Wu Menghe, Ma Liang and Duan Bingruo. 2019. From City Medical to Dynamic Diagnosis: A Case of Shanghai City Sign Diagnosis. *Shanghai Urban Planning Review*, 30(3): 23-29.]
- Liu P, Liu X, Liu M, Shi Q, Yang J, Xu X and Zhang Y. 2019. Building Footprint Extraction from High-Resolution Images via Spatial Residual Inception Convolutional Neural Network. *Remote Sensing*, 11(7): 830.
- 龙瀛, 李苗裔, 李晶. 2018. 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. *城市发展研究*, 25 (4): 86-96. [Long Ying, Li Miaoyi and Li Jing. 2018. Monitoring Built Environment of China with New Data: Indicator System and Case Studies. *Urban Development Studies*, 25(4): 86-96.]
- 龙瀛, 张昭希, 李派, 周新宇, 刘洪岐, 刘兴起. 2019a. 北京西城区城市区域体检关键技术研究与实践. *北京规划建设*, 23 (S2): 180-188. [Long Ying, Zhang Zhaoxi, Li Pai, Zhou Xinyu, Liu Hongqi and Liu Xingqi. 2019a. Key Techniques in Urban Physical Examination Evaluation for Beijing Xicheng District. *Beijing Planning Review*, 23(S2): 180-188.]
- 龙瀛, 唐婧娴. 2019b. 城市街道空间品质大规模量化测度研究进展. *城市规划*, 43 (6): 107-114. [Long Ying and Tang Jingxian. 2019b. Large-Scale Quantitative Measurement of the Quality of Urban Street Space: the Research Progress. *City Planning Review*, 43(6): 107-114.]
- Maria-Lluïsa M, Joan C and Joaquim M. 2015. Lessons in Urban Monitoring Taken from Sustainable and Livable Cities to Better Address the Smart Cities Initiative. *Technological Forecasting and Social Change*, 90: 611-622.]
- 邵诗杰. 2016. 透过中央城市工作会议分析我国现阶段城市病治理问题. *城市建设理论研究(电子版)*, 6 (22): 24-27. [Shao Shijie. 2016. Through the Central Urban Work Conference Analysis of China's Current Urban Disease Management Problems. *Theoretical Research in Urban Construction*, 6(22): 24-27.]
- 宋刚, 张楠, 朱慧. 2014. 城市管理复杂性与基于大数据的应对策略研究. *城市发展研究*, 21 (8): 95-102. [Song Gang, Zhang Nan and Zhu Hui. 2014. The Complexity of Urban Management and the Coping Strategies Based on Big Data. *Urban Development Studies*, 21(8): 95-102.]
- 覃剑. 2012. 我国城市病问题研究: 源起、现状与展望. *现代城市研究*, 27 (5): 58-64. [Tan Jian. 2012. Research of Urban Disease in China: Origin, Present and Future. *Modern Urban Research*, 27 (5): 58-64.]
- 徐新良, 刘纪远, 张树文, 李仁东, 颜长珍, 吴世新. 2018. 中国多时期土地利用土地覆被遥感监测数据集 (CNLUCC). 中国科学院资源环境科学数据中心数据注册与出版系统 (<http://www.resdc.cn/DOI>). DOI: 10.12078/201807020. [Xu Xinliang, Liu Jiyuan, Zhang Shuwen, Li Rendong, Yan Changzhen and Wu Shixin. 2018. China Multi-Period Land Use Land Cover Remote Sensing Monitoring Data Set (CNLUCC). Data Registration and Publishing System of Resource and Environment Science Data Center of Chinese Academy of Sciences. <http://www.resdc.cn/DOI>. DOI: 10.12078/201807020.]
- Zhan D, Kwan M, Zhang W, Fan J, Yu J and Dang Y. 2018. Assessment and Determinants of Satisfaction with Urban Livability in China. *Cities*, 79: 92-101.]
- 张春敏, 张楼香, 丁亚杰. 2019. 基于时空大数据的城市区域体检评估研究. *城市勘测*, 34 (2): 24-27. [Zhang Chunmin, Zhang Louxiang and Ding Yajie. 2019. Urban Physical Examination Evaluation Based on Spatio-Temporal Big Data. *Urban Geotechnical Investigation & Surveying*, 34(2): 24-27.]
- 张文忠, 谌丽, 杨翌朝. 2013. 人居环境演变研究进展. *地理科学进展*, 32 (5): 710-721. [Zhang Wenzhong, Chen Li and Yang Yichao. 2013. Research Progress on Human Settlement Evolution. *Progress in Geography*, 32(5): 710-721.]
- 张文忠. 2016. 宜居城市建设的核心框架. *地理研究*, 35 (2): 205-213. [Zhang Wenzhong. 2016. The Core Framework of the Livable City Construction. *Geographical Research*, 35(2): 205-213.]
- 张洋子. 2017. 我国“大城市病”的指标基准、定量测度与机理分析. *城市*, 30 (11): 3-12. [Zhang Yangzi. 2017. The Index Benchmark, Quantitative Measure and Mechanism Analysis of "Megacities Disease" in China. *City*, 30(11): 3-12.]
- 赵彦云, 张波, 周芳. 2018. 基于POI的北京市“15分钟社区生活圈”空间测度研究. *调研世界*, 31 (5): 17-24. [Zhao Yanyun, Zhang Bo and Zhou Fang. 2018. Research on Spatial Measurement of "15-minute Community Living Circle" in Beijing Based on POI. *The World of Survey and Research*, 31(5): 17-24.]
- 郑晨. 2019. 基于遥感的城市人居环境适宜性综合评价研究. 重庆: 重庆师范大学. [Zheng Chen. 2019. Study on the Comprehensive Evaluation of the Suitability of Urban Residential Environment Based on Remote Sensing. Chongqing: Chongqing Normal University.]
- 周健. 2018. 基于多源数据的社区环境宜居性评价研究——以长沙市为例. 深圳: 深圳大学. [Zhou Jian. 2018. Evaluation of Livability of Community Environment Based on Multi-Source Data: A Case Study of Changsha City. Shenzhen: Shenzhen University.]
- 朱燕玲, 苏元芳, 曹旭航, 许璐. 2018. 基于主成分分析法的北京城市病评价及雄安新区设立的预测. *江汉大学学报(自然科学版)*, 46 (2): 162-166. [Zhu Yanling, Su Yuanfang, Cao Xuhang and Xu Lu. 2018. Urban Disease Evaluation in Beijing Based on Principle Component Analysis and Prediction for Xiong'an District. *Journal of Jiangnan University(Natural Science Edition)*, 46(2): 162-166.]

Urban Physical Examination Evaluation Based on Multisource Data: A Case Study of Changsha City

Xiang Yu¹, Zhang Honghui^{2,3} and Liu Xiaoping¹

(1. School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China; 2. College of Resources and Environmental Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China; 3. Guangdong Guodi Planning Science Technology Co., Ltd., Guangzhou 510650, China)

Abstract: With the continuous increase in the rate of urbanization, more attention is being paid to quality of life in cities. At present, China's major cities are facing multiple challenges, including resource shortages, environmental pollution, population congestion, traffic congestion, and inequality of public service facilities, all of which have become controversial issues affecting the development of high-quality human settlements. Taking Changsha City as an example, this study attempts to solve the problems of incomplete physical examination elements, slow data update, and previously inconsistent evaluation standards. Under the guidance of problems and objectives, a scientific, comprehensive, applicable, and operable urban physical examination index system was built to provide effective support for the comparative analysis and accurate evaluation of urban development positioning. Based on remote sensing images, social open big data, and statistical data, this study constructed an urban physical examination index system from eight aspects: ecological livability, health and comfort, safety and resilience, convenient transportation, style and features, tidiness and order, multiple inclusiveness, and innovation vitality. The evaluation standard value was determined from the perspective of vertical national standards and planning references, along with a horizontal comparison of cities at the same level. The normalization method and analytic hierarchy process were used to calculate and evaluate the urban natural background and operational signs. The findings were as follows: 1) The overall human settlement of Changsha is good, and the comprehensive score of each aspect above 0.7. The city has a high degree of ecological livability and cleanliness, but the aspects of traffic convenience and safety resilience need to be improved. There is still room for improvement in style and characteristics, health and comfort, innovation and vitality, and diversity and inclusiveness. 2) The level of thematic development in each district and county is uneven. Yuelu District has the highest average score, while Kaifu District and Tianxin District have the most balanced development levels in terms of different aspects. On the basis of retaining the regional functional characteristics, each district and county should focus on solving development and narrowing the gap with other districts and counties. 3) The indicators of population density in the central urban area, number of days with good air quality, and mortality rate of 10,000 vehicles are at the highest level, but there is still a certain gap with the urban development demand in terms of complete coverage of convenience service facilities, residential building renewal and development, and group inclusion, among other aspects. According to the results of urban physical examination based on multisource data, in the future Changsha City needs to be solution-oriented, accurately manage "urban disease," and strive to improve the life satisfaction, happiness, and sense of belonging of urban residents. This study could provide reference research ideas for the fusion of static statistical data and dynamic emerging data derived from urban physical examination, the construction of a scientific and comprehensive index system, and the establishment of horizontal and vertical evaluation standards. At the same time, it could provide decision support for the diagnosis of prominent urban disease problems in Changsha and the better management of the city.

Keywords: urban physical examination; multisource data; index system; human settlements; Changsha City