

# 城市SDGs空间型监测研究进展与展望

白建军<sup>1</sup>, 陈 军<sup>2</sup>

(1. 陕西师范大学地理科学与旅游学院, 西安 710119; 2. 国家基础地理信息中心, 北京 100830)

**摘要:** 本文在分析城市SDGs监测评估研究背景的基础上, 阐述了城市SDGs空间型监测的概念内涵及其与传统的基于统计数据的监测评估的区别, 揭示了国内外城市SDGs监测评估研究的发展历程和最新进展, 即城市可持续发展监测评估从传统基于统计调查数据的监测评估向基于地球大数据的空间型监测评估转变。同时, 从监测指标体系、服务于监测的地理空间数据获取、监测思路与方法等方面系统地分析了国内外城市SDGs监测评估研究的最近进展和现状。最后, 在分析城市SDGs空间型监测面临的挑战和困境的基础上, 将城市SDGs空间型监测评估未来发展趋向归纳为5点展望, 即建立科学高效的监测评估方法、建立规范统一的监测指标体系、构建数据生产共享及监测评估知识服务平台、加强地球大数据和相关学科支撑城市SDGs监测评估的应用研究等。

**关键词:** 城市SDGs; 空间型监测; 指标体系; 空间数据获取; 进展与展望

DOI: 10.11821/dlxb202311001

## 1 引言

在应对可持续发展方面, 城市扮演非常重要的角色。城市是人类居住生活的主要场所, 由于快速城镇化, 全球城市人口比例已经从1950年的30%增加到2018年的55.3%, 预计到2050年, 全球大约68.4%的人口将居住在城市地区<sup>[1]</sup>。截至2018年底, 城市在消耗全球70%能源的同时, 排放了全球70%的温室气体, 贡献了全世界80%的GDP<sup>[2]</sup>。快速的城市化带来日益突出的城市热岛、交通拥堵、空气污染、基本服务和设施缺乏等一系列负面的环境和社会问题<sup>[3]</sup>。因此, 城市被视为人类社会众多相互关联的可持续发展问题的关键, 其发展决定了人类是否能成功走在可持续发展的道路上<sup>[4-6]</sup>。

在联合国提出的17项可持续发展目标 (Sustainable Development Goals, SDGs) 中, “可持续城市与社区”被列为第11项 (SDG11), 旨在“建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区”, 是实现所有SDGs的核心<sup>[7]</sup>。SDG11涵盖了城市社会、经济、环境、安全等诸多方面, 能够较为完整地刻画一个城市的可持续发展水平<sup>[8]</sup>。除了SDG11外, SDG1涉及的贫困、SDG4的教育、SDG6的城市用水、SDG8的经济增长以及SDG9的基础设施建设等, 均与城市发展息息相关, 这些目标中的一些指标也可服务于城市SDGs监测。SDG11及相关目标为全球城市的发展指明了方向, 也为城市可持续发展评估提供了具体指标, 是在统一框架下开展不同城市的评价与比较研究的重要依据<sup>[9]</sup>。以SDG11为核心的城市SDGs监测评估是衡量城市可持续发展水平的标尺, 也是谋划城市未来发展的重要科学基础, 已经成为可持续发展领域的研究重点<sup>[6, 8, 10-11]</sup>。

收稿日期: 2022-11-30; 修订日期: 2023-05-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(42271289) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.42271289]

作者简介: 白建军(1969-), 男, 陕西澄城人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源环境遥感、可持续发展监测评估研究。

E-mail: Bjj@snnu.edu.cn

针对以SDG11为核心的城市SDGs监测评估,国内外组织和学者开展了一系列卓有成效的研究工作,目前主要聚焦在SDGs概念解析、监测数据提取、指标优化及计算、单尺度评估及小范围实验等方面。然而,由于城市是一个复杂巨系统,涵盖社会、经济、环境等多个高度交织的领域,涉及要素众多,同时SDGs监测又面临着指标体系的科学理解、多源多尺度数据的融合处理、跨学科的综合分析等诸多技术难题,目前仍缺乏规范统一的城市SDGs监测体系和科学高效的监测评估方法<sup>[12]</sup>。在回顾已有综述研究中发现,目前学界对城市SDGs监测领域研究的全面认识尚未完全形成,有必要对城市SDGs监测,特别是基于地理信息的城市SDGs空间型监测方法与其进展进行全面梳理。

基于上述认识,本文首先从空间型监测的概念、指标体系、监测数据获取、监测思路与方法等方面对城市SDGs监测评估的研究内容进行系统梳理,进而揭示城市SDGs空间型监测的发展历程和最新研究进展。在此基础上,提出目前城市SDGs空间型监测研究面临的问题与挑战,并对城市SDGs空间型监测评估的未来研究重点方向进行归纳与总结,以满足日益增长的实践需求。

## 2 城市SDGs空间型监测及进展

### 2.1 基于地理信息的空间型监测概念

传统城市可持续发展监测评估大多基于统计调查数据,受数据实时性差、空间分辨率低及获取困难的影响,无法快速、准确地评估城市可持续发展水平<sup>[9]</sup>;同时,由于这些统计调查数据多以行政区为单元收集,仅仅反映了某一时段单元的平均或者整体状况,因而基于它们的监测评估不能有效地反映和揭示SDGs践行情况的地理空间格局、区域差异以及时空效应<sup>[13]</sup>。而具有地理空间信息的遥感及网路大数据及其分析技术的出现为实现大样本量、更高时间和空间分辨率的可持续发展评价提供了新选择<sup>[8]</sup>。基于统计和地理空间信息相结合的空间型监测评估,由于使用了具有较高时空分辨率、客观性较强且易于获取的地球大数据,不但可以提高评估的时效性和准确性,还为人们描述可持续发展状况的地理分布特征与地域差异,揭示SDGs实施的地理空间条件及时空效应,讲述可持续发展的空间故事,提供了可能<sup>[13-16]</sup>。

为此,联合国在2015年首次正式将地理空间信息纳入全球性可持续发展目标的监测评估,国际上有关机构也组织开展空间型监测(Geospatial-enabled SDGs Monitoring, GI4SDGs)研究<sup>[14, 17]</sup>。例如,联合国跨机构SDGs指标专家委员会(IAEG-SDGs)专门设立了地理信息工作组,国际地球观测组织(GEO)成立了“对地观测支撑SDGs”研究计划,中国成立了“可持续发展大数据国际研究中心”,开展相关的科学研究。目前国内外学术界尚没有明确给出SDGs空间型监测的定义,通过梳理分析相关研究,本文认为SDGs空间型监测就是综合利用各类地理空间数据,在数据空间化的基础上实现基于栅格单元的指标计算,以反映评估单元内部可持续发展状况的地理分布与地域差异。与传统的基于统计数据的监测评估相比较,空间型监测具备两个突出特征:一是数据的空间化。指标计算采用具有地理空间信息的数据,或者是空间化的统计数据。二是结果的空间化。评估结果是随空间位置变化而变化的量值,具有空间分布特征,可以反映评估单元内部可持续发展状况的地理分布差异。

### 2.2 监测指标体系

联合国为城市发展专门设立的SDG11包括10个子目标和15个指标,但仍不足以覆盖全部方面<sup>[18]</sup>。不过其他SDGs能够为SDG11提供良好补充<sup>[19]</sup>,全部SDGs的230多个指

标中约有1/3可以在城市层面进行衡量<sup>[20]</sup>。目前对城市SDGs监测指标体系的研究主要集中在目标及指标间相互关系、指标的适用性、指标优化等方面。

**2.2.1 目标及指标间相互关系研究** 已有研究表明,联合国SDGs之间存在普遍联系,它们之间关系复杂,既有权衡关系,又有协同关系<sup>[21-24]</sup>。有学者将可持续发展目标间关系分为部分目标间以及整体目标间关系,以追踪并理解目标间存在的协同和权衡关系,为弱化目标间冲突、探索最优发展方案提供了基础<sup>[25]</sup>。也有学者利用可持续发展目标相互作用图对目标间关系进行评级,并用于强调政策实施的优先考虑事项<sup>[22]</sup>。而对于具体的指标,有学者通过最大信息系数(Maximal Information Coefficient, MIC)、Spearman算法对2000—2017年联合国各成员国的SDGs指标相关系数以及方向进行计算,以确定不同指标间关联性大小<sup>[26]</sup>。在城市可持续发展目标和指标关系研究方面,Abastante等评估了2030年可持续发展议程和SDG11指标的关系,指出SDG11指标存在的问题<sup>[27]</sup>。Simon等通过对5个城市的研究,分析了SDG11子目标和对应指标之间的关系,提出指标选择的10个原则,并建议在能够对城市关键方面完成监测的基础上,减少相关子目标和指标的数量<sup>[28]</sup>。研究者的一个普遍认识是,可持续发展评估指标数量繁多,关系复杂,缺乏明确的核心关键指标,不利于监测评估的实施<sup>[29]</sup>。

**2.2.2 指标的适应性及其优化研究** 全球SDGs指标框架虽然形成和确立了一系列国际通用的指标概念,但其难以适应不同国家和地区应用的需求,需要根据不同情景做出相应的调整<sup>[11, 18]</sup>。同时,尽管SDGs指标机构间专家小组<sup>[30]</sup>对每个指标给出了详细的元数据信息,包括指标概念与定义、计算方法和数据源等,但仍有一些指标定义不清晰,对相关目标及子目标的整体性描述不充分,甚至相互重叠,需要进行优化<sup>[27, 31]</sup>。为此,大量研究重新梳理了目标、子目标和指标之间的关系,并结合不同城市的发展水平和实际需求,对指标的适应性进行了分析,提出了相应的优化和调整方案。例如,Koch等结合德国的具体情况,认为SDG11中只有一部分指标可以直接使用,其余大多数指标需要做相应的调整,以适应不同的需求<sup>[18]</sup>;高峻等结合中国城市发展现状,指出SDG11指标在评估城市可持续发展水平上不够完善,需要结合其他SDGs目标对其进行有效补充<sup>[19]</sup>;Brussel等讨论了指标SDG11.2描述不足的缺点,在此基础上提出两个替代指标,新指标能较好地评估城市不同区域的社会经济和空间不公平性,以帮助识别城市交通薄弱区域<sup>[32]</sup>;Diaz-Sarachaga等在对SDG11目标和指标之间关系解析的基础上,结合墨西哥城的实际情况,提出一个新的指标框架<sup>[33]</sup>。总之,尽管SDG11对城市可持续发展的认识已较为全面,但由于指标本身描述不充分及相互重叠的问题,加之不同城市的资源环境本底、社会经济发展特征、所处发展阶段具有较大差距,所面临的发展问题也存在显著差异,因此,在具体评估中有必要结合具体情况对SDG11指标进行优化与完善<sup>[8, 32, 34]</sup>。

## 2.3 服务于监测的地理空间数据获取

缺乏标准的、公开的以及直接可用的数据,是许多国家和地区实施城市可持续发展监测评估所面临的一大困境<sup>[35-36]</sup>。虽然遥感及地理信息技术为人们提供了丰富的对地观测数据,但大部分数据不能直接应用于指标计算,必须进行处理;而对于社会经济统计数据,要实现与地理信息的融合分析,需进行地理空间分解<sup>[37]</sup>。就城市SDGs数据获取而言,目前的研究热点主要包括关键地理空间数据获取、多源数据融合及利用、地理空间数据分解等。

**2.3.1 关键地理空间数据获取** 城市SDGs监测评估中的一些指标,必须在地理空间数据的支持下完成其计算,这些地理空间数据就成为指标计算的关键。例如,各类城市功能区数据是SDG11指标计算必须的一类关键地理空间数据,其中包括指标11.1.1中的居住



区、11.7.1中涉及的开放公共空间等。对于这类数据,一种有效的获取手段是利用高分辨率遥感影像进行自动分类提取<sup>[38]</sup>。然而当前遥感影像分类方法更多地用于城市中的单一要素(例如水体、绿地、建筑物等)的提取。例如,2019年欧洲航天局发布的300 m分辨率的全球陆地覆盖数据GlobCover 2009、欧盟发布的全球人类居住层数据Global Human Settlement layer、中国研制的全球首套30 m分辨率全球地表覆盖数据集GlobeLand 30、德国宇航中心提供的城市建成区数据Global Urban Footprint以及清华大学宫鹏教授研究组发布的全球30 m分辨率不透水面数据等<sup>[39]</sup>。这些数据主要反映城市地表物理特性或城市建成区范围,为研究城市可持续发展提供了强有力的支撑,但其中大多数数据仍不能直接应用于城市可持续发展监测评估。这是因为城市SDGs中涉及的许多指标围绕城市功能区设置,而城市功能区是由多种要素组成的复杂体。对于复杂城市功能区,目前比较先进的方法是采用机器学习等人工智能技术,结合众源地理信息进行城市功能区的自动分类提取,虽然取得了较大进展,但其自动化程度及精度仍然不够理想<sup>[40-42]</sup>。

**2.3.2 多源数据融合及利用** 不同来源的数据各有优缺点,将这些不同来源的数据配准后,采用一定的算法将其优点和互补性结合起来,形成新的、更优的数据集,提高时空分辨率或改善精度,以满足SDGs监测的需求,是那些缺乏高质量数据的国家或地区的一种可能选择,也是当前的一个研究热点<sup>[43-44]</sup>。例如,一些学者在多源遥感数据权重设置的基础上,通过分析多源遥感数据间的一致性,建立融合决策规则,对多源遥感数据源进行融合,生成需要的数据<sup>[45-46]</sup>。此外,城市社会经济层面,离不开对社会经济以及人类活动、人类行为的了解和刻画,即社会感知方式,近年来Geo-Wiki、OpenStreetMap、空间社交媒体数据及手机信令数据等众源地理数据的大量出现,为构建SDGs时空数据集提供了新的信息来源<sup>[47-49]</sup>。但是,如何利用这类数据进行社会感知,协助SDGs评估监测,还需要进一步的研究数据特征、处理方法和相关信息提取等<sup>[9]</sup>。总之,针对SDGs指标计算和评估监测的需求,发展适宜的空间数据融合及多源数据利用的方法,生成需要的时空数据集,也是今后的一项研究任务。

**2.3.3 统计数据空间化** 一些SDGs指标计算要用到社会经济统计数据,但这类数据绝大多数是以行政区划或人口普查区为单元收集的,仅能表示统计对象在空间区域上的平均状况,难以反映其空间上的真实分布或分散程度<sup>[50]</sup>。为了便于与地理空间信息进行融合分析,实现SDGs量化评估结果的空间化,需要采用地理空间分解,即针对特定社会经济现象的特点,构建起适宜的模型,反演出统计数据在地理空间中的分布状态,生成连续变化的数据面<sup>[51]</sup>。同样地,基于自然单元(如流域、土壤类型单元等)或者采样点获得的一些环境类采样数据,往往难以有效覆盖全部空间,也需要推算出无测站点区域的要素值,实现空间化<sup>[52]</sup>。通常,人们针对具体研究对象的特点,构建适宜的模型,反演出统计数据或者采样数据在地理空间中的分布状态,以实现数据的空间化<sup>[51, 53]</sup>。例如,Aquilino等利用哨兵影像和人口普查数据,构建其与人口迁移数据的多元回归关系,将人口普查单元的统计数据展布到地理格网上,服务于SDG11.1.1及SDG11.3.1的计算<sup>[54]</sup>。目前国际上已研制了一些数据产品,如WorldPop、GPWv4等,可以在一定程度上满足大区域监测的需求,但对城市而言,如何精确地将这些社会经济统计数据展布在街道乃至居住小区等具体评价单元上,仍需要研究。

## 2.4 监测思路与方法

城市SDGs量化评估的总体思路是,基于统一的指标体系,在多源基础数据的支持下,设计相应的计算方法和评估模型,通过定量计算、分析评估及模拟预测,形成年度报告,以发现存在的问题,提出改进措施,协调各国的应用实践,推动2030可持续发展议程的顺利实施<sup>[13]</sup>。图1给出了空间型SDGs监测评估的总体思路。

**2.4.1 基本变量监测** 尽管目前以SDG11为核心的城市SDGs监测评估总体思路比较明确,但在具体实践过程中,由于所面临的城市具有复杂巨系统特征,涉及的监测指标众多,需要获取和处理海量的地理空间数据,并非每一个国家或地区均可承受,因此,如何创新监测思路也是当前研究的一个重点<sup>[31]</sup>。国际气候、海洋、生物多样性领域面临类似的问题,它们采用的是以基本变量为基础,去构建监测体系并实现复杂系统观测的做法。基本变量是指标计算的依据,是观测数据和指标之间联系和转换的桥梁,其不仅能反映复杂系统的本质,而且具有不可替代性<sup>[55]</sup>。全球气候观测系统(GCOS)曾研究凝练了一组气候基本变量(Essential Climate Variables, ECVs)<sup>[56]</sup>,海洋观测框架确定了一组海洋基本变量(Essential Ocean Variables, EOVS)<sup>[57]</sup>,国际“生物多样性和生态系统服务政府间科学—政策平台(IBPES)”提出了生物多样性的基本监测变量(Essential Biodiversity Variables, EBVs)<sup>[58]</sup>,基于这些基本变量,国际气候、海洋、生物多样性领域实现了各自领域的高效监测。借鉴这一成功经验,国际科联“未来地球”科学委员会专家不久前提出建议,要求根据SDGs监测的主要需求,凝练和定义一组能反映SDGs主要特征和变化的基本变量作为持续性监测的对象,以构建规范统一、科学高效的SDGs监测体系<sup>[29, 59]</sup>。总之,基本变量思路为解决复杂系统的高效监测提供了一个新途径,但其仅限于概念讨论,尚未进行试验研究。

**2.4.2 空间型指标计算方法** 联合国提出的SDGs指标中,有一些需要利用地理空间信息才能进行较为精确地计算<sup>[60]</sup>。表1列出了SDG11中的有关指标,其中需要的变量有些可以直接利用遥感影像或地表覆盖数据提取,有些需要将统计数据 and 地理空间数据结合起来计算。例如,指标11.6.2中的城市细颗粒物(如PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>)、指标11.7.1中的开放公共空间等变量可以利用遥感影像反演或从地表覆盖数据中提取得到,而指标11.1.1、11.2.1以及11.3.1则需要将统计数据和地理空间数据结合起来进行计算。

对于这些具有地理空间维度的SDGs指标(空间型指标),需要设计专门的算法或模型,提取与之相关的密度、关系、可达性、覆盖度等空间变量,实现指标的计算或提取<sup>[37, 61-62]</sup>。例如,Melchiorri等利用Global Human Settlement Layer (GHSL)数据计算

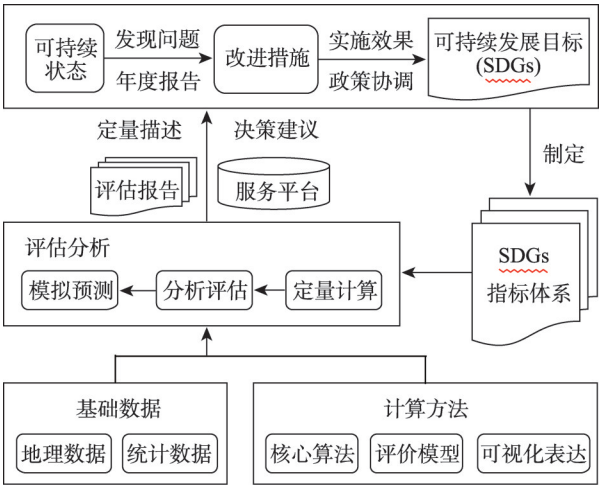


图1 SDGs监测评估的总体思路<sup>[13]</sup>

Fig. 1 The general research idea for monitoring and evaluation of SDGs<sup>[13]</sup>

表1 可利用地理信息计算的SDG11指标举例

Tab. 1 Example of SDG 11 indicators that can be calculated using geographic information

编号	SDGs 指标内容
11.1.1	居住在贫民窟、非正式住区或住房不足的城市人口比例
11.2.1	可便利使用公共交通的人口比例,按年龄、性别和残疾人分列
11.3.1	土地使用率与人口增长率之比
11.6.2	城市细颗粒物(如PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> )年平均水平(按人口权重计算)
11.7.1	城市建设区中供所有人使用的开放公共空间的比例,按性别、年龄和残疾人分列

了土地消耗率及人口增长率,进而求得 11.3.1<sup>[63]</sup>; Aquilino 等利用哨兵影像数据,结合人口普查数据计算了人口迁移率,服务于 SDG11.1.1 和 SDG11.3.1 的计算<sup>[54]</sup>。目前,仍有一些指标缺乏科学的计算方法,有些指标的计算方法具有较大的局限性,需要改进和完善<sup>[64-65]</sup>。例如,指标 11.3.1 的现有计算公式仅从经济的角度,评价土地消耗率与人口增长率的关系,没有考虑其对社会和环境的影响,需要进行扩展<sup>[64]</sup>。

**2.4.3 评估分析及知识服务** 自联合国发布 SDGs 全球指标框架 SGIF 后,许多机构和学者对基于 SGIF 的 SDGs 监测评估和应用实践展开研究。例如,联合国研究机构 (Sustainable Development Solutions Network, SDSN) 进行了 149 个国家和地区的 SDGs 基准线评估<sup>[66]</sup>,联合国西亚经济社会委员会完成了 1990—2010 年 22 个阿拉伯国家 SDGs 进展与趋势评估<sup>[67]</sup>等。但其并未使用地理空间信息,因而不能有效地反映和揭示 SDGs 践行情况的地理空间格局、区域差异以及时空效应等<sup>[37]</sup>。2018 年陈军等对面向 2030 年可持续发展议程的县域 (浙江省德清县) SDGs 进行综合评估研究,完成经济、社会和环境 3 个目标群的综合分析<sup>[68]</sup>。该评估将统计和地理信息有机结合,是首次面向县域 SDGs 的综合性评估研究。此外,有学者也结合地理信息和对地观测数据对 SDG11 进行评估研究<sup>[64, 69]</sup>。例如,Simone 等结合城市代谢和生命周期评估,发展了一些新的多维指标框架,评估了城市的可持续性<sup>[70]</sup>; Ira 等对尼日利亚城市可持续发展 SDG11 进行了评估,并分析了该国在满足 SDG11 中面临的机遇及挑战<sup>[69]</sup>。这些研究均是以行政区为单元的单尺度评估,以一个数值反映评估单元的可持续发展状态,缺乏多尺度视角,不能精确反映单元内部的差异性<sup>[71]</sup>。此外,SDGs 空间分布格局、时空变化等知识,不仅可为可持续发展空间决策提供底图,而且对可持续发展状况的状态诊断、情景预测和模拟具有重要作用。然而,当前 SDGs 时空信息智能化知识服务的理论方法和技术仍不成熟,对“数据—信息—知识”转化机理认知不清、时空信息服务计算理论和动态服务机理研究不透、监测结果的知识挖掘不够、知识服务受限,难以满足 SDGs 时空知识服务的需求。

### 3 空间型监测的挑战与展望

基于现阶段不同国家对城市 SDGs 监测评估的迫切需求和 SDGs 监测评估自身的发展趋势,城市 SDGs 空间型监测评估理论和技术方法均需要有所突破,具体可能有 5 个方面将成为城市 SDGs 监测今后发展的重点方向 (图 2)。首先,需要改进传统的监测思路,建立科学高效的监测评估方法和规范统一的监测指标体系;其次,需要构建服务于监测评估的数据库,以及监测评估知识服务平台,推动监测评估结果服务于政府决策部门及大众;此外,在理论及技术层面,应加强多源遥感等地球大数据和地理学等相关学科支撑 SDGs 监测评估的应用研究,为城市 SDGs 监测评估提供数据、理论及技术支撑。

#### 3.1 建立科学高效的监测评估方法

首先需要完善传统的基于指标的监测

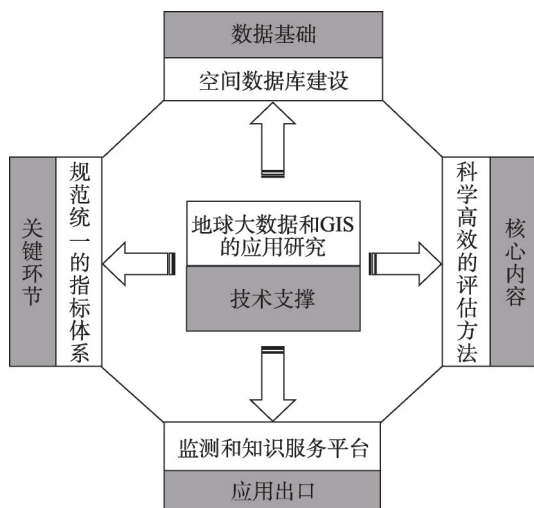


图2 城市 SDGs 空间型监测未来重点研究方向

Fig. 2 Key research directions of geospatial-enabled SDGs monitoring in future



方法。传统的监测评估方法没有顾及城市的空间异质性和多尺度特性,从单尺度对其评估,难以反映单元内部发展的不平衡性和空间差异性。为此,需要突破传统城市可持续性评价以市、县等行政区划为空间单元,以年为最小时间单元的评价模式,探索不同时间空间尺度上的监测评价方法,包括不同尺度观测数据、基本变量及指标之间的多级关联关系、不同尺度评价结果的转换关系及尺度效应等。其次,需要研究发展 SDGs 监测评估的新方法和新模型。例如,采用先进的人工智能、机器学习、数据挖掘等方法,构建网络大数据、遥感数据、地面监测和社会统计数据与评价指标间的代用关系,实现 SDGs 动态、快速、准确地监测和评估。最后,需要进一步研究 SDGs 指标预测模型,为未来 SDGs 实现评估提供治理仿真指导。

### 3.2 建立规范统一的监测指标体系

规范统一的监测指标体系是衡量城市可持续发展水平的关键。尽管联合国提出的 SDG11 指标框架形成和确立了一系列国际通用的指标概念定义、统计标准和计算方法,但是一些指标的概念和计算方法在中国并不适用,需要进一步改进和完善。一是当前的监测指标体系涉及的指标数量较多,且关系错综复杂,加重了本已严重的数据获取负担,给监测评估带来了更大的困难<sup>[28]</sup>;二是监测指标的覆盖面与适用性存在不足,需要根据不同需求对指标体系进行改进和完善<sup>[19, 32, 72]</sup>。为此,需要深入分析研究监测目标和指标内涵以其它它们之间的关系,确定一些核心关键指标,以及用于指标计算的基本变量。同时,积极开展指标的本土化研究,积极探索研究全球框架下的 SDGs 指标如何与中国具体国情相结合,建立一套既能比较评估,又具有可操作性的规范统一的指标体系,服务于城市 SDGs 监测评估。

### 3.3 构建数据生产共享服务平台

数据缺失是 SDGs 在具体实施过程中面临的最艰巨的挑战,而数据统计体系不完善、不一致,以及数据标准缺失是造成数据缺乏和质量不高的主要原因<sup>[73]</sup>。为此,在城市空间型 SDGs 监测中,首先需要利用快速发展的大数据技术(包括对地观测技术、通信技术、计算技术和网络技术等)解决城市 SDGs 监测中城市功能区数据提取、长时序地理空间数据生成以及统计数据的空间化等问题;其次,在研究解决数据的一致性问题(包括时间、空间、属性及语义等的一致性)的基础上,建立数据共享的观念、机制、标准及相关基础设施,打破部门之间的数据孤岛,加强部门之间的数据共享与紧密合作,实现真正的数据共享;最后,基于对象存储系统和云服务模式,构建可持续发展大数据共享服务平台,整合基础地理、遥感、地面监测、社会统计等多种数据及可持续发展信息产品,实现 SDG11 数据的收集、处理和产品生产,形成 SDG11 评估的系列数据产品,服务于可持续发展监测评估。

### 3.4 构建监测评估知识服务平台

目前 SDGs 监测评估中关注的重点是监测指标体系的建立与监测数据获取,而对 SDGs 实践和行动有实际指导意义的知识服务缺乏足够的重视。SDGs 监测的基本目的是摸清 SDGs 执行情况以及是否达到预定的发展目标,这意味着要真正发挥 SDGs 监测的作用,必须从监测结果中提取出目标型、系统型和变革型等有用知识,告诉决策者和公众“怎么样、做什么、怎样做”,即帮助他们了解本区域离 2030SDGs 还有多远,哪些地域(或空间区位)存在问题或差距,应该采取什么样的空间型行动方案<sup>[74]</sup>。为此,需要研究发展 SDGs 知识服务、知识化表达和知识的检索服务等技术,构建监测评估的知识服务平台,努力从传统的监测评估结果展示走向诊断型、预报型和方案型知识服务。

### 3.5 加强地球大数据和相关学科支撑 SDGs 监测的应用研究

首先,地球大数据中包含大量的地理空间信息,这些空间信息的引入,为有效反映

和揭示 SDGs 践行情况的地理空间格局、区域差异以及时空效应提供了可能。地球大数据不仅直接应用于指标计算,还可辅助统计数据的空间分解、支撑评估结果的空间化展示等。总之,当前的监测评估中,研究者们越来越认识到地球大数据的重要性,并将其广泛地应用于 SDGs 的监测评估中<sup>[75]</sup>。但是目前对地学大数据的作用仍缺乏系统深入地研究,尤其在城市 SDGs 监测评估中,各个目标评估和指标计算具体涉及哪些地球大数据?它们在具体的监测评估中起什么作用?哪些地球大数据最能反映城市发展状态与水平?如何利用这些地球大数据进行城市 SDGs 监测评估?目前这些研究才刚刚起步,还不够深入。其次,地理科学综合性、交叉性和区域性的研究优势使其成为可持续发展的基础性学科<sup>[16, 76]</sup>,地理学及其相关学科为人们描述可持续发展状况的地理分布特征与地域差异,揭示 SDGs 实施的地理空间条件及时空效应,讲述可持续发展的空间故事,提供了理论和技术可能<sup>[13-14]</sup>。为此,需要加强地球大数据以及相关学科支撑城市 SDGs 监测评估的研究。一方面,发展地球大数据方法、多源数据融合方法、深度学习方法在数据挖掘、模型构建等方面的潜力,提高监测评估结果的可靠性和先进性;另一方面,加强地理学、城市科学、生态环境学等学科支撑可持续发展目标监测的应用研究,为城市 SDGs 监测评估提供理论和技术支撑。

## 4 总结

对可持续发展目标进行科学监测评估,是世界各国落实联合国 2030 可持续发展议程的一项重要举措,也是国际社会面临的一项科技挑战。其中,基于统计和地理空间信息相结合的城市 SDGs 空间型监测评估能够较为准确地反映城市内部可持续发展状况的地理分布特征与地域差异,已经成为可持续发展领域的研究重点。本文将该研究领域划分成监测指标体系、服务于监测的地理空间数据获取、监测思路与方法等 3 个方面,系统地分析了国内外的最新研究进展和现状。认为当前的研究仍停留在概念解析及数据提取、指标优化及计算、单尺度评估及小范围实验等方面,难以满足日益增长的空间型监测实践需求。目前,城市 SDGs 空间型监测面临指标体系亟待完善、数据获取亟需加强、监测思路和方法亟待创新等方面的挑战。为此,将城市 SDGs 空间型监测评估未来发展趋向归纳为 5 点,即建立科学高效的监测评估方法、建立规范统一的监测指标体系、构建数据生产共享及监测评估知识服务平台、加强地球大数据和相关学科支撑城市 SDGs 监测的应用研究等。

## 参考文献(References)

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects 2018. <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications>. 2018-05-16.
- [2] Elmqvist T, Andersson E, Frantzeskaki N, et al. Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nature Sustainability*, 2019, 2(4): 267-273.
- [3] Fang Chuanglin, Zhou Chenghu, Gu Chaolin, et al. Theoretical analysis of interactive coupled effects between urbanization and eco-environment in mega-urban agglomerations. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 531-550. [方创琳, 周成虎, 顾朝林, 等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径. *地理学报*, 2016, 71(4): 531-550.]
- [4] Corbett J, Mellouli S. Winning the SDG battle in cities: How an integrated information ecosystem can contribute to the achievement of the 2030 Sustainable Development Goals. *Information Systems Journal*, 2017, 27(4): 427-461.
- [5] Zhang Sheng, Lv Yonglong, Yuan Jingjing, et al. Roles of sustainable urbanization in promoting the implementation of UN Sustainable Development Goals in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(4): 1135-1143. [张盛, 吕永龙, 苑晶晶, 等. 持续城镇化对中国推进实施联合国可持续发展目标的作用. *生态学报*, 2019, 39(4): 1135-1143.]



- [6] Giles-Corti B, Lowe M, Arundel J. Achieving the SDGs: Evaluating indicators to be used to benchmark and monitor progress towards creating healthy and sustainable cities. *Health Policy*, 2020, 124(6): 581-590.
- [7] Acuto M, Parnell S, Seto K C. Building a global urban science. *Nature Sustainability*, 2018, 1(1): 2-4.
- [8] Wang Penglong, Gao Feng, Huang Chunlin, et al. Progress on sustainable city assessment index system for SDGs. *Remote Sensing Technology and Application*, 2018, 33(5): 784-792. [王鹏龙, 高峰, 黄春林, 等. 面向SDGs的城市可持续发展评价指标体系进展研究. *遥感技术与应用*, 2018, 33(5): 784-792.]
- [9] Song Xiaoyu, Gao Jun, Li Xin, et al. Urban sustainability evaluation based on remote sensing and network data support: Progress and prospect. *Advances in Earth Science*, 2018, 33(10): 1075-1083. [宋晓渝, 高峻, 李新, 等. 遥感与网络数据支撑的城市可持续性评价: 进展与前瞻. *地球科学进展*, 2018, 33(10): 1075-1083.]
- [10] Krellenberg K, Bergsträßer H, Bykova D, et al. Urban sustainability strategies guided by the SDGs: A tale of four cities. *Sustainability*, 2019, 11(4): 1116. DOI: 10.3390/su11041116.
- [11] Huang Chunlin, Sun Zhongchang, Jiang Huiping, et al. Big earth data supports sustainable cities and communities: Progress and challenges. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(8): 914-922. [黄春林, 孙中昶, 蒋会平, 等. 地球大数据助力“可持续城市和社区”目标实现: 进展与挑战. *中国科学院院刊*, 2021, 36(8): 914-922.]
- [12] Xu Z C, Chau S N, Chen X Z, et al. Assessing progress towards sustainable development over space and time. *Nature*, 2020, 577(7788): 74-78.
- [13] Chen Jun, Ren Huiru, Geng Wen, et al. Quantitative evaluation of sustainable development goals (SDGs) based on geographic information. *Geomatics World*, 2018, 25(1): 1-7. [陈军, 任惠茹, 耿雯, 等. 基于地理信息的可持续发展目标(SDGs)量化评估. *地理信息世界*, 2018, 25(1): 1-7.]
- [14] Abbas S, Rajabifard A. Sustainable development and geospatial information: A strategic framework for integrating a global policy agenda into national geospatial capabilities. *Geo-Spatial Information Science*, 2017, 20(2): 59-76.
- [15] Guo Huadong. A project on big earth data science engineering. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2018, 33(8): 818-824. [郭华东. 地球大数据科学工程. *中国科学院院刊*, 2018, 33(8): 818-824.]
- [16] Fu Bojie. UN Sustainable Development Goals and historical mission of geography. *Science & Technology Review*, 2020, 38(13): 19-24. [傅伯杰. 联合国可持续发展目标与地理科学的历史任务. *科技导报*, 2020, 38(13): 19-24.]
- [17] Wu H, Zhou X G, Hou D Y. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. PREFACE-ISPRS and GEO Workshop on Geospatially-enabled SDGs Monitoring for the 2030 Agenda, 2019. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W20-1-2019.
- [18] Koch F, Krellenberg K. How to contextualize SDG11? Looking at indicators for sustainable urban development in Germany. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2018, 7(12): 464. DOI: 10.3390/ijgi7120464.
- [19] Gao Jun, Zhang Zhonghao, Li Weiyue, et al. Urban sustainable development evaluation with big earth data: Data, indicators, and methods. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(8): 940-949. [高峻, 张中浩, 李巍岳, 等. 地球大数据支持下的城市可持续发展评估: 指标、数据与方法. *中国科学院院刊*, 2021, 36(8): 940-949.]
- [20] UN-Habitat. A guide to assist national and local governments to monitor and report on SDG Goal 11+ indicators. <https://www.local2030.org/library/60/SDG-Goal-11-Monitoring-Framework-A-guide-to-assist-national-and-local-governments-to-monitor-and-report-on-SDG-goal-11-indicators.pdf>. 2019-11-15.
- [21] Niu Wenyuan, Ma Ning, Liu Yijun. World sustainable development: From action to science: Sustainability science and the annual report for world sustainable development 2015. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2015, 30(5): 573-585. [牛文元, 马宁, 刘怡君. 可持续发展从行动走向科学: 《2015世界可持续发展年度报告》. *中国科学院院刊*, 2015, 30(5): 573-585.]
- [22] Nilsson M, Griggs D, Visbeck M. Map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature*, 2016, 534(7607): 320-322.
- [23] Lv Yonglong, Wang Yichao, Yuan Jingjing, et al. Reflections on China's promotion and implementation of Sustainable Development Goals. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(1): 1-9. [吕永龙, 王一超, 苑晶晶, 等. 关于中国推进实施可持续发展目标的若干思考. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(1): 1-9.]
- [24] Zhang Junze, Wang Shuai, Zhao Wenwu, et al. Progress in research on the relationship between Sustainable Development Goals. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(22): 8327-8337. [张军泽, 王帅, 赵文武, 等. 可持续发展目标关系研究进展. *生态学报*, 2019, 39(22): 8327-8337.]
- [25] Wang Hongshuai, Dong Zhanfeng. The updated research progress of evaluation and implementation of Sustainable Development Goals: From the perspective of goal relationship. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2020, 12(6): 88-94. [王红帅, 董战峰. 联合国可持续发展目标的评估与落实研究最新进展: 目标关系的视角. *中国环境管理*, 2020, 12(6): 88-94.]
- [26] Gao Tian, Zhan Lili, Li Jianhui. A dataset of correlation coefficients of UN member states' SDGs indicator pairs during

- 2000-2017. Science Data Bank, 2021, 6(1): 208-219. [高天, 张丽丽, 黎建辉. 2000—2017年联合国各成员国的SDGs指标对相关系数数据集. 中国科学数据(中英文网络版), 2021, 6(1): 208-219.]
- [27] Abastante F, Lami I M, Gaballo M. Pursuing the SDG11 targets: The role of the sustainability protocols. Sustainability, 2021, 13(7): 3858. DOI: 10.3390/su13073858.
- [28] Simon D, Arfvidsson H, Anand G, et al. Developing and testing the Urban Sustainable Development Goal's targets and indicators: A five-city study. Environment and Urbanization, 2016, 28(1): 49-63.
- [29] Stafford-Smith M, Griggs D, Gaffney O, et al. Integration: The key to implementing the Sustainable Development Goals. Sustainability Science, 2017, 12(6): 911-919.
- [30] IAEG-SDGs. Tier Classification for global SDG indicators. <https://unstats.un.org/sdgs/iaegsdgs/tier-classification/>. 2021-03-29.
- [31] Rosenstock T S, Lamanna C, Chesterman S, et al. When less is more: Innovations for tracking progress toward global targets. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2017, 26: 54-61.
- [32] Brussel M, Zuidgeest M, Pfeffer K, et al. Access or accessibility? A critique of the urban transport SDG indicator. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2019, 8(2): 67. DOI: 10.3390/ijgi8020067.
- [33] Diaz-Sarachaga J M, Jato-Espino D. Development and application of a new resilient, sustainable, safe and inclusive community rating system (RESSICOM). Journal of Cleaner Production, 2019, 207: 971-979.
- [34] Klopp J M, Petretta D L. The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. Cities, 2017, 63: 92-97.
- [35] Rozhenkova V, Allmang S, Ly S, et al. The role of comparative city policy data in assessing progress toward the urban SDG targets. Cities, 2019, 95: 102357. DOI: 10.1016/j.cities.2019.05.026.
- [36] Jaeger A, Zusman E, Nakano R, et al. Filling environmental data gaps for SDG 11: A survey of Japanese and Philippines cities with recommendations. Achieving and Sustaining SDGs 2018 Conference: Harnessing the Power of Frontier Technology to Achieve the Sustainable Development Goals (ASSDG 2018). DOI: 10.57405/iges-6591.
- [37] Chen Jun, Peng Shu, Zhao Xuesheng, et al. Measuring regional progress towards SDGs by combining geospatial and statistical information. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2019, 48(4): 473-479. [陈军, 彭舒, 赵学胜, 等. 顾及地理空间视角的区域SDGs综合评估方法与示范. 测绘学报, 2019, 48(4): 473-479.]
- [38] Cadenasso M L, Pickett S T A, Schwarz K. Spatial heterogeneity in urban ecosystems: Reconceptualizing land cover and a framework for classification. Frontiers in Ecology and the Environment, 2007, 5(2): 80-88.
- [39] Gong P, Li X C, Wang J, et al. Annual maps of global artificial impervious area (GAIA) between 1985 and 2018. Remote Sensing of Environment, 2020, 236: 111510. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111510.
- [40] Du S H, Zhang F L, Zhang X Y. Semantic classification of urban buildings combining VHR image and GIS data: An improved random forest approach. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2015, 105: 107-119.
- [41] Zhang X Y, Du S H, Zheng Z J. Heuristic sample learning for complex urban scenes: Application to urban functional-zone mapping with VHR images and POI data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2020, 161: 1-12.
- [42] Feng Y, Huang Z, Wang Y L, et al. An SOE-based learning framework using multisource big data for identifying urban functional zones. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2021, 14: 7336-7348.
- [43] Selomane O, Reyers B, Biggs R, et al. Towards integrated social-ecological sustainability indicators: Exploring the contribution and gaps in existing global data. Ecological Economics, 2015, 118(1): 140-146.
- [44] Zhang Jingxiong, Liu Fengzhu, Mei Yingying, et al. Progress in spatial data fusion: From classic approaches to extended methods. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2017, 42(11): 1616-1628. [张景雄, 刘凤珠, 梅莹莹, 等. 空间数据融合的研究进展: 从经典方法到扩展方法. 武汉大学学报(信息科学版), 2017, 42(11): 1616-1628.]
- [45] Perez-Hoyos A, Garcia-Haro F J, San-Miguel-Ayaz J. A methodology to generate a synergetic land-cover map by fusion of different land-cover products. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 19: 72-87.
- [46] Waldner F, Fritz S, Di Gregorio A, et al. Mapping priorities to focus cropland mapping activities: Fitness assessment of existing global, regional and national cropland maps. Remote Sensing, 2015, 7(6): 7959-7986.
- [47] Kharrazi A, Qin H A, Zhang Y. Urban big data and Sustainable Development Goals: Challenges and opportunities. Sustainability, 2016, 8(12): 1293. DOI: 10.3390/SU8121293.
- [48] Di Bella E, Leporatti L, Maggino F. Big data and social indicators: Actual trends and new perspectives. Social Indicators Research, 2018, 135(3): 869-878.

- [49] Liu Yu, Zhan Zhaohui, Zhu Di, et al. Incorporating multi-source big geo-data to sense spatial heterogeneity patterns in an urban space. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2018, 43(3): 327-335. [刘瑜, 詹朝晖, 朱迪, 等. 集成多源地理大数据感知城市空间分异格局. 武汉大学学报(信息科学版), 2018, 43(3): 327-335.]
- [50] Wang Fahui. Spatially-integrated social sciences and GIS: A personal perspective. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(8): 1089-1100. [王法辉. 社会科学和公共政策的空间化和GIS的应用. 地理学报, 2011, 66(8): 1089-1100.]
- [51] Buck K D. A proposed method for spatial data disaggregation and interpolation. *Professional Geographer*, 2017, 69(1): 70-79.
- [52] Yu Guirui, He Honglin, Liu Xin'an, et al. Study on spatialization technology of terrestrial eco-information in China (I): The approach of spatialization in meteorology/climate information. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(4): 537-544. [于贵瑞, 何洪林, 刘新安, 等. 中国陆地生态信息空间化技术研究(I): 气象/气候信息空间化技术途径. 自然资源学报, 2004, 19(4): 537-544.]
- [53] Guo Hongxiang, Zhu Wenquan. A review on the spatial disaggregation of socioeconomic statistical data. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(10): 2650-2667. [郭红翔, 朱文泉. 社会经济统计数据空间化研究进展. 地理学报, 2022, 77(10): 2650-2667.]
- [54] Aquilino M, Tarantino C, Adamo M, et al. Earth observation for the implementation of sustainable development goal 11 indicators at local scale: Monitoring of the migrant population distribution. *Remote Sensing*, 2020, 12(6): 950. DOI: DOI: 10.3390/rs12060950.
- [55] Plag H P, Jules-Plag S A. A goal-based approach to the identification of essential transformation variables in support of the implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development. *International Journal of Digital Earth*, 2020, 13(2): 166-187.
- [56] Bojinski S, Verstraete M, Peterson T C, et al. The concept of essential climate variables in support of climate research, applications, and policy. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2014, 95(9): 1431-1443.
- [57] Lindstrom E, Gunn J, Fischer A, et al. A framework for ocean observing. IOC/INF-1284, 2012. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000211260>. DOI: 10.5270/OceanObs09-FOO.
- [58] Pereira H M, Ferrier S, Walters M, et al. Essential biodiversity variables. *Science*, 2013, 339(6117): 277-278.
- [59] Reyers B, Stafford-Smith M, Erb K H, et al. Essential variables help to focus Sustainable Development Goals monitoring. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2017, 26: 97-105.
- [60] Geng W, Chen J, Zhang H P, et al. Task and progress of IAEG-SDGs: WG1 in monitoring SDGs through a 'geographic location' lens. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 2018, 42(3): 385-390.
- [61] Liverman D M. Geographic perspectives on development goals: Constructive engagements and critical perspectives on the MDGs and the SDGs. *Dialogues in Human Geography*, 2018, 8(2): 168-185.
- [62] Ravanelli R, Nascetti A, Cirigliano R V, et al. Monitoring the impact of land cover change on surface urban heat island through Google Earth Engine: Proposal of a global methodology, first applications and problems. *Remote Sensing*, 2018, 10(9): 1488. DOI: 10.3390/rs10091488.
- [63] Melchiorri M, Pesaresi M, Florczyk A J, et al. Principles and applications of the global human settlement layer as baseline for the land use efficiency indicator: DSDG 11.3.1. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2019, 8(2): 96. DOI: 10.3390/ijgi8020096.
- [64] Choi J, Hwang M, Kim G, et al. Supporting the measurement of the united nations' sustainable development goal 11 through the use of national urban information systems and open geospatial technologies: A case study of South Korea. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 2016, 1(1): 1-9.
- [65] Giuliani G, Petri E, Interwies E, et al. Modelling accessibility to urban green areas using open earth observations data: A novel approach to support the urban SDG in four European cities. *Remote Sensing*, 2021, 13(3): 422. DOI: 10.3390/rs13030422.
- [66] Schmidt-Traub G, Kroll C, Teksoz K, et al. National baselines for the Sustainable Development Goals assessed in the SDG index and dashboards. *Nature Geoscience*, 2017, 10(8): 547-555.
- [67] Allen C, Nejdawi R, El-Baba J, et al. Indicator-based assessments of progress towards the sustainable development goals (SDGs): A case study from the Arab region. *Sustainability Science*, 2017, 12(6): 975-989.
- [68] Chen J, Li Z L. China tracks its progress on SDGs. *Nature*, 2018, 563(7730): 184.
- [69] Abubakar I R, Aina Y A. The prospects and challenges of developing more inclusive, safe, resilient and sustainable cities in Nigeria. *Land Use Policy*, 87: 104105. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.104105.
- [70] Maranghi S, Parisi M L, Facchini A, et al. Integrating urban metabolism and life cycle assessment to analyse urban sustainability. *Ecological Indicators*, 2020, 112: 106074. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106074.



- [71] Yigitcanlar T, Dur F, Dizdaroglu D. Towards prosperous sustainable cities: A multiscale urban sustainability assessment approach. *Habitat International*, 2015, 45: 36-46.
- [72] Klopp J M, Petretta D L. The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*, 2017, 63: 92-97.
- [73] Guo Huadong. Big Earth Data in Support of the Sustainable Development Goals (2019). Beijing: Science Press, 2019: 10-21. [郭华东. 地球大数据支撑可持续发展目标报告(2019). 北京: 科学出版社, 2019: 10-21.]
- [74] International Council for Science (ICSU). From incremental steps to transformations: Leveraging interactions across the SDGs to secure long-term sustainable development outcomes. Science and Technology Major Group Position Paper, 2018. <https://www.icsu.org/publisher-source/international-council-science-icsu>. 2018-09-01.
- [75] Chinese Academy of Sciences. Big Earth Data in Support of the Sustainable Development Goals (2020). <https://www.doc88.com/p-08861510955423.html>. 2020-09-01.
- [76] Ge Quansheng, Fang Chuanglin, Jiang Dong. Geographical missions and coupling ways between human and nature for the Beautiful China initiative. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(6): 1109-1119. [葛全胜, 方创琳, 江东. 美丽中国建设的地理学使命与人地系统耦合路径. *地理学报*, 2020, 75(6): 1109-1119.]

## Geospatial enabled monitoring for urban SDGs: Progress, challenges and prospect

BAI Jianjun<sup>1</sup>, CHEN Jun<sup>2</sup>

(1. School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China;

2. National Geomatics Center of China, Beijing 100830, China)

**Abstract:** On the basis of analyzing urban SDGs monitoring and evaluation, this paper expounds the conceptual connotation of geospatial enabled monitoring and its differences from traditional statistical-based monitoring for urban SDGs. Meanwhile, through document comparison and analysis, the development and latest progress of urban SDGs monitoring and evaluation has been revealed, suggesting a transformation of urban SDGs monitoring and evaluation from traditional statistical-based monitoring to geospatial enabled monitoring. In addition, this paper systematically analyzes the research progress and current situation of geospatial enabled monitoring from the aspects of monitoring index system, geospatial data acquisition for monitoring, and monitoring ideas and methods. Results showed that the number of urban SDGs indicators is too large and the relationship is complex, with the lack of clear core and key indicators, which need to be optimized and improved according to the specific situation. The lack of standard, public and directly available data requires the development of appropriate methods for spatial data generation and multi-source data utilization, and the establishment of data products for urban SDGs monitoring and evaluation. Besides, the lack of scientific and efficient monitoring and evaluation methods is also one of the main problems facing the current urban SDGs studies. Finally, through the analysis of current challenges in urban SDGs monitoring, future research in geospatial enabled monitoring for urban SDGs are proposed, including the establishment of scientific and efficient monitoring and evaluation methods, the establishment of a standardized and unified monitoring index system, the construction of data production sharing and monitoring and evaluation knowledge service platform, and the strengthening of the application research of big earth data and related disciplines support for the monitoring and evaluation of urban SDGs.

**Keywords:** urban SDGs; geospatial enabled monitoring; indicator system; spatial data acquisition; research progress and prospect