

数据驱动的国土空间规划新技术应用探讨*

Discussion on the Application of New Technology in Data-driven Territory Spatial Planning

蒋金亮 陈军 席广亮 孙东琪 JIANG Jinliang, CHEN Jun, XI Guangliang, SUN Dongqi

摘要 随着国土空间规划体系的逐步建立,我国亟需改进传统规划方法,提高规划的科学性。信息化方法更新迭代迅速,新的监测手段和计算能力为国土空间提供了新型数据采集和技术方法,如何发挥新技术在国土空间规划中的作用是智慧国土空间规划的重要基础。当前对于国土空间规划的编制和研究开展了大量实践和探索,信息化方法和手段在其中发挥了重要作用,但是新技术应用于国土空间开发保护尚处于摸索阶段。在梳理现有相关政策和研究的基础上,提出数据驱动的国土空间规划新技术应用框架,从调研分析、规划编制到实施监管各个阶段阐释数据驱动下的新技术应用实践,探讨新技术应用问题,推动国土空间规划方法更新,为进一步深入研究提供可供借鉴的理论和实践基础。

Abstract As social development gradually transformed from industrial civilization to ecological civilization, urban development faces dual pressures of resource and environmental constraints and the contradiction of social transformation. As a blueprint and guide for spatial development, territory spatial planning should pay more attention to natural space and human space. On the other hand, information technology has been updated and iterated rapidly. New monitoring methods and computing capabilities have provided new data collection and technical methods for territorial space, and will play an increasingly important role. At present, a lot of practice and exploration has been carried out on the compilation and research of territory spatial planning. Information technology has played an important role, but there is still no overall and systematic thinking on the application of information technology in territory spatial planning. This paper attempts to sort out the existing relevant policies and research, from development evaluation, planning preparation to implementation management at all stages, to put forward the application of information technology in territory spatial planning, and to try to build an information application framework to promote the updating of territory spatial planning methods.

关键词 新技术;国土空间规划;大数据;数据驱动

Key words new technology; territory spatial planning; big data; data-driven

文章编号 1673-8985 (2022) 02-0108-06 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20220216

作者简介

蒋金亮

江苏省规划设计集团有限公司数据信息中心
城乡规划师, 硕士, jinliangjiang@foxmail.com

陈军

江苏省规划设计集团有限公司数据信息中心
高级经理, 研究员级高级规划师,

席广亮

南京大学建筑与城市规划学院
副研究员, 博士

孙东琪

中国科学院地理科学与资源研究所
副研究员, 博士

0 引言

党的十九届三中全会以来,我国开展国家机构改革,组建自然资源部负责建立空间规划体系并监督实施,由一个权威机构统领空间规划管理职能。随着“五级三类”规划体系的确立,“多规合一”的新时代国土空间规划进入全面编制阶段。一方面,粗放的城市蔓延导致生态环境恶化,空气、水、土壤等环境质量亟待改善^[1]。人口向大城市大规模集聚,引发交通拥堵、公共服务供需失衡等城市病。另一方面,软硬件设施性能快速提升,计算机算力极大增强,为智慧城市建设提供技术基础^[2]。随着生态

环境问题和大城市病的凸显,生态文明理念为社会经济发展提供了理论基础和政策指引,管控约束下的国土空间规划将更注重城市发展与生态保护之间的协调共生,而新技术应用无疑为国土空间的保护、开发、利用、修复提供研究手段。

长期以来,新技术应用在国土空间领域发挥了重要作用。从CAD制图走向GIS平台,提升数据管理效能,为国土空间数据分类和存储提供基础。随着移动互联网技术的兴起,手机信令数据、浮动车数据、消费数据、社会网络数据,包括传统遥感数据、GIS数据、大规模普查数据等在各种类型规划里得到广泛应用^[3]。国

*基金项目:“十三五”国家重点研发计划课题“县城城镇规模结构优化和规划关键技术”(编号2018YFD1100802)资助。

内外学者采用空间分析、机器学习等模型,在城镇联系、城市用地识别、交通设施评价、空间脆弱性、公共设施评价、居民行为分析等方面开展了大量研究^[4-7],对城市空间结构、土地利用变化、交通联系、生态景观等进行了模拟和评估。

新时代国土空间规划应充分运用大数据等手段,提高编制科学性,推动“可感知、能学习、善治理、自适应”的“智慧规划”或智慧型“生态规划”,建设“智慧国土”和“美丽中国”^[8]。而如何发挥新技术在国土空间规划调研分析、规划编制、实施监督过程中的作用,成为摆在规划师面前不可忽视的客观需求。既有学者从大数据探索^{[9][11]}、基础数据库构建^[10]、一张图应用^[11-12]、国土空间高质量利用^[13]、智慧国土空间规划^[14]等方面对国土空间大数据和新技术应用进行探索和实践,发挥了信息化方法的支撑作用。但对国土空间规划的研究、编制、实施和监管还在逐步开展,如何将新技术应用于国土空间规划仍处于摸索阶段。因此,本文在梳理现有研究和实践的基础上,提出数据驱动的国土空间规划新技术应用框架,从调研分析、规划编制到实施监管各个阶段阐释数据驱动下的新技术应用实践,探讨规划新技术的应用思考,推动国土空间规划方法更新,为进一步深入研究提供可供借鉴的理论和实践基础。

1 数据驱动的新技术应用实践

本文考虑调研分析、规划编制和实施监管的各个阶段,具体从基础数据收集与分析、资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价(以下简称“双评价”)与三区三线划定、空间结构与功能布局、土地优化利用与生态修复、完善公众参与、信息平台建设与规划督察等方面提出实践方向,构建数据驱动的国土空间规划新技术应用框架(见图1)。

1.1 调研分析阶段

国土空间规划需要统筹全域空间,整合人口分布、经济布局、国土利用、生态环境保护等数据,形成统一的城市基础数据库。传统的国土空间数据来源以土地变更调查、统计年鉴和

相关专项调查数据为基础,数据的几何粒度、更新频率难以满足要求,侧重对于空间结构或人口的机械统计^{[15][13]}。依靠遥感监测、GIS等技术方法,调研分析阶段可获取不同尺度、精细化的自然资源数据,包括土地利用、气候、环境、灾害等类型,识别监测空间本底状态和时空规律,评估国土空间现状^[16]。通过监测国土空间现状,识别城镇、农业、生态等不同系统变化差异,掌握建设用地、耕地、海洋等内部结构和质量变化趋势^[17]。随着深度学习技术的应用,建筑物、绿地、水系、道路的识别为城镇空间内要素的监测提供精细化现状数据,提高了数据精确度和颗粒度^[18]。

除传统数据外,传感器感应、网络行为、个体出行记录、网络地图应用等成为新兴空间数据源。一类是大规模调查形成的海量描述性空间数据,包括POI(Point of Interest,兴趣点)、空气质量、房价等数据(见表1)。这类数据多来源于政府或者企业调查,将社会、经济、环境等属性投影到地理空间,更新频率较快,以开源类数据为主。另一类是带有个人活动属性的数据,包括公交出行、出租车、手机信令等运营数据,融合个人信息和地理标签,凸显个体或者群体在空间位置的实时变化,多为结构化数据,存储规模大,以非开源数据为主。新兴数据的采集并非主动为国土空间规划提供,但在具体分析中,因其时间积累长、覆盖范围广、更新频率高,可以弥补传统数据的缺陷,成为规划重要的数据来源。

城市基础数据库中经济、交通、文化、社会等空间属性类数据,通过地理信息编码到空间位置,形成不同要素类空间数据(见图2)。继而将数据库进行一次加工形成人群、空间、流动空间等画像数据,构成国土空间规划现状分析的重要基础,描述城镇、农业、生态等空间载体,促进规划编制从经验判断走向数据驱动。传统数据和新兴数据结合支撑国土空间的现状研判,促进多学科交叉融合,进一步借助机器学习、人工智能等技术的二次加工,以智慧平台的方式将进一步推动智慧国土空间规划。

1.2 规划编制阶段

(1) 双评价与三区三线划定

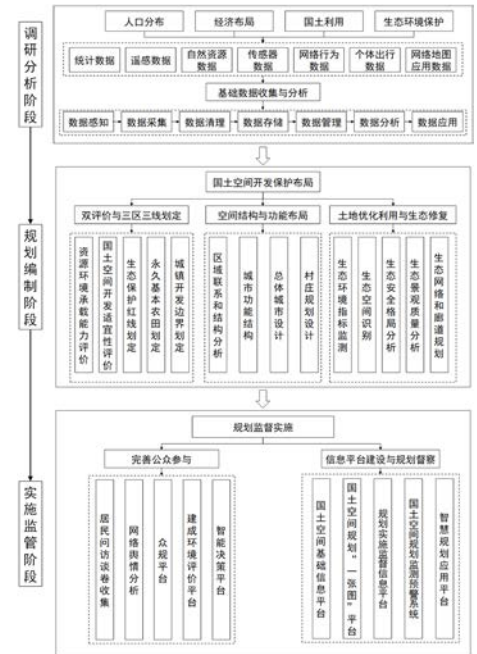


图1 数据驱动的国土空间规划新技术应用框架
Fig.1 Data-driven new technology application framework for territory spatial planning

资料来源:笔者自绘。

国土空间规划需进行双评价,科学确定生态、农业、城镇等3类空间(即“三区”),划定生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界等3条空间管控边界(即“三线”),为城市未来可持续发展预留空间。国土空间开发适宜性评价的基本思路是将研究单元划分为栅格,在栅格内确定评价要素特征,对应最终不同的生态保护等级、农业生产适宜性和城镇建设适宜性,前两项所涉及的地表环境中的人类活动区域较少,运用传统地理信息分析技术辅助完成。城镇开发适宜性的评价空间为人类活动密集的场所,除涉及自然环境评价,还需考虑区位、文化、经济社会发展等要素。其中区位优势评价可采用传统的可达性模型、引力模型,也可结合POI、房地产、网络点评等数据,采用核密度等方法分析地块的活动强度、设施布局均衡度、地价潜力等。文化、经济社会发展等要素分析可结合手机信令、企业注册等数据确定地块经济活动强度,根据社会网络分析等确定相互联系网络,对评价结果进行修正。

三区划定是多视角研究、多部门协作获得科学合理的结果,新技术应用可提供辅助,提

高科学性和精确度^[19]。借鉴生产、生活、生态3类空间研究方法,可利用土地利用现状数据分类和归并,依据主要功能落实空间边界^[20]。此外,在中心城区尺度下,可采用POI数据,依据网格分析、层次分析等方法对3类空间进行识别^[21]。三线是三区的重要组成部分,更侧重边界刚性管控^[22]。按照水源涵养、水土保持等要素评价生态功能,根据水土流失、土地沙化等评估生态环境敏感性。在空间叠加分析的基础上,校验划定生态红线区域^[23]。永久基本农田划定是按照多因子综合评价法,考虑自然、生态等因素,综合评价基本农田质量等级,结合景观格局分析,确定保护区域。城镇开发边界的划定主要满足人类活动所需空间,在规模确定上采用手机信令等数据源,科学探测城市常住人口、流动人口等,模拟并预测城市现状及未来服务人口,与传统数据进行校核。在布局上,可借助神经网络、FLUS-UGB等模型,采用栅格或矢量斑块元胞自动机的用地演变模拟,预测未来城市增长空间,研判城镇开发边界的具体形态^[24]。

(2) 空间结构与功能布局

在区域和城市层面应加强区域协调,优化城市空间结构和功能布局。在区域联系和结构分析层面,采集交通流、百度指数、工商企业注册大数据等流数据,结合社会网络分析、重力模型等方法,计算城市网络联系,确定城市网络中的节点城市、优势流等结构特征^[25-26]。借助灯光遥感、POI、手机信令等数据源,提取不同城市中用地、设施、人口密度等信息,综合测度城市等级规模、职能结构。

借助新技术应用,城市内部功能和结构可结合POI、社交网络、房价数据分析流动空间特征,辅助界定建成区边界,分析土地开发潜力,整体研究居民活动空间与空间结构。采集手机信令等数据,通过情景模拟等方法分析人口空间分布与活动特征,研究职住平衡、人口出行特征等。在交通体系方面,通过出租车轨迹、公共自行车等数据,识别出行热点地区、职住地,分析公共交通与用地关系,对综合交通体系、枢纽选址提出参考建议。通过POI、手机信令等数据分析用地布局,采用主成分分析等方法识别用

表1 新兴数据应用于国土空间规划

Tab.1 Emerging data applied to territory spatial planning

| 序号 | 数据名称 | 包含信息 | 是否开源 |
|----|-----------|--|------|
| 1 | POI数据 | 分类、地址、编号等 | 开源 |
| 2 | 空气质量数据 | PM _{2.5} 、SO ₂ 等监测数据 | |
| 3 | 房价数据 | 地址、单价、面积、建筑结构等 | |
| 4 | 公交站点及公交线路 | 站点、线路 | |
| 5 | 企业数据 | 企业法人、注册规模、分支机构、投资等 | |
| 6 | 餐饮、酒店数据 | 地址、类型、消费、评分等 | |
| 7 | 景点评论信息 | 景点介绍、文本评论等 | |
| 8 | OSM数据 | 路网、建筑等 | |
| 9 | 出行热度 | 人口分布 | |
| 10 | 公交数据 | IC卡刷卡、公交调度 | |
| 11 | 打车数据 | GPS、上下车信息 | |
| 12 | 地铁刷卡 | 刷卡时间、站点、进出站 | |
| 13 | 公共自行车数据 | 桩位、借还信息 | |
| 14 | 手机信令数据 | 时间、归属地、基站等 | |

资料来源:笔者自制。

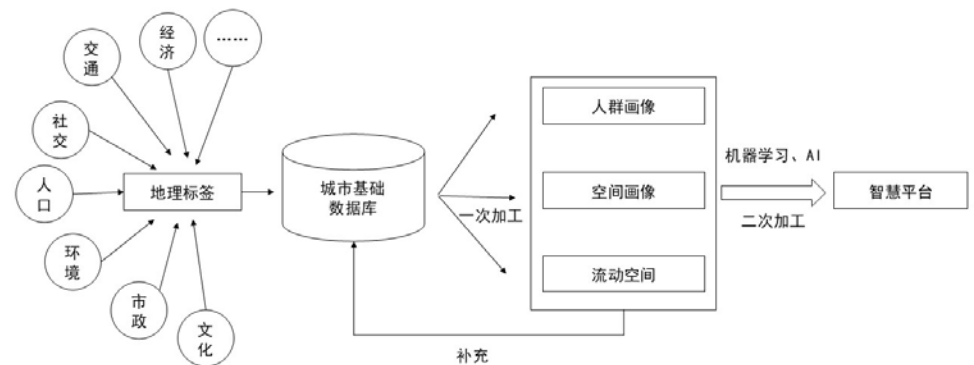


图2 国土空间规划数据应用

Fig.2 Data application of territory spatial planning

资料来源:笔者自绘。

地类型和功能,满足国土空间用途管制需求。

总体城市设计是国土空间规划的基础工作,贯穿规划建设管理全过程。近年来,随着对街景图片识别研究的深入,除了对二维平面的布局研究,还可借助机器学习算法,实现对街道绿视率、开阔度、色彩、高宽比等形态的研究^[27]。利用定位数据,将其与街道空间进行对应,评价街道活力,分析其与城市建成环境之间的关系^[28]。依靠海量街景数据,实现对街道美学特征的深度学习,识别老城、新区等不同区域的城市风貌特征,有针对性地提出风貌提升建议,塑造尺度宜人的城市空间形态^[29-30]。

除建成区以外,村庄规划是“五级三类”体系中的详细规划,指导乡村地区国土空间开发利用和用途管制。一方面,借助手机信令等居民活动数据,特别是村民的实际流动规模、方向和结构,识别出真实的空心村,为村庄合理布局提供技术支撑^{[9]14}。另一方面,受制于乡

村研究中个体行为数据获取的难度,通过采集村民GPS活动轨迹数据,识别村民日常出行停留点、活动路径和本地承载的功能,分析村民时空活动特征,提出空间改造建议^[31]。

(3) 土地优化利用与生态修复

土地优化利用与生态修复是国土空间规划中体现“生态文明”理念的重要抓手,对国土空间进行合理的布局,考虑土地利用对生态环境的影响,构建生态网络体系推进生态修复。在土地优化利用方面,结合遥感反演、分类等手段,监测城市生态环境指标。结合POI设施等数据反映人类活动,采集遥感影像反演城市地表温度,分析城市蔓延对地表温度的影响,识别城市热岛效应空间格局^[32]。通过遥感图像识别绿地、水体等用地,测度生态用地的比例,对蓝绿空间结构进行优化。采集现状土地利用分类数据,计算景观破碎度、斑块聚集度等景观指数,分析城市和区域景观质量,为生态景

观布局提出优化建议。此外,借助模型分析方法,探析城市用地布局对生态环境质量的关系,改善城市用地结构和布局^[33]。

生态空间的斑块、廊道、基质能促进生物物种迁徙,因此构建生态网络和廊道可促进生态保护和修复。对生态空间进行生态过程模拟,分析区域生态安全格局,综合识别景观生态学中源汇地,结合最小阻力面等方法确定生态空间阻力,构建生态廊道^[34]。为缓解热岛效应和优化空气环境,分析城市地表环境,选取道路、绿廊等作为重要通风廊道;在城区尺度通过迎风面、地表通风潜力分析,识别潜在通风廊道;在街区尺度结合CFD方法,保障城市通风环境^[35]。此外,分析城市生态系统的修复能力,根据生态修复潜力的高低有针对性地采取不同的人工干预措施,保障和促进退化的生态系统重新走向良性发展^[36]。

1.3 实施监管阶段

(1) 完善公众参与

随着规划从注重物质空间逐步转向强调以人为本,公众参与也成为目前各类空间规划的重要方向之一^[36]。在国土空间规划中借助大数据、互联网等技术可以改变公众参与的信息传播和参与方式,改善政府、市场和社会多方力量组织和交互方式。

在规划实施前,采取网络问卷、访谈等方式收集城市居民对交通、用地、公共服务等发展的意见,促进居民参与国土空间规划编制^[37]。采集整理居民在社交平台的文本、图片等非结构化数据,利用语义分析、社会感知等技术,分析其对城市各类设施的改善建议。进一步开发移动端程序以支持居民参与空间环境营造,收集居民对街道环境、交通设施等的改善建议,进而提出实施方案。采用网络地理信息平台互动展示规划设计方案,收集公众对规划方案的反馈^[38]。依靠移动互联技术,在规划方案编制阶段进行信息收集、沟通和处理,征集各类规划设计方案,构建公众参与规划的云平台^[39]。共享云平台形成及时发布信息的窗口,众筹智慧征集公众对于关键问题的建议,辅助规划设计^[40]。在实施阶段,借助信息化平台收集居民提供的规划

实施相关线索,便于执法部门进行处理,提高行政执行效率。

(2) 信息平台建设与规划督察

除编制过程科学合理外,国土空间规划更要建立起“好用管用”的监督实施体系,信息平台建设和规划督察则是保证规划可实施的重要手段。国土空间基础信息平台的建立将各类空间管控要素精准落位,推进政府各部门之间、政府与社会之间数据共享和信息交互,构建权威统一、全域覆盖、动态更新的国土空间规划“一张图”系统,协助完成3条控制线的划定和落地,实现严格管控。

基于“一张图”的国土空间基础信息平台囊括地理信息、资源环境、资源权属等自然资源数据,整合林业、海洋等空间信息,建立涵盖农田、森林、海洋等多种资源的国土空间基础信息数据库。随着大数据的应用,手机信令等人群画像数据作为系统平台的补充,与自然资源数据形成人地关系印证,共同支撑国土空间用途管制、生态保护修复等,为智慧国土空间规划提供基础^[41]。

为避免城市政府对空间资源管制失效,国土空间规划强制性内容的管控需要科学化和精细化监管手段^[42]。借助新技术手段,规划实施监管对规划内容,特别是强制性内容进行严格执行和监督。以国土空间基础信息平台为基础,构建覆盖自然资源的国土空间数据标准体系,搭建从国家到地方纵向贯通、各行业横向协同的国土空间规划实施监督信息平台^{[15]15}。建立监督实施系统,用于审查和管理国土空间规划,对国土空间开发保护监测评估预警,管理国土空间指标模型。系统完善国土空间用途管制实施效果监督机制,对各类违反国土空间用途管制开发利用的行为进行识别,有效跟踪取证,严格用途管制和依法处理。

2 数据驱动的新技术应用思考

新技术应用在各类空间规划中发挥重要作用,指导国土空间要素配置和政策制定。特别是近年来对于新兴数据、前沿技术方法应用等方面的探索较多,在区域联系、城市用地布局等方面积累了较好的基础。新时代国土空间规划应发挥数据汇集优势,探索新技术应用方

法,但也需要保持对新技术应用的反思,既让新技术成为规划的重要支撑手段,也要体现新时代以人为本的规划理念。

2.1 转换数据思维

新技术应用已经从初期的数据存储、可视化等逐步向人工智能、机器学习等技术演进。在技术迭代背景下,国土空间规划应尽快转换数据思维,借助新技术赋能规划的基础数据收集和调研整理、规划评估、规划编制、实施监管各个阶段,促使规划由传统的经验案例模式向量化客观的智慧化模式发展。一方面,收集大范围、精度高、类型多的数据,多视角、多尺度地掌握国土空间中人地关系;不仅能分析用地、交通等物质空间,更能研究社会经济、流动空间特征,优化调整国土空间结构和布局,满足国土空间的人本需求。另一方面,对于全域数据的掌握,在划定保障粮食安全的农业生产空间和维护生态安全保障空间的基础上,更应赋能空间管制和生态修复,针对区域发展导向进行适宜的保护和整治。

2.2 注重尺度效应

尺度效应一直受到地理学和城乡规划的关注。国土空间规划涵盖从国家到乡镇不同尺度的规划,从宏观战略到具体设计,对数据精度要求不同。一方面各类传感器、统计数据记录不一致导致数据颗粒度差异;另一方面,精细化的规划对数据精度要求更高。省级、市县规划对数据标准和精度要求不一,省级评价数据应用到市县级会存在偏差,如地表覆盖、气候等数据空间分辨率较大,较难达到市县级评价精度要求。在城市空间分析中,手机信令和互联网定位数据均记录个人活动信息,但是两者数据精度不同。手机信令数据可用于分析区域联系及大范围地块活动强度,但在小尺度的街道、地块设计中则难以发挥优势。因此,在不同尺度规划编制过程中,对于数据的应用要考虑其精细程度和适用性,宏观层面的空间要素分析可采用分辨率大、图斑要求不高的数据,研判整体国土空间格局;中微观尺度规划研究则要收集比例尺大、要素信息丰富的空间

数据,支撑国土空间开发保护的具体安排。

2.3 推进“以人为本”规划

新技术应用虽然能够改进规划方法,赋能国土空间规划,但更要注重人文主义关怀,推进以人为本的规划。工具理性的国土空间规划综合大数据、人工智能等技术,应用空间分析、情景模拟等方法,得出科学合理的现状评估与规划预测。过多地注重技术方法和物质空间评估的指标设计,易忽略价值理性,缺少对人本感知的测度。国土空间规划如果仍以耕地、建设用地、生态用地等宏观指标为核心,评估管控底线和管控分区实施,则会忽略城市运行中的政府、市场、社会等多元主体,忽视空间管控对居民生活生产的影响。以人为本的国土空间规划除了关注用地、生态、经济各个层面,也要保证空间环境中人的安全感和舒适感。在空间政策制定过程中,规划可以采用高精度的大数据,收集人的活动和需求数据,将数据采集尺度精细到人的感官尺度,体现国土空间规划的社会和人文价值,建设满足人本需求的高品质国土空间。

3 结语

国土空间规划是空间治理的重要基础,虽然目前国家在顶层设计层面指明了国土空间发展蓝图,但对于政府、学者和从业人员而言仍是任重道远。我国机构调整以来,国家和地方政府密集出台各项政策,国土空间规划重点和内容日益明晰,但对于数据驱动的国土空间规划新技术应用仍需不断探索和研究。随着新兴数据和前沿技术的不断涌现,新技术应用不仅改变国土空间中人的行为模式,影响国土空间开发和治理模式,也为国土空间规划提供新方法。新技术应用可在国土空间规划调研分析阶段,辅助构建城市基础数据库;在规划编制阶段,完成双评价和三区三线划定,分析空间结构与功能布局,优化土地利用,进行生态修复;在规划实施监管阶段,完善公众参与,建设规划信息平台,辅助规划督察,助力空间规划治理能力升级。从数据驱动到智慧国土空间规划体系的建设,需要全面的应用框架体

系。这将是一个不断探索和进步的过程。信息技术日新月异,各种传感器、数据分析、系统平台技术不断更新迭代,都将为国土空间规划提供越来越多的数据和技术支撑。发挥新技术在国土空间规划中越来越大的优势将是未来持续关注重点关注的方向。

参考文献 References

- [1] 吴燕. 新时代国土空间规划与治理的思考[J]. 城乡规划, 2019 (1): 11-20.
WU Yan. Thinking of the land space planning & governance in the new era[J]. Urban and Rural Planning, 2019(1): 11-20.
- [2] 孔宇, 甄峰, 李兆中, 等. 智能技术辅助的市(县)国土空间规划编制研究[J]. 自然资源学报, 2019, 34 (10): 2186-2199.
KONG Yu, ZHEN Feng, LI Zhaozhong, et al. Research on smart technology-assisted territorial spatial planning: a case study at city and county level[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2186-2199.
- [3] 牛强. 城市规划大数据的空间化及利用之道[J]. 上海城市规划, 2014 (5): 35-38.
NIU Qiang. The spatialization of urban planning big data and its using methods[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2014(5): 35-38.
- [4] GÓMEZ J N, LOURES L, CASTANHO R, et al. Assessing the feasibility of GIS multimethod approach to ascertain territorial accessibility to hemodynamics rooms in Spain mainland[J]. Habitat International, 2018, 71: 22-28.
- [5] YANG X, YU Y, ZHENG Y. Assessment and optimization of territorial space vulnerability: a case study of Xingyang, Henan, China[J]. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2020, 120: 102950.
- [6] FANG C, YU X, ZHANG X, et al. Big data analysis on the spatial networks of urban agglomeration[J]. Cities, 2020, 102: 102735.
- [7] HEIKINHEIMO V, TENKANEN H, BERGROTH C, et al. Understanding the use of urban green spaces from user-generated geographic information[J]. Landscape and Urban Planning, 2020, 201: 103845.
- [8] 庄少勤. 新时代的空间规划逻辑[J]. 中国土地, 2019 (1): 4-8.
ZHUANG Shaoqin. Space planning logic in the new era[J]. China Land, 2019(1): 4-8.
- [9] 袁源, 王亚华, 周鑫鑫, 等. 大数据视角下国土空间规划编制的弹性和效率理念探索及其实践应用[J]. 中国土地科学, 2019, 33 (1): 9-16.
YUAN Yuan, WANG Yahua, ZHOU Xinxin, et al. Conceptual exploration and practical application on

flexibility and efficiency of territory spatial planning making from the perspective of big data[J]. China Land Science, 2019, 33(1): 9-16.

- [10] 李满春, 陈振杰, 周琛, 等. 面向“一张图”的国土空间规划数据库研究[J]. 中国土地科学, 2020, 34 (5): 69-75.
LI Manchun, CHEN Zhenjie, ZHOU Chen, et al. "One Map" oriented database investigation for territorial space planning[J]. China Land Science, 2020, 34(5): 69-75.
- [11] 韩青, 孙中原, 孙成苗, 等. 基于自然资源本底的国土空间规划现状一张图构建及应用——以青岛市为例[J]. 自然资源学报, 2019, 34 (10): 2150-2162.
HAN Qing, SUN Zhongyuan, SUN Chengmiao, et al. Establishment and application of one map of current situation of territorial spatial planning according to the foundations of natural resources: taking Qingdao City as an example[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2150-2162.
- [12] 张硕, 高璟, 彭震伟. 论县级国土空间规划“一张底图”的构建及应用[J]. 城市规划学刊, 2020 (2): 70-79.
ZHANG Shuo, GAO Jing, PENG Zhenwei. Discussions on the construction and application of "one base map" of the county-level territory development planning[J]. Urban Planning Forum, 2020(2): 70-79.
- [13] 孔宇, 甄峰, 张姗姗, 等. 基于多源数据的国土空间高质量利用评价思路[J]. 中国土地科学, 2020, 34 (5): 115-124.
KONG Yu, ZHEN Feng, ZHANG Shanqi, et al. Evaluation on high-quality utilization of territorial space based on multi-source data[J]. China Land Science, 2020, 34(5): 115-124.
- [14] 甄峰, 张姗姗, 秦箫, 等. 从信息化赋能到综合赋能: 智慧国土空间规划思路探索[J]. 自然资源学报, 2019, 34 (10): 2060-2072.
ZHEN Feng, ZHANG Shanqi, QIN Xiao, et al. From informational empowerment to comprehensive empowerment: exploring the ideas of smart territorial spatial planning[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2060-2072.
- [15] 张吉康, 杨枫, 罗昱辉. 浅谈国土空间规划监测评估的路径[J]. 中国土地, 2019 (9): 12-15.
ZHANG Jikang, YANG Feng, LUO Ganghui. A brief talk on the path of monitoring and evaluation of territorial spatial planning[J]. China Land, 2019(9): 12-15.
- [16] 匡文慧. 新时代国土空间格局变化和美丽愿景规划实施的若干问题探讨[J]. 资源科学, 2019, 41 (1): 23-32.
KUANG Wenhui. Issues regarding on spatial pattern change of national land space and its overall implementation on beautiful vision in new era[J]. Resources Science, 2019, 41(1): 23-32.
- [17] 蒋金亮, 周亮, 吴文佳, 等. 长江沿岸中心城市土地

- 扩张时空演化特征——以宁汉渝3市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24 (9): 1528-1536.
- JIANG Jinliang, ZHOU Liang, WU Wenjia, et al. A comparative study on spatiotemporal characteristics of urban expansion for the central cities along the Yangtze River- a case study of Nanjing, Wuhan and Chongqing[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(9): 1528-1536.
- [18] 张通. 基于深度学习和直线检测的高分辨率遥感影像建筑物提取[D]. 武汉: 武汉大学, 2018.
- ZHANG Tong. Building extraction from high resolution remote sensing images based on deep learning and line detection[D]. Wuhan: Wuhan University, 2018.
- [19] 魏旭红, 开欣, 王颖, 等. 基于“双评价”的市县级国土空间“三区三线”技术方法探讨[J]. 城市规划, 2019, 43 (7): 10-20.
- WEI Xuhong, KAI Xin, WANG Ying, et al. Discussions on the methods of "three zones and three lines" implementation at the spatial levels of city and county based on "double evaluations"[J]. City Planning Review, 2019, 43(7): 10-20.
- [20] 刘志超. 新型空间规划体系下的县级“三生空间”布局与“三线”划定[J]. 规划师, 2019, 35 (5): 27-31.
- LIU Zhichao. Three spaces and three lines delimitation in the context of new spatial plan system[J]. Planners, 2019, 35(5): 27-31.
- [21] 曹根榕, 顾朝林, 张乔扬. 基于POI数据的中心城区“三生空间”识别及格局分析——以上海市中心城区为例[J]. 城市规划学刊, 2019 (2): 44-53.
- CAO Genrong, GU Chaolin, ZHANG Qiaoyang. Recognition of "ecological space, living space, and production space" in the urban central area based on poi data: the case of Shanghai[J]. Urban Planning Forum, 2019(2): 44-53.
- [22] 祁帆, 谢海霞, 王冠珠. 国土空间规划中三条控制线的划定与管理[J]. 中国土地, 2019 (2): 26-29.
- QI Fan, XIE Haixia, WANG Guanzhu. Delineation and management of three control lines in territorial spatial planning[J]. China Land, 2019(2): 26-29.
- [23] 高延利, 蔡玉梅. 构建新时代的自然生态空间保护体系[J]. 中国土地, 2018 (4): 5-8.
- GAO Yanli, CAI Yumei. Build a new era of natural ecological space protection system[J]. China Land, 2018(4): 5-8.
- [24] 周祥胜, 汤燕良, 李祥, 等. 广东省级城镇开发边界的划定思路与方法[J]. 规划师, 2019, 35 (11): 75-79.
- ZHOU Xiangsheng, TANG Yanliang, LI Chan, et al. Idea and method of provincial urban development boundary delimitation, Guangdong Province[J]. Planners, 2019, 35(11): 75-79.
- [25] 邓楚雄, 宋雄伟, 谢炳庚, 等. 基于百度贴吧数据的长江中游城市群城市网络联系分析[J]. 地理研究, 2018, 37 (6): 1181-1192.
- DENG Chuxiong, SONG Xiongwei, XIE Binggeng, et al. City network link analysis of urban agglomeration in the middle Yangtze River basin based on the Baidu Post Bar data[J]. Geographical Research, 2018, 37(6): 1181-1192.
- [26] 龚言浩, 甄峰, 席广亮, 等. 基于微信公众号文章的城市关注度等级与联系网络研究[J]. 现代城市研究, 2019 (4): 69-75.
- GONG Yanhao, ZHEN Feng, XI Guangliang, et al. Research on spatial pattern of city's attention degree and relationship network in China based on WeChat articles[J]. Modern Urban Research, 2019(4): 69-75.
- [27] 杨俊宴, 吴浩, 郑屹. 基于多源大数据的城市街道可步行性空间特征及优化策略研究——以南京市中心城区为例[J]. 国际城市规划, 2019, 34 (5): 33-42.
- YANG Junyan, WU Hao, ZHENG Yi. Research on characteristics and interactive mechanism of street walkability through multi-source big data: Nanjing Central District as a case study[J]. Urban Planning International, 2019, 34(5): 33-42.
- [28] 李鹏鹏, 杨俊宴, 曹俊. 问题导向下基于多源大数据的城市活力测度与解析[C]//共享与品质——2018中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- LI Pengpeng, YANG Junyan, CAO Jun. Problem-oriented measurement and analysis of urban vitality based on multi-source big data[C]//Proceedings of Annual National Planning Conference 2018. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.
- [29] KI D, LEE S. Analyzing the effects of green view index of neighborhood streets on walking time using Google street view and deep learning[J]. Landscape and Urban Planning, 2021, 205: 103920.
- [30] HUANG J, OBRACHT-PRONDZYNSKA H, KAMROWSKA-ZALUSKA D, et al. The image of the city on social media: a comparative study using "big data" and "small data" methods in the tri-city region in Poland[J]. Landscape and Urban Planning, 2020, 206: 103977.
- [31] 蒋金亮, 刘志超. 时空行为分析支撑的乡村规划设计方法[J]. 现代城市研究, 2019 (11): 61-67.
- JIANG Jinliang, LIU Zhichao. The method of rural planning design supported by time space behavior analysis[J]. Modern Urban Research, 2019(11): 61-67.
- [32] 栾夏丽, 韦胜, 韩善锐, 等. 基于城市大数据的热场格局形成机制及主导因素的多尺度研究[J]. 应用生态学报, 2018, 29 (9): 2861-2868.
- LUAN Xiali, WEI Sheng, HAN Shanrui, et al. A multi-scale study on the formation mechanism and main controlling factors of urban thermal field based on urban big data[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(9): 2861-2868.
- [33] 蒋金亮. 快速城市化背景下城市扩张对空气质量影响研究[D]. 南京: 南京大学, 2015.
- JIANG Jinliang. Study on the impact of urban sprawl on air quality in rapid urbanization[D]. Nanjing: Nanjing University, 2015.
- [34] 许峰, 尹海伟, 孔繁花, 等. 基于MSPA与最小路径方法的巴中西部新城生态网络构建[J]. 生态学报, 2015, 35 (19): 6425-6434.
- XU Feng, YIN Haiwei, KONG Fanhua, et al. Developing ecological networks based on MSPA and the least-cost path method: a case study in Bazhong Western New District[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(19): 6425-6434.
- [35] 詹庆明, 欧阳婉璐, 金志诚, 等. 基于RS和GIS的城市通风潜力研究与规划指引[J]. 规划师, 2015, 31 (11): 95-99.
- ZHAN Qingming, OUYANG Wanlu, JIN Zhicheng, et al. RS and GIS based ventilation potential study and planning[J]. Planners, 2015, 31(11): 95-99.
- [36] 罗彦, 蒋国翔, 邱凯付. 机构改革背景下我国空间规划的改革趋势与行业应对[J]. 规划师, 2019, 35 (1): 11-18.
- LUO Yan, JIANG Guoxiang, QIU Kaifu. Reform trend and countermeasures of spatial planning under the background of national institutional reform[J]. Planners, 2019, 35(1): 11-18.
- [37] SHIN D. Urban sensing by crowdsourcing: analysing urban trip behaviour in Zurich[J]. International Journal of Urban and Regional Research, 2016, 40(5): 1044-1060.
- [38] 茅明睿, 储妍, 程辉, 等. 规划云平台: “互联网+”规划公众参与的实践[C]//新常态: 传承与变革——2015中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- MAO Mingrui, CHU Yan, CHENG Hui, et al. Planning a cloud platform: the practice of public participation in the "Internet+" planning[C]//Proceedings of Annual National Planning Conference 2015. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015.
- [39] 熊伟, 周勃. “众规武汉”开放平台的建设思考[J]. 北京规划建设, 2016 (1): 100-102.
- XIONG Wei, ZHOU Bo. Construction and thinking of "Zhonggui Wuhan" open platform[J]. Beijing Planning and Construction, 2016(1): 100-102.
- [40] AFZALAN N, MULLER B. Online participatory technologies: opportunities and challenges for enriching participatory planning[J]. Journal of the American Planning Association, 2018, 84(2): 162-177.
- [41] 毕云龙, 徐小黎, 李勇. 浅析国土空间用途管制制度建设[J]. 中国土地, 2019 (8): 30-33.
- BI Yunlong, XU Xiaoli, LI Yong. Analysis on the construction of the control system of land and space use[J]. China Land, 2019(8): 30-33.
- [42] 张洪巧, 何子张, 朱查松. 基于空间治理的国土空间规划强制性内容思考——从城市总体规划强制性内容实效谈起[J]. 规划师, 2019, 35 (13): 21-27.
- ZHANG Hongqiao, HE Zizhang, ZHU Chasong. A reflection on the mandatory content of territorial spatial planning: discussion on the efficacy of the mandatory content of urban master plan[J]. Planners, 2019, 35(13): 21-27.