

从信息化赋能到综合赋能:智慧国土空间规划思路探索

甄峰^{1,2}, 张姍琪^{1,2}, 秦萧^{1,2}, 席广亮^{1,2}

(1. 南京大学建筑与城市规划学院, 南京 210093;

2. 南京大学江苏省智慧城市设计仿真与可视化技术工程实验室, 南京 210093)

摘要: 党的十九大报告明确的“智慧社会”建设目标,对当前国土空间规划工作的开展提出了新的要求。如今,以互联网、大数据、云计算等为主的信息化技术赋能是当前国土空间规划智慧化的主要动力与发展重点,而如何理解并推进智慧社会发展则是智慧编制与实施国土空间规划的重要基础。人地关系和地域生命有机体理论是智慧社会下国土空间规划与治理的理论与方法基础,需要从信息化赋能向包含技术赋能与创新赋能的综合赋能理念转变,探讨智慧国土空间规划的总体思路,进而构建以生态文明为基础、以人为本为核心、技术集成应用和制度创新为支撑的智慧国土空间规划框架(EPTI),并探讨规划编制的智慧化以及规划实施的智慧化。

关键词: 智慧社会;信息化;综合赋能;智慧国土空间规划;总体思路

新技术的快速发展促进了智慧社会的出现。2017年,党的十九大报告中正式提出智慧社会的概念,强调新技术及创新的重要性。从20世纪70年代美国社会学家丹尼尔·贝尔的“后工业化社会”,到90年代后期北欧的“信息社会”,这些概念的提出均强调了知识及技术创新对经济社会发展的重要贡献。最新的“智慧社会”概念,更加重视以互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的发展与应用为基础,所形成的数字化、网络化和智能化深度融合的社会^[1],关注新技术应用对经济社会发展、居民工作生活以及社会与空间治理带来的影响。可见,尽管新技术应用非常关键,但超越技术范畴去理解创新、开放和共享^[2-3],对于智慧社会的建设更为重要。

智慧社会的崛起,为当前正在开展的国土空间规划与治理提供了新环境,也提出了新要求。实际上,近十年来,新技术的广泛应用,已经对空间规划的编制、城市运行与动态监测产生了深远的影响,推动了智慧的规划研究与辅助决策过程。西方学者通过各类时空大数据的挖掘和处理,分析城市区域和国土空间发展面临的挑战、评估活动的空间集聚状态、测度不同功能空间之间的要素流动与联系^[4-5]。利用人工智能、机器学习等城市计算技术方法,对城市空间结构、城市增长、土地利用变化、交通网络、景观生态进行了动态的仿真模拟和评估,为规划辅助决策提供支撑^[6-8]。借助于WebGIS信息系统以及可视化技术,实现城市要素的集成、分析与管理,提升决策者、规划师、市民、专

收稿日期: 2019-04-27; 修订日期: 2019-07-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(41571146, 51708276, 41701178); 中国博士后科学基金项目(2019M651784)

作者简介: 甄峰(1973-), 男, 陕西汉中, 教授, 博士生导师, 研究方向为智慧城市、大数据与城市规划。

E-mail: zhenfeng@nju.edu.cn

通讯作者: 张姍琪(1989-), 女, 安徽六安人, 博士, 研究方向为智慧规划、大数据挖掘与规划参与新技术。

E-mail: zhangshanqi@nju.edu.cn

家在规划过程中的参与程度,以及不同主体之间的协同规划^[9-10]。国内学者对如何将大数据等技术手段应用于空间规划也进行了大量的研究与探索,涉及到大数据在城市与区域空间模拟分析^[11-12]、规划编制方法^[13-15]、空间动态监测与评估^[16-17]、空间规划管理^[18]等不同领域的应用,以及人工智能等新技术的探索^[19-20]。

伴随着中国智慧城市建设的推进,信息化赋能已成为国土空间规划领域的研究热点与实践突破口。最近的规划体系改革以及国土空间规划体系构建,也强调了从政策和制度层面推进信息技术与国土空间规划的融合、实现智慧国土空间规划^[21]。2019年5月发布的《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》中,明确要求结合国土空间规划编制,同步完成县级以上国土空间基础信息平台建设。与此同时,在国土空间规划研究与实践中,越来越强调可感知、能学习、善治理、自适应的“智慧规划”或智慧型“生态规划”,以此推动“智慧国土”和“美丽中国”建设^[22]。

可见,信息技术支撑的“赋能”过程已经成为“智慧”国土空间规划的主要途径。但值得思考的是:赋谁的能?怎样赋能?赋能的目的是什么?在这个过程当中,信息化是唯一的驱动力吗?总体上,对于国土空间规划已经开展了较多的探索,技术层面也有很多实践。但由于数据或方法的不足,缺少“人文关怀”的同时,对新技术应用于国土空间规划的整体性思考、系统性的综合研究也较少。信息化固然是赋能的核心动力,但现在的技术进步已经不仅仅是新一代的信息通信技术,更多的是创新技术的集成应用。因此,需要立足于新技术的综合集成应用,构建一个总体的智慧国土空间规划框架,从规划编制到实施的各个环节,去系统化地为国土空间规划“赋能”。

1 内涵理解与理论基础

1.1 对智慧国土空间规划的理解

国土空间是多种要素相互作用下的动态复杂巨系统,对于国土空间的系统认知,主要从国土空间系统要素构成、国土空间格局与时空状态检测、国土空间结构配置合理性评估等方面展开^[23-24]。近年来,国内学者进一步深化对国土空间及其规划的认识,从生态系统价值、土地功能,以及生产、生活、生态视角对国土空间格局进行评价,并提出优化重构路径^[25-27],提出国土空间规划应以人的尺度为衡量标准,进行国土空间的使用和分配^[28],从资源环境承载力理论内涵出发,揭示资源环境承载力评价模式与国土空间规划的内在逻辑^[29]。但受国土空间系统复杂性及认知能力、技术局限性的影响,对国土空间的认知难以达到全面、准确和科学的要求。而信息技术支撑及数据的挖掘分析,可以深入揭示居民企业活动、社会经济发展与资源环境的关系,综合反映人地关系协调及资源环境承载力水平,并为国土空间功能区划分、空间布局、规划实施监测、动态评价等提供技术支撑。因此,需要依赖人本、技术和数据的三轮驱动,提升国土空间规划的综合创新能力,并推动新时代的智慧国土空间规划。

对于智慧国土空间规划,可以认为是通过信息技术在国土空间规划的现状分析评价、编制方案、监测管理与评估等全过程中的综合应用,尤其通过各类新技术的集成应用与创新,实现人本化、数字化、智能化的国土空间规划过程。首先,智慧国土空间规划体现在信息技术支撑下的智能化决策,包括在信息系统与数据分析支撑下的国土空间评价、规划、监测与管理等过程,以及多部门业务协同、多主体参与国土空间规划管理

等。其次,智慧国土空间规划是在智慧社会框架下,面向高度流动和共享的流动空间,以及生态文明的要求,通过信息技术的集成创新及综合应用,来促进人地关系协调,以及流动空间与物质空间的协同发展。第三,智慧国土空间规划应强调人本导向的信息化应用、技术的集成创新和制度创新。

1.2 人地关系重构与地域生命有机体

国土空间功能的本质是人地关系,表现为一定地域范围内人、土地资源、生态环境、社会经济活动等要素及其互动耦合的复杂生命有机体。新技术进步与创新应用,对人地关系系统、地域生命有机体产生影响作用,尤其是在移动信息技术的支撑下,人类活动的时空灵活性、移动性持续变化,出现流动的时空观和区位,并持续重构人地关系^[30]。一方面带来系统内部要素及其组织关系的变化,另一方面促使调控人地关系系统、地域有机体结构的技术方法创新,这也是智慧国土空间规划的理论与方法基础。

面向国土空间规划,需考虑新技术进步带来的人地关系重构作用下,人本化、生态宜居等“人”的需求,以及国土空间效率、要素流动、空间协调等“地”的内涵变化,并利用大数据、人工智能等新技术手段,对“人”“地”要素变化及人地关系系统进行挖掘和模拟分析,引导人、地、产协同,提出更高层次的人地关系重构与系统协调策略,实现“三生”空间共生与协调布局,作为国土空间规划的创新支撑。

同时,国土空间也是一个自然要素与人类经济社会活动交融共存的地域生命有机体,体现出国土空间有机协调、可持续发展的状态。可以认为,信息系统平台与数据技术是国土空间规划管理的大脑,为国土空间的分析评价、规划决策、优化配置、监测管理等提供系统性支撑。“三生”空间是国土空间的重要功能,面向智慧社会“三生”空间的活动与功能发生革命性的变化,尤其是交通与信息技术进步对空间的流动性、可达性以及活动承载能力均产生影响,需要从系统协调、耦合共生的角度重新审视“三生”功能空间的配置与优化布局。资本、技术、能源、交通等各种要素流,可以认为是功能空间联系的循环系统,通过对这些要素的智能化分析模拟与预测,为国土空间的可持续和健康运行提供支撑。

2 智慧国土空间规划思路探索

2.1 理念转型:从信息化赋能到综合赋能

信息化技术应用于规划编制全过程,有效地支撑了国土空间数据的获取和共享、规划编制、规划分析、信息平台建设等国土空间规划业务,是推动国土空间规划智能化的核心动力。但智慧的国土空间规划不仅需要信息技术的赋能,更需要集成技术创新、制度创新的综合赋能过程。

随着信息通讯技术的发展,国土资源数据的采集范围更大、类型更多、精度更高。一方面,这些多源数据为从多维度、多角度、多尺度动态监测、诊断人地关系提供了基础。尤其是大量关于人的行为和活动的数据的涌现,可应用于从人本视角的“三生”空间划定、空间布局优化等,使得国土空间规划更好地满足人本需求。另一方面,对这些数据的运用,需要在遵循科学性原则的基础上,结合计算机辅助制图、空间分析和建模、机器学习、人工智能等多学科知识,发展、建立支撑科学规划决策、动态规划评估、实时监测预警的技术方法,实现“以数据为驱动、以算法为核心、靠人工智能辅助

决策”。可见，通过创新技术的集成应用全面赋能国土空间规划全流程正成为实现智慧国土空间规划的重要路径。

同时，技术创新应用需要完善的制度体系进行保障和支撑。第一，大规模的多源国土资源数据采集，对数据资源的集中整合、分析建模和应用服务提出了更高的要求，需要构建相应的技术标准体系、指标体系、平台建设标准以及专家知识库等全面支撑国土空间规划的数据管理、分析和应用。第二，需进一步改革创新国土空间规划的体制和机制，完善“政府组织、专家主导、部门协作、群众参与”的工作方式，广泛听取专家和公众的意见，积极吸引高新技术企业共创、共建，通过多元主体参与和协作创新，增强规划的科学性，推动规划新技术的创新实践。

2.2 总体设计:智慧国土空间规划框架

2.2.1 总体框架

国土空间规划的智慧体现在“生态文明、以人为本”，而智慧国土空间规划的实现离不开技术应用和制度创新。因此，以生态文明为基础，以人为本为核心，技术应用和制度创新为支撑，提出EPTI（Ecological civilization, People-oriented, Technological application, Institutional innovation）智慧规划总体框架（图1）。

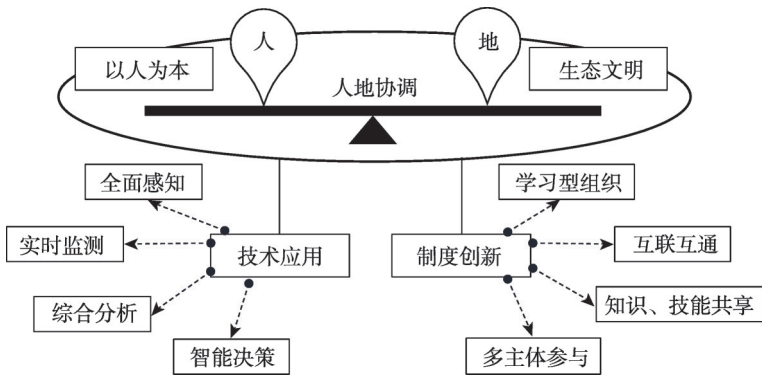


图1 智慧国土空间规划总体框架

Fig. 1 The conceptual framework of smart territorial spatial planning

首先，“生态文明”是智慧国土空间规划的基础。应立足于生态文明建设，遵循人与自然、社会和谐发展的自然规律，优先保护生态空间，统筹国土空间的开发和保护，支持国土空间的高质量发展。包括以资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价为基础，明确空间管控底线和管制分区，界定国土空间的发展潜力和规模；合理利用自然资源，修复和建设生态系统；从国土空间的层面整体把握资源开发格局，分区管理，合理控制开发强度。

其次，“以人为本”是智慧国土空间规划的核心。应坚持以人为本的原则，在国土空间规划的各项业务环节中充分体现人的主体需求。第一，应在国土空间规划编制过程中，充分运用位置、情感、行为活动等大数据，来挖掘居民活动及空间特征，探索整合、分析多源数据，满足多元化人本需求的国土空间规划编制方法。第二，应在国土规划建设与管理过程中，体现“公众参与、多元协作”的理念，提升公众参与度，及时接受社会各界的意见和监督，提高国土规划建设与管理的透明程度。

再次, 技术应用和制度创新是智慧国土空间规划的两大重要支撑。新技术的综合应用是推动国土空间规划智慧化必不可少的动力, 应从全面感知、实时监测、综合分析、智能决策等方面入手, 将智能技术与国土空间规划业务进一步结合, 构建智能技术辅助的国土空间规划技术流程。同时, 应通过制度创新保障和推动国土空间规划的智慧化。包括建立学习型组织、促进不同部门和组织间的互联互通、知识共享, 以及多主体参与、协作创新, 共同推进规划新技术的发展完善。

2.2.2 技术框架

基于上述智慧国土空间规划的总体框架, 结合国土空间规划的具体内容, 构建智慧国土规划的技术框架(图2), 共分为三个部分: 信息化建设、国土空间规划业务以及制度和规范建设。其中, 信息化建设是基础, 国土空间规划业务是核心, 制度和规范建设是保障。

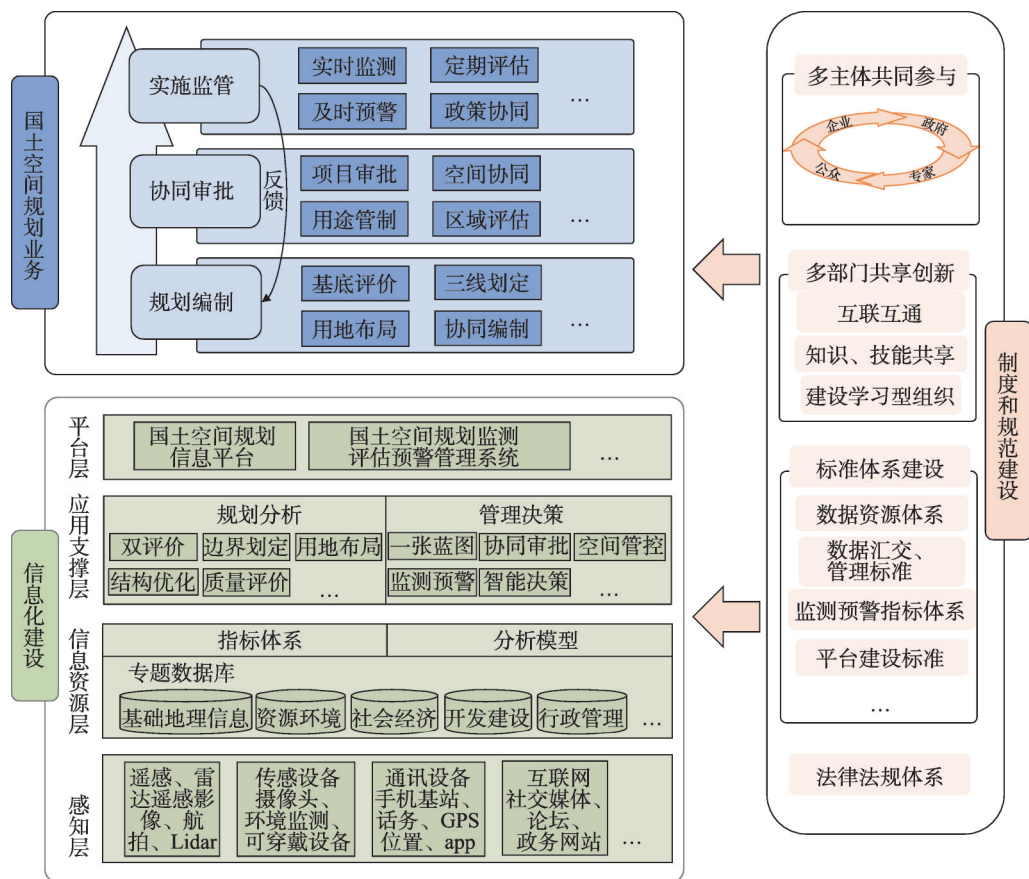


图2 智慧国土空间规划技术框架

Fig. 2 The technical framework of smart territorial spatial planning

(1) 信息化建设

信息化建设一直是国土资源管理的重要内容。以国土资源“一张图”工程为代表, 国土资源管理信息化建设的重点是整合遥感影像、土地利用现状、国情监测以及基础地理信息等多源信息, 构建集国土资源的规划、审批、执法等于一体的综合监管平台。这

些建设内容仍是国土空间规划信息化建设的重要组成部分,同时,国土空间规划的信息化建设更加强调:①对于社会、经济、人口活动等多源数据的采集和运用;②基于指标体系与计算模型的科学化规划监测、评估、预警体系的构建。具体来说,国土空间规划的信息化建设应聚焦四层建设,分别是感知层、信息资源层、应用支撑层和平台层。

感知层利用遥感、通讯设备、传感设备、互联网等多种途径对国土资源现状进行全面感知。其中,通过手机信令、可穿戴设备、互联网大数据等获得的社会感知数据,可从人的活动、感受等维度对于国土资源利用现状及高品质发展水平做出科学评价,拓展以往主要根据遥感影像、土地调查等对于国土资源现状进行客观监测和评估的手段。

信息资源层集成多源国土空间数据,统筹构建资源环境、社会经济、开发建设等多源数据库,并整合地理信息、行政管理等相关数据库。同时,融合多领域专家知识,构建国土空间规划监测评估预警的指标体系和模型,为规划监测、评估、预警提供支撑。指标体系包含与国家发展战略相关的国土空间编制、监测、评估、预警等基础指标,是落实国土空间规划目标和任务的主要抓手。在省、市、县层面,除基础指标外,还应结合各地的发展定位、目标及特色,制定省级和市县级的扩展指标。通过构建模型库,利用多源感知数据对指标值进行计算,监测指标运行状态,对国土空间规划实施过程中未达要求或突破警戒值的情况进行预警,为国土空间规划实施监管提供科学依据。

应用支撑层提供对自然资源保护和国土空间开发利用情况进行定量评估、实时监测、风险识别、趋势预判等的规划分析方法,并结合人工智能等技术,辅助智能规划管理和决策,为国土空间规划的核心业务提供技术方法支撑。

平台层综合运用互联网、数据库、云计算、地理信息系统等技术,构建为国土空间规划相关部门提供数据和信息共享、协作审批、实时监管等服务的国土空间规划信息平台、国土空间规划监测预警评估管理系统两大信息平台,全面推动国土空间规划的智能化。其中,国土空间规划信息平台是实现国家、省、市、县纵向联通,各相关部门单位横向联通的数据共享平台。它的建设应以“一张底图”为基础,在土地调查成果数据的基础上,整合规划编制所需的现状数据,形成坐标、边界统一的数据体系,支撑国土空间规划编制和评估。国土空间规划监测预警评估管理系统是利用指标体系和计算模型,对国土资源利用和开发现状进行定量分析和实时监测,为国土空间规划实施监测、评估、预警的全过程提供技术支持。

(2) 国土空间规划业务

信息化建设是支撑规划编制、协同审批、实施监管等各项国土空间规划业务,推进国土空间规划智慧化的重要基础。在规划编制阶段,基于国土空间规划的管控指标,通过建立量化分析模型,对资源环境承载力和国土空间开发适宜性进行综合评价,科学划定三区三线,并结合人口活动等大数据分析,全面、客观地对用地效率、布局等进行评估,为科学制定规划目标、规模等提供决策依据。在规划审批阶段,基于规划指标的审查规则与相关模型,审查规划是否符合国土空间规划的管控要求。同时,在信息平台的支撑下,通过规划数据的整合与共享,实现不同业务部门对建设项目的联合协同审批。在实施监管阶段,利用监测预警评估管理系统,基于国土空间规划指标和预警评价模型,对国土空间规划实施情况进行实时监测和动态评估,对不符合目标范围的指标进行分级预警。同时,评估结果将及时反馈于规划目标,为规划编制的修订和完善提供科学依据。

(3) 制度和规范建设

首先,在各层级规划的编制、审批和监管过程中,应体现“多主体参与、多部门共享创新”的制度设计。第一,在建立数据和资源共享平台的基础上,应进一步完善协商合作的机制,突破不同业务部门间的协作瓶颈。第二,智慧国土空间规划需要整合城市规划、土地管理、生态、资源环境、地理信息系统等跨领域知识,构建科学的定量分析模型。一方面,应充分整合专家、科技企业等各种资源,通过多方参与,创新和完善国土空间规划的技术方法。另一方面,应建立有持续学习能力的学习型组织,不断吸收新理念、新技术、新方法,提高业务能力。同时,应促进知识在不同部门和组织间的相互流通,均衡协调和综合利用部门内外部资源,共同推动国土空间规划的技术创新。第三,在规划编制、监测、评估等过程中应充分听取各方意见,在公开、公正的基础上,统筹考虑各方利益,最大化满足公众需求。同时,充分利用网络平台,建立政府和公众之间及时、有效、双向的沟通渠道,并向公众提供国土空间规划的公共服务。

其次,对国土空间规划中涉及的数据资源、指标体系、平台建设等均应建立相应的标准规范,以保证不同层级、不同类型的规划能够有效衔接。具体包括应构建涵盖国土空间规划全流程中涉及的过程数据和成果数据的数据资源体系,为国土空间规划的数据库和信息平台建设提供向导;应针对国土空间规划数据,从数据格式、数据结构、空间参考及值域范围等方面构建数据汇交及数据库标准;应对国土空间规划监测、评估、预警的需求,构建全面的指标体系,明确指标项、指标元数据、指标健康状态值及指标值计算模型等内容;应建立国土空间规划信息平台 and 监测评估预警管理系统的建设标准,从系统构成、功能要求、运行环境及运维要求等方面规范系统平台建设。

再次,应完善国土空间规划相关的法律法规体系,应推进空间规划的相关立法工作,从法律层面上明确空间规划的权威性和有效性,对于空间规划体系的构成、定位、机制等重要内容进行严格界定,完善国土空间用途管制、公有私有物权维护等相关的法律依据^[31]。同时,应结合国土空间规划的战略目标和调控重点,对《土地管理法》《城乡规划法》《环境保护法》等相关配套法律进行修改完善。为实现上下位规划的有效衔接、保障用途管制最终落地,还应完善与国土空间规划体系相对应的行政法规体系,对于国土空间规划中所涉及的编制、审批、实施、监管等全过程进行规范,对于五个层级规划之间的传导、管控做出明确要求。

2.3 规划编制智慧化

智慧国土空间规划需要在传统规划方法与技术基础上,深度整合互联网、大数据、云计算、人工智能等新技术,进而推动国土空间规划编制全过程的智慧化。在这一过程中,可以利用卫星遥感、传感器、摄像头、无人机(车)、个人便携式设备、智能路灯等诸多工具或平台对国土空间进行全面地感知和多源数据的采集,包括地理国情监测的数据、城市运营和监测的大数据、互联网开放数据等,实现多源数据的融合、集成及跨空间层级的建库,为国土空间规划编制提供基础。

同时,从对国家和自然资源部近期颁布的《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指南(试行)》和《市县国土空间总体规划编制指南》等一系列文件梳理可知,国土空间总体规划编制的重点内容及大致流程是:首先,进行国土空间的资源承载力和适宜性评价。其次,在“双评

价”基础上,将国土空间划分为生态空间、农业空间及城镇空间,并准确界定生态红线、基本农田保护线及城镇开发边界三类空间用途管控线。再者,对生态空间、农业空间及城镇空间分别进行具体规划,注重空间结构优化、功能与用地协调布局等方面的方案编制。因此,总体规划编制智慧化具体体现在:

在国土空间双评价方面,国土资源承载力评价侧重对自然资源自身属性的评估,通过采集土地、水资源、环境、生态、灾害等方面的基础数据和生物多样性维护、水土流失、土壤质地、光热条件、地形起伏度、地质灾害等反映自然资源承载能力的指标进行综合分析,较少涉及人类活动,这方面大数据很难发挥较大作用。然而,对于国土空间适宜性评价,除了人类活动亦影响较小的生态与农业空间的适宜性评价,主要利用斑块矢量数据和生态景观指数等方法进行测度,城镇空间适宜性评价则需要对人类活动影响进行重点考虑与分析,包括城镇斑块集中度和城镇综合优势度的测量,进而保证科学、全面地评价国土空间开发的潜力。其中,城镇综合优势度应该是多维度的综合优势,既包含城镇物质空间优势,还应包含城镇活动空间优势。城镇物质空间优势测度,一方面需要利用区位距离、路网密度等数据和可达性分析等方法进行测度,另一方面还需要利用各类企业与公共服务设施的兴趣点(Point of Interest, POI)、网络评论等大数据和核密度分析、差异度分析、引力模型等方法分析单个地块产业布局强度、公共服务设施布局强度与共享性等。城镇活动空间优势测度可以包含两个方面的指标,一是活动强度分布,可以利用手机信令、互联网签到等居民活动位置大数据,结合核密度分析等方法对其进行测度;二是活动联系,可以利用手机信令、企业POI、企业股权等大数据,通过社会网络分析、文本分析等方法识别不同地块居民活动与产业联系网络。

在国土空间边界划定方面,生态红线和永久性基本农田的划定主要是基于国土空间“双评价”的结果,通过对生态与农业资源现状禀赋、利用问题与风险、区域政策要求、发展潜力等的综合判断进行划定,具有严格的资源保护底线限制,不以满足人类活动空间需求为首要条件。而城镇开发边界划定主要取决于人口和用地规模的科学预测,在利用遥感解译识别城镇建成区边界基础上,一方面可以采集手机信令数据和全国最新人口普查数据,通过统计分析、时空棱柱、空间分析、人口增长模型等方法判别城镇人口分布与多时段变化,对城镇未来人口进行估算;另一方面,利用核密度分析、社会网络分析模拟城镇内部各组团的居民活动集聚程度与联系,结合城镇人口规模预测结果、未来发展目标与政策、重点建设项目等,利用元胞自动机等空间增长模型划定城镇未来空间开发边界。

在国土空间结构优化方面,主要包括生态、农业及城镇三类空间的结构优化。生态空间结构优化主要利用遥感生态斑块数据与生态景观指数等方法判别生态空间规模,利用居民位置大数据与层次分析等方法测度生态空间活力,利用水、生物迁徙廊道、风、人类活动轨迹等数据和社会网络分析、情景分析、机器学习等方法模拟与预测各类生态要素流动网络,进而综合优化生态空间结构。农业空间结构优化倾向于对农业产业空间进行规划布局,利用产品销售统计、专业销售或物流网站、农业企业及配套企业POI、网络评论等数据,结合社会网络分析、文本分析、图片分析、机器学习等方法,分析农产品市场分布特征与发展潜力,科学选择主导与配套产业,并确定农业空间产品消费者偏好与具体产业发展类型。同时,采集居民位置大数据,利用核密度分析、社会网络分

析等方法测度农业空间居民活动强度与联系,综合确定农业产业空间结构。城镇空间结构优化可以获取居民位置大数据,利用统计分析和核密度分析方法找出居民活动时空分布格局,利用社会网络分析方法分析城镇各组团之间实时的活动联系。同时,获取网络论坛或微博文本等数据,利用文本分析工具挖掘城镇居民意向中心体系,进而综合优化城镇空间结构。

在国土空间功能与用地布局方面,一方面,利用遥感、灯光、网络图片等数据,通过遥感解译、图片分析方法识别现状各类功能片区及用地类型、规模。另一方面,利用手机信令、微博签到与文本、POI、网络评论等大数据,通过核密度分析、时空棱柱、文本分析、机器学习、泰森多边形等方法分析居民活动时空模式,确定居民具体活动类型,划定各类活动的具体范围。再者,按照居民日常活动类型识别结果,将国土空间划分为若干个活动区,例如就业、居住、娱乐、混合活动、农业生产、生态游憩等等不同类型活动区,并与空间现状功能及用地进行叠合分析,进而优化国土空间功能分区与用地布局。

需要说明的是,新技术应用助力国土空间总体规划编制,而不是替代。首先是全面感知,包括主观与客观数据、传统与新型数据的全面采集,并实现多源数据融合与入库;其次是新方法与传统方法的集成应用,例如融合街景图像机器学习和传统遥感影像解译进行多类用地信息提取;再者,强化大数据支撑的人类行为与活动的空间分析,并将分析结果作用于物质场所空间,进而综合界定相关边界、优化空间结构与功能用地布局。同时,国土空间规划涵盖“五级三类”,行政空间层级不一、各类规划功能定位与内容也各有侧重。但是,人类活动受行政空间的限制较少(至少在本国范围内),规划编制智慧化主要是利用各类技术分析人类活动与国土空间之间的关系、把握规律、科学预测,因此最终规划编制方案必然会拥有空间承接性、满足跨行政空间层级的成果需求。此外,“新技术+人类活动+国土空间”的规划分析思路,除了适用于前文论述的国土空间总体规划智慧化编制的需求,还可以进一步支撑专项规划与详细规划。具体来讲,专项规划是衔接性的规划,注重通过分析特定区域或领域内的特定人群与国土空间资源之间的关系,一方面解决特定问题或需求,另一方面将总体规划空间资源配置要求和特定人群空间资源需求传导至下一层次规划;详细规划是实施性规划,其智慧化编制则需要在统筹考虑国土空间总体规划与专项规划要求基础上,准确测算人类活动强度对空间开发利用程度的影响,科学制定满足人类生产、生活及生态实际需求的地块控制标准与实施要求。

2.4 规划实施智慧化

为了确保国土空间规划编制方案实施效果,《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》和《市县国土空间总体规划编制指南》等相关文件也规定了地方在编制国土空间规划的同时,还需要对国土空间规划方案进行年度动态质量评价,通过搭建国土空间规划监测评估预警平台来保障国土空间安全。其中,国土空间开发利用质量评价的智慧化应该是该平台建设的核心,需要建立一个集多源数据融合的、多应用层级的综合评价指标体系,并利用因子分析、层次分析等方法进行科学动态评价。

具体来讲,生态空间开发利用质量评价除了考虑空间所提供的资源数量与质量的同时,更多需要考虑生态资源对人类或生物活动影响程度类指标、人类或生物利用生态资

源的数量及效率指标、人类活动对生态资源破坏程度的指标等,这些指标的数据主要由反映生态资源供应的空间数据和反映人类或生物日常活动的位置大数据组成。农业空间开发利用质量评价指标倾向于农业产业投入与产出效益、农业环境污染程度、农村人口活力、农村服务与基础设施覆盖程度等方面的指标,除了相关统计和空间矢量数据外,还来源于农村产品流通、产业市场评价与偏好、居民活动位置与轨迹、服务设施POI等大数据。城镇空间开发利用质量评价,一方面需要利用居民活动位置大数据和统计、空间等数据测度城镇空间结构紧凑度、土地利用混合度、土地利用强度与效率等;另一方面,利用产业统计和企业或科研机构POI数据计算城镇空间经济效益产出;再者,利用设施POI、网络口碑、智能卡等大数据分析城镇各类公服及交通设施服务水平;最后,利用环境监测、居民活动位置、能耗等大数据测度城镇空间绿色可持续发展水平。

实际上,智慧国土空间规划实施评价就是通过多源异构数据的挖掘,对包括各类生产要素流动、人口集聚、经济运行、交通出行、环境保护、土地开发、社会服务等空间利用现状进行体检和监测,来分析之前我们所不了解的流之间的复杂的互动和耦合的关系,从而更加透彻地评价规划在资源配置空间调控中的公共政策作用的发挥。同时,还需注意,无论是国土空间规划编制数据、编制方法与技术的智慧化,还是国土空间规划实施评价的智慧化,相关信息平台的开发与建设是提升规划管理效能、科学性的必要环节,应该将规划编制时空数据库、规划编制方案与方法技术综合集成到规划监测评估预警平台之上,进而实现“数据采集—方案编制—方案评估—智能决策与反馈—数据采集—方案调整”闭环式的智慧规划目标。

3 结论与讨论

智慧社会下的国土空间规划是统筹考虑自然资源、经济社会、历史人文、信息技术与空间安排的一体化构架,它是一个包括规划、监测和治理的连续过程,是一个不断完善、进步的过程。本文立足于新的技术经济及制度背景,从信息化如何更好赋能的视角,探讨了智慧国土空间规划的总体思路,对于更好地理解并开展智慧国土空间规划工作,具有较大的实践价值。

信息化建设对智慧国土空间的规划、建设和治理非常重要但并非唯一。随着更多的新技术在国民经济、社会发展、人类活动、国土资源开发与管理中的应用,新技术的集成应用和创新、制度创新是智慧国土空间规划重要的驱动力。基于此理解,本文提出了以生态文明为基础、以人为本为核心、技术应用和制度创新为支撑的智慧国土空间规划总体框架,及其技术框架。在此基础上,探讨了国土空间规划编制全过程的智慧化及规划实施的智慧化。在空间规划体系改革与数字化转型的双重背景下,需要充分运用数字化和信息化技术,打造支撑规划编制、实施和监督全过程的国土空间规划信息化体系,实现规划工作向数字化、精准化、智慧化迈进,助力新时期国土空间规划的方法手段创新和治理能力升级。

国土空间规划的智慧化,是新理念、新思路、新方法、新技术贯穿全域规划的过程。以信息化为主的新技术赋能非常重要,但通过制度创新赋能国土空间规划更为紧迫,这就需要一个整体的智慧国土空间规划框架。在这个过程中,人的智慧和能力非常重要。智慧国土空间规划主要是从规划编制和实施评估两个方面的智慧化来保证国土空

间规划方案与实施效果的科学性,是国土空间规划的核心内容。同时,智慧国土空间规划每个环节的成果都是在信息技术应用与人的综合决策共同作用下产生的,首先通过信息技术来分析模拟人类活动与国土空间资源配置的真实关系、评估历史效果与影响、进而发现规律,然后再结合政府管理者、企业、居民及规划师的需求建议或经验知识对研究结果进行修正、对未来前景进行判断与展望,进而得出既符合国土空间利用与发展的科学规律又满足人类发展需求的“智慧方案”。此外,面向未来,还需要包括地理、生态、计算机、社会学等更多的学科共同参与,通过更多的协作方式和机制创新,去探索和实践国土空间规划的智慧化。

参考文献(References):

- [1] 贾开, 张会平, 汤志伟. 智慧社会的概念演进、内涵构建与制度框架创新. 电子政务, 2019, (4): 2-8. [JIA K, ZHANG H P, TANG Z W. The concept evolution, connotation construction and institutional framework innovation of smart society. E-Government, 2019, (4): 2-8.]
- [2] 甄峰, 翟青, 陈刚, 等. 信息时代移动社会理论构建与城市地理研究. 地理研究, 2012, 31(2): 197-206. [ZHEN F, ZHAI Q, CHEN G, et al. Mobile social theory construction and urban geographic research in the information era. Geographical Research, 2012, 31(2): 197-206.]
- [3] 王波, 卢佩莹, 甄峰. 智慧社会下的城市地理学研究: 基于居民活动的视角. 地理研究, 2018, 37(10): 2075-2086. [WANG B, LU P Y, ZHEN F. Urban geography research in the e-society: A perspective from human activity. Geographical Research, 2018, 37(10): 2075-2086.]
- [4] BATTY M. Big data, smart cities and city planning. Dialogues in Human Geography, 2013, 3(3): 274-279.
- [5] LIU X, KANG C, GONG L, et al. Incorporating spatial interaction patterns in classifying and understanding urban land use. International Journal of Geographical Information Science, 2016, 2(30): 334-350.
- [6] SHAFIZADEH-MOGHADAM H, ASGHARI A, TAYYEBI A, et al. Coupling machine learning, tree-based and statistical models with cellular automata to simulate urban growth. Computers, Environment and Urban Systems, 2017, 64: 297-308.
- [7] WU N W, SILVA E. Artificial intelligence solutions for urban land dynamics: A review. Journal of Planning Literature, 2010, 3(24): 246-265.
- [8] ALLAMA Z, DHUNNYB Z A. On big data, artificial intelligence and smart cities. Cities, 2019, 2019(89): 80-91.
- [9] ZOLKAFLI A, BROWN G, LIU Y. An evaluation of the capacity-building effects of Participatory GIS (PGIS) for public participation in land use planning. Planning Practice & Research, 2017, 32(4): 385-401.
- [10] BILLGER M, THUVANDER L, WA STBERG B S. In search of visualization challenges: The development and implementation of visualization tools for supporting dialogue in urban planning processes. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2017, 6(44): 1012-1035.
- [11] 钮心毅, 丁亮, 宋小冬. 基于手机数据识别上海中心城的城市空间结构. 城市规划学刊, 2014, (6): 61-67. [NIU X Y, DING L, SONG X D. Understanding urban spatial structure of shanghai central city based on mobile phone data. Urban Planning Forum, 2014, (6): 61-67.]
- [12] 钟炜菁, 王德, 谢栋灿, 等. 上海市人口分布与空间活动的动态特征研究: 基于手机信令数据的探索. 地理研究, 2017, 36(5): 972-984. [ZHONG W J, WANG D, XIE D C, et al. Dynamic characteristics of Shanghai's population distribution using cell phone signaling data. Geographical Research, 2017, 36(5): 972-984.]
- [13] 秦萧, 甄峰. 大数据与小数据结合: 信息时代城市研究方法探讨. 地理科学, 2017, 37(3): 4-13. [QIN X, ZHEN F. Combination between big data and small data: New methods of urban studies in the information era. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(3): 4-13.]
- [14] 甄峰, 王波, 秦萧, 等. 基于大数据的城市研究与规划方法创新. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015. [ZHEN F, WANG B, QIN X, et al. Urban Research and Planning Method Innovation Based on Big Data. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015.]
- [15] 赵宝静, 夏丽萍, 刘根发, 等. 大数据时代的上海城市总体规划编制技术与方法探索. 城市规划学刊, 2017, (s1): 61-

66. [ZHAO B J, XIA L P, LIU G F, et al. An exploration on techniques and approaches of Shanghai Master Plan Compilation with big-data times. Urban Planning Forum, 2017, (s1): 61-66.]
- [16] 王德, 钟炜菁, 谢栋灿, 等. 手机信令数据在城市建成环境评价中的应用: 以上海市宝山区为例. 城市规划学刊, 2015, (5): 83-90. [WANG D, ZHONG W J, XIE D C, et al. The application of phone signaling data in the assessment of urban built environment: A case study of Baoshan district in Shanghai. Urban Planning Forum, 2015, (5): 82-90.]
- [17] 席广亮, 甄峰. 基于大数据的城市规划评估思路与方法探讨. 城市规划学刊, 2017, (1): 56-62. [XI G L, ZHEN F. Exploring the ideas and methods of urban planning evaluation based on big data. Urban Planning Forum, 2017, (1): 56-62.]
- [18] 柴彦威, 刘伯初, 刘瑜, 等. 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, 2018, 38(1): 1-10. [CHAI Y W, LIU B C, LIU Y, et al. Construction and calculation of diagnostic index of urban signs based on multi-source big data: Case of Shanghai. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(1): 1-10.]
- [19] 张庭伟. 人工智能在规划中的应用. 城市规划学刊, 2017, (6): 9-15. [ZHANG T W. Complexity theory and the application of artificial intelligence in planning. Urban Planning Forum, 2017, (6): 9-15.]
- [20] 黄鼎曦. 基于机器学习的人工智能辅助规划前景展望. 城市发展研究, 2017, 24(5): 50-55. [HUANG D X. Prospects of AI assisted planning based on machine learning. Urban Development Studies, 2017, 24(5): 50-55.]
- [21] 中共中央国务院. 关于统一规划体系更好发挥国家发展规划战略导向作用的意见. http://www.xinhuanet.com/2018-11/29/c_1123786594.htm, 2018. [CPC Central Committee. On the unified planning system to play the strategic guiding role of national development planning. http://www.xinhuanet.com/2018-11/29/c_1123786594.htm, 2018.]
- [22] 庄少勤. 新时代的空间规划逻辑. 中国土地, 2019, (1): 4-8. [ZHUANG S Q. Spatial planning logic of the new era. China Land, 2019, (1): 4-8.]
- [23] 张衍毓, 陈美景. 国土空间系统认知与规划改革构想. 中国土地科学, 2016, 30(2): 11-21. [ZHANG Y Y, CHEN M J. Conception of cognition theory and planning reform of land and space system. China Land Sciences, 2016, 30(2): 11-21.]
- [24] 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. 资源科学, 2019, 41(1): 23-32. [KUANG W H. Issues regarding spatial pattern change of national land space and its overall implementation on beautiful vision in new era. Resources Science, 2019, 41(1): 23-32.]
- [25] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析. 地理学报, 2017, 72(7): 1290-1304. [LIU J L, LIU Y S, LI Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of "production-living-ecological" spaces in China. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(7): 1290-1304.]
- [26] 刘春艳, 张继飞, 赵宇鸾, 等. 基于生态位理论的国土空间功能重要性评估: 以攀西地区为例. 城市规划, 2018, 42(4): 84-93. [LIU C Y, ZHANG J F, ZHAO Y L, et al. Significance evaluation for territorial functions based on niche theory: A case study on Panxi area. City Planning Review, 2018, 42(4): 84-93.]
- [27] 林坚, 吴宇翔, 吴佳雨, 等. 论空间规划体系的构建: 兼析空间规划、国土空间用途管制与自然资源监管的关系. 城市规划, 2018, 42(5): 9-17. [LIN J, WU Y X, WU J Y, et al. Construction of the spatial planning system: With discussions on the relationship between spatial planning, territorial spatial regulation, and natural resources supervision. City Planning Review, 2018, 42(5): 9-17.]
- [28] 梁鹤年. “以人为本”国土空间规划的思维范式与价值取向. 中国土地, 2019, (5): 4-7. [LIANG H N. The thinking paradigm and value orientation of "people-oriented" land and space planning. China Land, 2019, (5): 4-7.]
- [29] 岳文泽, 王田雨. 资源环境承载力评价与国土空间规划的逻辑问题. 中国土地科学, 2019, 33(3): 1-8. [YUE W Z, WANG T Y. Logical problems on the evaluation of resources and environment carrying capacity for territorial spatial planning. China Land Science, 2019, 33(3): 1-8.]
- [30] 甄峰, 秦萧, 席广亮. 信息时代的地理学与人文地理学创新. 地理科学, 2015, 35(1): 11-18. [ZHEN F, QIN X, XI G L. The innovation of geography and human geography in the information era. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(1): 11-18.]
- [31] 许景权, 沈迟, 胡天新, 等. 构建我国空间规划体系的总体思路 and 主要任务. 规划师, 2017, 33(2): 5-11. [XU J Q, SHEN C, HU T X, et al. General concept and main tasks of building spatial planning system in China. Planners, 2017, 33(2): 5-11.]

From informational empowerment to comprehensive empowerment: Exploring the ideas of smart territorial spatial planning

ZHEN Feng^{1,2}, ZHANG Shan-qi^{1,2}, QIN Xiao^{1,2}, XI Guang-liang^{1,2}

(1. School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Provincial Engineering Laboratory of Smart City Design Simulation & Visualization, Jiangsu, Nanjing 210093, China)

Abstract: The Communist Party of China's 19th National Congress Report has clearly set the goal of "smart society" and put forward new requirements for the current development of territorial spatial planning. Nowadays, the empowerment of information technology based on the Internet, big data, cloud computing, etc. is the main driving force and development focus of the current practices of smart territorial spatial planning. How to understand and promote the development of smart society is the foundation of the compilation and implementation of smart territorial spatial planning. This paper emphasizes the importance of human-land relationship and the theory of urban life organism to the planning and governance of territory in a smart society. It points out that the overall conceptualization of smart territorial spatial planning should be transformed from informational empowerment to comprehensive empowerment, which includes technological empowerment and innovative empowerment. The paper constructs a smart territorial spatial planning framework-EPTI-based on the ideas of ecological civilization, people-oriented, technology integration application and institutional innovation, and discusses the paths toward smart compilation and implementation of territorial spatial planning.

Keywords: smart society; informalization; comprehensive empowerment; smart territorial spatial planning; overall conceptualization