

“人—技术—空间”一体的智慧城市规划框架*

甄峰 孔宇

An Integrated "Human-technology-space" Framework of Smart City Planning

ZHEN Feng, KONG Yu

Abstract: The impact of smart technology on urban production, life, and governance has gradually deepened, accelerating the flow and interaction of urban economic, social, environmental, and other factors. The relationship among human, technology, and space has become more and more complex. In the new background, urban planning needs to be transformed from a practice that passively submits to the impact of smart technology to one that proactively welcomes changes brought about by the smart technology while continuously reinventing itself. This paper explains the connotation of smart city planning in the new era, defines the positioning of smart city planning in the national planning system, and proposes a technical framework of smart city planning from four aspects: technical support, planning scheme, implementation and operation, and system guarantee. The paper also discusses key aspects of smart city planning at different spatial scales and provides a reference for the smart transformation of urban planning in the new era.

Keywords: smart city planning; human-earth system; smart technology

提要 智能技术对城市生产生活及治理的影响逐渐加深,促使城市经济、社会、环境等要素加速流动与互动,人、技术与空间三者之间的关系变得越来越复杂。新的背景下,城市规划需要从被动顺应智能技术的冲击转向主动求变、迎接智能技术对学科发展的影响并探索构建新的规划体系。通过对新时代下智慧城市规划的内涵解读,明确智慧城市规划在国家规划体系中的定位,并从技术支撑层、规划方案层、实施运营层和制度保障层四方面对智慧城市规划的编制内容进行梳理,同时探讨了不同空间尺度下智慧城市规划应该关注的重点内容,以期为新时期的城市规划智慧化转型提供参考。

关键词 智慧城市规划;人地系统;智能技术

中图分类号 TU984 文献标识码 A

DOI 10.16361/j.upf.202106006

文章编号 1000-3363(2021)06-0045-08

随着5G、人工智能、物联网等各类智能技术的融合与应用,城市中万事万物均可被数字化并实现互联互通,城市发展加速进入“智能时代”。面对智能技术的影响,2011年以来,国家就陆续推出不同批次的国家智慧城市建设试点城市,在智慧城市评价指标、建设标准,包括智慧园区、智慧社区建设等方面积累了不少成功的经验。2014年,国家发布的《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》中又进一步明确提出“推进智慧城市建设”。2017年,“智慧社会”被正式写进中共十九大会议报告,标志着国家对新一轮信息科学的科学判断与战略部署。

智慧城市作为未来城市的发展趋势,能够支持城市可持续发展,推动城市的高效与智慧化治理(吴志强,等,2020),已经得到学界共识。而数字时代下未来空间向着数字化、信息化与智能化方向转变,从国家不同时间段的政策来看,城市规划需要在新的时代顺应技术发展趋势,向智慧化的方向转变(吴志强,2020)。同时,从传统的城市规划到当下的国土空间规划体系全要素治理,规划也从单个部门的责任转变为需要多个部门协同、协作的工作。基于国土资源与人类社会经济活动数据的智能采集、分析与实时监测,优化国土空间布局、构建现代化空间治理体系等成为了新时代生态文明背景下城市规划的诉求,促使规划的“智慧”转型成为当前规划学科创新发展的紧迫要务之一。

作者简介

甄峰,南京大学建筑与城市规划学院教授,副院长,江苏省智慧城市设计仿真与可视化技术工程实验室主任,博士生导师, zhenfeng@nju.edu.cn

孔宇,南京大学建筑与城市规划学院博士研究生,通讯作者, kongyu@smail.nju.edu.cn

*国家自然科学基金重点项目“综合承载和资源优化配置能力评估与提升策略研究”(项目编号:20AZD040)

从社会与技术的发展阶段看,我们正面临着新的规划奇点,从现代主义规划向智慧城市规划的转变条件逐渐成熟(刘泉,2019),智慧化作为新时代城乡规划转型的重要趋势(刘婷婷,等,2019),城市规划如何编制也面临着新的机遇与挑战(吴志强,2019)。智慧城市规划作为当前学界探讨的重要转型方向,近年来学者们的探讨主要集中在智慧城市的规划与智慧的城市规划两方面。第一,在智慧城市的规划探索中,智慧城市作为各类有感知和互联的建筑环境集合,具有从城市运转模式中学习并自动适应此类行为变化的组件,体现了城市如何组织、设计与管理的理想愿景(Kandt J,等,2021)。智慧城市的规划作为城市规划演变中的一个独特规划范式,通过数字空间创造为城市决策与治理提供支持(Komninos N,等,2019)。对于智慧城市的规划一方面关注新技术的支撑,像物联网集成与深度学习融合提升大数据分析效率(Atitallah S B,等,2020),融合建筑信息模型(BIM)与地理信息系统(GIS)预测新兴城市公用基础设施需求(Marzouk N,等,2020)等技术研究。另一方面重视智慧城市的管理与应用,涉及自然资源和能源、交通和流动性、建筑、政府、经济和居民生活等多个领域(Neirotti P,等,2014),涵盖老城智能化、科学园区发展、科技城市、基于ICT的城市智能功能等多种场景(Batty M,等,2012)。当前智慧城市研究已从技术经济驱动转变为更加以人为本的方法,关注城市规划和治理问题(Zhao F,等,2021),并产生了智慧可持续城市和可持续智慧城市两个新兴趋势(Zheng C,等,2020;席广亮,等,2014;甄峰,等,2015)。综上,尽管学者们注意到了智慧城市的规划与城市规划联系紧密,但技术主导的特点还是非常突出。第二,智慧的城市规划研究兴盛于借助大数据分析、人工智能、机器学习等技术手段,推动智能技术赋能城市规划研究与编制。大数据在城市规划领域的应用掀起了城市规划研究与编制的新时代(甄峰,等,2014),高精度大数据的实时数据挖掘和模式检测为城市规划的科学性提供了支持(Kandt J,等,2021;杨俊宴,等,2017),在城市

韧性(王波,等,2020)、公共空间活力(罗桑扎西,等,2019)、居民职住分析(王德,等,2020;顾家焕,等,2020)、国土空间评价(秦萧,等,2019)等方面均有着相关应用。与智能技术相关的研究方法探索,包括人工智能技术对于空间的测度与形态优化调整(杨俊宴,等,2021;史北祥,等,2021;杨俊宴,等,2019),辅助规划方案的生成与制定(杨天人,等,2021)。在智慧赋能的城市规划编制方法方面,智慧国土空间规划思路与编制框架(甄峰,等,2019;孔宇,等,2019)、数据增强的空间设计与活动规划方法(龙瀛,等,2019;张恩嘉,等,2020;张晓春,等,2021)、大数据支持的城市规划评估思路(席广亮,等,2015)以及赋能城市治理的智能模型搭建(吴志强,等,2021)等,为新数字时空生态下的可感知、能学习、善治理的智慧城市规划提供支持(庄少勤,等,2020)。

总体而言,当前对智慧城市规划的研究存在两个流派,一个是技术,尤其是信息化技术导向的智慧城市规划,侧重ICT硬件(5G、物联网等基础设施)和软件设施(各类软件及应用)。由于主要研究人员来自IT技术或者计算机等工程技术领域,强调技术驱动的智能化,但却忽视了以大数据等智能技术驱动下的城市资源配置、功能提升、空间优化为核心的城市可持续发展的最终诉求。将智慧城市简单理解为“信息化平台”,暴露出对智慧城市的规划内涵理解不足、缺乏顶层设计与统筹规划等问题(黄洋爵,等,2020;汪光焘,等,2020)。另一派则是基于智慧的城市规划编制,强调将智能技术赋能应用于城市规划编制过程中的某一阶段,主要是城市规划领域研究人员或者规划师进行的“规划技术创新”的探索。正因为如此,不同学科基础、不同技术方法支持下的两大智慧城市规划路径,相互间缺乏互动与沟通,造成了在智慧城市建设与实施方面的割裂,也影响到城市空间布局优化与城市智慧化发展。面对新一轮技术革命,城市中人、技术、空间要素之间的关系变得越来越复杂,这些复杂的关系与相互作用和耦合机制是当下以至未来很长时间里城市发展将要面临的问题与挑战。

为更好地适应新时代城市可持续发展的需求,顺应信息时代的发展趋势,需要超越信息化技术应用及部门利益去考虑未来的智慧城市规划整体架构。因此,本文通过对智慧城市规划的内涵与定位的解读,明确智慧城市规划编制的重点内容,以期为城市规划的智慧化转型提供新思路。

1 智慧城市规划的内涵与定位

智慧城市规划从出现,就被打上了信息化烙印,更多地偏重于智能技术的应用,包括信息平台及各类信息基础设施建设等。尽管学者做了很多研究,但目前的研究在智慧城市规划内涵、定位与编制内容等方面还存在差异性。然而,规划是对要素资源的合理配置,不仅仅是信息化平台等基础设施的建设。因此,在生态文明建设时代,智慧城市规划应该超越技术应用,在适应未来城市发展角度被赋予更多的内涵。

1.1 智慧城市规划的内涵

从城市规划的发展阶段看,经历了从最开始关注空间本身到逐渐重视人在空间中发展的变化,人地关系逐渐成为当前城市规划关注的重点(王利伟,等,2014;曹康,等,2019;曹小曙,2019;赵赫,等,2020;王佳文,等,2020),促进人地关系和谐是解决城市问题的关键(俞孔坚,等,2005)。在不同的城市发展阶段,人地协调的内容存在一定差异,传统城市人地关系地域系统主要由社会、经济、生态、土地、技术与基础设施、公共服务以及治理等要素系统构成。但在当下乃至未来5到10年的时间,我们需要考虑智能技术进步对人地关系重构的影响。在智能技术的支撑下,各种要素“流”改变了城市中“人与人”“地与地”“人与地”之间的互动耦合关系,从而重塑了信息时代的“人地关系”(席广亮,等,2016;甄峰,等,2019;马恩朴,等,2020)。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(甄峰,等,2015;席广亮,2021),人本化、生态宜居等“人”的需求日益增强,而国土空间效率、要素流动、空间协调等“地”的内涵变化也随

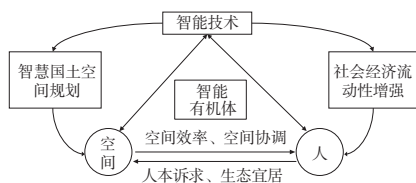


图1 智慧人地系统概念图

Fig. 1 Conceptual diagram of the smart human-earth system

资料来源：作者自绘。

之出现。

智慧城市规划的对象不再是静态、僵化的城市空间，而是具有高度流动性、智能化和共享化的多元城市空间。在生态文明建设新时代，不仅要重视智能技术的创新应用，更需要考虑通过各类要素资源的合理配置提升智慧发展能力。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（甄峰，等，2019）。要理解智慧城市规划，首先需要充分理解智能技术应用对传统城市发展中人地系统地域结构与作用机制的影响；其次，立足于城市居民需求，从人地和谐的视角，考虑智能技术作用下城市人地系统内部各要素的运行状态与耦合关系，同时强调智能技术集成应用对人类活动方式、地理环境的影响。

智能技术作为城市人地系统的重要组成部分，将重塑社会经济活动、公共服务等子系统，改变各类要素流动的结构和范式，并在人地系统要素交互与调控等方面产生影响，但是也需要跳出“技术决定论”的思维定式，基于“人—技术—空间”相互增益的研究思维，将城市视为一个智能有机体，综合分析技术要素（网络信息技术、交通技术）、活动系统（居民活动、企业活动、公共服务）、物质环境系统（场所空间）等要素系统在不同尺度空间上的耦合关系，分析多元要素的相互作用模式与互动机制，探索发现多元化的空间形式并构建智慧人地系统（图1）。

智慧城市规划的逻辑本身应是动态变化的，顺应不同社会发展背景与需求，在不同的社会发展阶段下，智慧城市规划面临的问题、解决的手段和发展目标都会有所不同。当下乃至未来5到10年的智慧城市规划的逻辑应基于人、技术、空间三者之间的相互作用规律，通过建

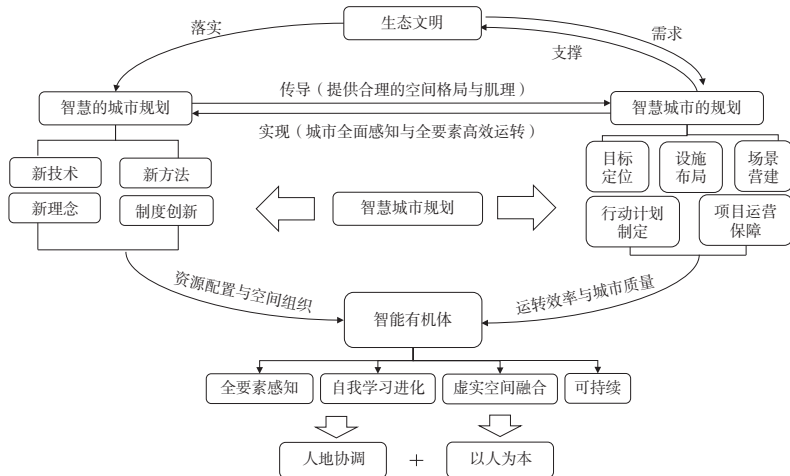


图2 智慧城市规划概念图

Fig. 2 Conceptual diagram of smart city planning

资料来源：作者自绘。

立基于人、技术与城市发展的因果关联，形成城市智慧发展动力与战略重点。其目的一方面是为了合理进行资源配置与空间组织，另一方面则能够引导居民行为活动，优化人地关系。同时，智慧城市规划不是单一的信息化主导的智慧城市规划，也不是简单的大数据、人工智能等新技术赋能下的智慧城市规划，而是需要将两者融合，既具有智慧城市规划中新技术、新方法等内容，也具有智慧城市的规划中在目标制定等方面的内涵，为高效配置资源、组织空间、提高城市运转效率、提升城市品质提供支撑（图2）。

1.2 智慧城市规划的定位

智慧不是信息化，不止于技术的应用，而是能力的建设，并受特定时空或环境的约束，在当下阶段，践行“生态文明、以人为本”就是最大的智慧。对于智慧城市规划，并非只有信息化驱动，智慧城市规划也不是冰冷的技术应用与没有“人情味”的管控，而是充满温度的人本、技术、空间三轮驱动，既包含发展规划的相关内容，也是国土空间规划体系的有机组成。因此，智慧城市规划是一项综合性规划，应作为国家规划体系的重要组成部分，而不是单纯强调信息化的部门专项规划。

在生态文明建设背景下，智慧城市规划是优化城市各类资源包括空间资源的重要工具，促进城市山水林田湖草生

命共同体可持续发展的主要手段，也是实现“多规融合”的重要途径。智慧城市规划不仅是智慧的城市规划或者智慧城市的规划，智慧城市规划应在国家发展规划为统领、空间规划为基础的规划体系下，以国家战略需求为导向，以解决城市可持续发展问题为目标，形成“智慧的城市规划+智慧城市的规划”双轨联动的智慧城市规划体系。总体思路，以智慧的城市规划为支撑将智慧理念融入其中，落实空间布局，以智慧城市的规划进行目标深化、功能提升与空间优化。通过与现有空间及部门规划的内容衔接，深化规划理念，补强数据结构，最终实现城市虚实有机融合，协调人地关系，提升城市土地利用效率，改善城市空间品质（图3）。与传统规划相比，智慧城市规划更侧重在城市规划的功能定位、空间结构、用地布局等方案的基础上，利用新理论、新方法、新技术去促使城市发展目标及空间规划方案的落实。因此，智慧城市规划在目标、规划期限上，应更加侧重与城市近期规划之间的衔接与落实。

2 “人—技术—空间”一体的智慧城市规划框架

智能技术深刻影响着城市运行的逻辑，带来城市空间功能和结构的变化，并对居民活动和行为模式产生影响。智能技术影响下各类要素流动更加复杂

(Castells M, 1997; 李玮峰, 等, 2020), 对城市的空间组织与资源配置提出要求。立足于智能技术的影响, 通过对智慧城市规划的编制内容梳理, 探索引导城市空间要素组织与配置、优化城市空间功能的规划思路, 并考虑构建一个基于人、技术与空间一体的智慧城市规划新框架。

2.1 技术框架

从智慧城市规划的定位来看, 其既包含了智慧的城市规划中对新技术、新方法、新理念与制度创新的内容, 也包含了智慧城市的规划中目标定位、设施布局、场景营造、行动计划制定与项目运营等方面的内容。基于此, 本文从技术支撑层、规划方案层、实施运营层和制度保障层四部分构建智慧城市规划编制的技术框架(图4), 加强与当前规划体系中近期规划的内容衔接, 丰富和补充国土空间规划。

2.1.1 技术支撑层

数据层是智慧城市规划编制的重要基础。智能技术的发展为感知、解译、汇交与居民活动和城市空间要素有关的各类数据提供了支持, 借助于传感器、智能终端等感知设备, 对多源感知数据进行采集, 同时集成各类自然资源、基础地理信息、居民行为活动等时空异构数据, 形成人地关系基础数据库(甄峰, 等, 2019), 并保障基础数据在信息平台上的互联互通, 实现数据的共建共享和协同支持, 作为建模评价分析的基础。

方法层主要包括分析人、技术与空间相互耦合关系的各类模型。基于城市信息模型和数字孪生城市等技术, 整合与基础设施、公共服务、交通运输、产业发展、社会资源、地理环境等要素有关的方法与技术应用模型, 通过信息化建设为智慧城市规划业务开展提供数据指标、特征现象分析等技术支撑, 评估城市运行存在问题, 识别城市发展诉求。

应用层主要包括业务应用、服务应用与公共应用三部分。其中: 业务应用主要服务于智慧城市规划编制中数据层与方法层的搭建, 为数据层与方法层的建设提供保障; 服务应用与公共应用则需结合规划方案, 明确智能技术融入城市空间的相关路径。服务应用重在为居

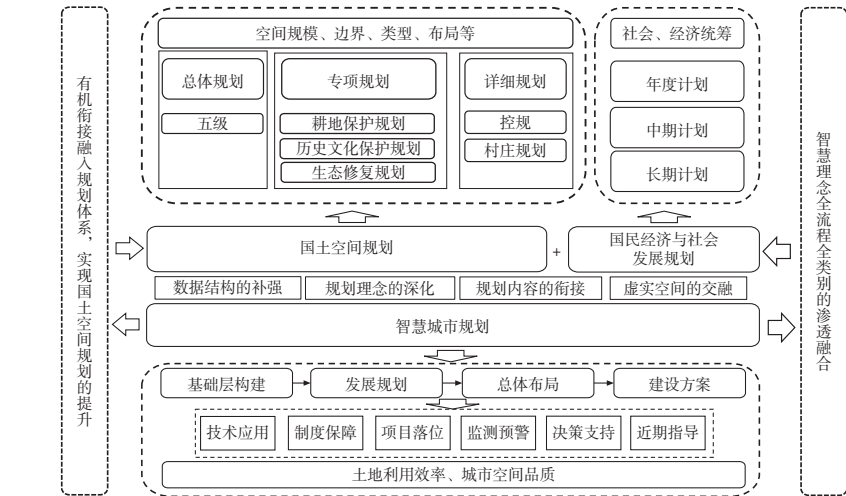


图3 智慧城市规划定位
Fig. 3 Orientation of smart city planning
资料来源: 作者自绘。

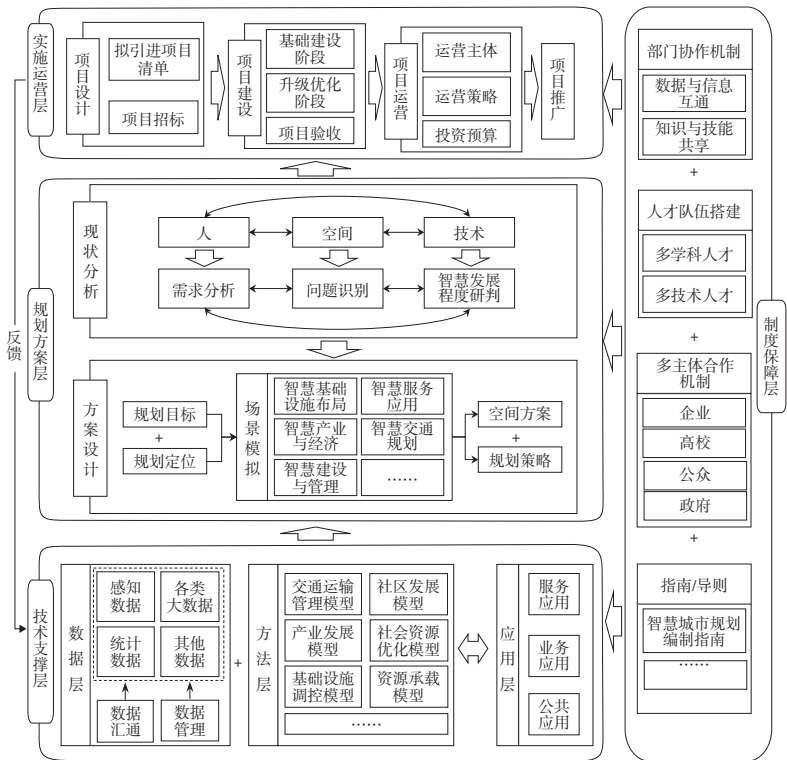


图4 智慧城市规划技术框架
Fig. 4 The technical framework of smart city planning
资料来源: 作者自绘。

民提供便捷的智慧化服务, 优化居民行为活动, 改善居民活动与城市空间耦合关系, 而公共应用重在通过智能技术植入实体空间, 增强空间智慧化能力, 实现空间智能。

2.1.2 规划方案层

现状分析部分, 不再简单地停留在空间问题的识别上, 而是注重“人一技

术—空间”三者相互耦合作用下的城市问题与需求的挖掘。第一, 智能技术影响下的居民活动空间的组织与设计诉求发生了转变, 对居民的行为活动与空间的耦合互动关系的解读, 有助于发现居民的空间需求, 明确城市空间与智慧化应用的未来发展方向。第二, 依托技术应用资源库中合适的模型, 结合城市体

检内容,对城市运营效率、产业发展、用地布局、空间结构与基础设施等方面进行评估,分析当前城市空间运行存在的问题。最后,评估城市当前的智慧化发展水平,对智能技术与城市发展之间的关系进行判断,明确城市智慧化的发展阶段,为智慧城市规划的战略目标制定提供支持。

方案设计部分,在现状分析基础上,明确智慧城市规划的总体目标与定位,并结合各类场景模拟开展空间方案的设计,提出对应的规划策略。空间方案要从地理空间要素优化配置的角度,进行各类空间要素的合理布局,通过推动智慧基础设施的整合,在优化基础设施布局网络的基础上,协同信息基础设施和城市交通、给水、电力以及商业、医疗、文化娱乐、人防等设施之间的关系,明确各类要素的空间组织方式,形成合理的城市空间结构与功能分区,提升城市土地利用效率和空间品质。

除具体的空间方案外,还需要明确智能技术在智慧城市规划中的应用重点,充分考虑城市的特点,有选择性地尝试用智能技术方法解决城市发展存在的问题,保证智能技术应用与城市发展阶段、规模等级、功能结构等方面的协调,并形成智能技术应用的规划策略。例如,产业与经济发展方面,可以通过搭建企业服务管理平台,为城市产业与经济发展战略、组织模式及空间布局优化提供科学依据;居民服务方面,基于位置信息服务功能,进行城市交通、商业、物流等公共设施的整合,打造面向城市居民及企业的智慧服务决策系统,为城市居民提供更加便捷易用的各类生活服务。

2.1.3 实施运营层

规划实施运营方面,在具体项目设计中,要重视与国土空间规划中近期发展规划内容的衔接,并根据城市不同时期、不同阶段的智慧化发展应用需求,制定智慧城市规划行动计划,从项目设计、项目建设、项目运营与项目推广四方面有序引导相关项目的开展与实施。另外,智慧城市规划的实施运营不只是简单的招商引资,而是需要反馈给技术支撑层,在其应用层中明确项目的属性与类型,为具体的项目选择提供支持。在具体项目制定中,合理选择项目运营

模式,明确项目运营主体,制定项目运营策略,积极筹措运行维护资金,结合项目引进清单有序推进项目招标,严格把控项目建设,保证城市智慧化的实现。

2.1.4 制度保障层

智慧城市规划的编制与实施离不开制度保障。在部门协作机制方面,智慧城市规划应超越部门利益,协调部门间数据与信息,实现部门资源的互联互通,促进知识与技能在不同部门间的共享与流动。人才队伍保障方面,应搭建多学科、多技术的人才队伍,通过规划师再培训,不断吸收新理念与新技术方法,形成具有持续学习能力的人才组织。另外,还需充分发挥企业、高校科研机构、公众的力量,整合各方资源,探索多元主体的合作模式,保障城市智慧化发展的优先性、先进性、稳定性与可持续性(龙瀛,等,2020)。最后,应制定相应的智慧城市规划编制的指南与导则,明确规划编制原则、基本方法、标准、与现行法律法规的关系等内容,保障智慧城市规划与现有国家规划体系的有效衔接,对智慧城市规划从编制到实施等不同阶段的内容进行引导与规范。

2.2 规划体系

智慧人地系统中不同要素之间、各类子系统之间在不同尺度中的相互作用机制、水平与关注重点各不相同,对应到智慧城市规划编制中,需要搭建智慧城市规划编制体系,考虑不同尺度智能技术作用下人地系统内部各要素的运行状态与耦合关系,明确智能技术集成应用对人类活动方式、地理环境的影响,才能更好地为不同尺度下的智慧城市规划编制中问题发现、目标制定与场景设计提供支撑,引导不同尺度的空间智能化发展,转变传统粗放式空间规划模式,使空间能学习善思考。

2.2.1 智慧家庭(市民)规划

对家庭(市民)尺度的关注,是引导居民行为模式与城市空间协同发展,实现以人为本的智慧城市规划的关键(柴彦威,等,2014)。智慧家庭(市民)规划关注个人属性与家庭结构、个体活动与行为习惯、消费偏好与环境认知等要素对城市空间的影响,重点分析“人—人关系”“人—空间关系”“人一技

术关系”相互作用规律及其形成的耦合关系网络结构的影响机理,引导与优化个体与家庭尺度的行为活动,增强居民的时空间活动满意度。另外,智能技术的快速发展也为智慧家庭(市民)规划的开展提供支持,参与式感知与计算(张珊珊,等,2020)和沉浸式规划(Baran P K,等,2018)等方法的出现与应用,不仅可以通过各类传感设备获取高精度的居民活动数据,同时借助虚拟现实技术搭建的虚拟环境可以实现对居民行为活动感知、空间体验等内容的分析。

2.2.2 智慧功能区规划

智慧功能区主要包括智慧社区、智慧园区、智慧商圈等城市重要功能区或空间单元,具有居住、产业、交通、休闲等城市功能。规划重点关注功能空间分布与规模、功能结构与组合关系等,以及相互之间的信息、人口、资本、能源等要素的流动,探究功能区内部的人地系统耦合和功能区之间时空交互的影响机理。例如,在智慧社区规划编制中,需要重点关注社区功能、社区活动、社区服务、交通与建成环境、治理模式以及智慧社区系统建设等要素,分析社区内部居民各类活动与物质环境匹配程度与时空耦合关系,以及对智慧社区生活圈构建的促进作用,为以居民为中心的智慧社区生活圈的设施配置与空间优化建设提供支持。而在智慧园区规划中则需以治理和服务需求为导向,从园区规划、建设、管理和服务全过程对园区智慧化建设进行考虑,并对园区内民生、环保、公共安全、园区服务、工商业活动等的需求做出智能响应。

2.2.3 智慧城市规划

智慧城市规划要合理确定城市智慧化发展的目标,明确城市智慧化发展定位,协调各类空间要素的组织与布局,引导城市要素的流动,促进智能技术的应用与空间智能化、居民生产生活两者间的协同,优化“人—技术—空间”三者的耦合关系。规划内容中需要重点关注社会经济、人口结构、空间布局与用地形态、基础设施与服务质量、道路交通系统支撑、资源环境承载力、治理结构等要素,明确城市内部人地系统时空耦合的影响机理及动力变化,支持便

捷高效公共服务、城市空间布局优化、城市经济高效运行、精细化的城市管理、宜居生活环境、城市安全保障等方面的智慧城市建设。

2.2.4 智慧城市群规划

智慧城市群规划是以实现区域整体的智慧化为目标, 强调区域中各城市间人口、经济、技术等要素的相互联系, 依托智慧化与信息化建设打破地理空间隔离, 打造具有创新能力与竞争力的可持续发展的城市群, 实现区域协同, 推动区域一体化发展。从规划内容看, 智慧城市群规划一方面要重视分析不同城市各自的智慧化发展水平, 挖掘城市的发展问题与诉求, 另一方面需要分析区域内各城市的等级与节点作用、跨城市的信息、人员、货物、资本、技术以及能源资源要素流动, 并考虑远程连接与信息交互、全球化与本地化互动的相互作用, 明确各城市在区域中的定位与发展目标, 制定合理的智慧城市群规划方案与策略。

最后, 依托于智慧城市规划, 也需要加强规划的横向传导与对接, 开展相关智慧专项规划的编制, 如智慧产业规划、智慧市政规划、智慧交通规划等。智慧专项规划可由相应部门组织编制, 编制内容除与智慧城市规划具体方案与规划策略对接外, 还需要结合城市相关专项领域的特点与发展诉求, 依据实际情况进一步提升智慧城市规划的编制深度。

3 讨论

新时代生态文明背景下, 智能技术影响下的人地关系正向着智慧人地关系转变, 城市规划也面临着在智慧社会下如何更科学地编制规划的挑战。本文通过对智慧人地关系的解读, 探索性提出了“人—技术—空间”一体的智慧城市规划框架, 希望能够在应对当前复杂环境及不确定性条件、提升空间治理能力和实现治理体系现代化的目标前提下, 对未来城市规划研究与编制进行前瞻性思考与布局。需要强调的是, 智慧城市规划的最终目的并不是智能技术本身, 也不是智能技术在城市规划编制中的简单应用, 而是要理解智能技术与城市空

间和人类活动相互耦合作用的基础上, 分析智能技术对城市中各类要素的组织、配置、分布等的影响, 以及如何借助智能技术来实现空间的智能化, 最终形成智慧的空间治理模式, 不断促进“人—技术—空间”三者之间的有机协调。

智慧城市规划应是国家规划体系的重要组成部分, 既有发展规划的相关内容, 也是国土空间规划体系的有机组成。因此, 智慧城市规划是一项综合性规划, 是实现自然资源、社会人文、智能技术、空间一体化的框架, 是一个不断完善和进步的过程。尽管本文提出了“人—技术—空间”一体的智慧城市框架, 但对于智慧城市规划的理解应该是一个动态化过程, 需要在理论探索和实践应用中去不断完善。就当前智慧城市规划所处的阶段看, 在当下的国土空间规划体系下, 国土空间规划应该适应时代的发展变革需求, 在规划编制过程中要从方法与内容上加强对于智能技术的应用与理解, 改变传统的静态蓝图式规划模式, 转向关注要素间流动联系的智慧动态规划。另外, 要重视新时代智慧城市规划编制的人才培养, 包括本科与研究生教学阶段中新技术与新方法的教学指导、规划师再培训等, 打造一支具备学科知识、掌握新技术应用的规划人才队伍。最后, 在数字政府建设及数字治理驱动下, 发挥城市数据信息平台的作用, 创新多部门协同机制, 突破协作瓶颈, 实现多领域知识共享, 促进知识在不同部门与组织间的流动, 搭建多主体共同参与的高效沟通渠道, 以更好地服务于空间规划与治理。

参考文献 (References)

- [1] ATITALLAH S B, DRISS M, BOULILA W, et al. Leveraging deep learning and IoT big data analytics to support the smart cities development: review and future directions [J]. *Computer Science Review*, 2020(38): 1-29.
- [2] BARAN P K, TABRIZIAN P, ZHAI Y, et al. An exploratory study of perceived safety in a neighborhood park using immersive virtual environments [J]. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2018(35): 72-81.
- [3] BATTY M, AXHAUSEN K W, GIANNOTTI F, et al. Smart cities of the future [J]. *European Physical Journal: Spe-*

- cial Topics, 2012, 214(1): 481-518.
- [4] 曹康, 张庭伟. 规划理论及1978年以来中国规划理论的进展 [J]. *城市规划*, 2019, 43(11): 61-77. (CAO Kang, ZHANG Tingwei. Planning theory and the progress of Chinese planning theory since 1978 [J]. *City Planning Review*, 2019, 43(11): 61-77.)
- [5] 曹小曙. 基于人地耦合系统的国土空间重塑 [J]. *自然资源学报*, 2019, 34(10): 2051-2059. (CAO Xiaoshu. Geogovernance of national land use based on coupled human and natural systems [J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(10): 2051-2059.)
- [6] CASTELLS M. An introduction to the information age [J]. *City*, 1997, 2(7): 6-16.
- [7] 柴彦威, 申悦, 陈梓烽. 基于时空行为的人本导向的智慧城市规划与管理 [J]. *国际城市规划*, 2014, 29(6): 31-50. (CHAI Yanwei, SHEN Yue, CHEN Zifeng. Towards smarter cities: human-oriented urban planning and management based on space-time behavior research [J]. *Urban Planning International*, 2014, 29(6): 31-50.)
- [8] 顾家焱, 王德. 大数据背景下的通勤模型构建与应用——以上海市为例 [J]. *城市规划*, 2020, 44(11): 69-77. (GU Jiahuan, WANG De. Commuting models of Shanghai based on big data: methods and application [J]. *City Planning Review*, 2020, 44(11): 69-77.)
- [9] 黄洋爵, 杨滔, 张晔理. 国内外智慧城市研究热点及趋势(2010—2019年)——基于CiteSpace的图谱量化分析 [J]. *城市规划学刊*, 2020(2): 56-63. (HUANG Fengjue, YANG Tao, ZHANG Yecheng. Hotspots and trends in smart cities researches(2010—2019)——quantitative analysis of graphs based on CiteSpace [J]. *Urban Planning Forum*, 2020(2): 56-63.)
- [10] KANDT J, BATTY M. Smart cities, big data and urban policy: towards urban analytics for the long run [J]. *Cities*, 2021(109): 102992.
- [11] KOMNINOS N, KAKDERI C, PANORI A, et al. Smart city planning from an evolutionary perspective [J]. *Journal of Urban Technology*, 2019, 26(2): 3-20.
- [12] 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.)
- [13] 李玮峰, 杨东援. 基于“以流定形”的城市交通空间分析逻辑 [J]. *城市交通*, 2020, 18(1): 1-8. (LI Weifeng, YANG Dongyuan. Spatial analysis logic for urban transportation based on the “shaped by flow” concept [J].

- Urban Transport of China, 2020, 18(1): 1-8.)
- [14] 刘泉. 奇点临近与智慧城市对现代主义规划的挑战[J]. 城市规划学刊, 2019(5): 42-50. (LIU Quan. Singularity approaching and the challenge of smart city to modernism urban planning[J]. Urban Planning Forum, 2019(5): 42-50.)
- [15] 刘婷婷, 戴慎志, 宋海瑜. 智慧社会基础设施新类型拓展与数据基础设施规划编制探索[J]. 城市规划学刊, 2019(4): 95-101. (LIU Tingting, DAI Shenzi, SONG Haiyu. Exploration on new types of infrastructure and data infrastructure planning in smart society[J]. Urban Planning Forum, 2019(4): 95-101.)
- [16] 龙瀛, 张恩嘉. 数据增强设计框架下的智慧城市规划研究展望[J]. 城市规划, 2019, 43(8): 34-40. (LONG Ying, ZHANG Enjia. Smart urban planning under the framework of data augmented design[J]. City Planning Review, 2019, 43(8): 34-40.)
- [17] 龙瀛, 张雨洋, 张恩嘉, 等. 中国智慧城市发展现状及未来发展趋势研究[J]. 当代建筑, 2020(12): 18-22. (LONG Ying, ZHANG Yuyang, ZHANG Enjia, et al. The research on the present situation and future development of China's smart city[J]. Contemporary Architecture, 2020(12): 18-22.)
- [18] 龙瀛. 颠覆性技术驱动下的未来人居——来自新城市科学和未来城市等视角[J]. 建筑学报, 2020(3): 34-40. (LONG Ying. Future of human habitats driven by disruptive technologies: perspectives from the new science of cities and future cities[J]. Architectural Journal, 2020(3): 34-40.)
- [19] 罗桑扎西, 甄峰. 基于手机数据的城市公共空间活力评价方法研究——以南京市公园为例[J]. 地理研究, 2019, 38(7): 1594-1608. (LUOSANG Zhaxi, ZHEN Feng. How to evaluate public space vitality based on mobile phone data: an empirical analysis of Nanjing's parks[J]. Geographical Research, 2019, 38(7): 1594-1608.)
- [20] 马恩朴, 蔡建明, 韩燕, 等. 人地系统远程耦合的研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2020, 39(2): 310-326. (MA Enpu, CAI Jianming, HAN Yan, et al. Research progress and prospect of telecoupling of human-earth system[J]. Progress in Geography, 2020, 39(2): 310-326.)
- [21] MARZOUK M, OTHMAN A. Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS[J]. Sustainable Cities and Society, 2020(57): 1-14.
- [22] NEIROTTI P, DE MARCO A, CAGLIANO A C, et al. Current trends in smart city initiatives: some stylised facts[J]. Cities, 2014(38): 25-36.
- [23] 秦箫, 甄峰, 李亚奇, 等. 国土空间规划大数据应用方法框架探讨[J]. 自然资源学报, 2019, 34(10): 2134-2149. (QIN Xiao, ZHEN Feng, LI Yaqi, et al. Discussion on the application framework of big data in territorial spatial planning[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2134-2149.)
- [24] 史北祥, 西蒙·马尔温, 杨俊宴. 高密度城区建成环境的迭代演化与品质提升: 后智慧城市转型的探索 [J/OL]. 国际城市规划, 2021-02-08. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5583.TU.20210208.1326.002.html>. (SHI Beixiang, MARVIN S, YANG Junyan. Iterative succession and quality improvement of built environment in high-density urban areas: the exploration of post smart city transformation[J/OL]. Urban Planning International, 2021-02-08.)
- [25] 王波, 甄峰, 孙鸿鹤. 基于社交媒体签到数据的城市居民暴雨洪涝响应时空分析[J]. 地理科学, 2020, 40(9): 1543-1552. (WANG Bo, ZHEN Feng, SUN Honghu. The spatio-temporal patterns of public responses towards rainstorms and associated floods based on social media check-in data[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(9): 1543-1552.)
- [26] 王德, 李丹, 傅英姿. 基于手机信令数据的上海市不同住宅区居民就业空间研究[J]. 地理学报, 2020, 75(8): 1585-1602. (WANG De, LI Dan, FU Yingzi. Employment space of residential quarters in Shanghai: an exploration based on mobile signaling data[J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(8): 1585-1602.)
- [27] 汪光焘, 李芬, 高楠楠. 信息化对城市现代化的预期影响[J]. 城市规划学刊, 2020(3): 15-23. (WANG Guangtao, LI Fen, GAO Nannan. The expected impact of informatization on urban modernization[J]. Urban Planning Forum, 2020(3): 15-23.)
- [28] 王佳文, 叶裕民, 董珂. 从效率优先到以人为本——基于“城市人理论”的国土空间规划价值取向思考[J]. 城市规划学刊, 2020(6): 19-26. (WANG Jiawen, YE Yumin, DONG Ke. From efficiency-priority to human-centrality: the value orientation of the territorial spatial planning based on the homo urbanicus theory[J]. Urban Planning Forum, 2020(6): 19-26.)
- [29] 王利伟, 赵明. 中国城镇化演进的系统逻辑——基于人地关系视角[J]. 城市规划, 2014, 38(4): 17-33. (WANG Liwei, ZHAO Ming. The system logic of Chinese urbanization evolution: from the perspective of man-land relation[J]. City Planning Review, 2014, 38(4): 17-33.)
- [30] 吴志强, 甘惟, 臧伟等. 城市智能模型(CIM)的概念及发展[J]. 城市规划, 2021, 45(4): 107-118. (WU Zhiqiang, GAN Wei, ZANG Wei, et al. Concept and development of the city intelligent model(CIM)[J]. City Planning Review, 2021, 45(4): 107-118.)
- [31] 吴志强, 李翔, 周新刚, 等. 基于智能城市评价指标体系的都市诊断[J]. 城市规划学刊, 2020(2): 12-18. (WU Zhiqiang, LI Xiang, ZHOU Xingang, et al. City diagnosis with the city intelligence quotient(city IQ)evaluation system[J]. Urban Planning Forum, 2020(2): 12-18.)
- [32] 吴志强. 国土空间规划五个哲学问题[J]. 城市规划学刊, 2020(6): 7-10. (WU Zhiqiang. Five philosophical concerns of the territorial spatial planning[J]. Urban Planning Forum, 2020(6): 7-10.)
- [33] 吴志强. 城市规划与人工智能的交互[J] // 本刊编辑部. “人工智能对城市规划的影响”学术笔谈会. 城市规划学刊, 2018(5): 1. (WU Zhiqiang. Interaction between urban planning and artificial intelligence[J] // The Editorial Department. “The impact of artificial intelligence on urban planning” forum. Urban Planning Forum, 2018(5): 1.)
- [34] 席广亮, 甄峰. 基于大数据的城市规划评估思路与方法探讨[J]. 城市规划学刊, 2015(1): 56-62. (XI Guangliang, ZHEN Feng. Exploring the ideas and methods of urban planning evaluation based on big data[J]. Urban Planning Forum, 2015(1): 56-62.)
- [35] 席广亮, 甄峰. 互联网影响下的空间流动性及规划应对策略[J]. 规划师, 2016, 4(32): 11-16. (XI Guangliang, ZHEN Feng. Space flow and planning response under internet impact[J]. Planners, 2016, 4(32): 11-16.)
- [36] 席广亮, 甄峰. 基于可持续发展目标的智慧城市空间组织和规划思考[J]. 城市发展研究, 2014(5): 102-109. (XI Guangliang, ZHEN Feng. The spatial organization and planning of smart cities based on the sustainable development goals[J]. Urban Development Studies, 2014(5): 102-109.)
- [37] 席广亮. 城市流动性与智慧城市空间组织[M]. 商务印书馆, 2021. (XI Guangliang. Urban mobility and smart city spatial organization[M]. The Commercial Press, 2021.)
- [38] 杨俊宴, 曹俊. 动·静·显·隐: 大数据在城市设计中的四种应用模式[J]. 城市规划学刊, 2017(4): 39-46. (YANG Junyan, CAO Jun. Dynamic-static-explicit-implicit: four applications of big data in urban design[J]. Urban Planning Forum, 2017(4): 39-46.)
- [39] 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

- [40] 杨俊宴, 朱骁. 人工智能城市设计在街区尺度的逐级交互式设计模式探索[J]. 国际城市规划, 2021, 36(2): 7-15. (YANG Junyan, ZHU Xiao. Exploration of the step-by-step interactive design mode of artificial intelligence urban design at the block scale [J]. Urban Planning International, 2021, 36(2): 7-15.)
- [41] 杨天人, 金鹰, 方舟. 多源数据背景下的城市规划与设计决策——城市系统模型与人工智能应用[J]. 国际城市规划, 2021, 36(2): 1-6. (YANG Tianren, JIN Ying, FANG Zhou. Decision-making for urban planning and design with multi-source data: applications with urban systems models and artificial intelligence[J]. Urban Planning International, 2021, 36(2): 1-6.)
- [42] 俞孔坚, 李迪华, 韩西丽. 论“反规划”[J]. 城市规划, 2005, 29(9): 65-69. (YU Kongjian, LI Dihua, HAN Xili. On the “negative planning” [J]. City Planning Review, 2005, 29(9): 65-69.)
- [43] 张恩嘉, 龙瀛. 空间干预、场所营造与数字创新: 颠覆性技术作用下的设计转变[J]. 规划师, 2020, 21(36): 5-13. (ZHANG Enjia, LONG Ying. Spatial intervention, place making and digital innovation: design transformation driven by disruptive technologies [J]. Planners, 2020, 21(36): 5-13.)
- [44] 张姗姗, 甄峰, 秦萧, 等. 面向城市社区规划的参与式感知与计算—概念模型与技术框架[J]. 地理研究, 2020, 39(7): 1580-1591. (ZHANG Shanqi, ZHEN Feng, QIN Xiao, et al. The conceptual model and technical framework of participatory sensing and computing for urban community planning[J]. Geographical Research, 2020, 39(7): 1580-1591.)
- [45] 张晓春, 邵源, 安健, 等. 数据驱动的活动规划技术体系构建与实践探索——以深圳市福田区中心区街道品质提升为例[J]. 城市规划学刊, 2021(5): 49-57. (ZHANG Xiaochun, SHAO Yuan, AN Jian, et al. Building and application of the technical system for data-driven activity planning: the case of street quality improvement in Futian CBD of Shenzhen[J]. Urban Planning Forum, 2021(5): 49-57.)
- [46] ZHAO F, FASHOLA O I, OLAREWAJU T I, et al. Smart city research: a holistic and state-of-the-art literature review[J]. Cities, 2021, 119: 103406.
- [47] 赵赫, 荣毅龙, 张晓东, 等. 北京市智慧城市规划体系研究[J]. 北京规划建设, 2020(S1): 53-57. (ZHAO He, RONG Yilong, ZHANG Xiaodong, et al. Research on Beijing smart city planning system[J]. Beijing Planning Review, 2020(S1): 53-57.)
- [48] 甄峰, 秦萧. 大数据在智慧城市研究与规划中的应用[J]. 国际城市规划, 2014, 29(6): 44-50. (ZHEN Feng, QIN Xiao. The application of big data in smart city research and planning[J]. Urban Planning International, 2014, 29(6): 44-50.)
- [49] 甄峰, 席广亮, 秦萧. 基于地理视角的智慧城市规划与建设的理论思考[J]. 地理科学进展, 2015, 34(4): 402-409. (ZHEN Feng, XI Guangliang, QIN Xiao. Smart city planning and construction based on geographic perspectives: some theoretical thinking[J]. Progress in Geography, 2015, 34(4): 402-409.)
- [50] 甄峰, 张姗姗, 秦萧, 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.)
- [51] ZHENG C, YUAN J, ZHU L, et al. From digital to sustainable: a scientometric review of smart city literature between 1990 and 2019[J]. Journal of Cleaner Production, 2020(258): 1-21.
- [52] 庄少勤, 赵星烁, 李晨源. 国土空间规划的维度和温度[J]. 城市规划, 2020, 44(1): 9-23. (ZHUANG Shaoqin, ZHAO Xingshuo, LI Chenyuan. Dimension and temperature of the spatial planning[J]. City Planning Review, 2020, 44(1): 9-23.)

修回: 2021-11