

智能技术辅助的市(县)国土空间规划编制研究

孔 宇¹, 甄 峰^{1,2}, 李兆中¹, 傅行行¹

(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: 智慧社会的出现与发展影响着人地关系, 而智能技术作为智慧社会崛起的主要动力与发展的主要支撑, 正在改变着国土空间的保护、开发与治理模式, 也对国土空间规划编制方法提出了新要求。当前规划编制中, 智能技术在国土空间规划中的应用虽然已经有了一定的探索, 在技术层面也有很多实践, 但缺少对智能技术应用于国土空间规划的整体性思考。基于“生态文明”基础与“以人为本”的核心理念, 在对传统规划编制与当前智能技术应用梳理的基础上, 从智能感知与收集、智能分析与处理、智能评估和智能决策四个方面, 系统地构建全流程的智能技术辅助国土空间规划编制的框架, 以适应当前国土空间规划提出的新要求, 辅助编制更合理、科学、智慧的方案。

关键词: 国土空间规划; 智慧社会; 智能技术; 编制框架; 市县

2017年10月18日, 中国共产党第十九次全国代表大会报告中首次提出“智慧社会”的概念, 强调要加快建设创新型国家, 支撑智慧社会建设。一般认为, 智慧社会是以互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的发展与应用为基础形成的数字化、网络化和智能化深度融合的社会^[1]。智能技术广义上指一切借助计算机工具取代部分人脑功能的技术^[2], 作为智慧社会崛起的主要动力, 也是智慧社会发展的主要支撑, 人工智能、大数据、云计算、区块链等智能技术在智慧社会的框架下有着重要的应用价值。美国、英国、新加坡等发达国家已陆续出台大数据、人工智能等新一代信息技术相关的战略、政策和计划, 抢占技术发展和应用的制高点^[3]。2016年日本政府发布《第五期科学技术基本计划(2016-2020)》, 提出构建“超智慧社会”, 着重加强七类智能技术, 打造一个社会大平台和十一个智慧系统。

无论从智慧社会崛起的背景还是构建智慧社会愿景的角度看, 智慧社会的概念内涵都不止于技术层面, 对智慧社会的理解应超越技术范畴^[4]。在中国社会发展的大背景之下, “智慧社会”应是智能技术在各领域渗透和应用的创新社会, 信息和知识等要素自由流动的开放社会, 不同人群和城乡地域无差别的共享社会。构建这样的社会不仅需要智能技术的推动, 也需要承载各类流要素的基础设施, 学习和运用各种新技术与新方法的思维, 统筹协调智慧社会建设过程中的各个环节。

高品质的国土空间作为智慧社会的基底, 其规划应符合智慧社会的概念内涵, 从技术、设施、思维、制度等层面为智慧社会的构建提供支撑, 充分利用智慧社会崛起的契

收稿日期: 2019-04-10; 修订日期: 2019-08-02

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: 孔宇(1991-), 男, 山东日照人, 硕士, 研究方向为智慧规划。E-mail: 1518455319@qq.com

通讯作者: 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

机,将智能技术、智慧思维运用于国土空间规划。随着智能技术的发展,人们的生产和生活方式开始改变,对社会发展转型带来了深刻影响。一方面,智能技术对居民的空间流动性产生影响^[5-7],影响着人地关系,人地协调逐渐成为智慧社会下需要重点关注的问题;另一方面智能技术正改变着国土空间的开发、利用和治理模式^[8-16],对国土空间规划的编制提出新的要求。在2018年9月20日举行的中央全面深化改革委员会第四次会议上,会议审议通过了《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》,提出要“综合运用大数据、云计算等现代信息技术,创新规划编制手段。充分发挥科研机构、智库等对规划编制的辅助支持作用”。《意见》的提出为国土空间规划的编制与发展指明了方向,应深化国土空间规划编制的理论与方法研究,加强智能技术在国土空间全流程规划中的辅助编制作用,适应时代发展需求。

近几年的“大数据应用”热潮带来城市研究与规划方法的新实践,智能技术也已逐渐渗透到规划编制的各个环节。但是当前规划编制的智能技术应用还是侧重对某一编制环节或编制内容的应用,缺少系统性和体系化的思维。因此,如何构建全流程的“智能技术辅助的国土空间规划编制体系”成为新一轮国土空间规划编制的重要问题。本文基于对“全流程”的智能技术辅助国土空间规划编制研究体系的梳理、归纳和总结,探讨智能技术辅助的国土空间规划编制体系,有利于进一步深化国土空间规划编制的理论与方法研究,适应当前国土空间规划提出的新要求,推进对智慧国土空间规划的探索。

1 智能技术在市(县)国土空间规划编制中的应用

随着科技的进步,计算和信息处理能力不断提高,城市规划中技术的应用已经从最基础的信息存储、传输与可视化表达等功能,发展到当今最前沿的以深度学习为代表的人工智能技术。智能技术不断演进与革新,在城市规划编制过程中发挥着越来越大的作用,提升了规划编制的智能化水平。

1.1 计算机辅助设计技术

以CAD为代表的计算机制图和以Photoshop、3D MAX为代表的图形图像处理是首先在规划领域普及的技术。这些计算机辅助设计技术的应用提高了规划信息的储存量、辅助了规划设计方案的推敲和成果的表达,使规划编制的效率大幅度提高^[17]。规划师得以从传统规划编制过程中手工绘图等体力劳动中解放出来,有了更多思考和分析问题的时间,规划编制的质量也因此有所提升。但是这些技术仅能通过空间形态的可视化,辅助规划师完成初步的视觉环境分析,尚不具备更高级的空间数据处理与分析的能力。

1.2 传统数据环境下基于GIS的空间分析

地理信息系统(GIS)依靠其在数据管理和分析上的优势,在规划编制领域应用广泛。相比于CAD等计算机辅助设计技术,GIS最显著的特征是具有空间分析的功能。缓冲区分析、网络分析、地形分析、邻域分析等基本模块^[18-19],以及空间句法等可以置于GIS平台中的拓展模块^[20],均为规划设计过程中的定量分析提供了技术支撑。规划师也可以综合利用各种分析工具,完成更为复杂的空间分析,如对规划区的用地适宜性评价^[21-22]、结合遥感数据对土地利用功能转型分析等^[23]。GIS空间分析在规划编制中的应用,大大提升了规划编制的科学性。但是,传统数据环境下的这些空间分析,主要依靠单台计算机的处理,方法模型比较简单,数据处理能力有限。随着信息通讯技术(ICT)的不断发

展,互联网、物联网等源源不断地产生海量、多源的数据,带来了新的数据环境,促使城市运行更加智能化。在新的发展背景下,传统的空间分析方法面临挑战。

1.3 大数据分析

大数据分析不同于传统数据环境下的定量分析,其更强调基于大样本数据挖掘的相关关系研究,为城市规划提供了强大的数据支撑。目前城市规划中常用的大数据主要包括:互联网大数据(社交网络、POI、主题网站等)、移动终端大数据(手机信令数据、手机APP数据、GPS轨迹等)、城镇运行与监测大数据(刷卡数据、智能传感器与监控数据等)等。大数据分析手段在城市规划编制中具体已经应用于城镇体系与区域联系、城市空间结构与功能分区、公共服务设施布局、专项规划等方面。

(1) 城镇体系与区域联系

城镇体系规划通常需要研究区域内城镇间的相互联系,这种联系是通过各种要素的流动引起的。大数据以其精确性和广泛性成为描述城市间要素流动的重要方法。甄峰等^[24]通过微博社交网络数据,从网络社会空间的角度分析了中国城市间的联系及等级体系。熊丽芳等^[25]采用百度搜索指数数据,从信息流角度分析了长三角城市网络特征。姚凯等^[26]、唐小勇等^[27]基于手机信令数据,模拟区域内不同城镇间的人流交换,从而评价城市间的联系强度。这些大数据分析成果为评估区域联系现状,合理构建区域城镇体系提供了科学依据。

(2) 城市空间结构与功能分区

在城市空间结构与功能分区的规划过程中,大数据通过追踪人的行为活动时空规律,为更精确地划定城市增长边界、分析城市内部结构与中心体系、识别用地功能等提供了可能。在划定城市增长边界方面,龙瀛等^[28]构建了基于微博签到位置、出租车轨迹、公交卡刷卡记录等数据的城市增长边界分析框架。许泽宁等^[29]提出了通过POI核密度等值线判定城市建成区边界的方法。在分析城市内部结构与中心体系方面,Roth等^[30]利用地铁刷卡数据评价了伦敦的城市空间结构。Wakamiya等^[31]、Birkin等^[32]通过Twitter社交数据的用户时空活动规律来分析城市内部空间结构。钮心毅等^[33]利用手机信令数据,分析了城市的公共中心体系,识别就业、游憩、居住三大功能区,对用地功能混合度进行了计算。段亚明等^[34]结合POI数据对重庆主城区进行了多中心的识别,并分析了其影响范围。

(3) 公共服务设施布局

在城市公共服务设施布局规划中,大数据可以从设施的空间分布和人流的活动轨迹两方面进行测度,从而指导公共服务设施的布局优化。丁亮等^[35]利用手机信令数据和地铁刷卡数据判别商业中心的等级、腹地和势力范围等,支撑商业中心的规划布局。孙宗耀等^[36]总结了POI数据在生活服务设施等各类设施规划研究中的广泛应用。

(4) 专项规划

在旅游规划、历史文化保护规划等城市的专项规划中,相关的大数据分析手段也有有效提升了规划的科学性。田宝江等^[37]利用手机信令数据从活动强度、功能联系两方面展开对衡复历史文化风貌区的分析,支持了历史街区的规划设计方案。

1.4 基于机器学习和人工智能的城市模拟仿真

城市模拟仿真是通过构建模型描述城市系统中各要素间的复杂相互关系,并结合虚拟现实等技术对城市运行进行动态模拟和可视化的过程^[38]。Batty等^[39-40]和Xie等^[41]在20世

纪90年代应用元胞自动机(CA)模型对城市的扩张进行研究,并首次成功模拟了城市的用地增长。国内学者也运用CA模型结合具体城市案例进行了大量城市用地增长与演化的模拟预测^[42-44]。但是这种模型抽象性强,对高度复杂的现实城市进行模拟的准确性不足。

近年来,人工智能技术发展出现突破,引起了新一轮技术变革。一些发展较为成熟的机器深度学习技术,如图像识别等^[45],开始应用于城市规划领域,使城市模拟仿真技术得到进一步发展。同济大学吴志强^[46-47]提出的“城市树”(City Tree)模型是当前具有代表性的机器学习技术探索,该模型挖掘了全球时间跨度长达40年的卫星历史影像,获得了全球13810个城市的样本,数据叠加后分析出每一座城市生长的过程,并应用模式识别技术归纳出7类城市发展类型及演化规律。随着基于人工智能和机器学习的前沿技术逐渐成熟,应用于城市规划中的智能技术仍会不断演进,促进规划编制的智能化。

1.5 城市智能信息平台开发

当前各种智能技术应用于城市规划编制的各个环节,一方面提升了规划智能化水平,另一方面带来了大量交织融合的异构数据,使规划编制过程的复杂性进一步增加。因此,智能化的城市规划需要一个平台来实现各类智能技术在规划编制全过程中的集成应用。CIM(City Information Modeling,城市信息模型)就是一种可以存储、传递、更新城市中的各种信息的集成平台^[48]。CIM运用物联网技术连接城市中的感知系统来采集城市运行数据,运用GIS和BIM技术存储、管理和分析数据,形成一个智能化的工作平台,支持智慧城市的各种应用。在具体的规划实践中,北京市城市规划设计研究院已经推出了CityIF云平台,挖掘和处理多源数据资源,面向城市中的不同群体提供多项不同的服务。

2 智能技术驱动下的市(县)国土空间规划编制

智慧社会背景下,国土空间规划被赋予了更加深刻的意义。信息技术支撑下人类活动的时空灵活性与可移动性在不断变化,人地关系被持续重构^[49]。而国土空间作为资源环境与人类进行各类活动的载体,对国土空间的规划编制除了对国土空间资源进行有效管控、科学治理和长远谋划外,更应该把握“生态文明”的基础,凸显“以人为本”的核心,加强对人地关系的内涵认识与理解。“技术驱动”作为重要的支撑,其不仅影响着国土空间内部系统各要素的关系,也表现在对人地关系的协调与调控方面,随着科学技术的发展,智能技术在规划领域的应用越来越广泛,图像解译、机器学习和人工智能等技术相较于传统的计算机技术,可以更加精准地监测和模拟人的活动、空间资源的变化等内容,为生产、生活和生态空间的合理布局提供参考,实现有温度的国土空间规划的智能化编制。

传统的城市规划内容从总体规划到详细规划,以对城市远期发展的空间布局为核心,涵盖城市发展定位、规模预测、功能分区、城市设计、详细规划等多项内容,编制工作包括前期基础资料收集与调研、规划编制前期研究、规划纲要编制、城镇体系规划编制、中心城区规划编制、规划评审和公众意见征询等部分。在2019年5月《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》中明确提出了“五级三类”的国土空间规划编制体系,其中市县层面作为承上启下的重要层级,包括总体规划、详

细规划与相关的专项规划,其中总体规划强调全域的国土空间保护、开发、利用与修复,详细规划侧重对具体地块用途和开发强度等作出实施性安排,专项规划则重点关注对特定空间的保护与利用的安排。

本文在传统规划编制内容与编制方法基础上,结合国土空间规划三类规划编制的重点内容,以人本化的数据应用为出发点,从智能感知与收集、智能分析与处理、智能评估和智能决策四个方面构建全流程的智能化国土空间规划编制框架(图1),以期将智能技术赋能于国土空间规划编制,促进智慧社会下传统规划编制向智慧型国土空间规划编制的转型。

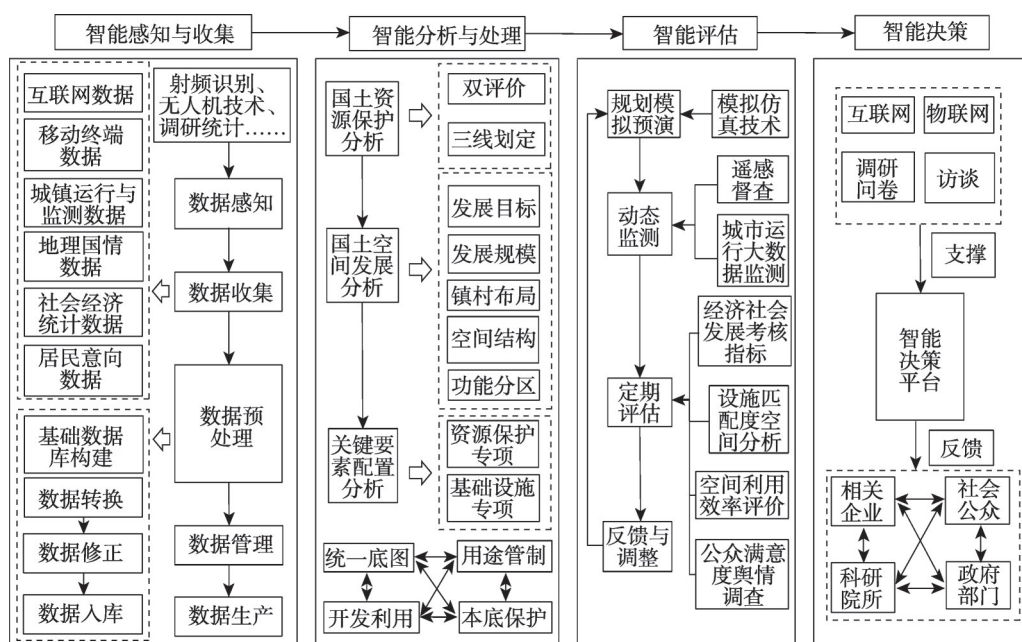


图1 智能技术驱动下的市(县)国土空间规划编制框架

Fig. 1 The framework of city (county) territorial spatial planning driven by smart technology

2.1 智能感知与收集

构建国土空间规划基础数据库,明确数据分类入库标准和数据处理标准,实现对数据的统筹管理,统一国土空间规划基础,明确规划边界,形成共建共用的多源数据集成的国土空间规划一张图(图2)。

随着科学技术的发展,国土空间规划的数据收集方式将更加多元和智能,数据感知与收集成为趋势。利用卫星、无人机、视频监控、智能路灯等各类设备获取的数据,结合图像识别、图像解译、机器学习等技术,可将智能感知的数据予以收集和处理,提升到可被认知的层次。结合国土空间规划的编制内容与实际需求,构建数据分类标准体系(表1),将数据分为互联网数据、移动终端数据、城镇运行与检测数据、地理国情数据、社会经济统计数据和社会经济统计数据六大类,并明确各类数据在国土空间规划中的用途,便于后续数据的预处理。

数据预处理方面,在明确统一的用途(用地)分类前提下,对数据进行清洗、转换和修正。将各类数据坐标统一为国家大地2000坐标系,并对各类数据的数据库设计、要

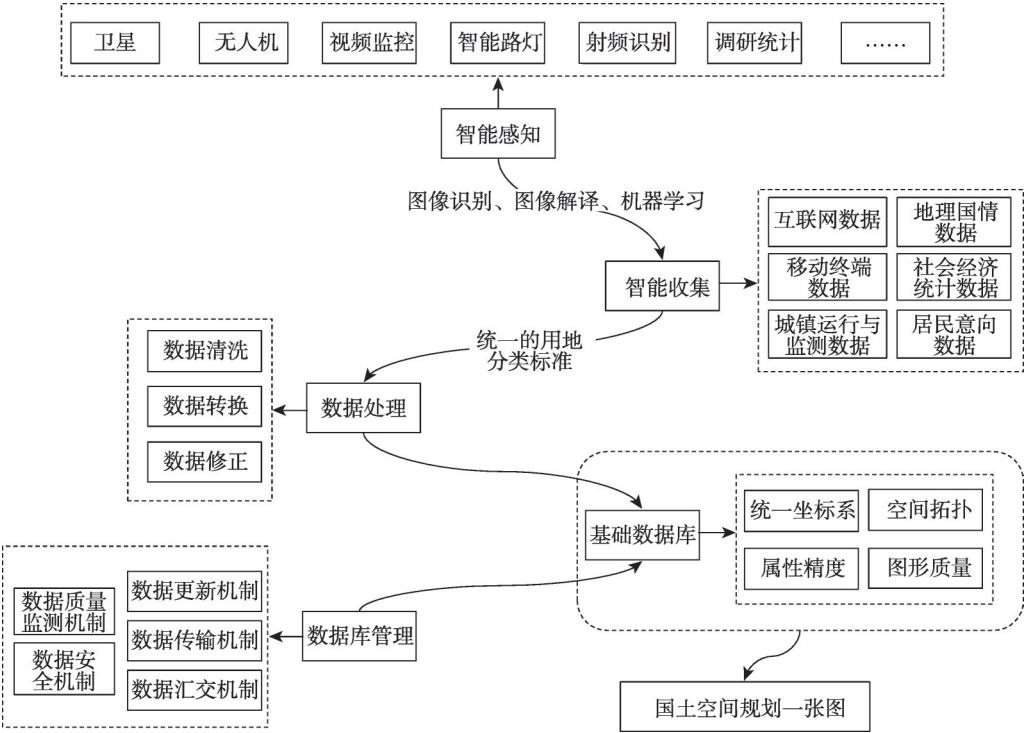


图2 智能感知与收集框架

Fig. 2 The framework of smart perception and collection

素分层、属性结构、属性值代码等进行标准化处理,实现各类数据的范围边界、位置精度、属性精度、完整性、逻辑一致性、空间拓扑和图形质量的统一,搭建国土空间规划编制的基础数据库,实现全域数据的标准化。

数据管理方面,首先要构建“全生命周期”的国土空间数据监管机制,定期更新数据、评价数据质量,保证数据的完整性、准确性;另外,需明确数据的传输机制,建立数据汇交标准规范,实现国土空间规划编制主体之间的数据传输与文件共享,保证数据的利用效率;最后,加强对数据的安全保障,制定数据追踪与监控机制,同时结合数据加密、模糊化处理等方式,确保数据在国土空间规划编制过程中的安全性。

2.2 智能分析与处理

通过对城市总体规划、主体功能区规划、土地利用总体规划以及“多规合一”探索等传统规划的梳理,明确传统规划在编制与实施过程中存在的问题,同时结合国土空间规划新要求,理清国土间规划中总体规划、详细规划和专项规划的重点,以立足生态文明基础、凸显“以人为本”的核心为出发点,梳理出市(县)国土空间规划编制重点内容,主要包括国土空间资源保护、国土空间发展和要素配置三方面,涵盖市(县)资源环境承载力评价、国土空间开发适宜性评价、“三生”空间界定等多项编制内容,在确定城市发展容量、明确国土空间发展底线的基础上,统筹“三生”空间的管控,构筑合理的城市发展结构,明晰市(县)国土空间规划编制方向,以期指导规划区的高质量发展。

“人本化”的国土空间规划不应仅停留在理念层面,也需要从国土空间规划编制的内容和分析处理方法上进行探索。当前数据应用在国土空间规划方面已经有了一定的探索

表1 数据分类
Table 1 Data classification

可获取多源数据	数据细分	数据获取方式	数据用途
互联网数据	POI数据	网站	城镇空间结构、城镇功能分区
	微博微信签到数据	网站	区域联系、区域关注度、活动类型、活动强度、活动范围
	舆情文本数据	网站	区域关注度、居民意愿反应
	主题网站数据	网站	区域联系、区域关注度
移动终端数据	手机信令数据	企业	区域联系、人口预测、城镇活动时空分布、城镇流动网络格局、活动边界
	手机APP数据	网站	城镇空间结构、城镇功能分区
	交通GPS轨迹数据	企业/个人	区域联系、城镇空间结构、城镇活动时空分布、城镇流动网络格局、活动边界
城镇运行与监测数据	传感器与视频监控数据	政府	承载力评价、三线划定、城镇空间结构、城镇功能分区
	企业运行数据	企业	区域联系、城镇发展定位、城镇发展规模、城镇功能分区
	交通运行数据	政府	区域联系、城镇流动网络格局
	环境监测数据	政府	承载力评价
地理国情数据	遥感数据	网站	承载力评价、三线划定、城镇空间结构、城镇功能分区、镇村体系布局
	空间规划数据	政府	承载力评价、三线划定、城镇空间结构、城镇功能分区、镇村体系布局
	建筑数据	政府	城镇边界划定、镇村体系布局、城市功能分区
社会经济统计数据	统计年鉴数据	政府	城镇发展目标与定位、城镇规模预测
	政府公报数据	政府	城镇发展目标与定位、城镇规模预测
居民意向数据	问卷调查	个人	三生空间划定、镇村体系布局、城镇定位、城镇功能分区
	访谈	个人	三生空间划定、镇村体系布局、城镇定位、城镇功能分区

与实践，方法与手段也日新月异，但数据分析与处理缺少系统性的综合研究，难以适应未来国土空间规划的编制需求。因此，有必要对各类数据的分析与处理进行整合研究，实现各类技术的集成应用和创新，推动国土空间规划编制全过程的智能化。

本文结合国土空间规划编制内容，对传统规划编制流程与方法进行创新，构建全过程的智能分析与处理框架（表2）。通过智能技术获取多源数据，在明确各类数据价值的基础上，从智能分析与处理内容方面梳理所需的数据，构建智能分析与处理模型库，实现国土空间规划编制过程中相关内容的智能分析与处理，辅助国土空间规划编制，满足国土空间规划开发利用、用途管制和本底保护的需求。其中在总体规划中，可通过资源环境承载力评价、国土空间开发适宜性评价模型对国土空间保护、开发、利用与修复进行辅助判断，明确国土空间各类用地范围，合理划定“三区三线”；详细规划中结合区域联系度模型分析、空间可达性分析、舆情文本分析、城市人口规模分析、职住平衡分析、城市空间流动行分析、城市增长边界分析等模型，辅助判断具体地块功能，并明确地块开发强度等内容；专项规划则需依据具体的空间，结合相应模型对空间的保护与利用予以合理安排。

表2 市（县）国土空间规划编制流程中多源数据集成应用表

Table 2 Table of multi-source data integration and application in the process of city (county) territorial spatial planning				
规划编制流程	智能分析与处理模型库	多源数据		集成应用
智能分析与处理	“双评价”模型	环境监测数据	遥感数据	资源环境承载力评价、开发适宜性评价
		空间规划数据		
	“三生空间”界定模型	手机信令数据	问卷调查数据	居民活动边界、类型、强度
		微博微信签到数据	访谈数据	
		舆情文本数据	建筑数据	
		交通GPS轨迹数据	遥感数据	
		POI数据	企业运行数据	
	农业空间	遥感数据	访谈数据	农业空间边界划定
		问卷调查数据	空间规划数据	
	生态空间	环境监测数据	遥感数据	生态空间边界划定
		空间规划数据	访谈数据	
	城市发展目标与定位分析模型	手机信令数据	统计年鉴数据	区域流空间分析
		微博微信签到数据	企业运行数据	
		交通运行数据	空间规划数据	
		舆情文本数据	问卷调查数据	区域关注度分析
	城市规模预测模型	手机信令数据	统计年鉴数据	城市人口预测
		手机信令数据	空间规划数据	城市发展方向判断、城市用地规模预测
		遥感数据	交通运行数据	
	镇村体系布局辅助分析模型	空间规划数据	访谈数据	村庄拆除、整治、合并
		问卷调查数据	遥感数据	
	城市空间结构规划辅助分析模型	交通GPS轨迹数据	手机信令数据	城市内部流动空间特征
		微博微信签到数据		
		问卷调查数据	舆情文本数据	城市居民意向空间结构
		访谈数据		
	城市功能区划分辅助分析模型	交通GPS轨迹数据	手机信令数据	居民活动边界、类型、强度
		企业运行数据	统计年鉴数据	
		空间规划数据	建筑数据	
		POI数据	问卷调查数据	
	城市土地利用规划	微博微信签到数据	访谈数据	
		—	—	—

2.3 智能评估

规划评估作为传统规划编制和实施中的关键流程，能够实现对规划方案的动态反馈修正，保障规划实施的有效性。本文从规划模拟预演、动态监测、定期评估、反馈与调整四部分构建国土空间规划智能评估框架（图3）。

规划模拟预演部分，利用城市仿真模拟技术，建立各个规划方案的动态模型，进行规划方案预演，模拟出各方案实施后的城市发展路径，预估实施后的结果，实现多方案的智能比选，辅助规划师更直观、准确地选择相对合适的方案。在动态监测阶段，通过卫星遥感影像和无人机高精度遥感影像等对城市进行实时遥感督查，通过城市内部各类智能传感器与视频监控、交通运行监测数据、环境监测数据等实时的城市运行大数

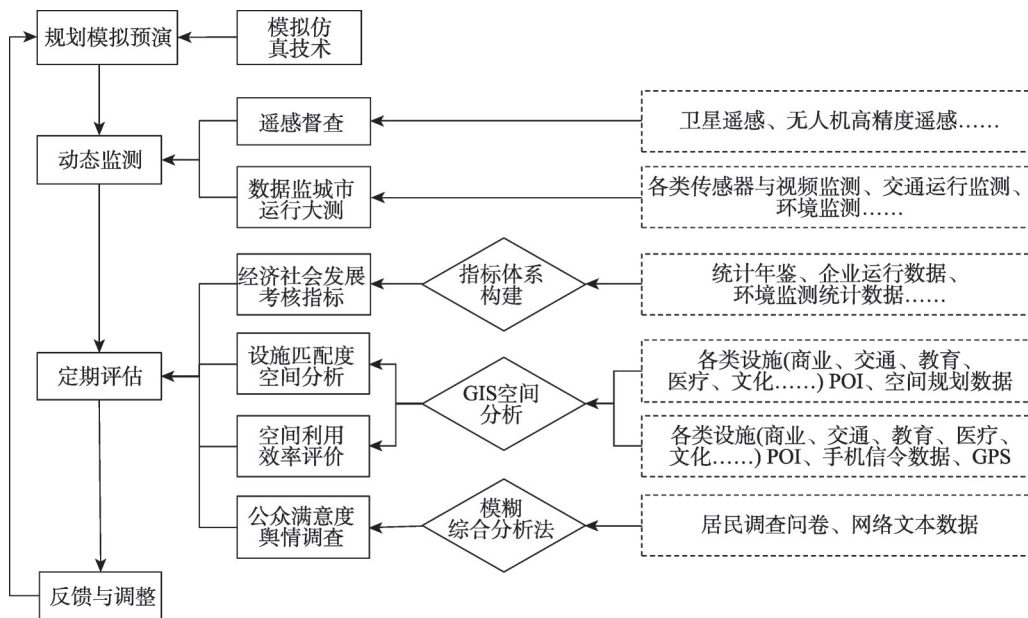


图3 智能评估框架

Fig. 3 The framework of smart evaluation

据,对城市的运行过程进行动态监测,与规划方案的模拟预估进行对比,以辅助规划师实时查看规划实施过程。定期评估阶段通过集成应用统计年鉴数据、企业运行数据、环境监测数据、各类POI数据、手机信令数据、GPS数据、网络文本数据、居民调查问卷等多源数据,从经济社会发展考核指标、设施匹配度空间分析、空间利用效率评价、公众满意度舆情调查等方面对国土空间规划进行定期评估,在实时动态监测的基础上,形成更全面的规划定期评估报告,辅助规划师发现规划实施路径与目标路径之间存在的偏差。反馈与调整阶段,规划师通过动态监测与定期评估发现规划实施过程的问题,针对具体的反馈情况,对规划进行相应的修正或是进行下一轮的空间规划修订编制。

2.4 智能决策

搭建国土空间规划展示系统(图4),集成互联网数据、移动终端数据、城镇运行与检测数据、地理国情数据、社会经济统计数据 and 居民意向数据,将规划方案的二维数据与三维模型进行整合,实现仿真技术一体化管理,并结合VR虚拟现实技术,将包括城市建筑、公共设施、道路交通、管线廊道、生态景观等各类规划内容进行多角度、全方位的方案呈现;提供多种规划方案浏览、数据查询与统计分析功能,并支持多方案对比和指标比较,对于各类重要设施的选址、生态斑块查询等内容予以分析展示。基于互联网、居民调研、政务网等构建智能决策基础数据感知层,通过微信、微博、公众号、论坛等方式向各类决策主体提供国土空间规划方案的获取途径,辅助政府、企业、公众、科研机构等各类决策主体了解、掌握规划方案,实现定性定量相结合的可视化与可感知的智能决策,构建多元主体参与规划编制的“生态圈”。

3 结论与讨论

智能技术作为智慧社会崛起的主要动力与发展的重要支撑,正在改变着国土空间的

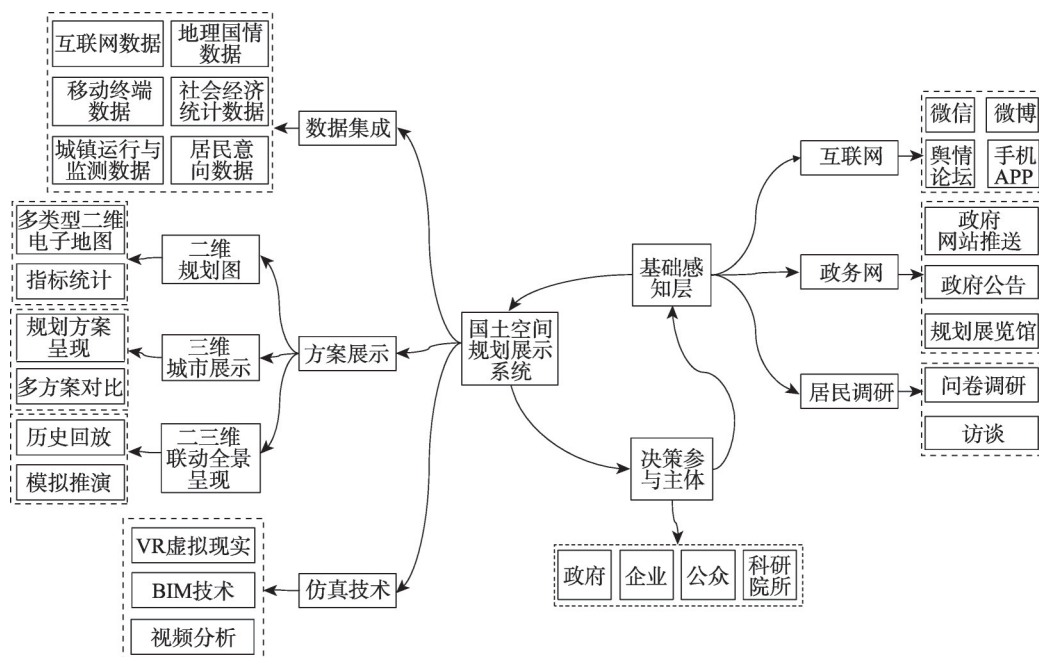


图4 智能决策框架

Fig. 4 The framework of smart decision

保护、开发与治理模式,智能技术在国土空间规划领域已展开应用,但缺少一个体系化的应用思路对规划编制进行全盘考虑。因此,对智能技术在国土空间规划中的应用探索,是对当下国土空间规划新要求的响应,对于深化国土空间规划编制的理论与方法有着重要意义,也是推进智慧国土空间规划编制的关键。

本文对智能技术驱动下的市(县)国土空间规划编制进行梳理,提出了体系化的智能技术辅助国土空间规划编制应用框架。相较于传统编制方法,智能技术辅助的规划编制能够统一规划底图,避免传统规划间规划底图不一致导致的空间矛盾;结合智能技术能够更全面地对城市发展现状进行解读,并对城市未来发展进行模拟预演,进行规划方案的智能比选;构建智能决策协同规划“生态圈”,使公众、科研机构、政府和企业等多方主体参与到国土空间规划的决策过程中,实现“以人为本”的国土空间规划编制。

“生态文明”基础与“以人为本”核心不仅仅是理念,更需要从国土空间规划编制内容与方法的角度进行考虑。“双评价”所体现出的高约束性“底线”思维对国土空间规划也提出了更高的挑战,应结合更精细的数据,将居民活动的柔性边界与高约束性的刚性边界相结合,运用科学严谨的方法,预测出不同的国土空间保护与开发的情景,进行“三生”边界划定。

规划编制流程的智能化过程,是对传统规划编制的补充、强化、完善。新数据、新技术是国土空间规划编制的必要但不充分条件,在规划编制中的应用不是替代了传统规划编制,而是具有一定的辅助范围。智能技术相较于传统的规划调研与数据采集,可利用其全面感知、收集与学习的特性采集各类数据,同时结合图片与文字解译技术,实现基础资料的快速入库,构建国土空间规划的基础数据库;其次在数据分析与处理过程中,通过新技术与传统分析方法的集成应用流程化分析过程,提高工作效率,使规划师

从传统重复的规划工作中得以解放,如通过对传统遥感影像与机器学习的融合可以实现城市建成区的提取与城市用地类型的识别;最后,智能技术在城市模拟、实时监测与动态交互方面的发展也为传统阶段式规划向未来实时式规划的转变提供了可能。因此,合理地利用智能技术以辅助国土空间规划的编制,需要强调多学科交叉与合作,在规划编制的理论基础与技术方法方面进行创新,扩大智能技术的辅助范围,为智慧的国土空间规划提供支撑与保障。

最后,虽然智能技术在规划实践中的应用越来越广泛,但是在目前的发展水平上,智能技术仍然存在着很多局限性。首先,当前智能技术中常用的大数据存在属性信息偏少和人群异质性的问题^[50],因此基于大数据分析结果的可靠性需要进一步验证。其次,不合适的模型构建和分析方法会导致结论的南辕北辙,对于实践产生巨大的误导,谷歌流感趋势预测的失败是典型的案例^[51]。而在规划实践中,由于一般的规划专业人员通常不具备较高的智能技术应用水平,很可能会应用不合适的分析方法得出不可信的结论。为解决上述困境,规划者应当对智能技术和传统技术各自的优劣势有充分的认识,注意智能技术和传统技术并重,例如集成多源大数据和调查问卷等小数据进行数据分析等。最后,在具体的技术方法应用上应进一步促进与计算机科学等前沿领域专业人员的合作,研发适合规划应用的算法和模型,以计算出更可信的结果。

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] 甘惟.国内外城市智能规划技术类型与特征研究.国际城市规划,2018,33(3): 105-111. [GAN W. A study on types and features of city intelligent planning technique. Urban Planning International, 2018, 33(3): 105-111.]
- [3] 刘红芹,汤志伟,崔茜,等.中国建设智慧社会的国外经验借鉴.电子政务,2019,(4): 9-17. [LIU H Q, TANG Z W, CUI Q, et al. Foreign experiences in building a smart society in China. E-Government, 2019, (4): 9-17.]
- [4] 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, LOO B P Y, ZHEN F. Urban geography research in the e-society: A perspective from human activity. Geographical Research, 2018, 37(10): 2075-2086.]
- [5] SCHWANEN T, DIJST M, KWAN M P. ICT and the decoupling of everyday activities, space and time: Introduction. Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie, 2008, 99(5): 519-527.
- [6] ANDERSON W P, CHATTERJEE L, LAKSHMANAN A T R. E-commerce, transportation, and economic geography. Growth & Change, 2010, 34(4): 415-432.
- [7] LOO B P Y, WANG B. Progress of e-development in China since 1998. Telecommunications Policy, 2017, 41(9): 731-742.
- [8] 甄峰,秦萧.大数据在智慧城市研究与规划中的应用.国际城市规划,2014,(6): 44-50. [ZHEN F, QIN X. The application of big data in smart city research and planning. Urban Planning International, 2014, (6): 44-50.]
- [9] 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): 82-90. [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.]
- [10] 王丽霞,邹长新,王燕,等.基于GIS识别生态保护红线边界的方法:以北京市昌平区为例.生态学报,2017,37(18): 6176-6185. [WANG L X, ZOU C X, WANG Y, et al. Methods to identify the boundary of ecological protection red line regions using GIS: A case study in Changping, Beijing. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(18): 6176-6185.]
- [11] 秦萧,甄峰.论多源大数据与城市总体规划编制问题.城市与区域规划研究,2017,(4): 136-155. [QIN X, ZHEN F. On multi-source big data and compilation of urban master planning. Urban and Regional Planning, 2017, (4): 136-155.]

- [12] 秦萧, 甄峰. 大数据与小数据结合: 信息时代城市研究方法探. 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.]
- [13] 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.]
- [14] 龙瀛, 罗子昕, 茅明睿. 新数据在城市规划与研究中的应用进展. 城市与区域规划研究, 2018, (3): 85-103. [LONG Y, LUO Z X, MAO M R. Progress of application of new data in urban planning and studies. Journal of Urban and Regional Planning, 2018, (3): 85-103.]
- [15] 纪学朋, 黄贤金, 陈逸, 等. 基于陆海统筹视角的国土空间开发建设适宜性评价: 以辽宁省为例. 自然资源学报, 2019, 34(3): 451-463. [JI X P, HUANG X J, CHEN Y, et al. Comprehensive suitability evaluation of spatial development and construction land in the perspective of land-ocean co-ordination: A case study of Liaoning province, China. Journal of Natural Resources, 2019, 34(3): 451-463.]
- [16] 秦萧, 甄峰, 魏宗财. 未来城市研究范式探讨: 数据驱动亦或人本驱动. 地理科学, 2019, 39(1): 31-40. [QIN X, ZHEN F, WEI Z C. The discussion of urban research in the future: Data driven or people-oriented driven. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(1): 31-40.]
- [17] 王建国, 蔡凯臻. 数字技术方法在现代城市设计中的应用. 南方建筑, 2008, (2): 28-32. [WANG J G, CAI K Z. Application of digital techniques in modern urban design. South Architecture, 2008, (2): 28-32.]
- [18] 姚静, 顾朝林, 张晓祥, 等. 试析利用地理信息技术辅助城市设计. 城市规划, 2004, (8): 75-78. [YAO J, GU C L, ZHANG X X, et al. Application of GIS in urban design. City Planning Review, 2004, (8): 75-78.]
- [19] 钮心毅. 地理信息系统在城市设计中的应用. 城市规划学刊, 2002, (4): 41-45, 79. [NIU X Y. GIS application in urban design. Urban Planning Forum, 2002, (4): 41-45, 79.]
- [20] 肖扬, ALAIN CHIARADIA, 宋小冬. 空间句法在城市规划中应用的局限性及改善和扩展途径. 城市规划学刊, 2014, (5): 32-38. [XIAO Y, ALAIN C, SONG X D. A Discussions on implementing space syntax method in urban planning. Urban Planning Forum, 2014, (5): 32-38.]
- [21] 宗跃光, 王蓉, 汪成刚, 等. 城市建设用地生态适宜性评价的潜力—限制性分析: 以大连城市化区为例. 地理研究, 2007, 26(6): 1117-1126, 1305. [ZONG Y G, WANG R, WANG C G, et al. Ecological suitability assessment on land use based on potential-constrain approach: The case of urbanized areas in Dalian city, China. Geographical Research, 2007, 26(6): 1117-1126, 1305.]
- [22] 钟珊, 赵小敏, 郭熙, 等. 基于空间适宜性评价和人口承载力的贵溪市中心城区城市开发边界的划定. 自然资源学报, 2018, 33(5): 83-94. [ZHONG S, ZHAO X M, GUO X, et al. Delimitation of urban growth boundary based on spatial suitability evaluation and population carrying capacity in Guixi county. Journal of Natural Resources, 2018, 33(5): 83-94.]
- [23] 戴文远, 江方奇, 黄万里, 等. 基于“三生空间”的土地利用功能转型及生态服务价值研究: 以福州新区为例. 自然资源学报, 2018, 33(12): 44-55. [DAI W Y, JIANG F Q, HUANG W L, et al. Study on transition of land use function and ecosystem service value based on the conception of production, living and ecological space: A case study of the Fuzhou New Area. Journal of Natural Resources, 2018, 33(12): 44-55.]
- [24] 甄峰, 王波, 陈映雪. 基于网络社会空间的中国城市网络特征: 以新浪微博为例. 地理学报, 2012, 67(8): 1031-1043. [ZHEN F, WANG B, CHEN Y X. China's city network characteristics based on social network space: An empirical analysis of Sina Micro-blog. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(8): 1031-1043.]
- [25] 熊丽芳, 甄峰, 王波, 等. 基于百度指数的长三角核心区域城市网络特征研究. 经济地理, 2013, 33(7): 67-73. [XIONG L F, ZHEN F, WANG B, et al. The research of the Yangtze River Delta core area's city network characteristics based on Baidu Index. Economic Geography, 2013, 33(7): 67-73.]
- [26] 姚凯, 钮心毅. 手机信令数据分析在城镇体系规划中的应用实践: 南昌大都市区的案例. 上海城市规划, 2016, (4): 91-97. [YAO K, NIU X Y. Practical analysis of mobile phone signaling data in urban system planning: A case study of Nanchang metropolis. Shanghai Urban Planning Review, 2016, (4): 91-97.]
- [27] 唐小勇, 周涛, 陆百川. 基于手机信令的大范围人流移动分析. 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2017, 36(1): 82-87, 109. [TANG X Y, ZHOU T, LU B C. Analysis of wide range population flow analysis based on mobile phone signaling.

- Journal of Chongqing Jiaotong University: Natural science, 2017, 36(1): 82-87, 109.]
- [28] 龙瀛, 韩昊英, 赖世刚. 城市增长边界实施评估: 分析框架及其在北京的应用. 城市规划学刊, 2015, (1): 93-100. [LONG Y, HAN H Y, LAI S G. Implementation evaluation of urban growth boundaries: An analytical framework for China and a case study of Beijing. Urban Planning Forum, 2015, (1): 93-100.]
- [29] 许泽宁, 高晓路. 基于电子地图兴趣点的城市建成区边界识别方法. 地理学报, 2016, 71(6): 928-939. [XU Z N, GAO X L. A novel method for identifying the boundary of urban built-up areas with POI data. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(6): 928-939.]
- [30] ROTH C, KANG S M, BATTY M, et al. Structure of urban movements: Polycentric activity and entangled hierarchical flows. Plos One, 2011, 6(1): e15923, Doi: 10.1371/journal.pone.0015923.
- [31] WAKAMIYA S, LEE R, SUMIYA K. Urban area characterization based on semantics of crowd activities in twitter. Lecture Notes in Computer Science, 2011: 108-123.
- [32] BIRKIN M, MALLESSE N. Microscopic simulations of complex metropolitan dynamics. Amsterdam: Complex City Workshop, 2011.
- [33] 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.]
- [34] 段亚明, 刘勇, 刘秀华, 等. 基于POI大数据的重庆主城区多中心识别. 自然资源学报, 2018, 33(5): 70-82. [DUAN Y M, LIU Y, LIU X H, et al. Identification of polycentric urban structure of central Chongqing using points of interest big data. Journal of Natural Resources, 2018, 33(5): 70-82.]
- [35] 丁亮, 钮心毅, 宋小冬. 上海中心城区商业中心空间特征研究. 城市规划学刊, 2017, (1): 63-70. [DING L, NIU X Y, SONG X D. A study on spatial characteristics of commercial centers in the Shanghai central city. Urban Planning Forum, 2017, (1): 63-70.]
- [36] 孙宗耀, 翟秀娟, 孙希华, 等. 基于POI数据的生活设施空间分布及配套情况研究: 以济南市内五区为例. 地理信息世界, 2017, 24(1): 65-70. [SUN Z Y, ZHAI X J, SUN X H, et al. Study on spatial distribution and matching situation of living facilities based on POI: Taking five districts of Ji'nan as a case. Geomatics World, 2017, 24(1): 65-70.]
- [37] 田宝江, 钮心毅. 大数据支持下的城市设计实践—衡山路复兴路历史文化风貌区公共活动空间网络规划. 城市规划学刊, 2017, (2): 78-86. [TIAN B J, NIU X Y. Big data supported urban design: Public activity network plan in Fuxing-Hengshan Road historical and cultural area. Urban Planning Forum, 2017, (2): 78-86.]
- [38] 曹阳, 甄峰. 智慧城市仿真模型组织架构. 科技导报, 2018, 36(18): 47-54. [CAO Y, ZHEN F. The organization of smart city simulation model. Science & Technology Review, 2018, 36(18): 47-54.]
- [39] BATTY M, LONGLEY P. Urban growth and form: Scaling, fractal geometry, and diffusion-limited aggregation. Environment and Planning A, 1989, 21(11): 1447-1472.
- [40] BATTY M, XIE Y. Preliminary evidence for a theory of the fractal city. Environment and Planning A, 1996, 28(10): 1745-1762.
- [41] XIE Y. Analytical models and algorithms for cellular urban dynamics. New York: University of New York at Buffalo, 1994.
- [42] 王红, 闫国年, 陈干. 细胞自动机及在南京城市演化预测中的应用. 人文地理, 2002, 17(1): 47-50. [WANG H, LYU G N, CHEN G. Application of cellular automata to urban dynamic process modelling for Nanjing city. Human Geography, 2002, 17(1): 47-50.]
- [43] 武晓波, 赵健, 魏成阶, 等. 细胞自动机模型用于城市发展模拟的方法初探: 以海口市为例. 城市规划, 2002, 26(8): 69-73. [WU X B, ZHAO J, WEI C J, et al. The urban expanding simulation with the cellular automata model in Haikou. City Planning Review, 2002, 26(8): 69-73.]
- [44] 王红, 闫国年. 城市细胞自动机模型研究的回顾与展望. 经济地理, 2003, 23(2): 154-157. [WANG H, LYU G N. The review and prospect of urban cellular automata model. Economic Geography, 2003, 23(2): 154-157.]
- [45] 甘欣悦, 余天唯, 龙瀛. 街道建成环境中的城市非正规性: 基于北京老城街景图片的人工打分与机器学习相结合的识别探. 时代建筑, 2018, (1): 62-68. [GAN X Y, SHE T W, LONG Y. Understanding urban informality in street built environment combining manual evaluation with machine learning in processing the Beijing old city's street-view images.

- Time Architecture, 2018, (1): 62-68.]
- [46] 吴志强. 人工智能辅助城市规划. 时代建筑, 2018, (1): 6-11. [WU Z Q. Artificial intelligence assisted urban planning. Time Architecture, 2018, (1): 6-11.]
- [47] 吴志强. 论新时代城市规划及其生态理性内核. 城市规划学刊, 2018, (3): 19-23. [WU Z Q. Urban planning in new era and the core of ecological rationality. Urban Planning Forum, 2018, (3): 19-23.]
- [48] 包胜, 杨洪钦, 欧阳笛帆. 基于城市信息模型的新型智慧城市管理平台. 城市发展研究, 2018, 25(11): 50-57, 72. [BAO S, YANG H Q, OUYANG D F. City information modeling-based new-type smart city management platform. Urban Development Studies, 2018, 25(11): 50-57, 72.]
- [49] 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.]
- [50] 刘瑜. 社会感知视角下的若干人文地理学基本问题再思考. 地理学报, 2016, 71(4): 564-575. [LIU Y. Revisiting several basic geographical concepts: A social sensing perspective. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(4): 564-575.]
- [51] LAZER D, KENNEDY R, KING G, et al. The parable of Google Flu: Traps in big data analysis. Science, 2014, 343(6176): 1203-1205.

Research on smart technology-assisted territorial spatial planning: A case study at city and county level

KONG Yu¹, ZHEN Feng^{1,2}, LI Zhao-zhong¹, FU Xing-xing¹

(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 emergence and development of the e-society affect the relationship between man and land. Smart technology, as one of the main driving forces and an important support for the rise of the e-society, is changing the mode of protection, development and governance of territorial space. It also puts forward new requirements for the compilation method of territorial spatial planning. At present, the application of smart technology in territorial spatial planning has been explored, and there are many practices at the technical level, but there is a lack of holistic thinking on the application of smart technology in territorial spatial planning. Based on the core concept of "ecological civilization" and "people-oriented", and on the basis of combing the traditional planning and the current application of smart technology, this paper systematically constructs a framework of the whole process of smart technology-assisted territorial spatial planning from four aspects: smart perception and collection, smart analysis and processing, smart evaluation and smart decision-making, so as to adapt to the current territorial spatial planning. To meet the new requirements, it is more reasonable, scientific and wise to assist in territorial spatial planning.

Keywords: territorial spatial planning; e-society; smart technology; implementation framework; city and county