

邓毛颖, 邓策方.数据赋能下的智慧国土空间规划实践——以广州为例. 热带地理.
Deng Maoying, and Deng Cefang. Data-Assisted Smart Territorial Spatial Planning Practice: A Case Study of Guangzhou. *Tropical Geography*.

数据赋能下的智慧国土空间规划实践 ——以广州为例

邓毛颖¹, 邓策方²

(1. 广州市规划和自然资源局, 广州 510030; 2. 新加坡国立大学 设计与工程学院, 新加坡 119077)

摘 要：多源城市时空数据使得智慧国土空间规划实践成为可能。文章以“生态优先、以人为本”为基本原则，构建一个总体的智慧国土空间规划与数据应用框架，并以广州为案例，从可持续发展、高质量发展、高品质生活、高水平治理4个维度，探究多源城市时空数据如何赋能智慧国土空间规划编制、审批和实施监督。多源城市时空数据应用于构建美丽国土空间，可提高“双评价”、“三区三线”划定的精确性、科学性；应用于存量空间治理，为空间功能优化配置、空间载体分类施策和提质增效提供科学依据；应用于人本化城市建设，助力城市空间需求差异性的深入挖掘，促进城市服务品质整体提升；应用于国土空间动态规划管理，通过国土空间基础信息平台实现数据集成，为国土空间的监测、评估、预警提供了强有力的数据保障。智慧国土空间规划未来应建立规范化的数据渠道与应用标准、加强多源数据整合及“一张图”平台建设、充分吸收跨领域理论与技术，以推进国土空间治理体系和治理能力现代化。

关键词：国土空间规划；多源城市时空数据；智慧城市；广州

中图分类号：TU982

文献标志码：A

文章编号：1001-5221(XXXX)XX-0001-10

DOI：10.13284/j.cnki.rddl.003781

开放科学（资源服务）标识码（OSID）：



2000年以来，Internet互联网技术使信息处理以极快速度在全球范围内发展，尤其是互联网用户（特别是手机互联网用户）的增加及各类基于位置服务的应用程序快速普及，使得智慧城市/社会建设呈现指数般的成长（邓毛颖，2015；王波等，2015）。2010年，IBM正式提出了“智慧的城市”愿景。智慧城市是指通过无所不在的传感网将其与现实城市关联起来，将海量数据存储、计算、分析和决策交由云计算平台处理，并按照分析决策结果对各种设施进行自动化的控制（Li et al., 2013）。中国智慧城市建设目标是要推进城市向低碳、绿色、和谐和可持续发展的方向发展，并逐步从探索、设计迈入建设阶段（李德仁，2014）。大数据时代为智慧城市建设和可持续发展提供了革命性机遇，一方面增强了智慧城市研究分析和解决问题的

能力，另一方面为智慧城市规划提供了新的思维 and 理念（甄峰等，2014）。

2019年，国家发布建立国土空间规划体系的一系列政策，指出要建立“多规合一”体系。这些政策的出台，标志着国土空间规划体系构建工作正式开展。“多规合一”的国土空间规划体系改革，为城乡规划研究和实践带来新挑战（庄少勤等，2020）。政策中提到的国土空间规划在智慧化方面要达到可感知、能学习、善治理及自适应特征，近年来迅速成为研究热点与实践突破口（甄峰等，2019），带有时间和地理空间信息的“大数据”为城市研究与规划方法创新带来新机遇（甄峰等，2015）。城市时空大数据为当前国土空间规划体系的改革提供新环境，也提出新要求（甄峰等，2019）。整体上，在国土空间规划与治理过程中，

收稿日期：2023-05-19；**修回日期：**2023-06-25

基金项目：国家社会科学基金项目“多空间尺度视角下粤港澳大湾区协同创新发展研究”（19BJY064）

作者简介：邓毛颖（1973—），男，广东徐闻人，教授级高级工程师，博士，研究方向为城乡发展与规划、交通规划和土地经济，(E-mail) 26886688@qq.com；

通信作者：邓策方（2001—），男，广东湛江人，硕士研究生，研究方向为城市规划、土地经济和城市建设，(E-mail) 1105225184@qq.com。

愈加重数据支持下的智能感知、分析、评估与决策全过程(孔宇等, 2019)。在此背景下, 城市时空大数据通过支撑空间规划多个主要环节, “赋能”智慧国土空间规划实践(秦萧等, 2019)。实际上, 国内外学者及规划师团体都很关注城市时空大数据在空间规划中的应用, 围绕描述城市空间特征、基础设施规划、城市服务圈层结构、城市与乡村融合发展边界、城市内部建设土地利用变化等议题开展了探讨(Becker et al., 2011; 柴彦威等, 2014; 钮心毅等, 2014; 王波等, 2015; 钟炜菁等, 2017; Shafizadeh et al., 2017)。但总体上, 较少学者结合具体实践案例, 系统性地探究不同类型城市时空大数据在国土空间规划中的整体应用。同时, 早期研究也指出, 大数据虽然数量大但内容深度往往不足, 并提出在城市研究与规划应用中可采用小数据与大数据结合的方法路径(甄峰等, 2015)。

基于此, 本文将不同来源的城市时空小数据与大数据定义为多源城市时空数据, 并试图探究其如何“赋能”智慧国土空间规划实践。具体地, 本文试图构建一个总体框架, 将国土空间规划智慧化与时空数据应用相联系; 其次, 结合广州探索国土空间规划智慧化的成果积累, 系统阐述多源城市时空数据从规划编制到监督实施各个环节中的应用; 最后, 总结与讨论多源城市时空数据应用的挑战与优化建议, 以期有助于从技术方法上推进智慧国土空间规划建设探索。

1 智慧国土空间规划与数据应用总体框架

从概念上看, 国土空间是一种场所和环境, 描述其功能本质上是阐述人地关系, 即在系统上一定时空范围内的主体、环境、活动等要素呈现的静态及动态耦合关系。为应对信息时代下国土空间管理面临的新形势, 原国土资源部于2012年全国国土资源信息化工作会议中提出了“智慧国土”的建设目标, “智慧国土”工程通过融合前沿信息技术, 构建集成化的土地管理系统, 以常态化调查监测、信息资源深度挖掘等方面为建设目标, 推动国土资源管理决策科学化(国土资源部, 2012)。国土空间规划是土地资源管理的重要内容, 当前, 国土空间规划体系改革的根本逻辑是基于新时代下的人地关系需求来优化国土空间(庄少勤, 2019)。本文将智慧国土空间规划视为一种新型规划方法, 该规划

方法遵循“生态优先、以人为本”的基本原则, 通过将新一代信息技术综合运用于规划编制、审批和实施监督等环节, 推动国土空间实现集约高效、功能衔接、人地和谐。首先, “生态文明”在国土空间规划中具有基础地位。党的十八大以来, 在“人与自然和谐共生”“绿水青山就是金山银山”“良好生态环境是最普惠的民生福祉”及“建成美丽中国”等理念的指导下, 启动与推进了生态文明体制改革(陈明星等, 2019)。《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》(中共中央, 国务院, 2019)(以下简称《意见》)整合上述理念, 强调既要保持生态发展, 又要优化国土空间开发保护格局。因此, 新时期国土空间规划要求对国土空间各类资源要素进行优化感知、分析、评估与决策。具体地, 首先开展“双评价”工作, 对国土空间的资源环境承载能力和开发适宜性进行分析, 再对功能性空间进行统筹布局, 对三条控制线(城镇开发边界、永久基本农田与生态保护红线)进行管控, 进而对资源开发格局进行合理管理, 并进行实时监测、预警调整与决策。

其次, “以人为本”在国土空间规划中具有核心地位。党的十九大报告指出, 现阶段社会主要矛盾是人民对日益增长的美好生活需要和不平衡不充分发展之间的矛盾。“人民城市人民建、人民城市为人民”的发展理念继续强调“以人为本”的城市发展思想(邓毛颖, 2020)。同时, 《意见》也提出坚持以人民为中心、实现高质量发展和高品质生活。国土空间规划的编制、审批和实施监督各环节, 都需要对国土空间上的多元化人群各类活动时空信息进行感知、分析、评估与决策。具体地, 在对多元化人群活动时空规律以及空间品质等评价的基础上, 统筹规划建设宜业、宜居、宜乐、宜游的自然环境与建成环境, 依据规划目标优化城市空间布局、城市功能及提升城市品质, 进而促进经济、社会、文化、生态等领域高质量发展, 并进行实时监测、预警调整与决策。

多源城市时空数据为国土空间上各类资源要素与人群活动时空信息感知、分析、评估与决策的智能化过程“赋能”(图1)。值得注意的是, 支撑智慧国土空间规划的数据集包括小数据与大数据, 并且来自不同数据源。其中, 城市时空小数据指数据量较小、更新周期较长的数据, 能精准表达法定规划管控要素, 可反映一定时期内国土空间保护和利用总体状况, 包括国家基础地理信息数据、采集数

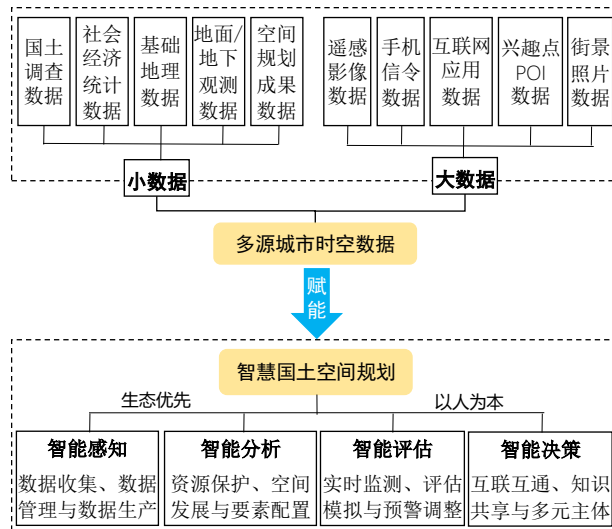


图1 智慧国土空间规划与数据集总体框架

Fig.1 General framework of smart territorial spatial planning and data sets

据集、国民经济和社会发展统计数据、全国国土调查成果数据、国土空间规划成果数据等；城市时空大数据指数据量大、实时采集和更新的数据，提供国土空间要素的实时动态感知信息，包括卫星或飞机传感影像数据、海量手机信令数据、互联网数据、兴趣点点类数据、不同区域不同时期的街景照片数据等（李满春等，2020）。在多源城市时空数据“赋能”智慧国土空间规划编制、审批和实施监督过程中，需要充分挖掘不同来源的城市时空小数据和大数据价值，使两者相互补充、相互验证，消除不同部门和组织间的数据鸿沟，促进行业与业务知识共享及协同创新，从而实现“四智目标（感知、分析、评估、决策）”。

2 数据赋能下的广州国土空间规划实践

相比中小城市，超大城市的知识、技术、人才、资金等的时空交换与流动更加频繁，城市生产与居民活动范围更大、类型更复杂，通过空间规划协调城市发展、居民生活、生态保护等多元目标的难度更大，因此需要多源城市时空数据为国土空间上各类资源要素与人群活动时空信息感知、分析、评估与决策的过程“赋能”。基于上述总体框架，分别从可持续发展、高质量发展、高品质生活、高水平治理4个维度，探究多源城市时空数据如何应用于“生态优先、以人为本”理念下的广州国土空

间规划实践。

2.1 面向可持续发展,支撑构建美丽国土空间

“三区三线”的界定是国土空间规划的核心内容（魏旭红等，2019）。其中，国土资源承载力评价是依据自然资源属性（如土地、水、环境、生态、灾害、气候等）所做的评估，主要基于全国国土调查成果数据、国家基础地理信息数据、地面/地下的采集数据集等开展（图2）。

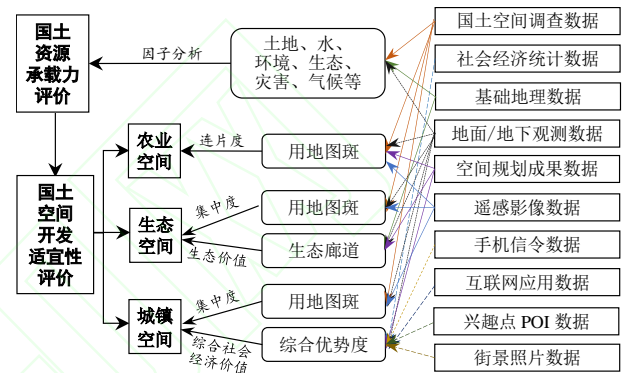


图2 国土空间“双评价”中的多源城市时空数据应用框架

Fig.2 The application of multi-source urban spatiotemporal data in the evaluation of resource carrying capacity and development suitability of territorial space

《广州市国土空间总体规划（2021—2035年）》编制过程中，针对珠三角地区工业化进程中的水和土壤资源污染突出问题和风险，特定补充开展农业水资源、土壤资源等地面/地下观测调查，以综合评定全市土地资源质量、农业水质状况，结合气象灾害风险分析、植被覆盖分析，为国土资源承载力评价和提升路径分析提供支撑（图3）。

国土空间开发适宜性评价与国土资源承载力评价相比，侧重于从农业空间、生态空间、城镇空间3个维度进行评价。农业空间与生态空间考虑人类活动影响相对较小，而城镇空间则需重点考虑人地关系。在《广州市国土空间总体规划（2021—2035年）》编制过程中，多源城市时空小数据与大数据在农业空间、生态空间与城镇空间的管控与规划中均发挥着重要作用（见图2）。首先，应用国土调查、地面/地下观测、空间规划成果、遥感影像等数据，通过数据校正与叠加整合，形成连续的三类空间用地基础图斑时空数据底盘。其次，基于源-汇与栖息-迁徙等方法过程对流域与生物进行模拟，对生态功能区与生态网络进行识别，筛选出适宜生态源地与生物迁移廊道，在此基础上划定生态保护红

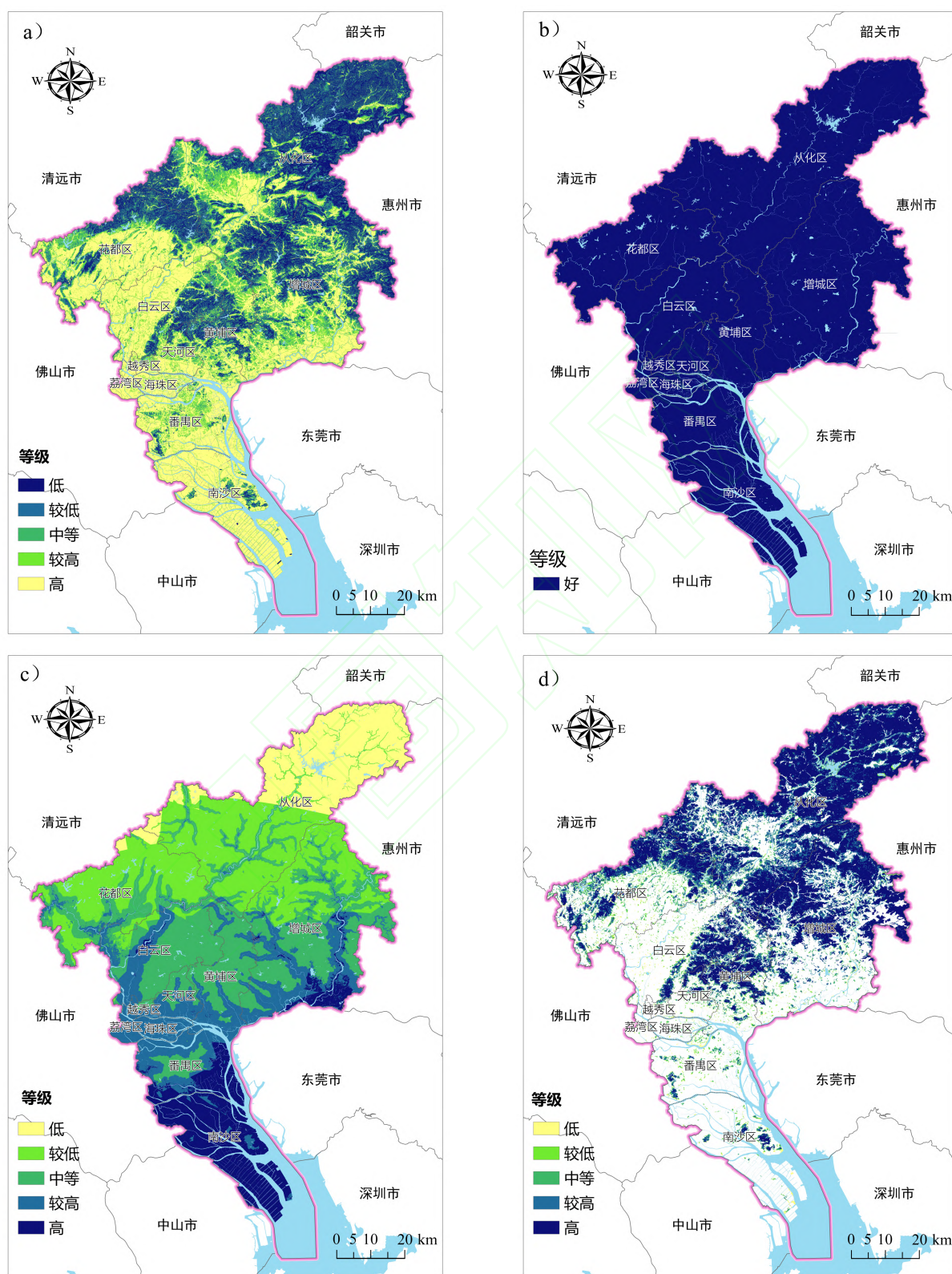


图3 广州市生态环境类时空数据分析与应用 (a. 农业生产适宜性土地等级; b. 农业生产适宜性水资源等级; c. 气象灾害危险性等级; d. 植被覆盖度分布)

Fig.3 Ecological and environmental data of Guangzhou city (a. Grade of suitable land for agricultural production;b. Grade of suitable water for agricultural production;c. Grade of meteorological disaster risk;d. Distribution of vegetation coverage)

线。再次，采用最小阻力距离模型有效分析得出用地图斑集中的空间分布，进一步结合给排水、耕作便利度等工程条件与土壤质量，筛选出集中连片的、耕作能力好的用地基础图斑，最终划定出永久基本农田集中区。为了更加合理划分城镇开发边界，除了上述基于图斑增长演变模拟建设用地增长的方法外，还需要从人类活动联系与活动强度2个视角加强城镇综合优势度分析。具体地，首先，利用互联网应用平台上的交通（航空、铁路、高速公路）班次及客货运量与手机信令数据，借助社会网络等分析方法，评估广州在国家尺度、都市圈尺度下与其他城市的区域联系现状及其主要腹地范围，为确定城镇在区域内的优势空间发展方向提供科学依据。其次，利用企业第四次全国经济普查、手机信令、兴趣点 POI、街景照片等数据，借助核密度、差异度等方法，测度和识别广州市就业中心体系和公共服务中心体系，并评估不同类型就业岗位和公共服务设施的空间分布特征和中心发展情况，为确定城镇在市域内的优势空间发展片区提供科学依据。再次，通过数据清洗、空间统一化、标准化、归一化处理，使得通信数据、互联网数据、市、区、街镇各层级的普查数据得以对接融合。最后，综合考虑耕地和生态避让的保护阻力因子，划定优势度更加综合的城镇开发边界 2 135.00 km²，永久基本农田 398.72 km²，生态保护红线面积 1 421.73 km²。

2.2 面向高质量发展,支撑优化高效存量空间

广州已进入以存量空间为主的发展阶段，分布城中村、批发市场、村级工业园等大量存量空间，亟需在城市更新过程中将低效率、低成本、低品质空间转化为高效率、低成本、高品质空间，从而促进城市高质量发展（邓毛颖等，2022）。在国家政策越来越强调遵循城市发展规律、尊重人民意愿的背景下，在存量空间相关专项规划编制过程中，开展格网尺度的城市要素调查，建立“人口-土地-房屋-企业-设施”精准匹配的基础地理数据库，将城市时空小数据与大数据结合，开展综合分析以助力因地制宜、分类施策的存量空间优化方案。图4展示城市时空小数据与大数据在支撑城中村、批发市场、村级工业园规划中的具体应用。

对城中村应采取谨慎治理、拆留并举的措施，重点从生态和建成环境2个方面提升空间品质。以广州典型城中村代表大源村为例，从物质空间上看，村民房屋在水平和垂直立面上均已呈现高密度

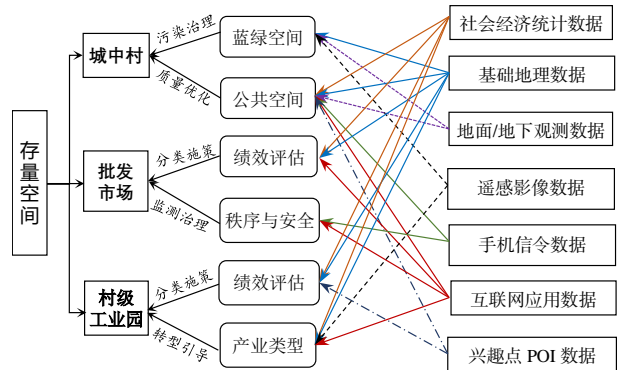


图4 存量空间优化中的多源城市时空数据应用框架

Fig.4 The application of multi-source urban spatiotemporal data in the optimization of inventory space

的混合业态特征（图5）。已有研究发现，高密度的混合业态模式为城中村的产业发展提供低成本空间优势，是保障城中村经济高效率的重要因素。因此，对城中村的更新规划应避免大拆大建，力求在保持低成本空间优势的同时，重点提升空间品质（邓毛颖等，2021）。首先，通过社会经济统计与基础地理等数据清查违法建筑、识别低效率和低品质空间，盘活存量土地。其次，借助多源城市时空数据，从蓝绿空间与公共空间2个重点方向开发存量空间。具体地，通过对遥感影像数据与地面/地下观测数据的反演模型，经过图像拼接校正、阴影避让、耀斑与水华识别、水体提取等，识别大源村河涌水质污染程度及分布情况。同时，利用微信热力图、微博签到等互联网应用、手机信令等数据挖掘居民活动时空间规律，并与大源村现有公共空间和蓝绿空间分布进行叠置分析，最终形成涵盖河涌、公园、广场的 152 hm²公共空间新增计划，实现对城中村空间的修补式更新。

对批发市场，重点从批发市场与城市功能的关联、批发市场与人流、物流、交通流的协调组织2个方面提升空间效率、并促进有序治理。首先，通过社会经济统计与基础地理数据，汇集全市各批发市场的商户数量、主营产品、交易额等信息，持续评估和监测经济效益。其次，通过企业第四次全国经济普查、货拉拉互联网应用等数据，建立全市批发市场与其所在地区用地、产业和交通联系数据库，为开展批发市场疏解的效益测算、城市与交通影响提供分析支撑，为分类推动批发市场的转型疏解、提质增效等规划提供科学决策。再次，通过对人口信令数据的分析，掌握批发市场相关联的人群

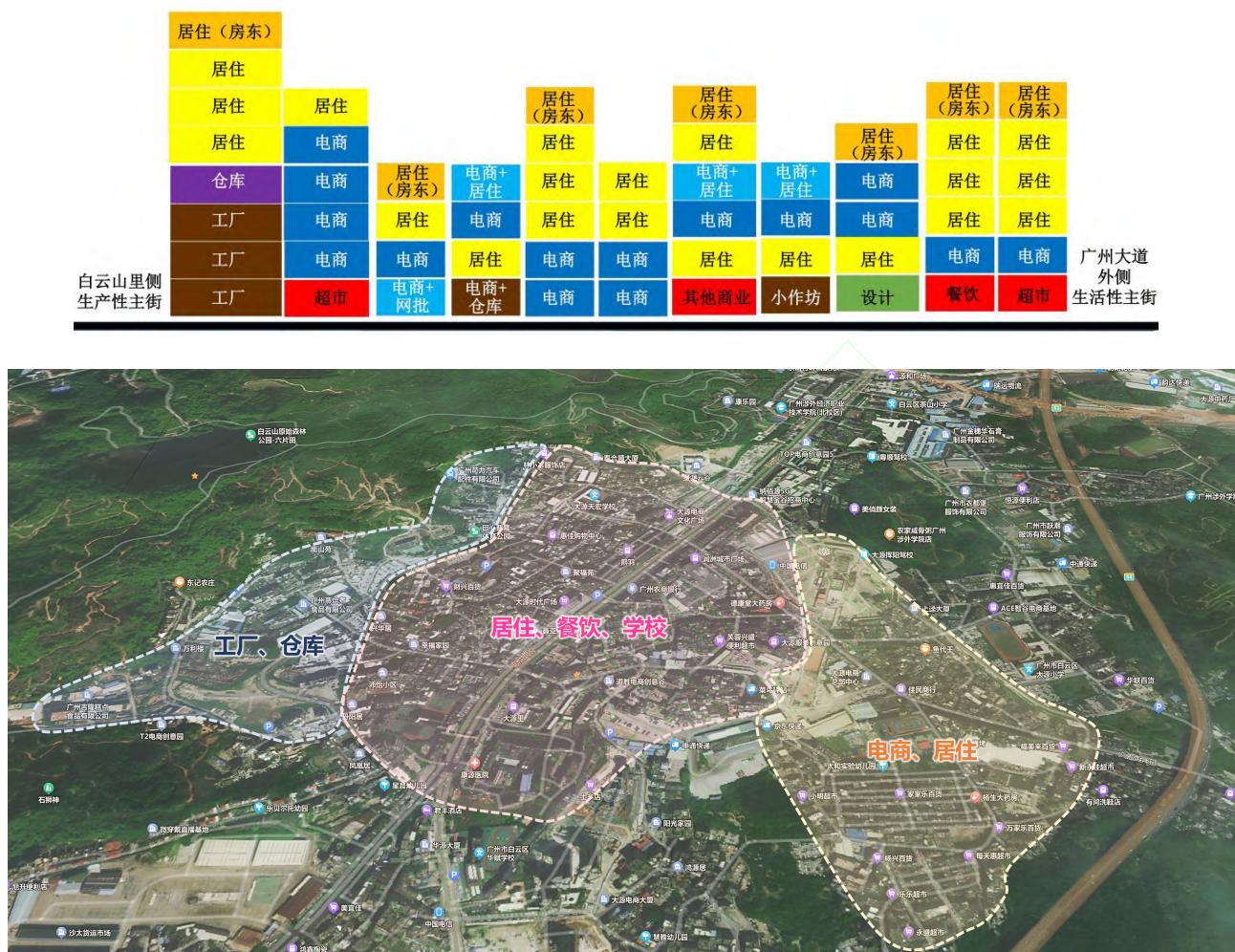
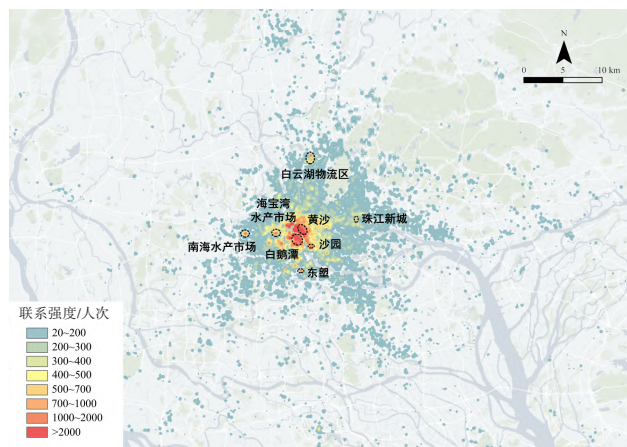


图5 广州大源村房屋混合业态平面示意

Fig.5 The mixed use of multistoried house in Dayuan village, Guangzhou

活动时空数据 (图6), 为突发公共卫生危机等城市应急事件下的高密度空间有序治理提供科学依据 (邓毛颖, 2020)。

对村级工业园采取分类施策的改造方式, 重点从整体效率和产业类型2个方面提升空间效率和促进可持续发展。首先, 通过基础地理信息、企业第四次全国经济普查、遥感影像等数据, 在空间上落图, 统计村级工业园产业类型。其次, 结合夜间灯光影像、微博签到、大众点评网商户、房价网等互联网应用数据, 建立土地开发强度模型及绩效模型, 测度社会经济总体产出效应, 以评价村级工业园的整体绩效。最后, 结合村级工业园的产业类型、整体绩效以及其所在地区功能, 确定三类村级工业园分类施策的改造方式。对建筑质量较好、产业效益较高的村级工业园, 主要采取保留整治的方

图6 基于货车流动数据和人口信令数据的
单体批发市场辐射范围分析Fig.6 Analysis of the radiation range of individual wholesale markets
based on truck flow data and population signaling data

式；对位于农业和生态发展空间内且效益较低的村级工业园，逐步引导拆除清退和发展绿色产业；对有整合、改造潜力（经济效益一般、建筑质量一般等）的村级工业园，推动其设施完善和产业转型升级。

2.3 面向高品质生活,支撑建设多元人本城市

在广州市城市建设相关专项规划编制过程中，特别重视对多元化人群日常生活中各类活动（如就业、居住、交通与游憩等）时空规律的分析。已有研究表明，不同类型人群时空行为往往存在明显差异，从而导致对城市空间需求的差异（邓毛颖等，2000）。本节重点从街道空间品质与公服设施品质2个方面，展示城市时空小数据与大数据在建设人本化城市中的具体应用（图7）。

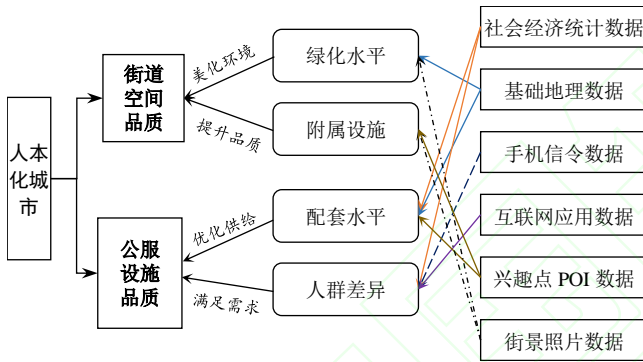


图7 人本化城市建设中的多源城市时空数据应用框架

Fig.7 The application framework of multi-source urban spatiotemporal data in the construction of people-oriented city

对街道空间品质，首先，采集市域内所有街道的街景照片数据，通过计算机图像分割技术及机器学习方法，提取绿色植被像素计算绿视率，从而量化评价广州街道绿化水平。街景照片数据处理应用涉及概率论、统计学、逼近论、凸分析、算法复杂度理论等多领域的交叉学科，突破了传统规划技术方法，为精准分析城市绿化水平提供了切实有效的评估工具。通过机器学习模型构建，形成评价结果，用于指导城市道路绿化景观规划，以美化街道自然环境，并进一步运用到城市风热环境的改善规划中。其次，根据市域内所有街道的周边 100 m 范围内兴趣点 POI 与街景照片等数据，采集店铺、路灯、广场、公园、垃圾桶、路名牌、小品、长凳等街道附属设施信息，对广州街道空间品质进行综合量化评价，并应用于广州市街道空间品质提升规划决策中。

对公服设施品质，首先，采集基础地理和兴趣点 POI 数据，分析经济、文化、教育、卫生、体育等主要公服设施的空间分布特征。其次，结合手机信令和互联网应用数据，识别物流人员、IT 技术人员、金融从业者、教师、医护等不同职业类型人群及其常驻地情况，刻画其标准工作日与休闲日的时空行为画像。另外，根据不同职业类型人群对公共服务需求的问卷调查结果、以及七普数据的职业类型人群比例，估算城市内不同类型公服设施的时空需求。最后，结合空间供给现状与时空需求估算，指导公服设施规划，以提升其服务品质。

2.4 面向高水平治理,支撑动态更新规划管理

多源城市时空数据支撑下的智慧国土空间动态规划管理框架主要由空间基础信息平台及国土空间规划“一张图”构成，服务支撑国土空间资源的监测、评估、预警等方面。（图8）。首先，是在“市-区-街镇-村-格网”5级空间尺度上，相应地实现对不同职能部门和行业组织来源的城市时空小数据和大数据的收集。为了贯彻“集中统一共享，分层分级管理”的理念，建立了广州市国土空间基础信息平台。该平台是实现智慧国土空间规划监测、预警调整和决策全过程的重要工具。基于该平台，从纵横2个维度分别实现了国土空间规划信息的互通共享和业务协同。同时，通过将各类空间管控数据纳入基础信息平台，为广州市的国土空间规划提供更加全面和准确的支持。具体地，

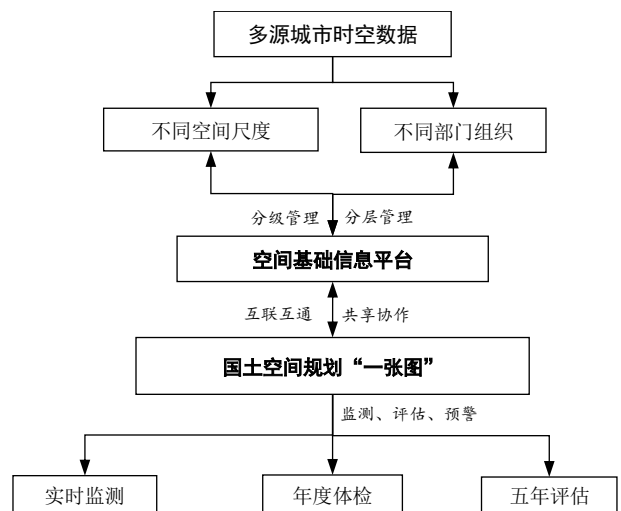


图8 多源城市时空数据支撑下的智慧国土空间动态规划管理框架

Fig.8 The application of multi-source urban spatiotemporal data in the dynamic management of smart territorial spatial planning

基于国土空间规划“一张图”，建立实时监测、年度体检、5年评估3种监测预警评估模式。其中，实时监测主要针对底线性要素（如耕地保护三条红线的面积控制、市级蓝线范围面积、市级绿线范围面积、历史城区、名镇名村、街区保护面积等）的约束性指标及其对应的空间进行动态跟踪、自动比对，监测日常行政审批和建设项目，对违反管控要求的行为及时预警。年度体检和5年评估主要针对影响创新、协调、绿色、开放、共享5个维度方面高质量发展的量化指标体系开展综合评估，通过纵向与横向对比，为国土空间资源的监测、评估、预警以及相关管理措施的科学调整与决策提供依据。

3 结论与讨论

本文基于广州具体实践，面向可持续发展、高质量发展、高品质生活、高水平治理4个维度，将多源城市时空数据同国土空间规划编制智慧化相连接，在空间规划审批和监督得到有效应用。面向可持续发展，国土调查、地面/地下观测、空间规划成果等时空数据为国土资源承载力评价、国土空间开发适宜性评价提供支持，促进生态、农业、城镇空间布局优化，推动构建美丽国土空间。面向高质量发展，时空数据为存量空间治理提供了强有力的数据支撑。对城中村，多源数据助力高密度混合业态空间的品质提升；对批发市场，相关数据分析为空间资源优化配置提供辅助，促进有序治理；对村级工业园，时空数据为分类施策提供科学依据，优化了产业布局。面向高品质生活，多源城市时空数据通过精准量化街道绿化水平、估算各类公共服务的需求等，支撑多元人本城市建设。面向高水平治理，多源数据为国土空间资源的监测、评估、预警以及相关管理措施的科学调整与决策提供信息基础。

在《广州市国土空间总体规划（2021—2035年）》、特定类型国土空间相关专项规划的实践过程中，一方面验证多源城市时空数据的“赋能”作用，另一方面也暴露当前多源城市时空数据应用的系列挑战。首先，多源城市时空数据获取难度大、成本高，且缺少统一规范的应用指引，带来数据获取难、数据分析结果难以对比等挑战。为此，需尽快规范数据渠道与统一应用标准，支撑稳定的多源城市时空数据来源，以保障数据隐私与安全，将多源城市时空数据纳入空间基础信息平台“一张图”管理，助力智慧国土空间规划。其次，多源城市时

空数据的数据量大、指标多，对传统城乡规划专业理论和技术提出挑战。为此，需充分吸纳经济学、社会学、计算机科学、地理信息科学等其他专业理论和技术，实现跨领域融合，提升数据收集、分析与决策能力。最后，需要警惕不同来源城市时空大数据与小数据的缺陷，在具体分析过程中相互补充、相互验证，并在具体实践过程中总结经验，以从技术方法上推进智慧国土空间规划建设的持续探索。

参考文献 (References):

- Becker R A, Caceres R, Hanson K, Loh J M, Urbanek S, Varshavsky A, and Volinsky C. 2011. A Tale of One City: Using Cellular Network Data for Urban Planning. *Pervasive Computing*, IEEE, 10 (4): 18-26.
- 柴彦威, 龙瀛, 申悦. 2014. 大数据在中国智慧城市规划中的应用探索. *国际城市规划*, 29 (6): 9-11. [Chai Yanwei, Long Ying, and Shen Yue. 2014. Big Data Application in China's Smart City Planning. *Urban Planning International*, 29(6): 9-11.]
- 陈明星, 梁龙武, 王振波, 张文忠, 余建辉, 梁宜. 2019. 美丽中国与国土空间规划关系的地理学思考. *地理学报*, 74 (12): 2467-2481. [Chen Mingxing, Liang Longwu, Wang Zhenbo, Zhang Wenzhong, Yu Jianhui, and Liang Yi. 2019. Geographical Thinking on the Relationship between Beautiful China and Land Spatial Planning. *Acta Geographica Sinica*, 74(12): 2467-2481.]
- 邓毛颖, 谢理. 2000. 广州市居民出行特征分析及交通发展的对策. *城市规划*, 24 (11): 45-49. [Deng Maoying, and Xie Li. 2000. The Characteristics of the Trips of the Local Residents and the Transport Policy in Guangzhou. *City Planning Review*, 24(11): 45-49.]
- 邓毛颖. 2015. 智慧城市与智慧的城市规划. *华南理工大学学报 (社会科学版)*, 17 (3): 49-56. [Deng Maoying. 2015. Smart City and Wise Urban Planning. *Journal of South China University of Technology (Social Science Edition)*, 17(3): 49-56.]
- 邓毛颖. 2020. 危机与转机: 突发公共卫生事件下的城市应对思考——以广州为例. *华南理工大学学报 (社会科学版)*, 22 (3): 76-82. [Deng Maoying. 2020. Crisis and Turnaround: Urban Response to Public Health Emergencies: Case Study of Guangzhou. *Journal of South China University of Technology (Social Science Edition)*, 22(3): 76-82.]
- 邓毛颖, 邓策方. 2021. 利益统筹视角下的城市更新实施路径——以广州城中村改造为例. *热带地理*, 41 (4): 760-768. [Deng Maoying, and Deng Cefang. 2021. Assessment of the Implementation Path of Urban Renewal from the Perspective of Interest Coordination: A Case Study on Guangzhou Urban Village Redevelopment. *Tropical Geography*, 41(4): 760-768.]
- 邓毛颖, 邓策方, 王洋. 2022. 广东省建设用地供给与管理策略研究——基于国土空间高质量发展导向. *中国国土资源经济*, 35 (6): 36-42. [Deng Maoying, Deng Cefang, and Wang Yang. 2022. Study on Construction Land Supply and Management

- Strategy in Guangdong Province: Based on Orientation of High-Quality Development of Territorial Space. *Natural Resource Economics of China*, 35(6): 36-42.]
- 国土资源部. 2012. 国土资源部关于印发《国土资源信息化“十二五”规划》的通知. 国土资源通讯, (5): 19-28. [Ministry of Land and Resources. 2012. The Notice of the Ministry of Land and Resources on the Issuance of the 12th Five-Year Plan on Land and Resources Informatization. *Land Resources Communications*, (5): 19-28.]
- 孔宇, 甄峰, 李兆中, 傅行行. 2019. 智能技术辅助的市(县)国土空间规划编制研究. 自然资源学报, 34(10): 2186-2199. [Kong Yu, Zhen Feng, Li Zhaozhong, and Fu Xingxing. 2019. Research on Smart Technology-Assisted Territorial Spatial Planning: A Case Study at City and County Level. *Journal of Natural Resources*, 34(10): 2186-2199.]
- Li Deren, Shan Jie, Shao Zhenfeng, Zhou Xiran, and Yao Yuan. 2013. Geomatics for Smart Cities-Concept, Key Techniques, and Applications. *Geo-Spatial Information Science*, 16(1): 12.
- 李德仁, 姚远, 邵振峰. 2014. 智慧城市中的大数据. 武汉大学学报(信息科学版), 39(6): 631-640. [Li Deren, Yao Yuan, and Shao Zhenfeng. 2014. Big Data in Smart Cities. *Journal of Wuhan University (Information Science)*, 39(6): 631-640.]
- 李满春, 陈振杰, 周琛, 张鸿辉, 黄秋昊. 2020. 面向“一张图”的国土空间规划数据库研究. 中国土地科学, 34(5): 69-75. [Li Manchun, Chen Zhenjie, Zhou Chen, Zhang Honghui, and Huang Qiuhaohao. 2020. "One Map" Oriented Database Investigation for Territorial Space Planning. *China Land Sciences*, 34(5): 69-75.]
- 钮心毅, 丁亮, 宋小冬. 2014. 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, (6): 61-67. [Niu Xinyi, Ding Liang, and Song Xiaodong. 2014. Understanding Urban Spatial Structure of Shanghai Central City Based on Mobile Phone Data. *Urban Planning Forum*, (6): 61-67.]
- 秦萧, 甄峰, 李亚奇, 陈浩. 2019. 国土空间规划大数据应用方法框架探讨. 自然资源学报, 34(10): 2134-2149. [Qin Xiao, Zhen Feng, Li Yaqi, and Chen Hao. 2019. Discussion on the Application Framework of Big Data in Territorial Spatial Planning. *Journal of Natural Resources*, 34(10): 2134-2149.]
- Shafizadeh-Moghadam H, Asghari A, Tayyebi A, and Taleai M. 2017. Coupling Machine Learning, Tree-Based and Statistical Models with Cellular Automate to Stimulate Urban Growth. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64: 297-308.
- 王波, 甄峰, 张浩. 2015. 基于签到数据的城市活动时空间动态变化及区划研究. 地理科学, 35(2): 151-160. [Wang Bo, Zhen Feng, and Zhang Hao. 2015. The Dynamic Changes of Urban Space-Time Activity and Activity Zoning Based on Check-In Data in Sina Web. *Scientia Geographica Sinica*, 35(2): 151-160.]
- 魏旭红, 开欣, 王颖, 郁海文. 2019. 基于“双评价”的市县国土空间“三区三线”技术方法探讨. 城市规划, 43(7): 10-20. [Wei Xuhong, Kai Xin, Wang Ying, and Yu Haiwen. 2019. Discussion on the Methods of "Three Zones and Three Lines" Implementation at the Spatial Levels of City and Country Based on "Double Evaluations". *City Planning Review*, 43(7): 10-20.]
- 甄峰, 秦萧. 2014. 大数据在智慧城市研究与规划中的应用. 国际城市规划, 29(6): 44-50. [Zhen Feng, and Qin Xiao. 2014. Application of Big Data in Smart City Research and Planning. *International Urban Planning*, 29(6): 44-50.]
- 甄峰, 王波, 秦萧, 陈映雪, 席广亮. 2015. 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. [Zhen Feng, Wang Bo, Qin Xiao, Chen Yingxue, and Xi Guangliang. 2015. *Urban Studies and Innovation in Urban Planning Method Based on Big Data*. Beijing: China Architecture & Building Press.]
- 甄峰, 张姗姗, 秦萧, 席广亮. 2019. 从信息化赋能到综合赋能: 智慧国土空间规划思路探索. 自然资源学报, 34(10): 2060-2072. [Zhen Feng, Zhang Shanqi, Qin Xiao, and Xi Guangliang. 2019. From Informational Empowerment to Comprehensive Empowerment: Exploring the Ideas of Smart Territorial Spatial Planning. *Journal of Natural Resources*, 34(10): 2060-2072.]
- 钟炜菁, 王德, 谢栋灿, 晏龙旭. 2017. 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, 36(5): 972-984. [Zhong Weijing, Wang De, Xie Dongcan, and Yan Longxu. 2017. Dynamic Characteristics of Shanghai's Population Distribution Using Cell Phone Signaling Data. *Geographical Research*, 36(5): 972-984.]
- 中共中央, 国务院. 2019. 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(中发〔2019〕18号). (2019-05-23) [2023-11-04]. https://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content_5394187.htm. [The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council. 2019. Several Opinions of the CPC Central Committee and the State Council on Establishing a Territorial Spatial Planning System and Supervising Its Implementation No.18 [2019] of the CPC Central Committee). (2019-05-23) [2023-11-04]. https://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content_5394187.htm.]
- 庄少勤. 2019. 新时代的空间规划逻辑. 中国土地, (1): 4-8. [Zhuang Shaoqin. 2019. Logic of Spatial Planning in the New Era. *China Land*, (1): 4-8.]
- 庄少勤, 赵星烁, 李晨源. 2020. 国土空间规划的维度和温度. 城市规划, 44(1): 9-13, 23. [Zhuang Shaoqin, Zhao Xingshuo, and Li Chenyuan. 2020. Dimension and Temperature of the Spatial Planning. *City Planning Review*, 44(1): 9-13, 23.]

作者贡献声明:

邓毛颖:研究成果核心完成人、主要执笔人,主导研究选题、研究技术路线制定;

邓策方:主要执笔人,主要参与研究技术路线制定、核心研究成果输出。

Data-Assisted Smart Territorial Spatial Planning Practice: A Case Study of Guangzhou

Deng Maoying¹, and Deng Cefang²

(1. Guangzhou Municipal Planning and Natural Resources Bureau, Guangzhou 510300, China; 2. College of Design and Engineering, National University of Singapore, Singapore 119077, Singapore)

Abstract: In recent years, the state has promulgated a series of policies aimed at establishing a national territorial spatial planning system and advocating for the creation of an integrated "multi-regulation in one" system. The issuance of these policies marked the formal commencement of constructing the territorial spatial planning system. Territorial space is a type of environment, and the description of its functions essentially elucidates the relationship between humans and land. This relationship represents a complex interplay of static and dynamic interactions among elements such as stakeholders, the environment, and activities within a defined spatiotemporal framework of the system. In the new era, territorial spatial planning is required to perceive, analyze, evaluate, and decide upon various resource elements and the spatiotemporal information of diverse activities of people within a national territory. Multi-source urban spatiotemporal data empowers the intelligent processes of perception, analysis, evaluation, and decision-making regarding these resources and activities, propelling the evolution from traditional to smart territorial spatial planning. This study aimed to construct a comprehensive framework for smart territorial spatial planning and multi-source urban spatiotemporal data application to promote the modernization of the territorial governance system and its capabilities. This was done by adhering to the fundamental principles of "ecological priority" and "human-centricity." Taking Guangzhou as an example, this study investigated how multi-source urban spatiotemporal data empowers the drafting, approval, and supervisory execution of smart territorial spatial planning. Multi-source urban spatiotemporal data support territorial spatial planning in four dimensions: sustainable development, high-quality growth, high-quality living, and high-level governance. For sustainable development, spatiotemporal data obtained from land surveys, ground/subterranean observations, and spatial planning outcomes, bolster the assessment of land resource carrying capacity and suitability evaluation for territorial development. This approach fosters optimized layouts for ecological, agricultural, and urban spaces and propel the construction of beautiful territorial spaces. Regarding high-quality growth, spatiotemporal data provide a robust foundation for data support and decision-making in national territorial space governance. In urban villages, multi-source data aid in enhancing the quality of high-density mixed-use spaces. In wholesale markets, data analyses assist in the optimal allocation of spatial resources, promoting orderly governance. In village-level industrial parks, spatiotemporal data underpin classified policymaking, refining industrial layouts. In terms of high-quality living, multi-source urban spatiotemporal data support the construction of diverse human-centric cities by precisely quantifying the level of street greening and estimating the demand for various public services. Regarding high-level governance, multi-source data facilitate the monitoring, assessment, and early warning of territorial space resources as well as the scientific adjustment and decision-making of related management measures. This data-driven planning approach provides scientific decision-making support for high-level urban governance, marking a transition toward more intelligent and refined territorial spatial planning. However, practicing smart territorial spatial planning in Guangzhou not only validates the empowering role of multi-source urban spatiotemporal data but also exposes the challenges in its application. The acquisition of multi-source urban spatiotemporal data is difficult and costly, and the absence of unified application guidelines presents challenges in data acquisition and comparison of analytical results. Consequently, the future research on smart territorial spatial planning should focus on establishing standardized data channels and application norms, enhancing the multi-source data integration and the construction of a "one map" platform, and fully incorporating interdisciplinary theories and technologies.

Keywords: territorial spatial planning; multi-source urban spatiotemporal data; smart city; Guangzhou