

赋能智慧城市建设的城市信息模型(CIM)的内涵及关键技术探究

季 珏 汪 科 王梓豪 张 宁 (中国城市规划设计研究院(住房和城乡建设部遥感应用中心) 北京 100835)

【摘要】城市信息模型(CIM)的发展为城市的精细化治理和智慧城市建设提供了新的契机。在分析CIM的源起、内涵、特点等基础上,从空间维、时间维、感知维解析了CIM的模型涵义,并从平台的基础性和构成体系诠释了CIM的平台内涵,结合当前技术的发展和城市的实践,指出了CIM发展亟需解决的关键技术问题。

【关键词】城市信息模型; CIM; BIM; 城市治理; 智慧城市

【中图分类号】C939 【文献标识码】A

0 引言

2019年,我国城镇化率已经达到60.6%,城市发展进入城市更新的重要时期,由大规模增量建设转为存量提质改造和增量结构调整并重。随着我国城市规模越来越大,要素越来越多,系统越来越复杂,传统城市管理与运维发展模式已无法支撑未来城市的发展需求^[1]。习近平总书记在2020年3月视察杭州市城市大脑项目后指出,“运用大数据、云计算、区块链、人工智能等前沿技术推动城市管理手段、管理模式、管理理念创新,从数字化到智能化再到智慧化,让城市更聪明一些、更智慧一些”。以物联网、信息网络为基础的第四代信息技术(ICT)的快速发展为城市治理和社会治理提供了强大的技术支撑。学者们也普遍认为,新一代信息技术的兴起将会引发第四次工业革命,深刻影响未来的城市发展^[3]。当下,新一代信息技术赋能智慧城市建设,利用数据驱动带动城市治理方式的彻底革新已成为当前城市发展和管理的新趋势。学术界对于智慧城市的目标、技术、场景等进行探讨,试图形成一套新的研究范式^[4]。各地“城市大脑”、“城市云脑”、“领导驾驶舱”等城市信息化项目以及新型智慧城市的建设,也如雨后春笋般展开。截至

2017年3月,我国总计500多个城市已提出或者正在建设智慧城市^[2],其中包括95%的副省级城市和83%的地级城市。但长期以来,智慧城市的建设存在基础数据信息缺失、信息共享不畅、数据孤岛现象丛生、平台重复建设等突出的问题^[2],导致城市规划、建设、管理各个环节的数据无法融汇贯通,业务无法协同联动。在此背景下,城市信息模型(City information modeling,以下简称CIM)的概念应运而生。

由于CIM尚属于刚起步的新生概念,相关技术理论还在讨论阶段。在国际上,欧美等发达国家基本没有新建城市的条件,在既有老旧城市中研究测试的实施难度大,一些“数字孪生”和“未来城市”的项目和技术也在艰难的实践中,CIM技术的研究和发展受限。在我国,CIM技术自2018年后发展迅速。学者们普遍认为CIM是新型智慧城市的重要组成部分,是GIS、BIM、IOT技术的融合^[2,5-6]。从学者们构建的CIM体系架构来看,大多是将CIM作为底层的数据平台来搭建智慧城市的框架^[5]。尽管CIM的理论体系和相关技术仍处于起步的飞速发展时期,但我国各城市已经普遍开始认识到,CIM对于智慧城市的建设和城市精细化治理的突出作用,有关于CIM的信息化项目发展迅速。据不完全统计,截止2020年底,自2018年起已有广州、南京、雄安新区、厦门、北京市副中心、苏州等40多个城市开展CIM项目落地实践工作。本文结合部分城市的项目经验,从CIM的内涵出发,解构CIM的相关概念和涵义体系。

基金项目:国防科工局“高分城市精细化管理遥感应用示范系统(二期)”(06-Y30F04-9001-20/22);住房和城乡建设部科学技术项目(2020-R-017);住房和城乡建设部委托项目:BIM.CIM平台试点工作跟踪及国内外CIM平台发展研究

1 城市信息模型的基本内涵

1.1 城市信息模型的提出

CIM 的提出源起于建筑信息模型 (Building Information Modeling ,以下简称 BIM) 。BIM 将建筑物在设计、施工、建造、运维全生命周期的建筑信息集成整合至一个三维模型信息数据库中,方便信息共享,设计团队、施工单位、设施运营部门和业主等各方人员可以基于 BIM 进行协同工作。借鉴建筑尺度的这一模型,城市信息模型(CIM)被提出,用以实现城市规划、建设、运维管理全链条的信息管理,解决新型智慧城市建设中数据孤岛的困境,以数据驱动城市治理方式的革新。在概念上,BIM 是基于工程项目的小场景模型,而 CIM 是在城市宏观领域的大场景模型。在 BIM 的基础上,CIM 需要汇聚和管理时空基础地理信息,感知监测信息、公共专题数据、业务数据和三维模型等城市级别海量的多源异构信息,支撑城市在规划、建设、运维管理全生命周期各阶段的数据汇聚共享和业务协同管理。

1.2 城市信息模型的基本内涵

2019 年 3 月,住房和城乡建设部颁布的《工程建设项目业务协同平台技术标准》(CJJ/T296-2019)中首次公开提出了 CIM。研究开始对 CIM 的定义和内涵进行探讨,比较统一的是,CIM 要建立在城市级别的基础地理信息基础上,融合建筑物 BIM 模型以及基础设施等三维数字模型,表达和管理城市历史、现状、未来三维空间的综合模型。

从内涵上来理解,CIM 既是模型,也是平台。2020 年 9 月,住房和城乡建设部发布了《城市信息模型(CIM)基础平台技术导则》,提出了“城市信息模型”和“城市信息模型基础平台”的定义,将 CIM 区分为“模型”和“平台”两层涵义。

(1) CIM 表达的“孪生城市空间信息模型”

城市是复杂的巨系统,涉及人口、土地、基础设施等多种元素,CIM 模型主要体现在 CIM 对于城市空间全要素高精度模型的表达,以及城市级别海量多源数据和各类模型的汇聚和融合技术上。从技术层面来看,CIM 模型的本质是在云计算基础上实现“大场景的 3D GIS 数据+小场景的 BIM 数据+微观物联网 IOT 数据”的有机结合。从模型层面来看,CIM 模型要表达三个维度:空间维度、时间维度、感知维度。

空间维度(Space)。空间维中应包含物理空

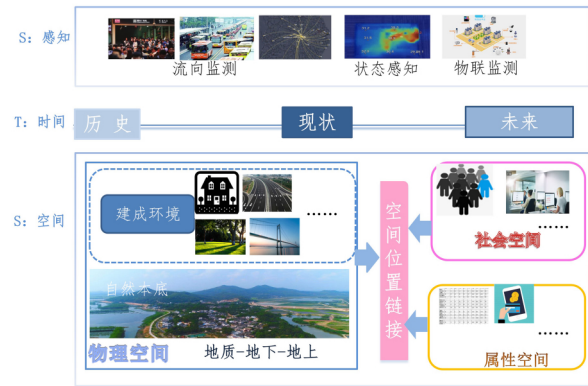


图1 城市信息模型表达的城市空间

图片来源于:作者自绘

间、社会空间、属性空间以及基于空间位置链接的三类空间的耦合系统。其中,物理空间要包含地上、地下各类物理空间的数据模型,包括城市地下管线、综合管廊等地下空间的要素数据,也包含城市地质地形、时空基础数据等地表覆盖数据,以及建筑物、构筑物的三维模型、倾斜摄影等城市三维数据。社会空间要包含人、企业等社会空间的数据和模型。属性空间则附加于物理空间和社会空间之上,详细解构物理空间和社会空间的特点。最后,三类空间要基于统一的空间位置,彼此之间相互链接,才能形成一个有机的物理空间。

时间维度(Time)。CIM 要实现对城市历史、现状、未来的信息的综合,既体现城市历史的变迁,也要包含城市的现状实体,以及对于城市未来的规划。

感知维度(Sensitive)。在新一代信息技术的影响下,传统的信息数据环境由低频向高频转变^[7],高频信息数据具有多维、异质、实时等特性,可以实现对于传统城市空间和时间维度的更加精准、实时、丰富的感知。由此,CIM 模型也应充分考虑对于城市的感知维度,这其中包括人流、物流、信息流等表达社会空间与物理空间耦合轨迹的“流向”感知监测数据和模型;也应包含新一代传感器对于城市各类实时状态的监测,例如温度感知、能耗监测等感知数据和模型。

(2) CIM 表达的“城市全生命周期管理平台”

CIM 将城市全空间高精度的数据汇聚和融合至一个统一的平台,它是建构一个管理与城市空间相孪生的“信息空间”的基础平台。

CIM 平台的底层首先要建立一个数据治理的平台,完成城市海量多源异构数据从汇聚、融合、处

理、分发为一体的数据治理。这其中涉及到多种模型融合、模型轻量化、模型分类分级浏览等多项关键技术。其次,CIM平台将能够实现多场景模型的浏览与定位,使用户具有真实的视觉和地理体验感。CIM能够在宏观到微观多种空间场景,从室外到室内不同视觉场景,从二维到三维不同空间维度中无缝衔接、切换和浏览,并且借助BIM技术,将传统以GIS技术为支撑的地理空间信息平台,走向部件、构件乃至零件级的微观信息管理平台,建立一个真正全息、综合的智慧城市所必需的基础性平台。以上CIM的“平台”内涵可理解为CIM基础性平台,在此基础上可拓展丰富的“CIM+”应用,为各领域的智慧应用提供赋能。



图2 CIM基础平台表达的不同城市空间场景

图片来源:素材来源于网络

1.3 CIM赋能智慧城市建设的意义

CIM平台是智慧城市的基础性平台,其突出作用主要体现在,可推动城市规划、建设、管理全流程数据汇聚和融合,以及推动各部门业务协同上。具体来讲:

1) CIM有利于推动城市管理各行业的数据汇聚共享。CIM有能力表达从零构件、项目单体、社区到城市、区域多种场景下全要素的信息。各类信息以三维空间地理信息为纽带,在标准化的空间地址上实现信息的精确匹配和关联。各专业按照名称、计量、坐标等统一的标准交付至CIM,可实现多软件的格式共享、多领域的公开应用^[8],这将大大降低部门和行业之间信息共享的技术门槛。基于GIS、

BIM、IOT的技术融合,汇聚各行业数据将赋能更精细化的城市管理应用,例如基于CIM中统一的空间地址,可实现人口普查、建筑信息模型有机融合便于人口管理;基于BIM实现零构件信息、建筑材料和结构信息、和消防资源信息的空间匹配可便于消防作业快速制定救灾方案;基于CIM实现人口轨迹、空间地址、人口普查等信息的匹配可有效服务于疫情防控中密切接触人口的筛选等。

2) CIM有助于推进城市规划、建设、运行、管理的业务协同。CIM的建立有助于打通信息和模型在城市管理各环节的横向和纵向流通。以CIM平台为桥梁,协同城市规划、交通、市政、建筑、道桥、园林、公共安全各领域,整合不同领域的规划、历史、现状的多源数据和信息,有助于构建全面的城市数据空间资产,构建全局联动和反馈的机制。以雄安CIM平台建设为例,雄安CIM平台建立了多规合一、多测合一、多管合一体系,重点解决了建设项目的多方审查、项目审批、城市建设监管等问题,推进多部门管理流程与制度统一,线上支持多部门联审、多专家论证^[8]。目前,广州、南京等一些城市基于CIM平台探索基于BIM的报建智能审批,在立项用地规划许可、工程建设许可、施工许可、竣工验收四个阶段实现电子辅助审批,这一方面将极大的提升审批效率,同时有助于BIM模型在各个业务环节的流通和沉淀。

2 城市信息模型发展的关键技术和难点问题

鉴于CIM在国内外均属于新生事物,且在涉及多个尺度多个模型的汇聚和融合,制约CIM发展的关键技术主要有:

1) 海量多源异构数据的汇聚及融合技术

CIM涉及到城市海量数据的汇聚,首先便要考虑城市海量数据的存储和处理问题,仅以中国第一高楼上海中心为例,其BIM模型数据量高达250GB,三维构件数达300万个,而这一数据量到城市级别则将呈几何级别增长,且CIM包含的数据要素种类更丰富,动态迭代速度更快、频率高,增长速度极快。因此,提高CIM基础平台的性能、效率,必须解决海量数据的汇聚和融合技术,例如海量数据的清洗、筛选技术,数据分类分级体系的建构、数据存储方式的优化,建模中的轻量化技术,数据的无损接入技术等。其次,不同行业不同渠道的数据在

格式和标准上有很大的不同,这就给多源异构数据的融合带来了困难。以 BIM 模型数据来讲,当前主流的 BIM 软件均为国外软件,这些软件格式彼此并不互通,尽管国际上有通用的 IFC 格式提供了不同软件数据转换的格式,但也会存在信息缺失的问题。再次,海量异构信息需要在统一的空间地址和编码上进行衔接和匹配,形成城市统一的空间资产,这就涉及到空间坐标转换及衔接的问题,这一点在 BIM 与 CIM 的融合中体现的尤为重要。最后,除了技术本身,建立健全合理的数据共享和数据更新的制度体系也是保障海量数据汇聚的根本。由于很多行业是垂直管理,数据共享和实时交换存在制度壁垒,这也成为很多城市信息化项目失灵的最直接原因。

2) BIM 与 GIS 的融合技术

微观场景的 BIM 技术与宏观场景的 GIS 技术融合也成为 CIM 的关键技术难点,也是近年来学术界的热议话题。首先是融合主体的问题。一种是将 BIM 数据融入 GIS 场景;另一种是将 GIS 数据融入 BIM 场景。学术界认为,选择何种融入方式应取决于研究的尺度问题。如果研究视角聚焦项目单体及周边环境,则将 GIS 数据融入 BIM 更符合项目精细化管理的需求。如果研究视角聚焦于城市级精细化管理,则涉及到城市地上、地下全方位的数据管理,则将 BIM 数据融入 GIS 场景,与其他空间数据一起构成城市数据资产。其次是融合的关键技术问题。鉴于 BIM 模型大多是基于平面坐标系,有多种独立的数据格式,而实体空间数据大多是带有地理坐标的地理信息,BIM+GIS 的相互融合就会涉及到: BIM 数据无损接入 GIS 软件、海量 BIM 模型数据的轻量化、BIM 模型与地理信息数据的坐标转换技术、BIM 模型与 TIN 模型等其他多源数据的融合技术等关键技术。

3) CIM 标准体系的建立

BIM 是单个行业从设计、施工、运维纵向各阶段的打通。随着 BIM 技术和应用的发展,为了支撑 BIM 技术在工程各阶段不同专业 and 不同参与主体之间的信息传递和共享^[9],国际上已有一套城市的 BIM 标准体系,例如经 ISO 组织认证的 IFC、IDM、IFD 等有关数据收集、处理、交换、交付、编码的标准体系^[9]。相比而言,CIM 是多个行业的横向和纵向打通,在国内外均处于探索阶段,可参考的成熟实际案例较少。目前各试点城市和项目在推行 CIM

基础平台建设的同时,也陆续在探索项目级和城市级的一些数据编码标准、基础数据标准,模型交付标准、基础平台技术标准等,但尚未形成统一认识的标准体系框架,且在国家、行业、地方、企业各级标准之中也存在着缺位现象。在各地 CIM 平台建设热情高涨的实际需求下,CIM 相关标准的编制只能与实际建设项目同步进行并不断修订完善,这给 CIM 标准编制的专业性、全面性和权威性带来了巨大的挑战。

4) 信息安全技术

CIM 基础平台未来将汇聚城市海量精细尺度的数据和模型,在挑战数据存储技术的同时,也会带来数据使用、传输、共享过程中的系列安全问题,如何采用信息安全技术保证城市信息安全也是面临的一大技术挑战。

3 结语

我国智慧城市建设不仅受新一代信息技术本身的驱使,更受到我国新型城镇化发展的内在需求所迫。当前我国的城市建设已进入城市更新时期,建设智慧城市是城市更新的重要目标,这就需要对传统城市治理方式进行信息化、智能化的再造和革新。新一代信息技术的兴起和广泛应用,为城镇化与信息化的深度融合提供了强有力的支撑,会对城市管理和城市治理能力的现代化提升产生深远影响,也终究会赋能城市的高质量发展。CIM 是管理城市复杂空间中各类要素、各种维度的综合信息模型,同时也是管理城市孪生信息空间的管理平台。CIM 最关键的内涵是为智慧城市建立一个全息、综合的数据综合平台,以信息化的手段为各领域的业务协同和城市的规划、建设、管理全生命周期的城市治理提供支撑。

建设 CIM 基础平台是智慧城市建设的必修课,但 CIM 基础平台与各领域的智慧平台和城市现有信息化资源并行不悖,基于 CIM 基础平台将实现数据的充分融合汇聚,赋能于智慧城市的城市治理和社会治理。在 CIM 领域,我国自 2018 年以来发展迅速,已经形成了理论探索、软件研发、标准编制、实际项目落地同步进行的局面。当前,在 BIM 领域技术软件、标准体系等领域国际领先于我国,而 CIM 的发展在国内外均属于探索阶段,这是我国在信息化赋能智慧城市建设领域“弯道超车”的良好机遇。但必须认识到,未来我国发展 CIM 领域,仍面临关

键软件自主能力弱,海量数据存储和分析技术不成熟,标准体系不健全等突出问题,需要我国从国家、地方、企业的多方参与,从顶层设计、数据治理、平台建设和应用体系等方面全盘考虑,形成一整套赋能智慧城市建设的 CIM 解决方案。△

【参考文献】

- [1] 汪科,杨柳忠,季珏.新时期我国推进智慧城市和 CIM 工作的认识和思考[J].建设科技,2020(18):9-12.
- [2] 段志军.基于城市信息模型的新型智慧城市平台建设探讨[J].测绘与空间地理信息,2020,43(08):138-139+142.
- [3] 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(Z1):34-40.
- [4] 迈克尔·巴蒂.未来智慧城市,赵怡婷,龙瀛,译.国际城市规划,2014,29(6):12-30.

- [5] 包胜,杨溪钦,欧阳笛帆.基于城市信息模型的新型智慧城市管理平台[J].城市发展研究,2018,25(11):50-57+72.
- [6] 耿丹,李丹彤.智慧城市背景下城市信息模型相关技术发展综述[J].中国建设信息化,2017(15):72-73.
- [7] 沈尧.动态的空间句法——面向高频城市的组构分析框架[J].国际城市规划,2019(1):54-63.
- [8] 尧舜宇,杨滔.以“时空”为出发点打造城市信息操作系统[J].中国建设报,008.
- [9] 潘婷,汪霄.国内外 BIM 标准研究综述[J].工程管理学报,2017,31(01):1-5.

作者简介:季珏(1985-),女,中国城市规划设计研究院(住房和城乡建设部遥感应用中心),正高级工程师。
主要研究方向:信息化与智慧城市。

收稿日期:2020-12-07

Research on the Connotation of City Information Modeling (CIM) Enabling Smart City Construction

Ji Jue, WANG Ke, WANG Zihao, ZHANG Ning

【Abstract】The development of city information modeling (CIM) provides a new opportunity for urban governance and construction of smart city. In this paper, the origin, connotation, and characteristics of CIM was analyzed. Firstly, CIM was considered to be the generation of spatial, temporal and sensitive model. Then, CIM was regarded as the basic platform of construction of smart city. Combining current technological development and urban practice, several outstanding technical issues were proposed.

【Keywords】 City Information Modeling; CIM; BIM; Urban Governance; Smart City

(上接第 64 页)

Urban Spatial Evolution and Planning Strategy Driven by "Machines Replacing People": Some Preliminary Ideas

HUANG Jingnan, YANG Shilin

【Abstract】Since the new century, driven by technological advances in the Internet and Artificial Intelligence, etc., "Machines Replacing People" that is human jobs are replaced by automation, has become an inevitable trend. "Machines Replacing People" is bound to exert a significant impact on the development of traditional industries, which will accordingly lead to changes in industrial space and urban space. This paper reviews the influence of technological progress on urban space, and the evolution of industrial space in urban space. Under the analysis framework of "Technology-Industry-Industrial Space-Urban Space", the paper probes into the influence mechanism of "Machines Replacing People" on urban spatial evolution, and proposes two urban spatial evolution modes of Traffic-Oriented type and Technology-Oriented type according to different theoretical support and scenario analysis, and finally puts forward preliminary planning countermeasures from three aspects of urban space structure, land use and transportation, so as to provide forward-looking Suggestions for future urban development.

【Keywords】 Machines Replacing People; Technological Progress; Industrial Space; Urban Space; Spatial Evolution