

基于场景迭代的数字孪生城市构建逻辑*

The Scenario Iteration Logic for Constructing the Digital Twins City

田颖 杨滔 党安荣 TIAN Ying, YANG Tao, DANG Anrong

摘要 数字孪生概念自被提出以来便不断发展,从在航天器、工业产品、电力等领域的应用到城市学领域,并在各国逐渐上升到国家战略层次。随着相关实践工作推进,数字孪生模型在理论和技术上也不断发展和成熟,随着数字孪生在城市方面认识的深入,实践者和学者们逐渐意识到仅通过数据构建数字孪生城市是不够的,城市本身的复杂特性决定了基于数据的模型建构及其交互机制更为重要。因此,面向可操作性的数字孪生城市建设,应针对有限对象、有限目标、有限能力,从城市中人、财、物等不同方面的需求入手,探索多时间和空间维度的“场景体系”,以场景中的“业务流程决策树”搭建与数据、模型的关系,形成以场景为核心的“数据—模型生态系统”,借助多模态的大模型技术,建构起城市超复杂系统的孪生演进机制。同时,以上海数字孪生城市标识系统、苏州城市信息基础平台(CIM)建设为例,展示“业务流程”与“数据”和“模型”的互动而形成的场景迭代机制探索,展现以场景自主迭代为驱动力的城市发展过程,最终演化为全要素、全周期、全开放的数字孪生城市。

Abstract The concept of digital twins, since it was proposed, has continued to develop from spacecraft manufacture, industrial products, and electricity to urban science, and gradually rising to the national strategic level in various countries. With the advancement of related practical works, digital twins models are also developing and maturing in both theory and technology. However, due to the in-depth understanding of the digital twins for cities, practitioners and scholars gradually realize that it is not enough to build digital twin cities by mining various data, and the complexity of cities gives more weight to the data-based modeling and its interactive mechanism. Therefore, this paper argues that the construction of the operable-oriented digital twins city could start with the different needs—such as people, finances and materials—found in the city, but focus on limited items, limited goals and limited capabilities. In this way, it explores the "scenario system" with multiple temporal-spatial dimensions, builds the relationship with data and models with the "business process decision tree" in the scenarios, forms a "data-model ecosystem" in which the scenarios play a key role, and constructs the twin evolution mechanism of the urban ultra-complex system with the assistance of multi-modal large model technology. At the same time, this paper takes the construction of Shanghai Digital Twins City Identification System and Suzhou City Information Modeling Platform (CIM) as examples to show the exploration of the scenario iteration mechanism formed by the interaction between "business process" and "data-model", forming a city development process driven by independent iteration of scenarios, and finally evolving into an all-item, full-cycle, and fully-open digital twins city.

关键词 数字孪生;决策树;城市信息模型;场景体系

Key words digital twins city; decision tree; city information modeling; scenario system

文章编号 1673-8985 (2023) 05-0024-07 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20230505

作者简介

田颖

清华大学建筑学院 博士研究生
中规院(北京)规划设计有限公司 规划师

杨滔(通信作者)

清华大学建筑学院 副教授,博士
自然资源部智慧人居环境与空间规划治理技术创新中心 副主任, Taoyang128@qq.com

党安荣

清华大学建筑学院 教授,博士生导师

0 引言

数字孪生的概念最初于1970年代由美国宇航局提出,用于航空航天飞行器的模拟仿真,以确保航空安全,并提高运行寿命^[1]。2003年,迈克尔·格里夫(Michael Grieves)教授在美国密歇根大学正式提出数字孪生这一术语^[2]。随着物联网、云计算、边缘计算以及

跨专业仿真技术的发展,数字孪生的概念被用于城市学领域,推进实时反馈的城市规划、建设、管理、运营的新模式探讨,其中从宏观到微观的感知能力、从过去到未来的推演能力、从策划到实施的整合能力构成了新型城镇化的智慧赋能路径。随着数字孪生能力在城市应用方面进一步发挥作用,全球各国纷纷高调宣布

*基金项目:国家重点研发计划项目“面向城市治理CIM的理论框架与方法体系研究”(编号2022YFC3800601)资助。

数字孪生推进计划。美国和英国将数字孪生上升为国家战略。英国重磅发布《英国国家数字孪生体原则》，讲述构建国家级数字孪生体的价值、标准、原则及路线图^[3]；美国组建数字孪生联盟，联盟成员进行跨行业协作、学习，并进行应用实践，同时美国工业互联网联盟发布《工业应用中的数字孪生定义、行业价值、设计、标准及应用案例》白皮书。新加坡、德国、法国、澳大利亚等开展数字孪生城市建设。新加坡率先搭建虚拟新加坡，用于城市规划、运维和灾害预测^[4]；法国推进数字孪生巴黎建设，打造数字孪生城市样板，虚拟教堂模型助力修复巴黎圣母院^[5]；澳大利亚建设新南威尔士州空间数字孪生平台，用于环境、交通监测，应急管理和城市规划^[6]。

我国也非常重视数字孪生城市发展，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出建设数字孪生城市，发改委、自资部、工信部、住建部等从2019年开始持续出台相关政策。虽然各国都意识到数字孪生城市建设的重要性，但城市毕竟是一个复杂的巨系统，除了物质层面的基础外，社会经济因素也是城市系统重要的构成部分，其复杂性与多样性远远超出对航空飞行器或者工业流程的模拟仿真。如何利用大量的城市数据，生成促进城市生产生活的有用信息，培育城市发展的集成智慧，推动人人参与的数字孪生城市建设，成为一个值得深入探讨的议题。

本文认为城市的复杂性在于其每个场景都是动态变化的综合过程，涉及自下而上的多元参与方响应及其资源要素配置，以及自上而下的社会经济环境规则约束与引导。在这种意义上，场景就是一种现象，看得见、摸得着、想得到。场景本身在持续迭代，融入事件或业务流程的交互机制，贯穿各自类型的决策环节，整合跨专业的模拟仿真计算，调用多源异构数据，共同构成城市的复杂系统。因此，本文认为数字孪生城市的建构是围绕社会、经济、环境、文化等场景迭代生成，持续重新组织业务流程、决策环节、可视表达、信息传输、仿真计算

以及数据治理等，以此推动虚实相生涌现的孪生城市复杂系统发展。

1 发展中的数字孪生概念

随着应用宽度和广度的变化，数字孪生的内涵也逐渐扩展。诸多学者尝试定义数字孪生不同的发展阶段。埃文斯^[7]将数字孪生分为5个要素阶段（element）。数字孪生开始的最低要素，即要素0被定义为现实捕捉。通过各种方法收集数据，例如测绘、点云、摄影测量、无人机、飞行器等，构建现有的物理资产、竣工图和基本几何设计。要素1指二维地图或三维模型（仅基于对象）。这个数字孪生仅限于物体的表面和形状，不包括BIM数据或元数据中具体的管理信息。要素2是链接，将要素的各种三维模型连接到动态和多样的数据集，所有的要素被关联和集成。这将减少错误、不确定性和成本，同时提高有效性。要素3包括传感器、物联网（IoT）设备和实时/半实时数据，但数字和物理资产之间只有单向流动。要素4阶段，数字孪生不同部分之间的集成显著发展。数字孪生体可以与其他数字孪生体或资产联系起来。此外，人和机器之间形成双向互动和整合。对于这种集成，传感器技术和物理资产的机械增强至关重要。要素5阶段创建了最高级别的数字孪生，以自主操作和维护系统为代表，实现了全面监督和透明的完全自治和自我管理。

迈克尔·格里夫^[8]总结数字孪生的发展，提出数字孪生进化的5个阶段。阶段0定义为传统阶段，以蓝图或者计算机草图（例如CAD制图）形式捕捉二维信息，展示设计思想。阶段1为数字孪生时代的开始。2000年后产生了将物理空间信息转移到虚拟空间的巨大转变。在计算机中开发3D模型是一个巨大飞跃，使几何信息完全包含在计算机中，可以从任何角度直观地表示产品。人们能够在计算机空间中操纵虚拟对象，而不必让它们在现实世界中形成物理实体的方案。阶段2为概念阶段，数字孪生基于不同来源，甚至碎片化的数据源构建的实体。构建者使用不同的现有系统来提取

数据，并尝试构建不同的模拟视图，确定它们与现实的映射程度。这个阶段采用手动流程从不同来源提取数据，即使是临时的，也可以创建数字孪生视图。阶段3称为复制阶段，该阶段要求拥有技术平台，能够像在概念阶段所做的那样，汇集必要的信息，从而展示真正的物理原型的数字孪生体。包括从设计到运行的全部数据，并且可以通过模拟和预测降低风险，提高绩效，通过平台信息的不断汇聚和壮大，形成价值。阶段4为超前运行阶段，该阶段数字孪生是“智能的”，因为人工智能被用来不断评估数据和做出预测，标志是从一个对用户询问被动做出反应的平台转变为一个不断主动向用户提供信息的平台。

从数字孪生不同发展阶段的分析，可以看到数字孪生的能力是不断提升和进步的，本文总结为数字孪生第一阶段为物理系统到数字孪生的仿真阶段；第二阶段为融合多元数据的分析诊断阶段；第三阶段逐渐推动学习预测和决策自治（见图1）。

2 数字孪生城市中的有限数据

现有的数字孪生城市实践是从数字化仿真城市物理环境开始的，包括建筑、道路、桥梁、水系等。例如澳大利亚维多利亚州发布了高度详细、高质量的3D城市模型，覆盖全州20个地区城市，作为开放数据^[10]；在英国，已经开发了地图信息基础设施，以允许地下基础设施所有者与授权用户安全共享现有的地下资产数据^[11]。这种初步的物理世界到网络世界的映射而产生的三维可视化环境，为城市信息的快速获取和基于信息的判断和交流提供了便捷的途径，但这种模式往往忽视了城市内系统的广泛复杂性。

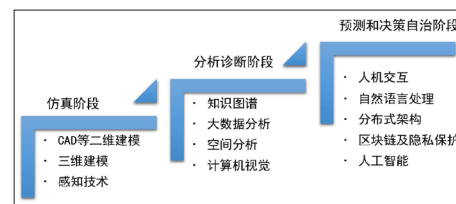


图1 数字孪生发展阶段
Fig.1 Development stage of digital twins

资料来源：参考文献[9]。

现在创造的数字孪生依然停留在“唯物主义”或“物理主义”阶段,通常基于建筑物、街道和自然环境功能的测量数据,而城市人口和活动往往很难反映和应用^[12]。

虽然基于测量传感器和物联网、大数据分析和机器学习的数据驱动方法已经变得相当强大,但城市中有许多事情是无法很好地衡量的。包括测量局限(涉及样本偏差和不确定性)、计算机的计算极限(如NP难计算问题)、数据分析问题(例如模型构建中的“过度拟合”等),以及常见的机器学习方法中的“黑箱算法”,其算法背后的因果关系难以明晰。因此,更多的数据不一定有助于更深入地全面了解城市,反而会导致数字孪生和社会系统中出现问题。

在建设数字孪生城市时,并不是越多的数据就越有用,而是应该换种思维,从应用需求出发,打造“需要的全量”城市数据。因而,根据不同场景形成的决策树(决策流程),如磁力一般吸引相应的数据和模型,构成不断迭代的数据、模型和流程生态系统。与数据驱动的数字孪生相比,更应探索多元场景,这些场景可能超越现有和过去的的数据,考虑城市中人、财、物、事等不同方面的需求,搭建起物质环境和社会经济系统的桥梁。

3 以场景迭代引导面向城市系统的数字孪生

一方面,数字孪生城市的建设需要建立可拓展的弹性系统,应对城市复杂的形势变化,让数据可用于城市政府、企业和市民的决策,并且服务于城市在目标领域的决策,从而形成数字孪生城市基底(即图2中的场景矩阵)。另一方面,数字孪生城市的建设需要持续更新整合社会经济环境的三维城市模型,并扩展人机交互的方式,通过数据集成管理、模型建构,提升数据的价值。

场景本身为数据采集和模型构建提供了基础性牵引,以此来推动数据的重组以及搭建不同模型之间的参数联系;数据的融合或模型的迭代又构成多层场景的学习过程。正如东京

数字孪生城市建设方案中提出,首先推动服务对象和不同目标领域的扩展,形成宽阔的基底支撑,然后通过提升数据精度、质量和模型能力,提升数据的价值。这个过程将真实世界中的人、事、物抽象为数字世界中的知识,并在真实的空间场景中得以再生产,加速知识的迭代,孕育出人机互动的智慧。

(1) 以场景为基础的数据生态系统。围绕场景构建数据生态,已经成为数据汇聚和融合的新趋势。以应用场景为载体,集聚城市多源数据,包括基础地理数据、城市动态数据、经验知识数据等,建立数字孪生城市的数据底座,通过场景为引导进而向数据生态体系发展,以城市需求为导向引导数据生态具有自组织效应,在场景的多源数据交互作用下,自动更新并产生新的数据,从而创造新数据价值。

(2) 以场景为引导的模型生态系统。复杂系统的特征是动态而非静态,是概率活动而非确定性行为,因此,根据模型及其各自的参数调整,可以对未来不同场景的城市发展情况进行预测^[13]。数字孪生城市的模型体系目标是模拟真实城市状态并进行预测,以某种形式对系统中所求解问题的本质属性进行描述,用以揭示系统中所求问题及其变化规律^[14]。在数据生态系统支撑下,形成服务不同场景的综合模型,如水文分析、可视性分析、日照分析、视觉景观分析等,并且模型与场景形成松耦合关系,不同的基础算子组合形成服务不同应用场景的模型。

(3) 以场景中的业务流程决策树搭建与数据、模型的关系。不同场景的应用涉及不同的决

策树链条。一是指不同部门的决策流程共同构成的综合决策链条,一般指行政审批流程,如建设项目审批流程。二是指城市管理决策中关键要素构成的链条,即为解决某个具体问题所需的行政与企业等各方的决策关键点构成的“树状图”,如人才公寓的审核发放、更新资金的核算。通过场景决策树的梳理可以明确不同流程中涉及的数据需求以及需要的模型算法,从而以需求为导向构建数据和模型的关系。

4 上海数字孪生城市标识系统实践案例

在数字孪生城市的实践推进中,数据汇聚难、关联难、计算难等问题成为制约发展的关键性技术瓶颈。城市空间数据本身存在时空描述多样性的问题,现有GIS、BIM数据及各类人文地理数据难以融合统一;城市中各种对象事物活动数据更是纷繁复杂、来源广泛、描述格式多样。从数据组织层面看,经典面向对象的数据组织方式采用人为定义的矢量图形及ID码作为数据组织模型,由于对象的多样性及ID码的自定义特性,多系统数据汇聚时需要转换或用元数据映射,工作量极大,且容易带来空间语义及属性信息损失。针对上述瓶颈问题,以工业互联网标识体系为启发,数字孪生城市的标识体系逐渐完善。2022年8月,雄安新区正式发布《雄安新区数字标识(物)标准体系框架指南》,指导建立数字化标识管理机制和工作体系。

上海进行数字孪生系统的相关课题研究,提出一种兼容性好的空间编码思路,以社区安全为切入点,保证社区安全场景相关的构件可

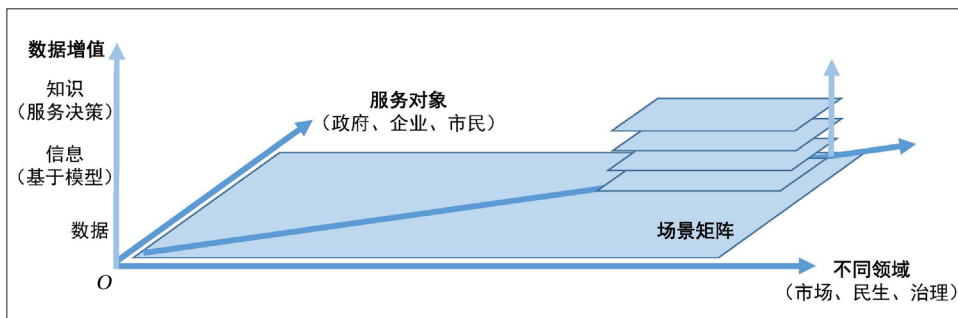


图2 场景迭代的数字孪生系统
Fig.2 Scenario iteration of digital twin system

资料来源:笔者自绘。

以精准与空间匹配。通过解析数字孪生城市构成、提出编码逻辑、以社区安全为例构建编码库的3个步骤进行研究,试图通过业务流程的编码形成“数据”和“模型”的互动(见图3)。

(1) 数字孪生城市构成

数字孪生是集成物联感知、人工智能、机器学习 and 空间信息技术,以数字化方式映射物理对象、流程、人、空间、系统和设备等实体创建的仿真模型。将实体城市以数字化方式进行映射,首先应该将物理城市的构成以数字化方式进行解析,其解析结果可以理解为城市数字化模型。数字化映射可以从具体的构成要素、属性、关联关系3个方面进行概括,因而要素、属性、关联是城市信息模型的基本构成。

(2) 编码逻辑

为完成数字映射,编码应遵循以下原则:一是编码唯一性,每一个实体只有一个编码,在全国范围内不允许有重复编码出现;二是编码包容性,每组编码组成的数字信息包含每份实体的基本信息;三是编码可操作性,编码编制要简单易懂便于操作;四是编码位置统一性,实体编码统一刻制在实体的某一个固定位置,任何人不得随意更改编码刻制位置;五是编码永久性,刻制在实体上的编码必须永久保持,不易磨损和腐蚀损坏;六是编码实施经济性,编码刻制要简单实用,少投入、低成本、有实效。

基于以上原则和数字孪生城市的构成将编码分为3部分:基于形状要素编写实体码、基于特征属性编写空间码,基于关联关系构建语言规则,具体编码形态如图4。实体码是将城市实体类别进行数字编码,例如生态环境、建成环境、设备设施、车辆、人员、物品等分类,代表物理实体的种类。并且可以显示部件从属关系,以及点、线、面、体等几何类型。基于CityGML构件等级(三维城市数据格式)体系,对社区安全的相关构件进行编码。基于特征属性信息编写空间码,最主要的是反映要素的空间位置,还可以附带时间、语义等扩展属性,其中空间位置是最重要的信息。基于网格划分体系,经纬度坐标系,对构件空间位置进行编码。为实现实体和空间与具体应用联系,

将具体场景、具体流程结合进行编码,添加对应场景流程标签。通过构件、空间位置、应用场景、应用流程这4项数据的标定,辅助城市运营管理者快速定位问题、解决问题。

(3) 以社区安全为场景构建编码库

根据社区调研,确定消防安全、生产安全、自然灾害为主要的社区安全场景。以消防安全为例梳理业务流程及各流程涉及的要素(见图5)。

社区安全实体码,反映在消防中涉及各

部件的树状分类,确定涉及管道、交通和建筑3大类的要素信息(见图6),并将其细化,二级表示具体所属的模块,三级是部件的名称和信息。二级模块中的建筑装置涉及很多种类的感应设备,考虑在三级部件中进行细分,在智能安防监控、智能消防监控、公共设施智能监测和公共环境智能监测4大类设施的基础上细化为具体的感知设备(见表1)。根据上述分类形成实体码编码库,部分内容如表2所示。

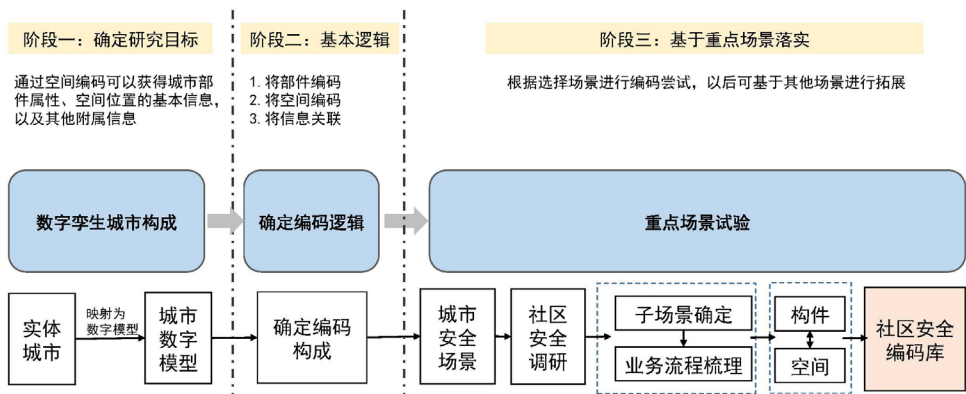


图3 研究思路
Fig.3 Research design

资料来源:笔者自绘。

表1 实体码三级细分类
Tab.1 Three level detailed classification of entity codes

三级部件分类	四级部件分类
智能安防监控	紧急按钮开关、门磁开关、人员卡口、震动传感器、玻璃破碎探测器等
智能消防监控	烟感探测器、温感探测器、可燃气体探测器、一氧化碳火灾探测器、图像型火焰探测器、报警阀压力开关灯
公共设施智能监测	供水水箱水质监测器、智能垃圾桶感应器、井盖压力感应器等
公共环境智能监测	温度传感器、湿度传感器、甲醛传感器、PM2.5传感器等

资料来源:笔者自制。

表2 实体码编码库(部分)
Tab.2 Entity code library (partial)

编码	二级模块		三级部件			实体码
	名称	编码	名称	编码	三级子类	
GD	管道	GD	电力线	DLX	—	GDGDDLX000
			燃气管道	RQG	—	GDGDRQG000
	管道部件	BJ	燃气阀	RQF	—	GDBJRQF000
			电箱	DXX	—	GDBJDXX000
JT	交通区域	ZY	智能井盖	JJJ	—	JTZYJJJ000
			智能路灯	LDD	—	JTZYLDD000
JZ	建筑装置	ZZ	智能安防监控设施	AFJ	紧急按钮开关	JZZAFJ000
			墙体	QTT	门磁开关	JZZAFJ001

资料来源:笔者自制。

空间码分为3个层次,分别基于城管网格、经纬度网格、三维空间进行定位。通过城管网格对部件进行权责范围定位,通过经纬度以及三维空间定位确定部件的精确空间位置:通过城管网格,对构件进行较为宏观的定位。同时,将权责范围定位到所属单位。经纬度定位,将经纬度精确到6—7位小数,精度0.4—4.0 m。通过经纬度信息,对构件进行较为精确的空间位置定位;依据经纬度数据,通过三维空间定位对社区常用空间进行空间场所编码,对构件进行快速定位。编码逻辑是对空间类型进行一级编码,对具体空间场所进行二级编码。可参考公安标准地址,对层数、单元数进行三级编码。

基于流程的关系构建:采用属性标签的形式将不同场景和应用阶段的部件进行标注,以便快速调用,具体是对所有的场景和流程进行编码,关于社区安全的场景编码如图7所示。

5 苏州古城更新CIM系统建设案例

“CIM+古城更新保护平台”基于苏州城市信息模型(CIM)基础平台^[15],以物联网、云计算、实景三维、大数据等数字孪生技术为支撑,整合多元基础数据构建古城数据资源中心与信息服务平台,并在其基础上搭建面向古城利用、保护、业务管理及公共服务的智慧应用系统,最终形成苏州数字孪生古城平台(见图8)。该平台针对古城中每个空间,围绕土地、规划、文化、人口、产业、金融等条线,重新建构起“空间体块”内的条线关系,生成服务于古城更新场景的新数据、新模型、新流程集合。例如地块潜力评估分析业务及实际使用的流程,通过流程中不同



图4 编码逻辑
Fig.4 Encoding logic

资料来源:笔者自绘。

阶段的需求确定所需构建的模型及需要的数据,形成互动协同的新数据、新模型和新流程集合(见图9)。

(1) 新数据:标准工作底图模块
标准工作底图模块集成影像图、三维白模、倾斜摄影、规划管控等多维度数据(见图10)。

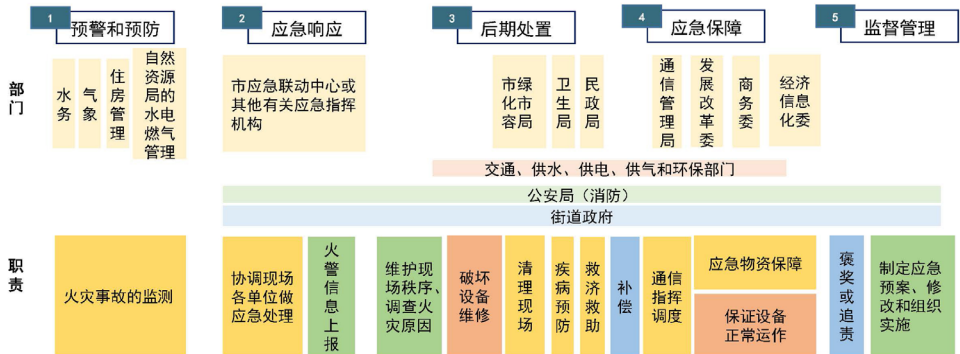


图5a 消防安全应急流程

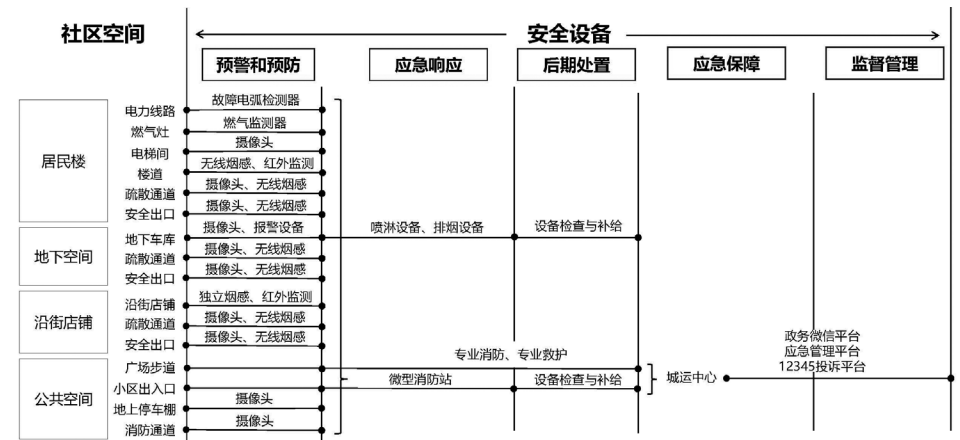


图5b 社区消防安全涉及空间及监测设备

图5 社区消防应急流程及设计要素
Fig.5 Community fire emergency process and design elements

资料来源:笔者自绘。

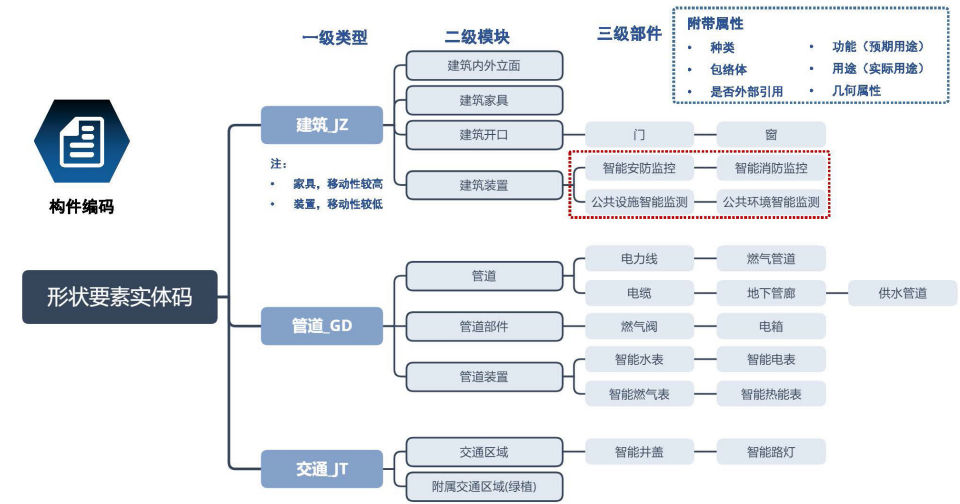


图6 实体码分类
Fig.6 Classification of entity codes

资料来源:笔者自绘。

通过信息框可快速查看范围内的建筑、用地、设施、人口等信息,也可以查看单个建筑的质量、风貌年代以及人口信息,实现由点到面联动查看。同时生成相应的报告,节省现状摸底的工作量。可以进行基本的测距、剖切、切换视图、点选、属性筛选、卷帘对比、分屏对比、查询统计、差异分析等基本的二、三维空间分析,实现城市全生命管理周期的信息整合,为古城保护与更新专项规划编制提供数据支持。

(2) 新模型:多维度评估模块

平台通过对古城用地画像、经济画像等构建城市精细化画像,最终构成“资源—领域—实现”3个维度的城市画像应用体系,可

以随时掌握古城的人口流动等信息、城市资源等情况,对城市各要素的发展情况进行实时跟踪和动态预测,有效推动专项规划对城市发展方向以及整体定位的把控。在空间画像中可通过视廊管控功能查看规划中确定的各级视线廊道及其管控要求,便于识别超过高度管控要求的建筑,保护古城整体格局(见图11)。在设施画像中可以查看古城内各类设施的分布情况,校核相关覆盖率指标,评估每个地块、每个建筑能够获得的公共服务设施水平,有效识别公共服务设施供给缺口(见图12)。

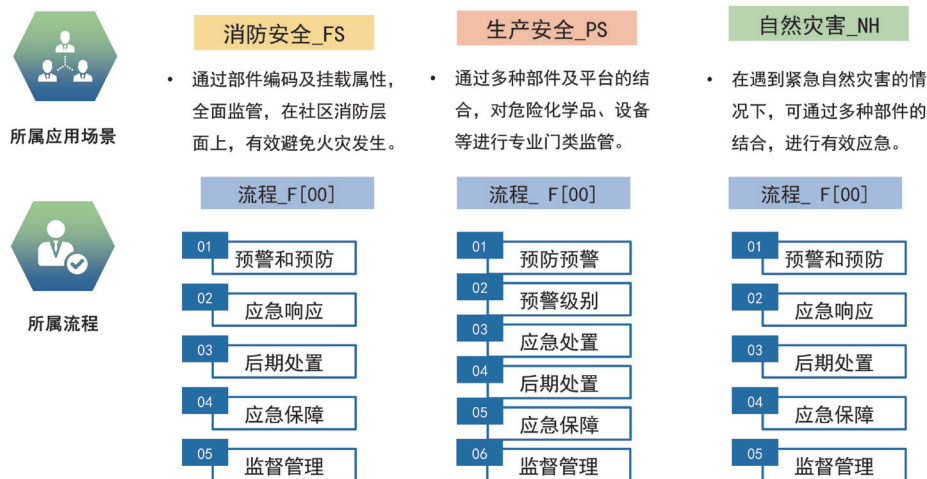
地块更新潜力评估:通过各类画像评价,

量化分析规划地块特征,识别古城发展潜力提升区域。根据不同条件对城市更新备选地块进行综合比较和判断,展示符合用户筛选要求的城市更新潜力地块,为古城更新具体项目的地块选择提供科学依据和有效支撑。

(3) 新流程:辅助更新决策模块

①完善项目选址流程。平台支持上传或绘制预选址红线;结合地块控规要求、特征画像、项目需求信息等,提供合规性分析、合理性分析、备选地块排序等功能,实现项目前期选址阶段对地块适宜性的综合评价以及不同方案的对比。

②提升项目影响评价科学性。围绕项目选址、项目规划设计条件、项目设计方案等环



注:根据上海社区安全调研,虽然消防安全和自然灾害流程相同,但不同流程中的过程不同,如预警和预防,消防安全的环节(FS[01])包括火灾监测和火灾等级预警,而自然灾害环节(NH[01])则包括气象灾害监测、灾情信息管理、灾害信息预报和灾情核定等。

图7 社区安全相关的流程编码
Fig.7 Process coding related to community safety

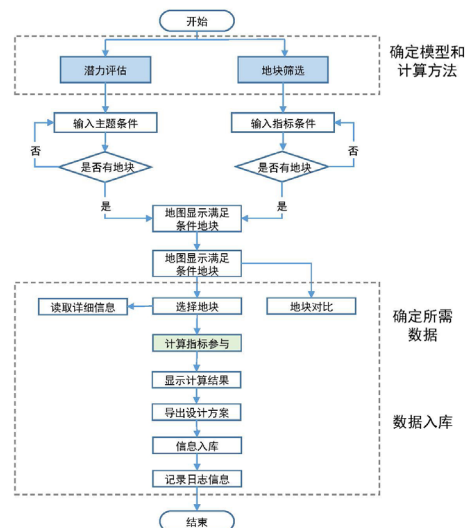


图9 通过流程链接模型与数据(以地块潜力评估为例)
Fig.9 Linking models and data through processes (using land parcel potential assessment as an example)

资料来源:笔者自绘。

资料来源:笔者自绘。

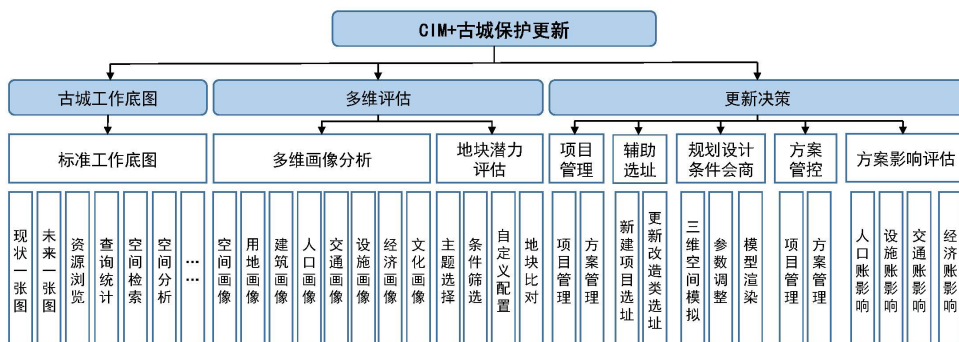


图8 “CIM+古城更新保护平台”功能架构
Fig.8 Functional structure of the "CIM+Ancient City Renewal and Protection Platform"

资料来源:笔者自绘。



图10 标准工作底图功能示意
Fig.10 Functional diagram of standard working base map

资料来源:苏州市城市信息模型(CIM)基础平台。

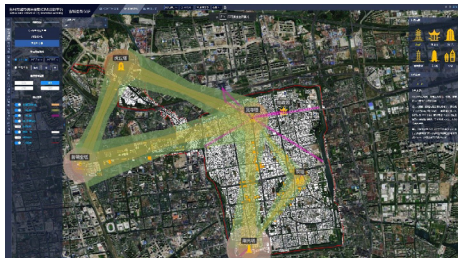


图11 视廊管控功能应用示范

Fig.11 Application demonstration of visual corridor control function

资料来源:苏州市城市信息模型(CIM)基础平台。

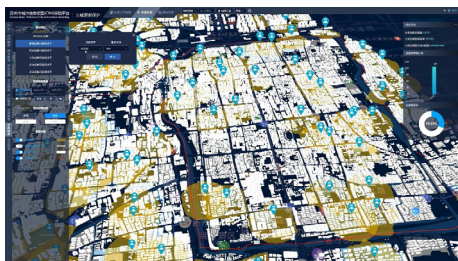


图12 设施画像功能应用示范

Fig.12 Application demonstration of facility portrait function

资料来源:苏州市城市信息模型(CIM)基础平台。

节辅助项目全流程科学决策,通过数字模拟手段分析项目建成对城市人口、交通、经济、公共服务设施配套等带来的影响,为项目的实施提供科学有效评估。

6 结语

通过上述两个案例,可见城市的复杂性体现在应用场景动态变化的综合过程,涉及自下而上的多元参与方及其资源要素配置,以及自上而下的社会经济环境规则约束与引导。场景是一种持续迭代的城市现象,融入事件或业务流程的交互机制,贯穿各自类型的决策环节,整合跨专业的模拟仿真计算,调用多源异构数据,共同构成城市的复杂系统。因此,数字孪生城市的建构是围绕社会、经济、环境、文化等场景迭代生成,持续推动业务流程、决策环节、仿真计算和数据治理等自动迭代,推动虚实相生涌现的复杂系统发展。现有数字孪生城市建设中会面临“数据烟囱”、重复建设、应用性不强等一系列问题,因而更需要从城市实际需求出发,以场景为切入点进

行可持续迭代发展。本文提出数字孪生城市建设应针对有限对象、有限目标、有限能力,从城市中人、财、物等不同方面的需求入手,探索多时间和空间维度的“场景体系”,形成以场景自主迭代为驱动力的城市发展过程,最终演化为全要素、全周期、全开放的数字孪生城市。

参考文献 References

- [1] SHAFTO M, CONROY M, DOYLE R, et al. Modeling, simulation, information technology & processing roadmap[R]. 2012.
- [2] GRIEVES M, VICKERS J. Digital twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems[M]//KAHLEN F-J, FLUMERFELT S, ALVES A. Transdisciplinary perspectives on complex systems. New York City: Springer, 2017: 85-113.
- [3] BOLTON A, ENZER M, SCHOOLING J, et al. The Gemini Principles: guiding values for the national digital twin and information management framework[Z]. 2018.
- [4] Virtual Singapore website[EB/OL]. [2023-10-06]. <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtuallsingapore>.
- [5] DE LUCA L. Towards the semantic-aware 3D digitisation of architectural heritage: the "Notre-Dame de Paris" Digital Twin Project[C]// Proceedings of the 2nd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents, 2020.
- [6] New South Wales Digital Twin[EB/OL]. [2023-10-06]. <https://nsw.digitaltwin.terria.io/>.
- [7] EVANS S, SAVIAN C, BURNS A, et al. Digital twins for the built environment: an introduction to the opportunities, benefits, challenges and risks[R]. 2019.
- [8] GRIEVES M. Digital twins: past, present, and future[M]//CRESPI N, DROBOT A T, MINERVA R. The digital twin. Cham: Springer International Publishing, 2023: 97-121.
- [9] 中国电信研究院. 数字孪生技术体系综述[EB/OL]. (2022-10-14) [2023-10-06]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/365935682>. China Academy of Telecommunication Technology. Overview of digital twin technology system[EB/OL]. (2022-10-14) [2023-10-06]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/365935682>.
- [10] TZACHOR A, SABRI S, RICHARDS C E, et al. Potential and limitations of digital twins to achieve the sustainable development goals[J]. Nature Sustainability, 2022, 5(10): 822-829.
- [11] BRAMMALL N, KESSLER H. An update on the UK government's plans for a national underground asset register[J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering, 2020, 173(2): 56.
- [12] CALDARELLI G, ARCAUTE E, BARTHELEMY M, et al. Complexity science for digital twins[Z]. 2022.
- [13] CALDARELLI G, ARCAUTE E, BARTHELEMY M, et al. The role of complexity for digital twins of cities[J]. Nature Computational Science, 2023, 3: 374-381.
- [14] 胡爱民. 一种可视化模型库管理系统的开发策略和应用[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2000(3): 43-46. HU Aimin. Development strategy and application of visual MBMS[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2000(3): 43-46.
- [15] 杨滔, 李晶, 张月朋, 等. 城市信息模型(CIM)平台顶层设计的理论与方法探讨——以苏州为例[J]. 城市发展研究, 2022, 29(7): 24-29. YANG Tao, LI Jing, ZHANG Yuepeng, et al. A discussion on the theory and method of conceptually designing city information modeling platform: a pilot study of Suzhou[J]. Urban Development Studies, 2022, 29(7): 24-29.