文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

实景三维技术在数字孪生城市建设中的应用研究

徐东升
烟台市地理信息中心
DOI:10.32629/gmsm.v9i4.2508

[摘　要] 实景三维技术通过倾斜摄影、激光雷达等多源手段构建高精度三维场景,为数字孪生城市提供统一时空数据底座。本文梳理其技术体系与“四层递进”耦合机制,剖析其在数字孪生城市中的规划审批、精细治理、应急管理、智慧文旅等领域的典型应用实践,并针对当前面临的动态更新成本高、数据共享壁垒与复合型人才短缺等瓶颈,提出加速“AI+实景三维”融合、健全数据要素市场机制、构建多元投入与人才培养体系等推进路径,为数字孪生城市建设提供理论与实践参考。
[关键词] 实景三维；数字孪生城市；时空数据底座
中图分类号：P208　**文献标识码**：A

Research on the Application of Real-Scene 3D Technology in the Construction of Digital Twin Cities

Dongsheng Xu
Yantai Municipal Geomatics Center

[Abstract] Real-world 3D technology, tilt photography, Lidar, etc., have been used to build a high-precision 3D scene and a unified spatio-temporal database for digital twin cities has been established. This paper presents the technical system and the "four layers of progressive" coupling mechanism, provides some application cases such as planning approval, fine governance, emergency management, intelligent cultural tourism, etc., and finally puts forward a promotion path to accelerate the integration of "AI+real three-dimensional" technology, strengthen the data-element market mechanism, build a diversified investment and talent training system, and offer theoretical and practical support for the construction of digital twin cities.
[Key words] Real-world 3D modeling; Digital Twin City; Spatiotemporal Data Infrastructure

引言

随着数字中国战略的深入推进,数字孪生城市已成为新型智慧城市建设的主流范式。实景三维技术依托它对物理世界高精度、全要素、结构化的数字化再现特点,为数字孪生城市赋予了无法取代的时空数据底座。但目前实景三维建设还存在动态更新成本高、跨部门数据共享困难、智能化应用深度不足等问题。基于此,本文从技术体系、应用场景、瓶颈分析、推进路径四个方面对实景三维赋能数字孪生城市建设进行系统的研究,以期为实景三维赋能数字孪生城市建设提供理论依据和实践参考。

1 实景三维技术体系与数字孪生城市的逻辑关联

1.1实景三维技术体系架构

实景三维技术体系可概括为“数据采集—建模处理—管理服务”三个层次。数据采集层的主要技术手段有无人机倾斜摄影测量,多镜头同时从垂直和倾斜角度对地表进行影像采集,获得建筑物顶面和侧面的高分辨率纹理,激光雷达扫描(LiDAR),用激光脉冲获取高精度三维点云数据,适合于植被茂密地区和复杂地形的穿透式采集,地面移动测量系统,完成道路及两侧地物的快速采集,卫星遥感与航空摄影,为大范围场景提供多光谱、多时相影像。

建模处理层包括:①多视影像密集匹配与空三解算,生成高密度三维点云;②Mesh网格模型创建,使用三角网格化算法产生连续表面模型并自动映射纹理;③单体化建模,从Mesh模型中分离出建筑物、道路等独立的地物要素,为它们赋予几何结构和语义属性;④LOD(Level of Detail)分级创建,结合不同的场景需求创建从地形级、城市级到部件级的多层次模型体系。2026年浙江省人工智能+实景三维试点成功解决了3D高斯到Mesh网格的转换技术问题,建模所需要的影像素材比原来减少了60%,生产周期缩短了75%,说明建模已由人工主导转向智能化发展。

1.2实景三维作为数字孪生城市数据底座的耦合机制

实景三维与数字孪生城市之间存在深层次的逻辑耦合,可概括为“四层递进机制”。第一层,数据底座层,实景三维为数字

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

孪生城市赋予统一、精确、三维的时空根基和空间数据基底，使得城市规划、建设、治理、服务等各种数据能在三维空间里被统一安排并表现出来。第二层，场景融合层，将“空间数据”和“业务数据”深度融合，形成面向具体场景的三维数字沙盘，例如，将实景三维地形模型和降雨量、水位传感器数据结合，创建洪涝演进仿真场景。第三层，智能推演层，即融合后的三维场景和人工智能算法、机理模型相结合，由原来的静态展示变成动态推演。2026年GIS平台已经普遍实现了空间智能体的功能，用户用自然语言下达指令就可以自动完成空间分析任务。第四层，闭环反馈层，智能推演结果反向驱动自动化控制系统，使数字空间对物理空间进行精准干预，形成完整的“感知—分析—决策—执行”闭环系统。

2 实景三维赋能数字孪生城市的核心应用场景

2.1城市规划与建筑审批管理

城市规划审批长期依赖二维平面图纸，方案同周边环境的协调性判定很大程度上依托评审专家的现场踏勘以及经验判断。厦门市找到了一条有示范意义的实践道路，将重点项目的建筑设计方案三维模型直接嵌入到实景三维场景当中，评审人员可以在三维场景里随意漫步，从各个角度比较方案同周边建筑在体量、色彩、天际线等各方面的协调情况，再借助通视分析、日照分析这些空间分析手段，清楚地察觉设计上的不足之处。到目前为止，厦门已经完成了500多个重点项目环艺评审工作，为城市高颜值建设增添了精细控制的关口。福州市以“新区智脑”项目为引领，构建“全空间、全链条”的实景三维数据底座，达成地上地下全立体空间的“一图总览”，决策者可以借助三维世界来“预建”城市，促使城市规划由“数治、智治”转向。

2.2城市精细化治理与资源管理

户外广告与天际线管控方面，福州市依托城市级三维模型基底，建设广告规划管理信息平台，对4万多个户外广告牌进行三维现状数据采集，构建广告规划管理信息平台，将规划条件、审批报件同城市现状“虚实结合”，有效削减了违规广告率，守护了城市天际线秩序。绿化环卫方面，利用三维激光扫描和全景摄影得到的点云数据准确计算出绿化覆盖率等指标，构建“绿化养护+环卫管控”的双维数字孪生体系，削减养护开支，改善城市绿色空间的洁净水平。常州市测绘院对于千米级深部不规则空间高精度建模有突破性成果，将地下盐穴变成可以被测算、可以控制的数字孪生体，首创“三维产权体”登记模式，为地下空间赋予了“三维身份证”，使项目前期勘察周期缩短了40%。

2.3应急管理与防灾减灾

城市洪涝灾害的应急管理是实景三维技术发挥显著价值的典型场景。珠海高新区由于当地台风多发、强降雨频发的实际情况，构建覆盖全区大约175平方公里的高精度实景三维模型，重点区域精度为3厘米。在此基础上，用Unity3D引擎创建水利洪水预警平台，将降雨量、水闸水位、风速等多源实时监测数据整合，自主研发出“降雨量-水位高度”关联算法，可以对不同的强降雨情况进行模拟仿真，并且可以预测出洪水上涨和淹没的范围，将传统的防灾预警提升到了“模拟仿真、精准预测、可视化预警”的新阶段。嘉兴市创建的数字孪生水网场景，整合气象、水文等52类多源数据，构建“预报、预警、预演、预案”四位一体洪涝防御体系，在台风防御期间有效支持了全市317个农村圩区停排指令的快速下达落地，完成了防台防汛应急管理由传统“人防为主”向“人防+技防”融合的转变。

2.4智慧文旅与历史文化保护

实景三维技术在文旅与历史保护领域展现出独特的价值。厦门对鼓浪屿、中山路、集美学村等重点的历史建筑进行高精度三维建模，修缮不再依赖老照片、图纸来进行，可以在三维模型中对建筑风貌的变化进行模拟。福州市对珍贵古厝采取倾斜摄影、激光扫描等手段，达成毫米级高精度复制，不但重现了建筑的形貌，同时还完整保存了里面装潢的细部信息，为每一座古宅塑造出专属的三维档案，在严复故居运用AI技术创建元宇宙研学环境，让人们在数字空间里感受历史的脉络。湖南省“实景三维张家界”项目构建全市9516平方公里的实景三维数据底座，将张家界复制成一个可以进入、可以交互的数字空间，游客戴上VR眼镜就可以感受到“翼装飞行”穿行天门洞的沉浸式文旅。本项目已经创造了超过4亿元的经济效益，相关的经验也被推广到了广东、西藏、新疆等地。

3 当前面临的瓶颈与挑战

3.1技术瓶颈：动态更新与智能化水平有待突破

尽管实景三维建设已取得显著进展，但动态更新成本高、效率低的问题仍然存在。传统模式下城市级实景三维全面重建要耗费大量的人力去采集影像、处理数据、精修模型，周期长、成本高，难以满足数字孪生城市对于数据“鲜活度”的要求。虽然已经取得3D高斯模型转换、时空三维智能体等技术方面的突破，但是这些技术还处在试点阶段，不能在全国范围内进行大规模的应用。除此之外，目前大部分应用还处在“可视化”、“静态呈现”的阶段，缺少了模型同城市运行机理模型的深度融合，没有达到真正的模拟推演、智能决策的支持水平。

3.2数据治理：共享壁垒与标准规范待完善

城市的数据分散在自然资源、住建、交通、水利、环保、城管等不同部门，形成“数据碎片化”格局。数字孪生城市建设要实现跨部门、跨层级的数据共享和协同，但是目前数据的所有权、管理权、使用权之间存在不清的现象，共享缺少制度化的激励和约束机制。同时实景三维数据标准规范体系还在形成之中。2026年3月国家标准计划《实景三维基础模型 框架》已经进入起草阶段，但统一的全国性数据标准、编码规范、共享交换标准、应用开发指南还未建立，各地建设标准不同、质量参差不齐，造成数据跨区域、跨系统互操作和复用困难。

3.3成本与人才：投入门槛与运维能力不足

城市级实景三维的初始建设投入巨大。以平湖市为例，只对500平方千米的三维建模项目进行2024年5月至2025年8月的16个月建图，数据收集60万条，实地采集影像212万张，花费比传统基础测绘项目高很多。之后的常态化更新和运维需要有资金支

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

持。从人才角度来讲,实景三维创建牵涉到测绘、遥感、GIS、计算机视觉、人工智能等诸多专业技术领域,复合型人才匮乏,基层政府单位存在自主运维及深入应用开发的难题。

4 推进路径与对策建议

4.1加速技术智能化升级,构建“AI+实景三维”新范式

应该全面吸收嘉兴等地的试点成果,加快推进“人工智能+实景三维”的深度融合。数据采集阶段用AI智能识别变化区域,达到按需采集、增量更新的目的,而不是全域重建;在建模处理阶段使用3D高斯模型、神经辐射场(NeRF)等新的范式技术,大幅度降低建模的成本和时间;在应用服务环节,创建空间智能体的能力,使非专业的用户可以利用自然语言交互去完成复杂的空间分析工作。自然资源部在“十五五”规划中明确提出了推进“人工智能+时空信息”行动的建议,应当以此为契机,在实景三维生产、更新、应用的全过程中将智能化贯穿进去,从而实现由“数字化测绘”向“数智化测绘”的范式转变。

4.2健全数据要素市场机制,突破数据共享壁垒

建议从制度和技术两个层面协同推进。在制度层面,构建“政府引导、市场运作”的数据共享体系,明晰数据所有者、使用者和收益者的分配办法,探寻地理信息公共数据授权经营途径,打通跨部门数据流通的障碍。2026年自然资源部在发布会上已经提出推进公共数据授权运营、开展全国地理信息数据资源“一本账”建设的要求,各地应该积极响应。在技术层面,以地理实体的空间身份编码为纽带,建立实景三维数据和行业专题数据之间的关联映射,使数据可以一次融合,各方面的用户都可以自由调用。加快推进实景三维基础模型框架等国家标准的制定和应用,统一数据标准、编码规范和接口协议,为数据跨区域、跨系统流通打下基础。

4.3多元投入与人才培育：夯实可持续发展根基

就城市级实景三维建设投入大、运维难问题而言,应从资金和人才两个方面共同发力来破解。在资金层面,探索“政府引导+社会资本参与”的多元投入模式,将实景三维作为城市数字新基建列入财政专项预算,并且支持企业采用特许经营、数据服务采购等形式参与到建设与经营当中,从而削减一次性财政负担。在人才层面,高校和科研机构增设实景三维和人工智能交叉学科方向,定向培养复合型技术人才;创建省级实景三维技术培训和认证体系,定时对基层测绘、规划、城管等单位的工作人员展开实操培训,加强基层自主运维水平。此外可以参照浙江等地的经验,实行“省级统建、市县复用”的集约化建设方式,即省级统一建立高精度的基础底图,市县结合需要调用并叠加专题数据,从而降低重复建设成本,实现全域共建共享。

5 结论

实景三维技术已从基础测绘手段演变为支撑数字孪生城市建设的核心基础设施,其在规划审批、城市治理、应急防灾、文旅保护等各个领域都显示出明显的优势。技术由静态的可视化向智能的推演转变,但动态更新成本、数据共享障碍、人才匮乏等问题的存在使得它很难大规模地推广。未来,需加快“人工智能+实景三维”的深度融合,健全数据要素市场机制,创建多元投入和人才培育体系,推进实景三维由“数字化测绘”向“数智化测绘”转变,为数字孪生城市高质量发展赋予有力支撑。

[参考文献]

[1]王明爽,卢廷军.面向智慧城市的数字孪生实景三维建模方法研究[J].测绘与空间地理信息,2024,47(8):89-92+96.

[2]刘杰,刘禹博.浅析基础测绘与实景三维技术的实践应用[J].测绘与空间地理信息,2025,48(S1):117-118+123.

[3]赵军,余成华,卢永华,等.面向数字孪生城市的三维数字底座多源数据融合[J].测绘地理信息,2025,50(5):117-122.

[4]赵贺,刘瑜琦.实景三维技术赋能数字孪生城市建设[J].中国安防,2024,(9):88-91.

[5]王赫.数字孪生下基于smart3D技术城市空间三维建模技术研究[C]//中共沈阳市委,沈阳市人民政府.第十八届沈阳科学学术年会论文集,2021:873-876.

作者简介：

徐东升(1972--),男,汉族,山东省莱阳市人,大学本科,工程师,研究方向：地理信息与测绘。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.