

从实景三维建模到数字孪生建模

From Realistic 3D Modeling to Digital Twin Modeling

张孝飞

Xiaofei Zhang

陕西国土测绘工程院有限公司 中国·陕西 西安 710000

Shaanxi Land Surveying and Mapping Engineering Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

摘要: 实景三维作为真实、立体、时序化反映人类生产、生活和生态空间的时空信息,是国家重要的新型基础设施,可以通过“人机兼容、物联感知、泛在服务”实现数字空间与现实空间的实时关联互通,为数字中国提供统一的空间定位框架和分析基础,是数字政府、数字经济重要的战略性数据资源和生产要素。基于此,以下对从实景三维建模到数字孪生建模进行了探讨,以供参考。

Abstract: Realistic 3D, as a realistic, three-dimensional, and temporal reflection of human production, life, and ecological space, is an important new type of infrastructure in the country. It can achieve real-time connectivity between digital space and real space through “human-machine compatibility, IoT perception, and ubiquitous services”, providing a unified spatial positioning framework and analysis foundation for Digital China. It is a digital government Important strategic data resources and production factors in the digital economy. Based on this, the following discusses the transition from real-life 3D modeling to digital twin modeling for reference.

关键词: 实景三维建模; 数字孪生建模; 分析研究

Keywords: realistic 3D modeling; digital twin modeling; analytical research

DOI: 10.12346/se.v5i1.8126

1 引言

实景三维技术作为一种新兴技术,为地类空间信息数据的处理提供了新的解决方案。实景三维技术主要是利用无人机航拍图或者高精度卫星影像数据,辅以地面数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)等数据,通过专业的三维数据处理软件,生成可以直观反映地形起伏、位置、高度等的三维全方位立体图。由于其具有完整、真实以及高精度的空间信息数据,近年来,三维实景技术发展迅速,被广泛地应用于应急测绘、国土资源调查、城市规划、智慧城市建设及模拟仿真等各个行业。

2 数字孪生的发展沿革与研究现状

Michael Grieves教授在2003年提出了数字孪生的雏形,将数字孪生定义为“与物理空间中的物体相同的虚拟数字

化表达”,并记录于之后发表的白皮书中。但是,当时的计算机技术并不发达,相关研究停滞不前。直至2012年,NASA的两位研究者再次注意到数字孪生这个概念,将其运用于飞行器模型的构建中,并将其定义为“复杂产品多物理量、多领域、多概率、多维度的模拟仿真,使用高保真数字模型、传感器数据、运行历史数据等复刻对应孪生体的生命周期”。在中国,提出了与数字孪生类似的平行系统技术体系,称为平行系统理论,为我国数字孪生发展开了先河。如今,研究方向已拓展到数字孪生车间、数字孪生网络、数字孪生能源互联网等实践领域,以及数字孪生五维模型、数字孪生评价体系、模型构建理论等理论层面。随着数字孪生相关发展规划的出台,数字孪生已融入各行各业,内涵、意蕴更加深远。2021年,由北京航空航天大学主办的 *Digital Twin* 英文期刊正式上线,标志着中国在数字孪生领域的影响力进一

【作者简介】张孝飞(1985-),男,中国甘肃庆阳人,本科,工程师,从事实景三维建模研究。

步提高^[1]。

3 数字孪生的价值

数字孪生技术的发展已经引起业界的广泛关注，因为它不仅仅是一种技术，还有着广泛的应用价值。①数据驱动。在数字孪生系统中，物理世界的实体和系统被数字化，通过各种传感器实时收集数据。这些数据可用于实时监测和改善物理实体和系统的运行状态。利用这些数据，可以实现对物理实体和系统进行更好的优化和控制，以实现更高的效率和可靠性^[2]。②物物互通。数字孪生技术通过实时采集和处理物理实体和系统的数据，能够更好地与其他实体和系统进行互通。这种物物互通使得不同物理实体和系统之间能够进行更加高效的协作，从而提高整个系统的效率和可靠性。③人机协同。数字孪生技术通过将人工智能技术、机器学习算法与数字孪生模型结合，提高整个系统的效率和可靠性。数字孪生技术通过将人的经验和知识与数字孪生模型结合起来，使得系统更加灵活和智能化。④产品迭代。数字孪生技术在整个产品开发周期中使用，从设计到制造和测试。这使得产品的开发和迭代更加快速和高效，也能够更好地优化产品的性能和可靠性。⑤虚实互联。数字孪生技术通过虚拟的数字孪生模型与实际的物理实体和系统进行互联，以实现更加高效的协同工作。这种虚实互联在不同领域和行业之间建立更好的合作和协作关系，促进各行各业的发展和进步^[3]。

4 从实景三维建模到数字孪生建模分析

4.1 三维实景建模

三维实景模型构建使用 Context Capture 软件，剔除质量差的影像数据，保证构建模型的质量。通过匹配同名点、生成密集电影、构建三角网以及映射纹理等操作实现三维实景模型构建。构建的试验区三维实景模型具有较高的质量，模型清晰度较高，为后续数据的应用提供了重要基础^[4]。

4.2 数字孪生城市轨道交通二三维选线

传统选线需要内外业反复验证，选线工作人员需要理清繁杂的资料，且进行大量外业踏勘工作。受客观条件的约束，如军事禁区、居民区厂区围墙内部的信息难以采集，造成采集遗漏。在集成了多类型数据数字孪生平台上可以全面采集信息、极大地简化选线流程，提高设计效率，也能有效地避免设计缺陷。制作轨道交通二维数据库并整体落图于数字孪生城市统一大场景中。二维数据库包括基于轨道交通选线方案的 CAD 图纸，在图纸中整理出站台、站点结构边线（含出入口）、轨道中心线、盾构区间结构边线等图层。同时，整理出沿线两侧各 500m 范围内规划路网、河道、地名地址等数据，转换成矢量文件。数字孪生城市中实景三维模型是现状全要素的真实体现，将二维数据与实景三维模型相结合即为规划与现状结合，将多个维度辅助线路合理规划，精准地避让房屋、建筑、桥梁，减少返工量，有效缩短建设时间^[5]。

4.3 实景三维技术在土地空间用途管理中的应用

利用实景三维技术对土地空间用途进行管理体现在多个方面。首先，在土地空间保护与合理利用方面，需要结合各类土地空间要素保护以及合理利用的需求，开展土地空间用途管理工作。例如，该项目的流域用途管理便可通过实景三维技术开展，通过 DSM 数据对流域方向、范围以及面积等信息进行直接提出，然后提出流域周边的建筑物以及植被等信息出现的变化，之后将提出的信息与土地利用情况相关数据进行叠加处理，从而为流域空间管理提供支持。其次，可应用于生态环境修复，矿山生产会设置尾矿库，通过 DSM 数据开展矿区剖面分析，能够了解矿区堆积情况以及尾矿库周边区域出现的地形变化，从而为土壤污染、河流污染的治理工作提供支持。最后，通过实景三维场景可对地质灾害进行监测和分析，将地质灾害的监测数据同坡度数据、导航数据、遥感影像、救援力量等方面数据源进行结合，从而为地质灾害管理提供支持^[6]。

4.4 在投产阶段的应用展望

数字孪生的框架。数字孪生的成熟应用是在数字模型的基础上，全面展现和预测各种生产信息，如在制品、设备、辅料备件的状态，虚拟现实的同步展示等，用来辅助生产稳定进行。数字孪生的成熟框架分为硬件物理层、技术层、应用层。硬件物理层包括物理世界的设备和产品实体，它们安装有各种工业物联网（IIoT）传感器，将数据上传到技术层；技术层包括生产管理系统（MES、ERP 等）、数据挖掘系统、数字孪生渲染系统，数字孪生渲染系统根据数据驱动数字孪生模型运动并进行可视化渲染，数据挖掘系统根据生产管理系统和 IIoT 数据用机器学习模型预测设备的状态、保养周期、生产瓶颈等；应用层包括可视化信息集成平台和工艺仿真平台。可视化信息集成平台接收生产管理系统、数据挖掘系统、数字孪生渲染系统的数据，利用这些数据进行生产信息、预测信息和虚拟现实的展示^[7]。

4.5 三维地表模型建立

利用 Skyline、Super Map GIS 等商用软件，实现对城市空间信息与建筑空间信息的有效融合。Skyline 使用城市生成器将 OSGB 和 FBX 两种模式以 3DML 的形式呈现在 Terra Explorer 中。3DML 是对原来 xp2 的改进，它采用流程图来装载 3DML，并为其提供了 3DML 创建器的界面。Super Map GIS 能够直接对 OSGB 模型数据进行读取，通过 Super Map Export 插件，可以在 revit 中将 rvt 导出为 udb 文件，udb 是跨平台、支持海量数据存储的文件型数据源，而在此基础上建立一种基于遥感图像、DEM 空间信息的三维地面建模方法。Terra Builder 能够将航空影像、卫片与 DEM 进行有效融合，从而产生高质量的地貌信息。使用 Terra Builder 生成器创建地貌数据的过程如图 1 所示。在三维 GIS 中，若要得到较好的地表资料，则应将图像与高程的预设值设定为 100%，若三维 GIS 中有地下部位，则应设定高

程区间^[8]。通过使用 Skyline 演示平台 Terra Explorer, 可以看到来自当地和 Terra Gate 的多个来源数据。Terra Explorer 提供了诸如测量、地形分析、光线、阴影分析和向量分析的空间分析能力, 实现了网格与复合对象的空间信息处理, 为地理信息系统提供了一个立体可视化的空间信息系统。一个融合了 MPT,3DML,DXF 等多种数据源的 Terra Exploer。城市三维实景模型的精度可划分为三个部分: 实景模型平面精度、高程精度和几何精度评定。在实际的建模制作中, 因为随机误差比较多, 而且各象控点的布置方法也不尽相同, 因此建模的结果与理论的结果相差很大, 有必要全面地对真实场景中的真实场景建模的准确性进行全面评估^[9]。

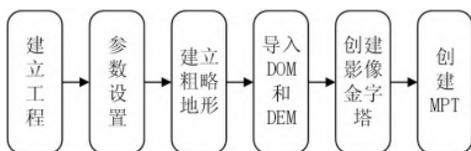


图 1 基于 Terra Builder 的地形创建

5 结语

数字孪生是真实世界的物理模型在虚拟空间中进行映射, 以及两者之间进行信息交互的过程, 是以设备、生产线、厂房等物理实体的数字 3D 模型为基础, 融合物理实体的实时采集数据, 仿真现实世界中物理实体的行为^[10]。通过虚实交互反馈、数据融合分析、决策迭代优化等手段, 发挥连接现实物理世界和虚拟世界的桥梁和纽带作用, 提供更加实时、高效及智能的服务。

参考文献

[1] 焦莹莹,李琛亮.三维可视化渲染技术在数字孪生中的应用研究

[C]//中国水利学会减灾专业委员会.第十三届防汛抗旱信息化论坛论文集.第十三届防汛抗旱信息化论坛论文集,2023:179-185.

[2] 姚惠云.智慧园区三维数字化建设的探讨与设计[J].江苏科技信息,2022,39(33):56-59.

[3] 王旭科.三维数字化建模技术在数字城市建设中的应用研究[J].河南科技,2022,41(14):5-10.

[4] 朱庆,张利国,丁雨淋,等.从实景三维建模到数字孪生建模[J].测绘学报,2022,51(6):1040-1049.

[5] Structure-aware completion of photogrammetric meshes in urban road environment. Zhu Qing;Shang Qisen;Hu Han;Yu Haojia;Zhong Ruofei.ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2021.

[6] 高艳丽,陈才,张育雄.数字孪生城市未来发展展望[J].中国建设信息化,2019(21):34-37.

[7] 朱庆,曾浩炜,丁雨淋,等.重大滑坡隐患分析方法综述[J].测绘学报,2019,48(12):1551-1561.

[8] An unsupervised domain adaptation approach for change detection and its application to deforestation mapping in tropical biomes. Soto Vega Pedro Juan;Costa Gilson Alexandre Ostwald Pedro da;Feitosa Raul Queiroz;Ortega Adarme Mabel Ximena;Almeida Claudio Aparecido de;Heipke Christian;Rottensteiner Franz.ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2021.

[9] 胡翰,丁雨淋,朱庆,等.面向全球DEM生产的点云智能滤波与DEM泊松编辑方法[J].测绘学报,2019(3).

[10] Efficient interactions for reconstructing complex buildings via joint photometric and geometric saliency segmentation. Xu Bo;Hu Han;Zhu Qing;Ge Xuming;Jin Yigao;Yu Haojia;Zhong Ruofei. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2021.