

# 实景三维建模技术在智慧城市基础地理信息更新中的应用研究

涂欣怡

江西省自然资源测绘与监测院

DOI: 10.12238/jpm.v6i8.8368

**[摘要]** 随着智慧城市的发展,基础地理信息在时效性、精度和语义表达能力等方面都面临着更高的需求。实景三维建模技术具有真实感高,表达立体和更新效率高的特点,正逐渐成为地理信息更新中的一种重要方法。文章重点对实景三维建模应用于智慧城市中基础地理信息的更新进行了系统的研究,并分析了技术特点和传统方法之间的区别,讨论了数据采集、语义表达等问题、更新机制等关键路径以及典型城市应用案例对实践成效和技术瓶颈进行了归纳。结果发现实景三维建模能够显著提高城市地理信息表达完整性和更新频率,利于支持城市治理,空间规划和应急响应核心场景。

**[关键词]** 实景三维建模;智慧城市;基础地理信息;数据更新

## Research on the Application of Realistic 3D Modeling Technology in Updating Basic Geographic Information of Smart Cities

Tu Xinyi

Jiangxi Provincial Institute of Natural Resources Surveying and Monitoring

**[Abstract]** With the development of smart cities, basic geographic information is facing higher demands in terms of timeliness, accuracy, and semantic expression ability. Realistic 3D modeling technology has the characteristics of high realism, expression of three-dimensional and efficient updating, and is gradually becoming an important method in geographic information updating. The article focuses on a systematic study of the application of real-life 3D modeling in updating basic geographic information in smart cities, and analyzes the differences between technical characteristics and traditional methods. It discusses key paths such as data collection, semantic expression, update mechanisms, and typical urban application cases to summarize practical effects and technical bottlenecks. The results showed that real-time 3D modeling can significantly improve the completeness and update frequency of urban geographic information expression, which is conducive to supporting urban governance, spatial planning, and emergency response core scenarios.

**[Key words]** real-life 3D modeling; smart city; Basic geographic information; Data Update

### 引言

以基础地理信息为底层数据支撑的城市空间治理对智慧城市建设起到了越来越关键的影响。传统地理信息多以二维地图为主,具有表达局限多,更新周期长和空间语义不完善等特点,很难适应城市动态管理和多元化场景发展的现实需要。随着城市运行机制向着数字化和智能化方向转变,地理信息在空间精度,实时更新能力以及语义完整性等方面都有了更高的标准。实景三维建模技术正是基于这一背景而产生,它通过将倾

斜摄影、激光雷达、多视影像和 AI 识别有机结合起来,使表达由二维向三维、由静态向动态飞跃。这一技术在提升地理信息表达丰富度的同时,还大大优化更新效率,提升数据价值。

### 一、实景三维建模技术与智慧城市地理信息更新的契合性

#### (一) 实景三维建模的核心技术特性与优势

实景三维建模作为一种集摄影测量、激光雷达、计算机视觉及图形渲染于一体的空间数据建模方法,其核心优点在于高

精度，高还原度以及强直观表现力。利用无人机航拍，车载激光扫描和倾斜摄影，可以在较短的时间内获得大面积，高密度地理空间数据并利用建模算法重建出纹理逼真，空间结构清晰的三维场景模型。与传统二维地理信息相比较，三维建模具有更强大的空间认知能力与信息承载能力，特别是在表现建筑立面，地形起伏与城市结构复杂关系等方面显示出了显著的优势。同时实景三维数据能够融合多源异构信息，例如属性数据，监测数据以及遥感数据等，从而为地理信息更新以及城市管理等方面提供更准确，更多维度的基础资料支撑<sup>[1]</sup>。

(二) 智慧城市对地理信息时效性与空间精度的实际需求

智慧城市的实质在于城市运行的全要素，全周期感知，分析和响应能力，要求基础地理信息具有时效性和空间精度。城市建设和管理动态性显著提高，基础设施更迭快，土地利用变化频繁，需要地理信息具有反映现实空间格局变化的快速更新能力。如精细化城市治理，智能交通调度，应急响应预案等情景都需要基于高空间分辨率与高语义精度提供决策支持，而且传统的二维地图不能提供充分的空间立体信息。智慧城市中物联网传感器，遥感卫星和交通监控等系统生成动态数据，需要和地理空间模型进行高度集成，才能进行实时分析和推演。

(三) 传统地理信息更新方式在效率与表现力上的局限

一直以来基础地理信息更新都是依靠人工测量，图像判读及定期遥感数据处理来完成，这几种方法尽管在精度及规范性上都有了一定的保证，但是在响应速度，空间表现力，多源融合能力等方面都有明显的缺陷。传统二维数据模型对复杂城市立体结构，地形地貌变化和动态城市环境的表达捉襟见肘，很难适应现代城市管理中立体化和动态化的信息表达急需。以人工更新为主的更新方式周期较长、代价较大、很难实现高频率更新作业，也不能实时体现城市空间快速演化的特征。特别是在突发事件响应、城市地下空间监管、交通仿真和公共安全监测等要求快速建模和场景还原的应用情境下，传统方法呈现出明显的滞后性和不适应性。二维数据抽象程度高、真实感和沉浸感不足、不利于大众的了解和参与、制约了它在多元化城市服务领域的运用<sup>[2]</sup>。

## 二、实景三维建模在地理信息更新中的应用路径

(一) 多源数据快速采集与高效处理能力

实景三维建模技术应用于地理信息更新的第一个优势是具有快速获取多源数据，高效处理多源数据等特点。随着遥感技术和传感设备的不断进步，航空摄影、倾斜摄影、激光雷达 (LiDAR)、全景摄像、移动测量系统 (MMS) 等多种感知技术得到了集成应用，形成具有高分辨率，高密度多模态空间资料来源。这些资料不仅涵盖范围广、信息维度多、而且能够综合考虑地形，地物以及其纹理信息获取的需要。同时数据处理流程在高性能计算，图像重建算法和深度学习技术的辅助下，从数

据预处理、特征提取、模型重建直至纹理映射，自动化和智能化程度显著降低，更新周期显著缩短，整体效率不断提高。在实践中诸如无人机快速建模，高空航摄实时拼接，地面激光扫描精细补测等多源协同机制都可以显著提高数据获取的灵活性和准确性。通过建立统一的数据框架和时空基准，实景三维模型可以快速融合多源数据并提供持续，一致和高保真空间数据产品，满足在城市级别乃至更大范围内对地理信息进行动态更新等应用要求。

(二) 三维表达增强空间信息的语义完整性

基础地理信息更新时，只有几何坐标和属性刻画的二维数据很难精确地表达城市复杂空间语义。然而实景三维建模技术将建筑物、道路、水体和绿地等众多地理要素进行立体表达和纹理映射、从几何、拓扑和语义三个层次上实现空间信息的综合增强。通过高精度的模型重建在保持实体真实形态和尺度的前提下，能够有效地表达实体的空间关系例如遮挡关系，相邻性和可视性。同时借助于规则化建模和对象识别技术可将建筑类别、使用范围、层数和材质等大量语义标签嵌入到模型之中，提高空间数据可理解性和可计算性。这种语义增强能力在智慧城市的场景重建、路径分析、设施管理和应急预案制定过程中显得格外关键。比如在城市防灾模拟中，可以利用三维模型来评价洪水淹没路径，视线遮挡影响和避难路线可达性等问题，为管理者提供操作性更强的决策支撑。实景三维表达既是一种跨越，也是一种空间可视化手段，同时还是促进地理信息系统由“图形化管理”进化到“智能的语义化”的基础驱动力量。

(三) 更新流程中自动化、精细化作业的实现机制

传统地理信息更新操作的核心瓶颈是过分依赖人工介入，效率低下。而实景三维建模的蓬勃发展，显著促进更新流程朝着自动化，精细化的方向发展。从自动化角度来看，以人工智能和计算机视觉为基础的模型识别算法能够实现建筑轮廓的自动提取，表面识别和结构重建，大大降低人工判读和矢量化工作量。利用点云分类和多视角影像配准技术，更新系统能够有效地感知城市的变化，例如新增建筑、改建工程或道路的变更，实现对变化区域的智能检测和局部更新，从而避免全域重复建模导致的资源浪费。从细致化的角度看，高分辨率的数据和子结构建模方法可以精确地描述细节，如立面的装饰、窗户的开口、桥梁的结构等，从而提高模型的真实感和应用的深度。同时自动化作业机制也支持和 GIS 平台进行联动更新，以保证更新后的成果能无缝连接到已有数据体系中去，从而形成一个持续、动态、时空连贯的地理信息流。整体来看实景三维建模自动化和精细化机制在提升数据更新效率的同时还能保证数据质量，从而为智慧城市高频次和多场景管理奠定了坚实数据基础<sup>[3]</sup>。

## 三、典型案例剖析与未来技术演进趋势

### (一) 城市级实景三维建模在信息更新中的实践效果

近年来实景三维建模已被广泛地应用于许多城市地理信息更新工程中，且成效显著。以深圳、杭州及雄安新区为例，由政府及技术团队通过倾斜摄影及激光点云的方式，快速建立覆盖面广、精度高的城市三维模型。这些模式不仅将建筑、道路、水系和绿化等基础设施立体化地表现出来，而且还将地理信息平台以数据的形式进行访问，从而为城市治理、空间规划和应急指挥提供可靠的数据支持。以深圳市为例，在城市更新及房屋征迁过程中，通过实景三维模型的辅助，对建筑边界及产权属性进行准确定位，提高征迁效率及群众满意度。杭州决定将三维模型整合到智慧交通系统中，以达到交通节点的细致管理和道路空间的优化。雄安新区更将三维建模成果综合布放于城市起步区的规划阶段，由“图纸设计”过渡到“空间模拟”。从这些实例中可以发现，城市级实景三维建模已不仅仅是一种数据可视化的手段，它已经成为促进地理信息更新范式转变的一种重要技术途径。它的优点不仅在于信息表达真实和空间完整，还在于信息系统数据链条通畅和任务执行效率高。从实践效果看城市管理部门数据获取周期明显缩短，地理信息更新频率与精度同步增长，为实现智慧城市的运营提供坚实数据基础与空间支持<sup>[4]</sup>。

### (二) 当前应用过程中存在的关键技术问题

尽管实景三维建模在地理信息更新中的应用已取得阶段性成果，但在实际推广与落地过程中仍面临诸多技术难题与应用瓶颈。数据采集及处理环节高度依赖于高性能硬件设备及专业操作人员，造成工程费用高、技术门槛高、中小城市及基层单位很难全面推广。面对大范围多源异构数据融合要求，现有算法在点云去噪，影像配准及三维重建等稳定性和效率上尚有欠缺，易发生高密度建筑区或者遮挡严重地区的模型畸变和信息缺失。各批建模数据分辨率，坐标系统及采集精度等方面存在的差异性也对后续数据接入，信息比对以及更新同步等工作提出了挑战。语义识别和属性提取能力尚不成熟，已有模型多以几何表达为主要特征，对地理实体属性刻画不透彻，制约了它们在智能化分析和业务应用方面的深层整合。最后是三维数据标准体系还不够健全，各平台间存在着格式不一致，界面不相容的现象，极大地制约着数据共享与跨系统联动效率。尽管实景三维建模在感知精度和空间表达上具有显著优势，但是如果想要完全取代传统的地理信息更新模式仍需要在自动化处理能力，语义增强技术和数据标准制定上不断取得突破。

### (三) 未来发展方向

伴随着计算机视觉，人工智能以及空间信息科学等学科的日益交叉和融合，地理信息更新中实景三维建模的未来走向正在呈现多元化和深层化发展态势。首先，在数据收集方面，未来计划进一步促进轻量级和自动化传感设备的集成发展，例如

微型倾斜相机、车载多源采集平台和移动激光扫描系统，以提高建模效率和操作灵活性。数据处理层面上，会借助深度学习和自监督学习方法来增强地物识别精度和三维重建稳定性，并对复杂城市场景进行高精度建模和语义分割。如采用多模态神经网络联合学习遥感影像和点云可望实现由“建模”向“认知”技术的跃迁等。随着 BIM (建筑信息模型) 与 GIS 的融合加深，未来实景三维建模成果将不再局限于几何表达，而是承载更多与城市运行相关的动态信息，实现从静态地图向时空模型的演化。从数据组织和服务层面来看，云计算和边缘计算为三维模型分布式管理和实时更新赋能，促进数据朝着“立即采集后立即使用”方向演进。最后标准化体系建设还将是促进实景三维建模深度应用发展的重要保证，今后还需要逐步制定统一模型表达规范，数据接口标准以及应用开发框架，为了提高跨部门，跨系统之间互操作性和共享能力。实景三维建模必将在技术深化，体系集成及应用创新上取得突破性进展，赋予地理信息更新更高层次的智慧和更为广阔的空间<sup>[5]</sup>。

### 结论

实景三维建模技术已经成为智慧城市中基础地理信息更新方式转变的主要驱动力。从其实践路径和案例分析中可以发现，该项技术在多源数据融合，空间语义增强和自动化更新等领域表现出了显著的优势，有效地弥补传统二维地理信息系统表达能力和更新效率的缺陷。三维表达方式给城市管理带来更直观、更能互动的空间支持，促进地理信息从“图形展示”到“智能应用”的转变。但目前数据处理自动化，语义提取精度以及模型轻量化和大规模部署能力等方面还存在技术瓶颈问题，需要依靠算法优化和系统集成能力不断提高。放眼未来实景三维建模在城市级数据治理，多源感知融合和虚实互动系统建设等方面发挥着更为关键的作用。建设一个统一、智能、有效的三维地理信息更新体系将成为支撑新型智慧城市优质发展的主要技术途径。

### [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.
- [2]李濛,何倩,李广明,等.面向数字孪生城市的三维 GIS 基础软件技术创新及应用[J].上海城市规划, 2023(5): 36-43.
- [3]孙巍,刘嘉桢.融入测绘地理信息技术的智慧城市建设[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023(012): 013-020.
- [4]祝太岳.城市实景三维建设的测绘地理信息技术创新研究[J]. 2022(9): 334-336.
- [5]李雨萌.地理信息科学技术在智慧城市中的应用[J].工程与管理科学, 2022, 4(2): 55-57.