

# Application analysis of surveying and mapping geographic information system in smart city surveying and mapping project

Mingming Cao

Hebei Shengtu Geographic Information Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

## Abstract

As a core technology in smart city construction, Geographic Information System (GIS) provides precise decision support for urban management through the collection, storage, analysis, and visualization of spatial data. This paper focuses on the practical applications of GIS in the construction, planning and design, management of municipal facilities, and emergency response of urban basic geographic information databases, such as 3D pipeline modeling and flood simulation, highlighting its critical role in enhancing urban governance efficiency and ensuring public safety. Research shows that the integration of GIS with various technologies is driving the development of surveying engineering towards intelligence and real-time capabilities, providing a solid technical foundation for smart city construction.

## Keywords

surveying and mapping geographic information system; smart cities; surveying and mapping engineering; apply

## 测绘地理信息系统在智慧城市测绘工程中的应用分析

曹明明

河北盛图地理信息有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

## 摘要

测绘地理信息系统(GIS)作为智慧城市建设的核心技术,通过空间数据采集、存储、分析与可视化,为城市管理提供精准决策支持。本文结合智慧城市测绘工程的核心需求,重点探讨GIS在城市基础地理信息数据库建设、规划与设计、市政设施管理及应急响应中的实践应用,如三维管线建模、洪涝模拟等,展现其在提升城市治理效率、保障公共安全方面的关键作用。研究表明,GIS与多种技术的融合,正推动测绘工程向智能化、实时化方向发展,为智慧城市建设提供坚实技术基础。

## 关键词

测绘地理信息系统;智慧城市;测绘工程;应用

## 1 引言

智慧城市中空间数据日益庞大复杂,传统的测绘方法已经不能适应城市管理需要。地理信息系统(GIS)在空间数据分析上有巨大的优势,是解决该问题的关键。本文探讨介绍GIS技术方法与在智慧城市测绘中的创新应用,以探寻GIS技术如何改变传统城市测绘的静态描述,转变为智慧城市建设的动态决策,探索GIS在智慧城市测绘中的新方法。

## 2 测绘地理信息系统的技术概述

现代空间信息处理的技术核心是地理信息系统(GIS),

经过多年发展,其已从制图工具扩展到为辅助决策而进行的综合空间信息系统。GIS技术总体架构以空间数据全生命周期管理为主线,主要包括4个模块:空间数据采集、存储、分析及可视化。数据采集模块支持传统测绘数据采集、基于遥感影像的常规数据采集以及基于传感器的实时数据采集的多源异构数据的统一采集能力;数据存储模块支持传统空间数据库技术,管理属性数据的同时,通过空间索引支持对海量地理数据的快速搜索;空间分析模块支持GIS系统的核心功能,包括空间叠加分析、网络分析、地形分析等专业算法,使空间数据转化为决策信息;可视化模块支持通过动态渲染和交互操作,可视化呈现复杂的空间关系<sup>[1]</sup>。

整个GIS技术架构上,基本处理功能:数据库使用PostgreSQL/PostGIS、OracleSpatial等空间数据库管理技术对TB级数据进行管理,并且具备更多的空间统计分析功能;空间分析功能包括从简单的空间查询缓冲区分析、叠加

【作者简介】曹明明(1987-),女,中国河北衡水人,本科,工程师,从事测绘地理信息工程研究。

分析,到更复杂的地理加权回归、多元地理协方差分析;人机交互界面从桌面 Web 端到互联网端的发展,现在的主流选择是跨平台 WebGIS (桌面端 GIS 和 Web 端 GIS 相比在地图显示上差别仍然较大),以达到在任何平台端对空间信息服务随时随地的获取;遥感 (RS) 技术可提供时间周期性、宏观的监测数据,我国的高分系列卫星已经能够实现亚米级分辨率;全球导航卫星系统 (GNSS) 的多系统 GNSS 由 GPS 发展到了北斗、伽利略、格洛纳斯、BD 等,北斗三号为全球服务提供全球多系统服务,定位精度到厘米级;三维数据建模已经突破了二维瓶颈,倾斜摄影 (侧扫摄影机从各个方向来对对象进行数据采集)+激光雷达 (LiDAR, 亦称光达),可以实现城市的实景三维重建;大数据对于海量的数据实时分析是可行的解决方案;分布式计算为海量的空间数据、上亿个要素分析、复杂分析提供扩展计算资源的云计算。

### 3 智慧城市测绘工程的核心需求

智慧城市建设对测绘工程提出了前所未有的技术要求,其核心需求主要体现在三个维度。

其一,高精度空间数据获取是基础支撑。现代城市管理要求地形数据精度达到厘米级,建筑轮廓需要三维建模精度优于 5 厘米,地下管线的空间位置误差必须控制在 10 厘米以内。这些数据不仅需要平面坐标,还要包含高程信息、材质属性、建设年代等多元特征,形成完整的空间属性一体化数据库<sup>[2]</sup>。

第二,动态管理和更新机制,让数据具有生命力。城镇化高速发展的背景下,每月的新建量、季度新增道路网络、每年的地下管线维护等都需要快速变化。新型测绘技术组合成为了适用手段,无人机航测实现周级数据更新,移动测量系统完成道路要素采集日级频率,地基 InSAR 技术用于监测建筑沉降,以毫米级精度完成更新。环境监测数据通过物联网感知实时接入。

三是多源数据融合共享,为智慧城市运行提供“神经系统”。要让交通流量数据与路网空间吻合,规划审批数据叠加在现状地形上,应急指挥需要掌握实时人口热力图,需要有统一空间数据中台,需要制定跨部门数据标准,需要开发智能化数据清洗工具。最大的技术挑战是,如何让精度差异、时效差异、坐标系差异数据实现自融,如何处理数据安全与开放之间的博弈。

## 4 GIS 在智慧城市测绘工程中的实践应用

### 4.1 城市基础地理信息数据库建设

城市基础地理信息数据库作为智慧城市建设的空间数据基石,其构建过程体现了 GIS 技术的系统化应用价值。

(1) 数据标准化工作。建立完整的标准体系框架,包括数据分类编码标准、空间数据交换格式标准、元数据标准等。实践表明,采用“基础地理信息+专题扩展”的标准

化模式,可使数据兼容性提升 40% 以上。空间基准统一是建库的首要技术环节。通过建立全市域统一的平面坐标系和高程基准确保各类空间数据具有一致的数学基础。坐标转换工作需特别注意历史数据的处理,某老工业城市在数据迁移过程中,开发了基于最小二乘法的坐标残差修正算法,将转换误差控制在 0.05 米以内。

(2) 数据采集环节。针对不同要素,采用差异化采集方案。无人机倾斜摄影获取建筑群三维模型,点云密度达到 200 点/平方米;移动激光扫描系统采集道路要素,纵向采样间隔 0.2 米;地下管线采用探地雷达与惯性定位组合测量,平面位置中误差  $\leq \pm 0.1$  米。值得注意的是,新型智能采集设备能大幅提升作业效率,比如采用 AI 辅助的移动测量系统。数据处理流程要形成严格的质控链条,原始数据需经历坐标转换、拓扑检查、属性挂接、逻辑一致性检验等 12 个处理节点。其中,拓扑检查采用规则库驱动模式,预设多类拓扑规则,包括管线不能悬空、道路必须闭合等<sup>[3]</sup>。

(3) 数据库架构设计,遵循“分层管理”原则。物理上分为核心层(基础地形)、专题层(管网、交通等)、业务层(各委办局数据)三个层次。采用分布式存储方案,矢量数据使用 PostgreSQL+PostGIS 组合,遥感影像采用 GeoRaster 存储,三维模型使用 3DTiles 规范组织。建立四叉树空间索引(针对二维数据)和 Octree 空间索引(针对三维数据)的混合索引体系,使亿级要素的查询响应时间控制在 3 秒以内。

### 4.2 城市规划与设计

(1) 用地判别的精确性突破。现行城市规划用地判别已告别传统主观判断,转为依据数据依据做出精确的量化决策。通过 GIS 平台叠加各要素图层,如地形坡度 (0.5m 分辨率 DEM 数据) 判定、地质条件 (工程地质钻孔数据库数据) 判定、生态敏感性 (NDVI 指数、生态保护区数据) 判定、交通可达性 (网络分析算法 15 分钟生活圈可达) 判定,使用空间统计工具叠加处理,各因子赋以 0 ~ 10 分 (对应适宜度等级) 的等级数值,运用加权叠加法生成用地潜力热力图。AI 技术辅助自动挖掘“棕地”(废弃工业用地),分析再开发潜力,准确度更高。

(2) 空间规划辅助决策系统的发展。新一代规划辅助系统主要有以下 3 项技术创新:一是三维空间模拟,在体素分析的基础上计算高度和日照计算,例如新建住宅要求冬日日照不小于 2 小时,规划软件可计算出满足要求的方案等。二是动态交通影响评价,结合 TransCAD 交通模型计算不同容积率规划方案的路网负荷变化。三是公共服务设施服务范围,利用两步移动搜索 (Two-Step Destination-Oriented) 来计算 15 分钟步行公共服务设施服务覆盖的范围。

(3) 关键技术实现路径。空间句法分析,量化街道网络的整合度与连接度。开发强度测算,建立容积率-地价-基础设施承载力的多元回归模型。景观视域分析,采用数字

表面模型(DSM)进行视线通廊控制。微气候模拟,耦合ENVI-met模型分析规划方案的热岛效应。

本文案例一中GIS平台承载了200多个图层的空间数据,如现状分析中识别规划区内现有违法建设37宗,节省现场踏勘时间400小时;方案比选中仿真分析对比5个方案,计算评价,决策方案;公众参与中面向民众开放的WebGIS上获取了2300条群众意见,并且空间化各诉求。目前技术限制还是实时数据的实时应用,发展方向要探索城市生长模拟,在基于CA的仿真预测20年后的城市空间格局;基于数字孪生,将城市规划方案与现实世界的校准;智能生成设计,基于GAN自动生成合理且符合要求的规划草案。

### 4.3 市政设施管理

(1) 地下管线三维建模技术体系。现代城市地下管线三维建模已形成完整的技术链条。数据采集层,采用探地雷达(GPR)与惯性测量单元(IMU)组合定位,平面精度达 $\pm 2\text{cm}$ ,高程精度 $\pm 3\text{cm}$ 。属性录入标准,建立包含27个必填字段的管线属性库,涵盖材质(球墨铸铁/HDPE等)、管径(毫米级)、埋深(精确到厘米)、建设年代等关键信息。执行《城市地下管线三维建模技术规程》,不同管类采用差异化建模方法。压力管道(给水/燃气)采用B样条曲线建模,重力流管道(排水)构建精确的坡度连接模型,电缆通道实现管孔级精细建模。

(2) 故障定位的智能诊断系统。其一,多源数据融合定位。SCADA系统实时压力数据(采样频率1Hz)。声波检测仪采集的漏水信号,管道机器人拍摄的内窥影像,地面沉降监测数据(InSAR毫米级监测)。智能诊断算法。基于随机森林算法的爆管预测模型(准确率89%),运用卷积神经网络(CNN)的管道缺陷识别系统(识别率92%),开发时空聚类算法定位暗漏点(定位误差 $<1\text{m}$ )。

(3) 运维管理平台功能模块。其一,展示查询模块。可以根据管龄、材质等条件进行筛选显示。可以进行模拟爆管事故影响范围,在500m范围内搜索管道爆裂后影响范围内与DN的联通关系。30s以内即可得出500m影响分析。具有VR巡检功能,提升VR培训的考核通过效率。其二,预测报警模块。可以针对管材提供管道老化预测模型,对管道的剩余寿命进行预测,精度 $\pm 6$ 个月。对腐蚀速率进行空间分析,并与土壤电阻率等数据关联。最优应急关阀方案的算法优化,运用Dijkstra计算最优的应急关阀路径点。其三,智慧移动运维模块。通过AR的导航功能精准寻找检修目标,叠加精度可以达到10cm。移动客户端实现实时更新,运用5G网络,实现移动客户端实现实时更新,并保证网络的延迟低于50ms,网络延时可降低至之前的3分之1。

某城市的智慧管网系统,利用物联网、云计算等先进的信息化技术,主要在天然气等民生管道领域开展服务的智能化项目。其技术成果包括:一体化建模,覆盖7大类18

小类532公里管线的建模工作;实时更新,通过对接工程审批系统,系统可以自动从“建设即入库”;智能检测,年智能报警有效率达85%,降低50分钟抢修响应时间。强化完善方向:通过量子传感提升精准度,应用数字孪生在秒级实现响应;通过区块链提升数据可靠性,应用人工智能提前进行运维。

### 4.4 应急管理与灾害响应

(1) 高精度洪涝模拟技术体系。现代洪涝模拟已形成多尺度耦合的建模方法。数据基础层,1:500地形数据(重点区域0.1m分辨率),排水管网数据(管径精度 $\pm 5\text{cm}$ ),实时降雨数据(5分钟更新频率),土壤渗透系数空间分布图。核心算法包括:二维浅水方程求解(网格尺寸 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ),管网-地表耦合模型(SWMM与FloodMap联算),GPU加速计算(使模拟速度提升20倍)。

(2) 动态疏散路径规划系统。一是多约束条件集成。实时水深数据(超声波传感器网络),道路通行能力分级(考虑宽度、坡度),避难场所容量数据(动态余量显示),人群分布热力图(手机信令数据)。二是路径优化算法。改进A\*算法,引入水深代价函数。多目标优化,最短路径与最安全路径平衡。群体疏散分流算法,避免通道拥堵。

某流域洪水应对实战化项目,模拟精度取得较大突破,从以往的重现模拟的偏移达到15%降低到7%,响应时效从预警发布用时60min缩减至8min,决策支持从支持3套方案生成缩减至用时3min,跨领域从涉及了12个政府部门到整合9个部门的数据,如水利、气象、交通、应急、园林、公安、住建、环卫、生态环境等等。未来目标需实现数字孪生的“秒级预警-分钟级响应”,强化学习优化动态路径规划,实现空地一体化监测网络。

## 5 结语

GIS技术在智慧城市测绘工程中的使用为数据的精确度及快速性提高提供了有效保证,在构建城市基础数据、维护市政基础设施与应急事务等方面充分体现了自身使用价值。今后随着5G技术、人工智能等相关技术的推广应用,GIS技术将与物联网、数字双城实现整合,进行更加便捷的空间实时数据处理和自动智能处理,在GIS技术发展上还需进一步探索多源数据整合技术、动态建模技术及标准规范、协调配合体系等应用问题,以便使GIS在智慧城市全流程管理中发挥应有作用,确保城市永续发展。

### 参考文献

- [1] 孔令成.地理信息系统在智慧城市中的应用[J].中国建筑金属结构,2023,(01):84-86.
- [2] 魏琪.智能城市测绘中地理信息系统的应用探讨[J].中国设备工程,2022,(21):263-265.
- [3] 冯其娜.地理信息系统在城市测绘中的应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2022,(11):38-40.