引文格式：周小迦,朱晓红. 三维地理数据模型质检方法与系统实现[J]. 地理空间信息, 2025, 23(3): 137-140. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.03.032

三维地理数据模型质检方法与系统实现

周小迦[1,2]，朱晓红[1*]
（1. 辽宁省测绘产品质量监督检验站，辽宁 沈阳 110034；2. 辽宁工程技术大学 测绘与地理科学学院，辽宁 阜新 123000）

摘　要：针对传统人机交互方式三维地理数据质检方法存在的效率低、受人为因素影响大等问题，构建了三维数据质检系统，以实现三维地理数据模型的自动监测。以质检工作需求为导向，阐述了自动质检关键技术，开发了三维地理数据质检系统，并应用于实际工程中。结果表明，该系统可基本实现三维地理数据模型空间精度和模型质量的自动质检，自动生成质检报告，并可对质检结果进行追溯和查验，极大地减少了人为因素干扰，提高了质检效率。

关键词：三维模型；自动检测；质检系统
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）03-0137-04

Quality Inspection Method and System Implementation for 3D Geographical Data Model

ZHOU Xiaojia[1,2], ZHU Xiaohong[1]
(1. Liaoning Province Quality Supervision and Inspection Station for Surveying and Mapping Products, Shenyang 110034, China;
2. College of Surveying, Mapping and Geographic Sciences, Liaoning University of Engineering and Technology, Fuxin 123000, China)

Abstract: In response to the problems of low efficiency and high susceptibility to human factors in traditional 3D geographical data quality inspection work carried out through human-computer interaction, we proposed a 3D data quality inspection system to achieve automatic monitoring of 3D geographical data model. Oriented by the needs of quality inspection work, we elaborated on the key technologies of automatic quality inspection, developed a 3D geographical data quality inspection system, and applied it to practical engineering. The result shows that the system can basically achieve automatic quality inspection of spatial accuracy and model quality of 3D geographical data, automatic generate quality inspection reports, and trace and verify quality inspection results, greatly reducing human interference and improving quality inspection efficiency.

Key words: 3D model, automatic inspection, quality inspection system

随着智慧城市、实景三维中国等新型基础测绘项目的开展，各类空间实体形成以实景三维、地理场景、地理实体为代表的产品体系，持续推动按尺度分级的传统地理信息成果向按地理实体分级成果的转变，并结合网络云、大数据以及人工智能等技术实现地理信息产品的应用升级[1]。《全国基础测绘中长期规划纲要（2015—2030 年）》指出，2030 年要全面建成新型基础测绘体系，因此基础测绘转型已成为各省地理信息产业从业者面对的重大课题[2]。相较于传统二维栅格数据、矢量数据产品质检，三维地理数据模型质检技术与流程仍处于完善阶段[3]，目前多采用 3ds Max 等第三方软件辅助开展目视解译或人机交互质检，该方法存在效率低、人为因素干扰大等缺点，尚不能满足大体量三维数据生产监测的需要，因此对测绘质检机构提出了更高的要求[4]。基于三维数据的特点寻求计算机自动化质检成为亟需解决的问题。

1　质量标准与质检方法设计

根据生产方法，三维数据可分为无人机倾斜摄影测量数据、三维激光扫描数据和基于二维数据建模，主要数据格式包括 max、osj、osgb。三维数据的误差贯穿空间数据的整个生命周期，从数据的获取到应用都无法避免[5]。通过查阅相关资料并结合工作经验，将误差来源分为数据自身不确定性、空间表达误差、数据处理误差和使用误差 4 大类，其中空间表达误差和数据处理误差是质检工作的重点[6]。按照 GB/T 24356-2023《测绘成果质量检查与验收》[7]对三维地理信息模型成果质检的相关要求，检查的质量元素见表 1。质检流程[8]见图 1。

项目来源：国家自然科学基金面上项目（42071343）。
第一作者简介：周小迦（1988—），硕士，高级工程师，主要从事测绘产品质量检验工作，E-mail：daxief@163.com。
通信作者：朱晓红（1981—），本科，正高级工程师，主要从事测绘产品质量检验工作，E-mail：shidejie2022@163.com。

表1 检查的质量元素

质量元素	质量子元素
数学基础	大地基准、高程基准、地图投影
位置精度	平面精度、高程精度、模型间相对位置、模型自身相对位置
表达精细度	细节层次、几何结构、纹理结构、附属取舍、空间位置准确性、纹理色彩
逻辑一致性	模型闪面、模型破面、模型悬浮、模型漏缝、空间拓扑关系
时间精度	原始资料现势性和产品现势性
场景效果	场景完整性和协调性
附件质量	元数据和附属文档

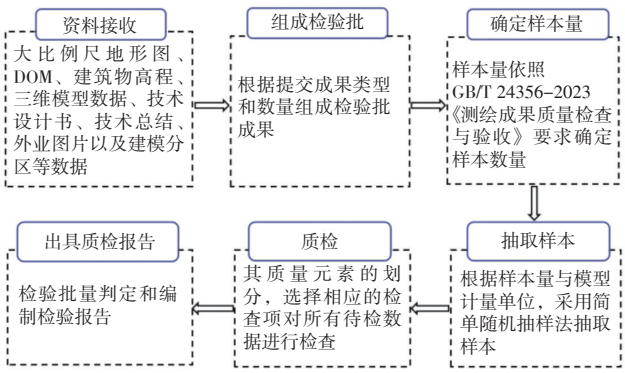


图1 质检流程与主要要求

2 系统设计

以工作实际应用为出发点，以质检需求为导向，根据三维地理数据质量相关规范要求，规范质检流程和统一质检标准，减少质检人员工作量，以人机交互的方式实现三维地理实体数据的质检，实现位置精度、表达精细度的自动计算、统计以及质检报告的自动输出，可极大提高数据质检工作效率。系统设计兼顾二维数据与三维地理实体数据质检工作，根据测绘质检相关要求和规范设置检测策略，在检查数据的同时保持数据质检流程的可视化。质检系统主要分为多源数据层、开发支撑层和应用服务层，支撑矢量数据、点云数据和栅格数据的读取与浏览，实现不同数据的编辑，根据业务需求设计不同的应用模块，具有稳定性强、安全性高、可拓展等特点。

3 关键技术

根据三维地理信息模型成果质检要求和人机交互质检的实现流程，将检查的质量元素分为3类，具体质量元素质检方法见表2。

表2 质量元素质检方法

分类	质量元素	检测方法	检查内容
数据属性类	数学基础	自动检查，人工整体概查	坐标系是否符合设计书与标准规范要求
	时间精度	系统浏览，人工整体概查	模型现势性
	附件质量	人机交互整体概查	数据完整性、正确性，各类文档完整性
空间位置类	位置精度	抽样自动详查，人工辅助	抽检样本的数学精度
表达精度	表达精细度	抽样自动概查，人工辅助	纹理、模型细节表达程度
	场景效果	系统浏览，人工整体概查	模型数据整体色彩、效果、模型间相对关系，是否存在多余或遗漏
	逻辑一致性	系统浏览，人工整体概查	查看模型是否存在漏缝、离散点

1）数据属性类质检。根据项目设计书和标准规范相关要求，将检查项目的相关坐标系统、高程系统、投影系统以及元数据等内容采用选填和录入的方式添加到系统检测项中，检查时可直接将录入信息与模型信息进行对比，查找缺失项或错误项。

2）空间位置类质检。三维模型的位置精度通常采用对比分析检测点坐标的方式[9]，因此自动检测的关键是在三维模型中提取检测点的同名点。将模型最细层级的三角网顶点作为点云数据集的顶点，通过点云加密将三维模型转换为点云数据，为后续的同名点提取奠定基础。传统的三维模型点位精度检测主要采用目视解译的方式，即在三维模型上提取实测检测点的同名点进行坐标间的差异对比。类比二维影像间的同名点匹配方法，三维模型数据也可利用特征点数据实现点位自动匹配[10]，不同之处在于，三维特征点的匹配是检测点坐标与三维数据的对比。根据自然资源部《三维地理信息模型数据产品质量检查与验收》（征求意见稿）[11]中对数学精度检验的相关要求，检查点位多选择墙角点、道路拐点、广场角点等具有明显纹理特征或几何特征的位置，因此可按照点位特征提取与检测点一致的特征点，实现系统的自动提取。

本文采用最大曲率特征点提取方法提取检查点周边模型的局部特征点[12]。该方法可基于点云数据的局部几何特征，通过领域内点集的法向量计算曲率，进而判断特征点。将检查点导入系统，根据项目设计书和三维质检相关要求输入点位偏差阈值，即允许中误差的$2\sqrt{2}$倍，在阈值范围内，采用最大曲率特征法提

取三维模型特征点。系统根据检测点坐标自动与附近的特征点进行匹配，若阈值范围内无特征点匹配，则说明该检测点附近没有同名点；若有点位匹配，则计算检查点与特征点在不同方向的距离差异，即为三维模型点位偏差。对于异常点，可采用人机交互的方式进行查看并修正。

3）表达精度质检。纹理缺失是无人机倾斜摄影测量建模工作中常见的错误之一。通过系统自动查找纹理缺失区域的主要思路为历遍整个模型，查找模型范围内颜色为灰色的区域[13-14]。将模型导入系统，获取模型的点位和纹理信息，判断每个三角网的颜色值，若阈值范围内的颜色均为单一灰色，则认定该区域为纹理缺失（图2）。

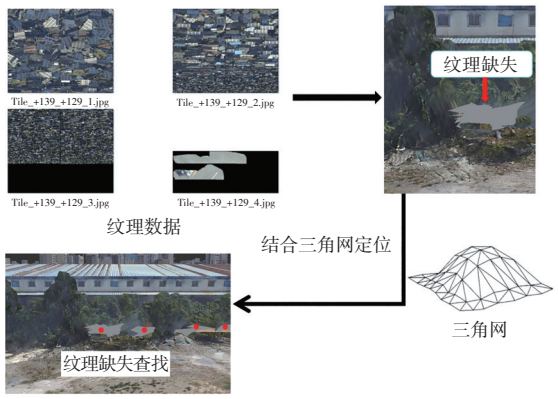


图2　纹理缺失自动定位

4）冗余悬浮点定位。在实际质检工作中，模型还存在冗余要素悬浮等错误[15]。分区域读取三维模型的点云数据，并通过DBSCAN算法对节点数据进行聚类；再根据设定的阈值参数，若一定范围内的聚类点少于参数值且离散点距离模型平面超限，则初步判定为冗余的悬浮点（图3）。

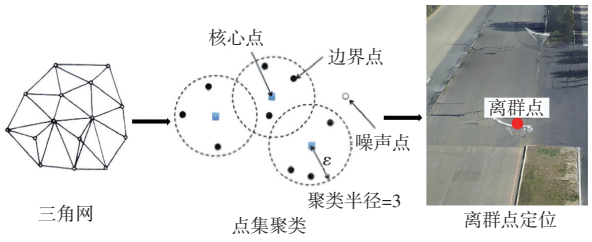


图3　冗余悬浮点定位

4　实例应用

三维模型质检系统基于.NET Framework4.8，采用VS 2022版开发，具有支持多类型地理空间数据和可拓展的特点。三维模型质检系统的主要工作流程为：①根据实际工作需求新建三维模型质检工程，确定项目名称、质检人员、保存路径等基本信息；②导入工程数据（控制点、矢量数据、三维模型、点云数据、DOM等成果数据）和质检数据（各类检查点数据）；③根据项目实际质检要求，在系统内配置各类质检阈值，包括参考系、各类中误差、各类限差以及不同纹理错误类型的面积阈值等；④系统根据设置的监测参数进行自动检查，分工程历遍整个项目，采用计算机自动质检与人工交互的方式完成质检工作，计算机自动查找的错误需进行人工确认；⑤系统统计、汇总发现的各类问题，并根据各类错误的权重计算结果，确定最终的质检结论。各类错误具有详细的列表，方便质检人员进行定位查看。最终确定的质检记录和报告可一键导出为PDF，详细的质检记录方便生产部门进行修改。质检系统的主界面见图4。

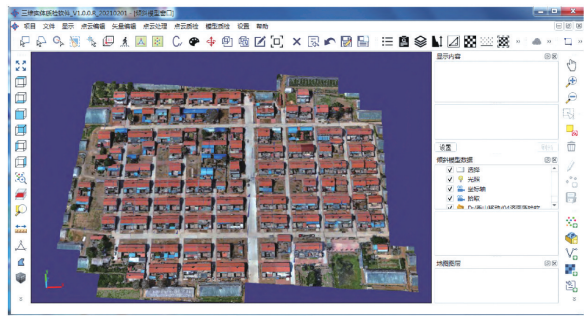


图4　质检系统主界面

利用该系统对某区域不动产确权登记项目村庄实景三维模型开展质检工作。项目共涉及186个自然村，采用无人机倾斜摄影测量制作三维实景模型，按照GB/T 24356-2023《测绘成果质量检查与验收》相关要求为一批次开展验收工作。随机抽取15个自然村实景模型作为检测样本，将各类数据导入系统，系统根据设定阈值自动查找超限和纹理错误区域，结合质检人员的人工交互检测，实现三维成果质量的高效评定。该系统解决了传统质检方法中存在的人工选择匹配点不准确、工作量大等问题，实现了纹理缺失、模型悬浮的自动定位以及质检报告的自动生成，并附带截图、坐标等成果，减少了质检工作量，提升了质检效能。

5　结　语

测绘质检工作是保障测绘成果数据质量极为重要的工序，对于确保成果的准确性和可靠性至关重要。随着实景三维建模技术的发展，三维地理数据模型质检已成为测绘质检领域的重要部分，三维成果数据逐

步向数量大、精度高方向发展。本文根据质检工作的实际需求，开发的三维地理实体质检系统集模型可视化、质检自动化和记录可追溯等功能于一体，根据质检流程分类开展自动检测与人机交互，实现了各类质检报告的自动输出。经测算，该系统可极大提高质检效率，为三维地理数据质检工作提供参考。

参考文献

[1] 韩文立,张继贤,陈海鹏,等. 新型基础测绘质检技术探讨[J]. 测绘通报,2022(7):148-153

[2] 余峰. 实景三维模型质检平台技术开发研究[J]. 信息系统工程,2023(4):68-70

[3] 翟成森. 基于倾斜摄影城市三维模型质检系统的实现与应用[J]. 测绘与空间地理信息,2023,46(2):207-209

[4] 蔡艳辉,程鹏飞,张莉,等. 一种测绘地理信息质检抽样方案评价方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2023,48(5):816-820

[5] 胡昌华. 基于无人机倾斜摄影三维技术的房地一体数据质检和举证方法研究[J]. 城市勘测,2023(4):75-77

[6] 徐业春. 基于大数据挖掘的基础地理信息工程质检方法[J]. 城市勘测,2023(6):104-107

[7] 测绘成果质量检查与验收:GB/T 24356-2023[S].

[8] 唐小丽,郭红操,马煜,等. 测绘质检精度检测库建设及应用[J]. 地理空间信息,2022,20(8):113-115

[9] 作者不详. 高质量测绘成果质检服务自然资源管理[J]. 测绘技术装备,2021,23(4):2

[10] 盘贻峰,李洋,黄丽霞,等. 一种多视角无人机影像匹配对优选方法[J]. 测绘科学,2023,48(3):171-180

[11] 作者不详. CH/T 9024-2014《三维地理信息模型数据产品质量检查与验收》解读[J]. 测绘标准化,2015,31(4):31

[12] 蒲洁,雍正阳,李海凌. 一种点云边界轮廓特征快速提取方法[J]. 工程勘察,2024,52(3):68-73

[13] 翟成森,朱二巧,刘斌,等. 三维地理实体数据质检系统的设计与实现[J]. 勘察科学技术,2021(6):16-19

[14] 褚宁,米川. 一种基于无人机倾斜摄影的高精度单体三维建模方法[J]. 地理空间信息,2023,21(11):9-14

[15] 罗晓丹,赖明治,卢燕,等. 贴近摄影测量技术在物质文化遗产三维建模中的应用[J]. 测绘通报,2023(12):132-135

（上接第136页）

对外业数学精度进行了检测实验，为本文的拓展提供了参考。下一步可融合航空摄影测量、三维扫描等技术，从数据接入协同模型开展比对分析的角度入手进行深入研究。

参考文献

[1] 地籍管理司. 国土资源部关于做好不动产权籍调查工作的通知[EB/OL]. (2015-05-04)[2024-02-16]. http://www.mnr.gov.cn/gk/tzgg/201505/t20150504_1991473.html

[2] 高红,李运建,陆克. 浅析农村“房地一体”确权登记发证项目质量控制的重点[J]. 测绘通报,2020(增刊1):311-313

[3] 万自霞,钟丹虹,李斌. 农村房地一体权籍调查成果质量评价方法及应用[J]. 测绘与空间地理信息,2023,46(2):57-59

[4] 廖小军,谢伟秋. 农村地籍调查成果质量检验探讨[J]. 城市勘测,2018(3):57-59

[5] 郑继武,邓学锋. 城市国土空间监测成果质量检验问题分析探讨[J]. 地理空间信息,2023,21(10):131-134

[6] 测绘成果质量检查与验收:GB/T 24356-2023[S].

[7] 翟召坤,高鉴,刘建军,等. 基于规则定制的地理空间数据质量检查软件设计研发[J]. 地理信息世界,2021,28(1):100-104

[8] 叶爱东,陈金林,张鹤. 一种模型驱动空间数据库质量检查平台构建[J]. 测绘通报,2020(3):113-117

[9] 徐启恒,张新长,张兴飞. GIS数据检查与质量控制系统的设计与实现[J]. 测绘通报,2012(5):38-40

[10] 李永胜,李楠楠,黎娟,等. 基于FME的土地确权数据一致性检查[J]. 地理空间信息,2017,15(12):96-98

[11] 任恒一,史文中. 基于工作流的空间数据质量检查方法[J]. 测绘地理信息,2023,48(4):137-140

[12] 陈建伟,陈继山. 基于规则及工作流的空间数据质量检查[J]. 地理空间信息,2021,19(2):103-105

[13] 周琦,杜晓,张俊辉,等. 并行处理技术在全球海量地理信息数据质量控制中的应用[J]. 测绘通报,2020(7):29-33

[14] 褚信. 基于移动GIS的震后现场信息采集与震后影像快速获取关键技术研究[D]. 杭州:浙江大学,2016

[15] 王剑辉,符彦,伍素贞. 基于规则驱动的地理国情数据质量检查方法[J]. 地矿测绘,2016,32(3):26-28

[16] 胡昌华. 基于无人机倾斜摄影三维技术的房地一体数据质检和举证方法研究[J]. 城市勘测,2023(4):75-77

[17] 焦宇军,景国峰,崔涛,等. 移动测量系统在地形图成果检验中的应用[J]. 地理空间信息,2022,20(11):100-102