

倾斜模型单体化关键技术的研究

Analysis and Study of Key Technology of Monomization of Tilt Mode

王剑 史于正 张淑玲 龚高太 龙盈

Jian Wang Yuzheng Shi Shuling Zhang Gaotai Gong Ying Long

湖南省地质地理信息所 中国·湖南长沙 410011

Institute of Geological and Geographic Information of Hunan Province, Changsha, Hunan, 410011, China

摘要: 倾斜模型单体化是“实景三维中国”的重要内容,在项目实施过程中,存在很多技术难点和现实问题,论文以倾斜模型单位化存在的诸多问题为出发点,分析解决问题的关键技术,提出可行性解决方案,并就倾斜模型与所附点云融合,实现一键快速单体作为典型算法进行实现分析。

Abstract: Tilt model monomer is an important content of “real 3D China”, in the process of project implementation, there are many technical difficulties and practical problems, this paper to tilt model of many problems as a starting point, analyze the key technology to solve the problem, put forward feasibility solutions, and tilt model and the attached cloud fusion, realize a key fast monomer as a typical algorithm.

关键词: 主辅基线法; 点云融合; 一键提取; 单体化

Keywords: main and auxiliary baseline method; point cloud fusion; one-click extraction; monomer

DOI: 10.12346/sc.v5i3.9242

1 引言

基于倾斜模型构建建筑物单体,有很多种实现路径,目前主流的单体化建模软件,都是在倾斜模型上根据建筑物三角面片的坐标、尺寸和形状,重构建筑物模型并赋予纹理,结构简单、外表美观,在城市大场景浏览、规划决策辅助、数字城市信息化管理等领域应用广泛。但随着市场需求的不断扩大,诸多技术难点及现实问题暴露明显^[1]。论文针对这些问题进行研究分析,并提出解决方案。

2 问题导向

单体化几乎完全依靠人工去处理和建设,自动化程度低,工作耗时长,工作量巨大,成本过高;而且对于从业者的个人业务水平,要求较高,不仅需要对建筑物结构要有清晰的认识,而且需要较强的空间方位感^[2]。

大多单体化软件更注重模型的美观,好的视觉效果,实际每个拐角的精度都得不到保证,从 mesh 到三维构建模型的过程中存在精度损失;并且,建模时没有楼层结构、功能

区的概念,对于建模就是堆积木,完成外形上的堆砌即完成了模型的构建,一个复杂建筑往往通过面片的挤出,只存在一个体结构,对于是否需要将建筑物中的全面积区域、半面积区域或装饰部分进行分类管理没有考虑^[3]。

单体化的结构经不起拓扑检查,单体间关系复杂,易造成识别紊乱。无论是同一水平层的空间拓扑关系,还是上下层间的空间拓扑关系都容易出现极小缝,同一点位有极小短线等情况出现,这会给后期的结构化、语义化带来了隐患。

3 关键技术

①主辅基线二、三维的空间转换(见图1)。

倾斜模型为不规则三角格网组成的结构体,会发现:建筑物拐角为直角时并不是严格直角化,墙体表面有凹凸现象,遮挡处下方拉升变形严重,这些都给建模时取角点带来误差。这就需要有严谨的算法获得真实可靠的拐点坐标。通过实验创新总结的“主辅基线法仿真建筑物主轴线测绘”^[4]:建立建筑物辅助基线,仿真形成主基线,通过对辅助基线平

【作者简介】王剑(1982-),男,中国江西吉安人,硕士,高级工程师,从事摄影测量与遥感、测绘与地理信息研究。

差或直接利用辅助基线或主基线，用面面相交法获得建筑物拐角实现数字线划图的建筑物拐角直角性、结构对称性和一致性的精准和精致绘制，使绘制的建筑物线划图与建筑物本身同样具有拐角直角型、结构对称性和一致性的特性，可极大地减少采集上的精度损失。同时在二维线划图采集过程中能让作业者清晰认识建筑物结构层次，对建筑物各个功能区域进行归类。

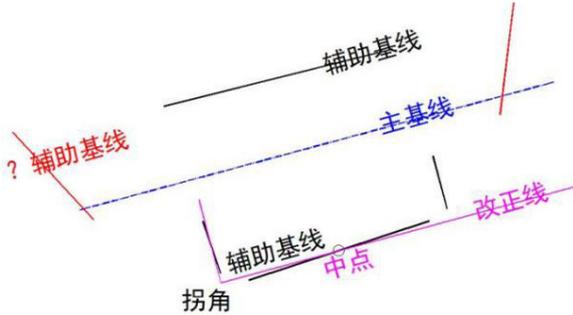


图 1 主辅基线法仿真建筑物主轴线测绘

第一，利用点云数据，对倾斜模型的半自动化技术改进。

目前主流的建模软件，主要是依靠 mesh 模型的结构尺寸，复刻三维模型，犹如 3DMAX 建模，因为有了倾斜模型的辅助能够准确地找到各个面的空间位置，但其只利用了倾斜模型的表皮，利用有限，其实利用好倾斜模型还大有可为。如可以通过倾斜模型的原始点云，半自动化提取房屋结构线：在建筑物勒脚上 1.2~1.4 米间选取一个墙面点，根据建筑物点云数据，根据投票选举法，剔除粗差，找出与墙面最贴合的结构线，再查找该平面上下一定距离的范围（如 0.5m），对比结构线与点云的贴合程度，若有大的距离差，说明结构线有包裹了附属物的情况，当无大的距离异常时，说明该结构线为房屋的底层结构线。通过计算机算法可以大大提高工作效率，精度得到保障。

第二，二、三维的拓扑检查。

二维拓扑检查主要为保证模型从二维到三维拉升后的平面空间上的拓扑关系正确，无论使用现存的 1 : 500 地形图，还是在通过模型新测的线划图，都需要进行拓扑检查，包括：闭合面的检查、悬挂点的检查，冗余点的检查，特别是极短线和极近点，都需要判断是否绘制错误，每个拐角只能存在

一个拐点，未直角化的拐角需要验证。二维线拉升后，形成三维体结构，三维空间的拓扑关系更错综复杂。比如，由于模型的构建，都是通过面片的拉升形成，当两个非垂直的面片进行拉升时，往往就会形成极小的空间缝，造成空间错误（见图 2）；再比如，当同一体中，相邻垂直的两个面片的其中一个面片拉升时因为拉升到的位置需要超过另一个面片的长度时，往往会将另一个面片的顶点带跑，形成一块空面片。这些空间裂缝极小，极难处理和发现，需要使用三维拓扑检查工具发现及纠正。

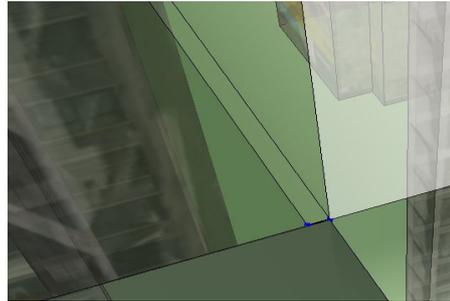


图 2 极小缝拓扑错误

第三，单体编码体系的构建。

三维模型是由二维线划的挤拉出的，而二维线划图的要素编码普遍为 6、7 位码，包含 8 大类全要素，有测量控制点、水系、居民地、交通、管线、境界、地貌和土质、植被。考虑到地形三维以数字正摄影像叠加数字高程模型绚烂呈现，测量控制点、管线、境界、地貌和土质、植被等要素可以删除。而居民小区中有可能建设的池塘、水窖属于水系，路标、亭桥、停车场属于交通，应根据项目需要，酌情保留赋予编码。而在区分建筑物结构时，需要完善结构部件编码，如女儿墙、电梯井、栏杆、外墙雨水管、空调等。这些编码为方便后期对单体化进行数据库管理。论文不对编码体系进行阐述。

4 技术路线实现

结合以上关键分析，利用倾斜模型还原二维线划图再实现三维单体，提出单体化的技术路线（见图 3），使单体化工作化繁为简，效率提高。

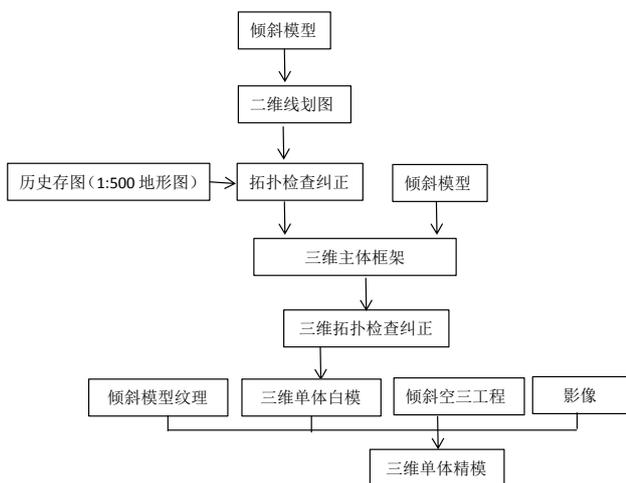


图 3 单体化技术路线

在倾斜模型上使用精密测图软件采集二维线划图，以我院研发的“湘地测倾斜摄影测图系统”为例，找到建筑物的主轴，根据主轴，绘制房屋结构线（见图 4），每一层土的结构变化都需要绘制，绘制后的二维线划图进行拓扑检查，对于同一点位出现的极近点要取舍，明显非直角的拐角要验证，二维拓扑检查保证平面空间结构的正确。对于历史存图（1：500 地形图）也可以利用，同样需要进行拓扑检查。将二维线划图和倾斜模型导入三维建模软件，以我院研发的单体建模软件为例，将二维线划图吸附到地面标高，通过计算机算法，自主选择与模型底部最贴合的房屋结构线（见

图 5），生成面片，进行高度拉升，形成单体（图 6），拉升的高度和层数按房屋结构而定，若 1~5 层房屋结构一样，则将面片拉升至五层顶部位置，输入层数，此时 1~5 层的单体模型即构建完成，若每层的层高不同，也可对层高进行调节。同理，对上层的楼层构建单体，同一结构可按层数切割，不同结构则重新提取结构线。对于有功能区管理要求的单体，单体应分别存储，如阳台单体，电梯井单体，女儿墙单体等。构建的单体进行拓扑检查，对于空间缝，漏面，多余的点、线，重复面等都要检查纠正。单体检查合格后，即可赋予纹理。单体通过空三运算，影像被赋予了正确的位置信息，与单体白模无缝对接，真实还原现实场景，另外，也可以利用倾斜模型上的纹理进行贴图，但效果没有影像赋予的纹理清晰、整洁，适合在无法获取原始影像或空三工程的情况下，对历史库存的倾斜模型进行三维重建时使用。

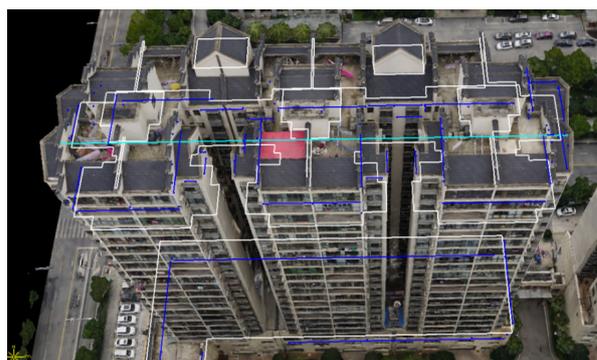


图 4 线划图采集



图 5 提取房屋结构线



图 6 建筑物单体框架

5 典型算法分析

基于倾斜模型的单体化研究,除了倾斜模型(mesh)面片提供的坐标位置信息、结构尺寸信息,更要发挥点云的作用,点云是mesh模型构建的基础,点与点的算法运算速度明显快于点与体、面的运算速度,且获取的信息更多(见图7)。

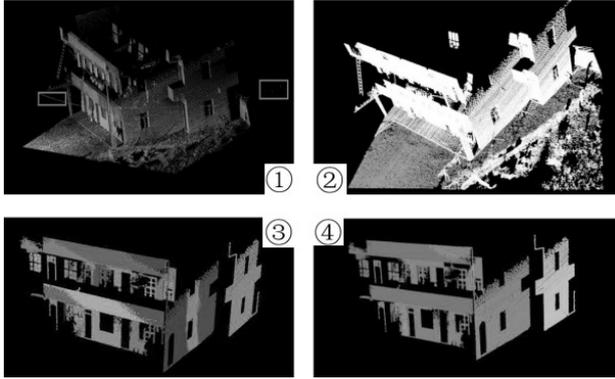


图7 算法结果演示

在单体化过程中,需要对根据原始房屋模型提取的点云,将房屋模型简化成数个近似垂直地面的面片。面简化的目的是为了提提高根据面片生成一个简易模型的速度及准确度,实现矢量采集的半自动化和自动化,使采集人员只需要指定房屋模型上的一个点即可很快地获取房屋轮廓变得简单。为了达到这个目的,提出以下技术方案:

步骤1: 移除离散点。

根据离散点附近的点较少的突出特点,通过点之间的欧式距离对点云进行聚类,认为类中点数小于阈值的类中包含的点为离散点,将离散点从点云中移除(①方框中的点为离散点,根据离散点附近的点较少的突出特点,通过点之间的欧式距离对点云进行聚类,认为类中点数小于阈值的类中包含的点为离散点,将离散点从点云中移除)。

步骤2: 移除大块水平平面。

将构成大块水平平面的点从点云中移除(②为所述的大块水平平面(大块水平平面一般为底面或房顶)。将构成大块水平平面的点从点云中移除)。

步骤3: 提取平面(房屋立面)。

使用采样一致性分割法把点云分割成多组,对每组提取平面,并移除不合适的平面(③为平面合并前示意图,图中不同深浅阴影的面为不同的面,其中,有一些相同的面在合并前显示为不同深浅的阴影。使用采样一致性分割法把点云分割成多组,对每组提取平面,并移除不合适的平面)。

步骤4: 合并平面(房屋立面)。

针对提取平面时,可能存在同一个平面被分成数个的情况,对相同的面进行合并(④为平面合并后示意图,对于面法线角度小于一定程度的,取两个面的质心,求质心到各自法线的投影,值小于一定的合并,合并后重新拟合平面。针对提取平面时,可能存在同一个平面被分成数个的情况,对相同的面进行合并)。

对比常规点云直接生成模型的方法,计算时间较长(十几到几十分钟),而且精度也不好,本方法时间短,1万点处理时间小于1秒。

6 结语

从倾斜摄影实景三维模型中提取单个建筑物模型,实现三维模型的单体化和结构化,是解决未来社会发展对地理信息数据迫切需求的热点研究课题。论文针对目前基于倾斜模型单体化软件的弊端,提出新的解决思路,利用倾斜模型提取二维线划图再实现三维单体,提出单体化的技术路线,并以简单的算法阐述利用点云实现单体的可靠、快速、有效。

参考文献

- [1] 李德仁,肖雄武,郭丙轩,等.倾斜影像自动空三及其在城市真三维模型重建中的应用[J].武汉大学学报(信息科学版),2016,41(6):711-721.
- [2] 王文娜,张弓,吴侃,等.三维建筑模型单体化的深度学习技术实现[J].测绘通报,2022(12):14-18.
- [3] 陈军,刘建军,田海波.实景三维中国建设的基本定位与技术路径[J].武汉大学学报(信息科学版),2022,47(10):1568-1575.
- [4] 史与正,张淑玲,王英,等.利用无人机倾斜摄影三维模型进行大比例尺成图技术研究[J].测绘通报,2019(8):137-140.