

建筑图重建技术及其模型信息提取方法的研究

赵锦艳

(湖南理工学院 经管系, 湖南 岳阳 414000)

摘要: 根据矢量建筑图纸的绘制特点, 提取具有独立语义信息的块、相邻平行线对、以及封闭轮廓线等特征信息进行建筑图纸识别; 通过交互拉伸已识别的矢量数据集和编辑参数化模型库, 实现建筑物的三维重建; 针对公共设施安全问题研究, 设计并生成了适用于火灾模拟和人员疏散模拟的场景语义文件。结果表明, 该技术能快速准确地重建出三维建筑模型, 其场景语义文件能满足一般公共设施安全问题研究的需求。

关键词: 建筑图纸; 图纸识别; 三维重建; 三维场景语义

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)04-0041-04

Research on the Reconstruction Technology of Architectural Drawings and the Extraction Method of Its Model Information

Zhao Jinyan

(Department of Economic Management, Hunan Institute of Science and Technology, Yueyang Hunan 414000, China)

Abstract : On the basis of the characteristics of the vector architectural drawings, extracts feature informations of blocks with unattached semantics, adjacent pairs of parallel lines and closed contour lines for identification. Then, achieves 3D architectural reconstruction through interactive stretching the recognized vector data set and editing the parameterized model database. Finally, aiming at study of the safety of public facilities, designs and generates scene semantic documents applicable to fire simulation and the personnel evacuation simulation. The experiment results show that the method achieves high speed and accuracy in 3D reconstruction of architectural drawings and the generated semantic documents meet the research requirements of the safety of general public facilities.

Key words : architectural drawings; drawings to identify; 3D reconstruction; 3D scene semantics

近年来, 国内外展开了基于建筑图纸的三维建模技术的研究。在国外, 对基于网络约束的建筑图符号识别, 建筑图的三维模型重建技术, 以及对建筑图自动分析集成环境的设计进行了相关研究^[1-4]; 在国内, 在自适应的工程量提取方法等方面也进行了相应的研究^[5-6]。以上研究都是基于建筑构件的局部识别, 没有针对整个工程进行全局分析, 并且实验结果在识别率和识别准确性上不是很高, 因而, 国内蔡士杰、路通等提出了一个基于轴网、结构语义驱动的层次式自生长继承识别模型 (SINEHIR 模型)^[7]。但是, 该识别方

法为全自动识别及三维重建, 易受建筑图纸绘制风格影响, 且模型主要应用于建筑施工时的工程量预算, 对基于智能人机交互上的三维重建技术及建筑物在公共安全预案模拟领域上的应用研究较少。在该领域应用中, 往往需要获取模型场景语义信息。成熟的三维场景语义构造方法有导航点和导航网格 2 种^[8], 但这 2 种方法主要应用于人数较少的场景, 不适合在火灾发生后进行大规模的群体疏散行为的模拟。

针对以上不足, 本文根据建筑图纸中存在的共同特性, 首先将块作为一个独立的整体进行识别, 其次

收稿日期: 2009-04-02

作者简介: 赵锦艳 (1981-), 女, 广西桂林人, 湖南理工学院教师, 硕士, 主要从事虚拟现实与智能人机交互方面的研究,

E-mail: zhaojinyan@ict.Aac.cn

识别出构成大部分主体构件的平行线对和封闭图形, 然后对上述识别出的矢量数据以及用户灵活选取的矢量数据集进行交互拉伸, 以及通过编辑参数化模型库中的模型, 重建出三维模型。针对公共设施安全预案模拟中的应用需求, 设计定义了一种满足火灾模拟和一般人员疏散模拟的场景语义定义方式。基于此定义生成的场景语义文件包含实体、块、火源以及高度信息等场景语义信息。

1 建筑图重建技术

本文三维重建的输入数据为 DWG 格式的建筑图纸, 输出结果是三维建筑模型, 建筑图识别重建流程如图 1 所示。

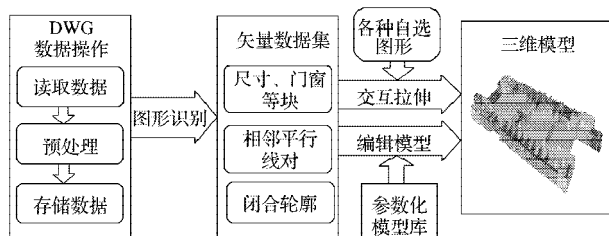


图 1 三维重建流程

Fig. 1 The flow chart of 3D reconstruction

1.1 矢量数据的预处理

调用 OpenDWG 库函数, 获取矢量图纸中图形属性信息, 通过对底层基本实体数据进行预处理操作, 降低数据的噪声, 将数据用链表的方式进行组织存储。

对底层的数据进行预处理。分析底层的实体数据 (如 line、lwpline、arc 等), 合并重合的直线, 相连的弧, 删除重叠多余的直线, 分析线与线之间的相互关系等, 去除掉不相关的字符串, 对门、窗户等的字符串进行初步识别。采取将图形属性数据和几何属性数据分开存放的方法组织存储数据。

1.2 块的存储与识别

块是一种拥有独立语义信息的特殊实体, 对块的独立识别将会简化部分建筑构件以及尺寸的识别处理。如: 同一建筑物中可能存在各式门窗, 只需识别出所有的门窗块, 然后结合 insert 实体, 将门窗块实例化, 以完成所有门窗构件的识别。该方法较适用于图纸中大量存在的尺寸, 由于 AutoCAD 用尺寸块存放尺寸, 所以只需识别分析出所有的尺寸块; 若采取块打碎的方式, 则需要通过识别尺寸形, 完成尺寸形和尺寸文本的匹配以识别尺寸^[4]。

将块作为一个整体处理的另外一个好处是在后续识别闭合直线段以及平行线对时, 它将会极大减少无关数据的干扰, 提高识别查找的效率。

1.3 相邻平行线对的识别

在建筑图纸中大量的构件用平行线对绘制。本系

统利用该特点, 将识别出的相邻平行线对作为构件重建的矢量数据源之一。

平行线对间的距离宽度是平行线对识别时需考虑的一个重要参数。该值因图纸的不同而差别甚大, 因而需要灵活设置一个距离域值。通过交互的方式, 确定相邻平行线的最大宽度值, 并设定该值为距离域值。通过判断 2 条直线是否平行, 继而判断该平行线对的宽度是否在域值之内来判断是否为有效平行线对。

1.4 闭合轮廓线的识别

根据建筑图纸的特点, 本文主要考虑闭合直线段的识别。首先对多线段和直线进行以下处理和存储:

1) 取多段线的首末节点构成 1 条直线存入直线链表 L 中, 同时标志该直线段为多段线, 并记录下该多段线在多段线链表中的位置。

2) 将直线链表 L 中的直线段转换为顶点链表 P 存储, 闭合图形识别方法为:

①对顶点链表 P 进行处理, 循环删除 $lines$ 中只有 1 个索引号的顶点节点;

②若顶点链表 P 为空, 算法结束;

③任取节点 $pnode$, 设 $pnode$ 中的顶点为 PT , 关联的直线段集合为 LS ;

④回溯找到包含顶点 PT 的所有闭合图形并存储, 存储时若直线段标记为多段线, 则存储该多段线的所有顶点;

⑤判断其它所有顶点节点中的 $lines$, 若 $lines$ 中含有 LS 的任何一条直线索引号, 在 $lines$ 中删除该索引号;

⑥删除 $pnode$, 重复①。

1.5 交互拉伸

全自动识别算法^[4]先识别出轴网符和轴线, 然后再判断轴网相交处是否存在柱轮廓, 进而判断柱与柱之间是否存在墙、梁等构件, 最后根据柱、墙梁来识别出板平面。由于不同设计师设计的图纸风格差异较大, 该算法对输入的数据有严格的限制; 其次, 墙体等也不一定在柱与柱之间, 2 道墙体之间也有可能存在 1 道墙体; 再次, 有些现代建筑主题可能不再是柱和墙, 而是大幅玻璃窗等构件, 如果用这种全自动识别重构方法, 将导致较大的识别误差, 从而导致重建出的模型与实际模型有较大的出入。

考虑到以上因素, 加入交互拉伸重建模块。本模块的输入数据为块、平行线对及闭合直线段的识别结果中得到的矢量数据集、用户灵活选取的矢量数据, 输出结果为交互拉伸图形三维重建后的效果。

1.6 模型编辑

交互拉伸模块完成后, 已经完成了建筑物的总体轮廓重建。为了丰富各种建筑构件及室内附属构件, 精确地还原建筑物, 使交互拉伸重建后的三维模型更加逼真, 加入了模型编辑模块。该模块将编辑完善交

互拉伸模块重建出的三维模型,完成建筑物中各种门窗、以及卫生设备等的重建,并在建筑物中加入消防设备等附属构件。

在模型编辑之前,首先需要引入一个参数化模型库。参数化模型库的主要作用是还原建筑物的真实性,使重建出来的建筑构件及其室内附属构件更加逼真,这样也避免了对各种复杂构件的重建难度,提高了重建的效率。参数化模型库中包含各种类别的门窗、各种式样的楼梯,以及各种卫生设备等建筑构件,还包含安全通道温馨提示标志、照明设备、各种电源开关,以及办公桌椅等室内的各种附属构件。

模型编辑模块的作用之一是编辑交互拉伸模块所重建出的三维模型,使得各建筑构件更加逼真。另一个重要作用是用户可以根据识别的结果在参数化模型库中找到对应的参数化模型,还可以根据实际情况的不同,方便地对模型进行一些参数化调整设计,例如,模型库中的某个门模型提供了长度、高度、宽度、有无门把手、转轴位置等参数,用户导入这个门模型后,可以根据系统提供的界面接口,调节上述参数,从而形成多种风格的门模型。

2 场景语义文件

三维模型只有几何外观信息,远不能满足实际应用的需要。尽管可以借助射线相交测试来控制个体在场景中的漫游,但完全基于几何信息实现路径搜索存在较大困难,较大规模群体的路径搜索时效率更是关键。同时,在进行灾害模拟时还需要物体的材质等信息,因此,需要为模拟计算提供语义,生成场景的语义文件。

场景语义是完成系统模拟所需各种信息的综合体,规定场景里的物体、其组织方式和约束条件。针对公共设施安全问题中的火灾模拟和人员疏散模拟的情况,本文对场景进行了定义和限制,并基于此生成了场景语义文件,完成了较大规模群体的疏散模拟。

2.1 语义定义

基于火灾中的燃烧和烟雾、及群体的疏散模拟应用,本文提供如下语义单元的定义。

1) 实体 定义为场景中的物体,如门、窗、地板和墙等物体的表面和内部,并定义组成实体的各个多边形面、片合成为一个无缝几何体。实体的属性主要包括构成材质、几何信息、以及避障信息等。一些模拟算法不能较好的处理有自身遮挡情况的几何体、或更擅长处理非凹的几何体。针对这类算法,要求场景中只有非凹实体(即实体上任意2点之间连线上的点始终位于实体内部或边界上),否则进行拆分处理。为提高计算效率,同时对实体做简化处理,可以柱体简化表示。

2) 块 燃烧和烟雾的模拟往往局限在有逻辑意义的局部空间,而在人员疏散模拟时,路径信息采用高度图对个体进行定位。为满足个体高度查询,以及某些群体寻径算法的要求,也需要将复杂的场景空间划分为多个子空间。

本文定义这样的子空间为块。块的划分依据原则为:①保证块内某一平面位置能够确定唯一的高度,否则应拆分为多个块;②块可以按楼层进行组织划分,被赋予较完整的逻辑意义;③每个实体将只属于某一个块,因此,块的划分应该保证这一点。

3) 接触区域和过渡链接 定义了模拟个体在块之间过渡的区域和可能性。接触区域为个体进入或离开某子空间时必须经过的三维区域;过渡链接为不同块之间接触区域之间的链接;个体必须执行过渡链接才能由一个块进入另一个块。

4) 火源、通风口和喷水器 火灾模拟中还需要定义火源、通风口和喷水器。定义火源的属性包含燃料和着火面等,通风口的属性有附着面、风向、风速大小以及关联实体等,喷水器的属性有喷水器位置、响应时间指数、激活温度、喷水流量、起始喷水半径、喷水角度范围、喷水方向、水的初始流速等。

2.2 语义生成

本文采取XML文件组织场景语义。该文件以场景为根节点,包含多个块、和块之间的过渡链接,以及定义于块内的过渡区域和实体等,每个块有自己的高度图。

实体的材质、避障等部分信息,以及灾害模拟中的通风口的风速、喷水器的水流速度和方向等属性在自动生成时存在较大的难度,本文采用交互生成方式。为减少工作量,选取实体采用以框选为主,配合点选的策略,增加、删除采用集合操作方法实现。同时,在基于几何体生成块的高度图信息时发现,在几何体边缘以及当几何体不规则(凹)时,高度值求解不精确甚至丢失,并直接影响模拟。对此,引入加权求平均以及拆分不规则实体2种策略:

- 1) 若实体不规则,则拆分成多个规则实体;
- 2) 设置覆盖于实体之上的水平网格和边缘半径 r ;
- 3) 选取某一网格交点 P_n 作为起点,生成垂直网格面向下的射线,求取该射线与实体的交点 P_h ;
- 4) 若相交点 P_h 不为空,则 P_h 的高度即为网格点 P_n 的高度值,否则在网格面上以 P_n 为中心, r 为半径的圆上选取8个等分点,并按3)依次求取高度值,对这些值进行加权求平均之后的结果即为所求。

3 实验结果分析

本文利用VC++.net和OpenSceneGraph图形库实现了建筑图纸三维重建,并生成了适用于公共设施安全预案模拟的场景语义文件,如图2所示。通过识别出

尺寸块, 门块, 平行线对和闭合轮廓线, 最后交互拉伸完成了部分建筑图纸的三维重建。

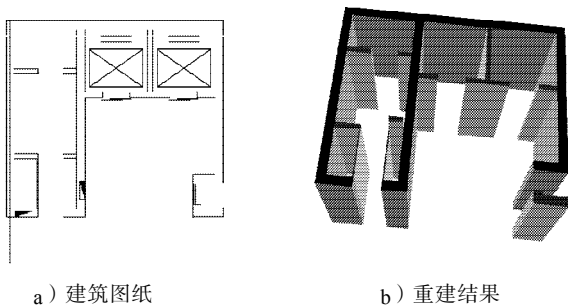


图2 部分三维重建结果

Fig. 2 The result of 3D reconstruction

在语义文件生成时, 输入为 osg 格式的三维场景, 借助一定交互生成了包含块、实体、火源、通风口、喷水器、接触区域、过渡链接以及高度图等的场景语义文件。基于该语义定义, 交互生成了某大楼的场景语义文件, 以第1层为例, 涉及到的交互量为550个实体, 7个块, 7个高度图, 14个接触区域, 以及5个通风口。应用该场景语义文件, 进行火灾模拟和人员疏散模拟, 图3为燃烧模拟效果图, 图4为某大楼人员疏散模拟效果图。

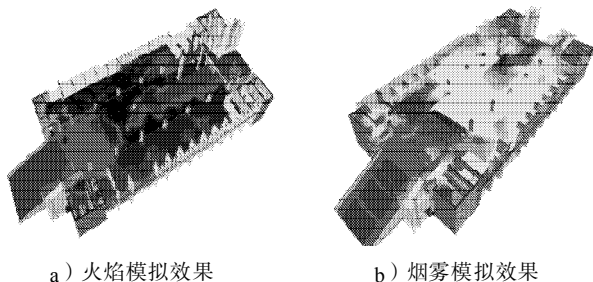


图3 燃烧模拟

Fig. 3 The fire imitation

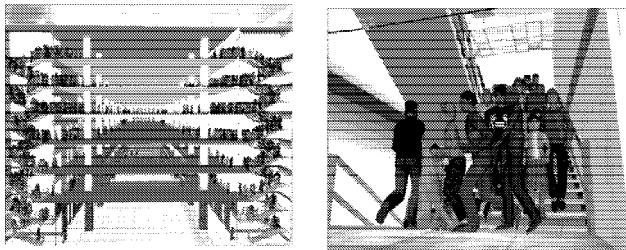


图4 人员疏散模拟

Fig. 4 The personnel evacuation simulation

4 结论与展望

本文交互实现了建筑图纸的三维重建, 并针对模型在公共安全预案模拟应用中的需要, 设计了一种场景语义定义方法, 通过在火灾模拟和一般人员疏散模拟中的应用, 验证了其合理性和可行性。总结本文, 主要研究实现了2个方面的内容:

1) 研究发现了矢量建筑图纸中的共同特征——大

量含有独立语义信息的块、相邻平行线对、以及闭合轮廓线; 通过对识别这些图形的矢量数据集, 以及用户灵活选取的图形进行交互拉伸重建, 完成了三维建模, 引入了参数化模型库; 2) 根据公共安全预案模拟应用中火灾模拟和一般人员疏散模拟应用的需要, 设计了一种场景语义定义方式, 基于该场景语义定义, 采取用 XML 文件组织场景, 生成了包含块、实体、火源、通风口以及高度图等的场景语义文件。

在矢量图纸重建方面, 下一步的工作将研究建筑图纸中更多的共同特征, 不断改进和完善识别和交互的方法, 丰富参数化模型库中的模型; 在语义生成方面, 重点研究在三维重建过程中同时生成场景语义文件的方式, 完善语义的定义。

参考文献:

- [1] Tombre K. Ten Years of Research in the Analysis of Graphics Documents: Achievements and Open Problems[C]// Proceedings of 10th Portuguese Conference on Pattern Recognition. Lisbon: [s.n.], 1998: 11-7.
- [2] Christian Ah-Soon, Karl Tombre. Architectural Symbol Recognition Using a Network of Constraints Pattern[J]. Recognition Letters, 2001, 22(2): 231-248.
- [3] Philippe Dosch, Karl Tombre, Christian Ah-Soon, Gerald Masini: A Complete System for the Analysis of Architectural Drawings[J]. International Journal on Document Analysis and Recognition, 2000, 3(2): 102-116.
- [4] Philippe Dosch, Christian Ah-Soon, Gerald Masini, et al. Design of an Integrated Environment for the Automated Analysis of Architectural Drawings[C]//Third IAPR Workshop on Document Analysis Systems. Nagano: [s.n.], 1998: 295-309.
- [5] 陆再林, 张树有, 谭建荣, 等. 基于工程特征类的预算工程量自适应提取方法研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001, 13(12): 1101-1105.
- [6] 王 炜, 谢步瀛. 二维建筑结构图的三维模型重建[J]. 工程图学学报, 2006(2): 79-83.
- [7] Wang Wei, Xie Buying. 3D Model Reconstruction Based on 2D Structure Drawings in Architecture Engineering[J]. Journal of Engineering Graphics, 2006(2): 79-83.
- [8] Lu T, Tai C L, Su F, et al. A New Recognition Model for Electronic Architectural Drawings[J]. Computer-Aided Design, 2005, 37(10): 1053-1069.
- [9] Steve Rabin. AI Game Programming Wisdom[M]. America: Charles River Media, 2002: 171-185.

(责任编辑: 张亦静)