

工程算量中房间的自动划分方法

裴永刚, 路 通, 苏 丰, 蔡士杰

(南京大学 计算机软件新技术国家重点实验室, 江苏 南京 210093)

[摘要] 在自动识别建筑工程图中柱、墙、梁、板等各构件结构数据、平面布局和用于分层的标高信息后, 如何实现房间的自动划分, 对于提高算量过程的自动化程度以及提高算量效率与准确性, 具有十分重要的意义. 针对房间的特征, 提出了分层次、基于封闭性的房间划分方法, 并在自动识别算量系统 VHRecQS 平台实现了该算法. 房间识别算法在水平方向上采用截面轮廓追踪算法进行房间轮廓的识别, 在竖直方向上采用多边形裁剪运算确定房间的上下边界. 该算法有效地解决了工程自动算量过程中的房间自动识别问题, 极大地简化了装饰装修面工程量的计算工作, 并为建立三维数字建筑和更高层次的建筑工程管理信息模型等应用提供了支持.

[关键词] 房间, 房间轮廓, 封闭性

[中图分类号] TP391.41 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2005)03-0068-05

Automated Partition Method for Room in Quantity Survey

PEI Yonggang LU Tong SU Feng CAI Shijie

(State Key Laboratory of Software Novel Technology, Nanjing University, Jiangsu Nanjing 210093, China)

Abstract Room is the unit of quantity survey for adorning materials. Automated partition for rooms after structure and layout information of all components (column, wall, beam, slab) and elevation have been recognized is very important to achieve the target of automation in calculation. Meanwhile, the efficiency and accuracy of quantity survey will be greatly improved. According to the characteristics of room, a hierarchical method for room partition based on closure-borders is presented in this paper and realized in system of automated recognition and quantity survey. The proposed method recognizes room contours on the same floor using an outline-tracing procedure and figures out room borders crossing several floors by polygon operations. This method solves well the problems of automated recognition of rooms, greatly reduces the work load of quantity survey for adorning materials, and builds the foundation of establishing the 3D model of digital building and high level applications such as architecture management information system.

Key words room, room contour, closed

计算机辅助设计 (CAD) 技术已经广泛应用于建筑领域的设计和制图工作. 设计和制图之后的工序如读图、审图、算量、施工方面的自动化应用的研究也已经展开. 但在算量领域, 主要还是依赖于人工读图来提取数据, 再利用计算机实现计算汇总. 算量人员越来越希望计算机技术介入数据提取过程以提高工作效率. 现有的算量软件存在着 3 个重要缺陷: 第一, 依赖人工读图获取设计中的柱、墙、梁、板等构件几何与结构信息, 工作量大且准确性取决于读图人的技能与专心程度. 第二, 读图所得

信息向算量软件的再输入又涉及大量工作. 第三, 现有算量软件都未构建完整的三维结构, 而忽略了全局信息的工程量统计是不精确的. 因此, 如何利用计算机技术自动提取信息, 在全局范围内建立构件间的相互关系, 对进一步提高算量应用的效率和精度具有重要意义. 实现基于全局信息的算量的一种有效途径是通过自动识别二维的结构图, 继而实现三维还原, 然后再给出基于整体结构的自动算量方法.

本文以建筑结构图自动识别软件 VHRecQS 为

收稿日期: 2005-01-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60303025).

作者简介: 裴永刚 (1980-), 硕士研究生, 主要从事计算机图形学与 CAD 的学习和研究. E-mail: gentle_gang@yahoo.com.cn

通讯联系人: 蔡士杰 (1944-), 教授, 博士生导师, 主要从事计算机图形学、模式识别等方面的教学与研究. E-mail: sjc@nju.edu.cn

背景, 对算量应用中的装饰装修面工程量统计过程中的自动计算方法进行探讨, 并针对房间划分这一关键问题提出自动处理方法。

1 建筑结构图自动识别软件

VHReQS是一个通过自动识别建筑结构图实

现算量的软件. 它针对国标绘图规则分别对各楼层的柱、墙图、梁图、板图加以识别, 提取出每一个柱图、墙、梁和楼板的结构、尺寸、位置等信息, 并按它们的空间搭接关系计算建筑所需钢筋、混凝土、模板等数据. 图 1 给出了 VHReQS系统框图.

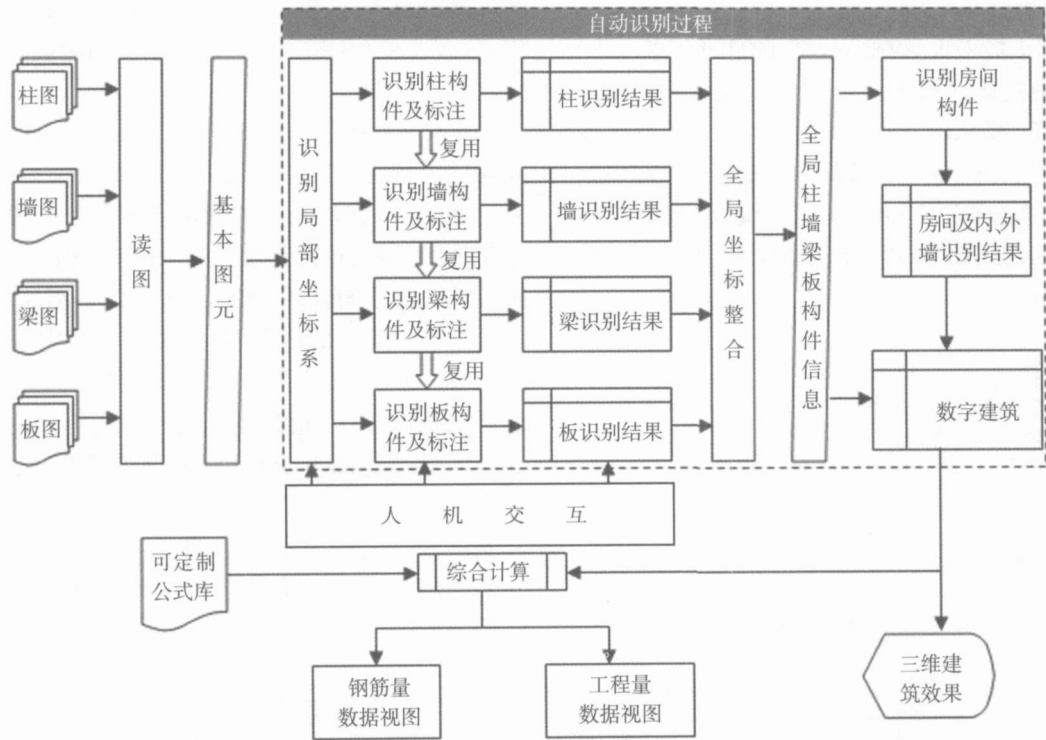


图 1 VHReQS 系统功能框图

2 房间及工程量计算

装饰装修面工程是工程量统计的一个重要组成部分, 主要统计内、外墙面、天花板、地面上各种装饰装修材料的种类和用量, 如水泥砂浆的用量、乳胶漆的用量、油漆的种类和刷漆遍数等. 由于每个房间都会根据各自应用提出不同的装饰要求, 除外墙以外, 许多相关的工程量都按照房间为单位来进行统计。

2.1 房间的定义

如果不考虑墙和板上存在的洞, 那么房间是一个由柱、墙、梁、板围成的封闭空间区域. 从房间区域的形成来看: 在平面图上, 划分房间区域的构件主要是墙, 包括承重墙和非承重墙, 承重墙与承重墙的相交处一般有柱; 在竖直方向上, 划分房间区域的构件是板, 板的边界是梁. 因此, 可以如下定义房间: 房间是一个封闭空间区域, 其四周是墙面或者柱面, 且其上底面和下底面为楼地板所覆盖。

2.2 房间划分的前导工作

从房间的结构组成上来看, 房间是由柱、墙、梁、

板 4 类主要构件组成. 因此, 房间的识别依赖于上述 4 类构件的识别结果. 文献 [1~4] 分别在总体识别方法^[1]、坐标系识别^[2]、柱识别^[3]、梁识别、板识别^[4]等方面做了深入的讨论, 其研究结果是本文的基础, 也是房间识别的前提. 图 2 是 VHReQS 系统对某一楼层的柱、墙图识别的结果。

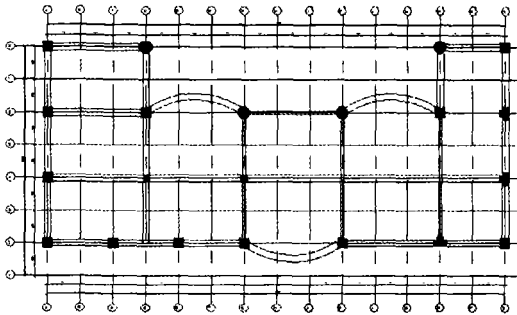


图 2 VHReQS 识别出来的柱、墙图

2.3 房间划分思路

根据房间的定义, 房间在水平方向的二维封闭

性和竖直方向上的一维封闭性是组成房间两个必要条件. 因而可以在先判定水平方向上的必要条件满足的基础上再判定垂直方向上的封闭性条件是否满足. 在讨论房间划分之前, 先给出若干定义.

定义 1 柱截面轮廓 柱的侧面向水平方向上作投影所得到的封闭图形称为柱截面轮廓, 简称柱轮廓, 如图 3 所示.

定义 2 墙截面轮廓 设墙的侧面在水平方向上的投影为两条相互平行且同向的线段或弧段, 由第一条线段 (或弧段) 起点和第二条线段 (或弧段) 终点组成的线段、第二条线段 (或弧段) 起点和第一条线段 (或弧段) 终点以及这两条线段 (或弧段) 本身所组成的封闭图形称为墙截面轮廓, 简称墙轮廓, 如图 3 所示.

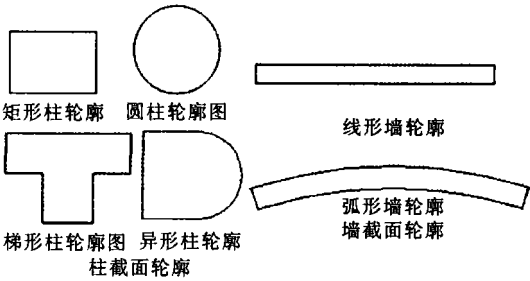


图 3 柱和墙截面轮廓

定义 3 房间截面轮廓 房间在某一层范围内与水平面相交所得到的封闭图形称为该层房间的面轮廓. 如某个房间在第一层的范围内与水平面相交所得的图形, 称为该房间的一层房间截面轮廓. 房间截面轮廓下文简称房间轮廓.

大部分的房间只有一个房间轮廓, 但是由于房间可能跨越多层, 所以一个房间可能有多个房间轮廓, 分布在多个楼层上. 可以根据房间轮廓来定义房间轮廓的内部.

定义 4 房间轮廓内部 房间轮廓内部是由房间轮廓线条所组成的封闭多边形的内部.

性质 1 将柱轮廓和墙轮廓的线条按照逆时针方向排序, 房间轮廓是墙轮廓和柱轮廓的线条相交所形成顺时针闭合环. 如图 4 中的四边形 $ABCD$.

由于房间轮廓内部与墙 (柱) 轮廓内部是互补的关系, 即房间轮廓的内部属于墙 (柱) 轮廓的外部, 所以由墙 (柱) 轮廓线形成的房间轮廓的方向恰好与墙 (柱) 轮廓本身相反. 值得注意的是, 墙 (柱) 轮廓的线条相交所形成的顺时针闭合环中不满足竖直方向上封闭规定的闭合环不是房间轮廓 (如天井), 它们和逆时针环对应的柱、墙轮廓一起用来指定外墙面.

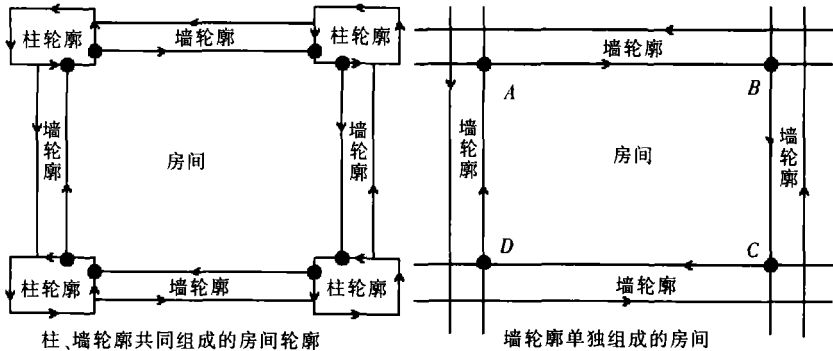


图 4 两类房间轮廓

3 房间划分的流程

在完成了框架 (柱、墙、梁、板) 和必要的构件自动识别等前导工作之后, 以楼层为单位, 每一层分别进行水平和竖直方向上房间的划分工作. 每一层的处理流程为: 预处理 寻找候选轮廓 (水平方向) 寻找天花板和地板 (竖直方向) 生成房间. 其中预处理步骤是将柱轮廓和墙轮廓的线条按照逆时针方向排序, 以及其他一些初始化工作.

3.1 轮廓追踪

由性质 1 可知, 房间轮廓必然是柱轮廓和墙轮廓相交所得到的顺时针封闭环. 轮廓追踪就是从按

照逆时针方向排序的墙轮廓和柱轮廓线条出发, 寻找由这些线条所组成的顺时针封闭环, 这些封闭环所组成的集合称为候选房间轮廓集. 房间轮廓追踪算法如下:

- (1) 所有参与划分的轮廓线的预处理与初始化: 将所有柱、墙的轮廓线按照逆时针方向排序, 然后对每一条墙轮廓线设置可用点, 初始化该可用点为该轮廓线的起点, 可用点表示从该条轮廓线出发寻找房间时的起点;
- (2) 取一条未用过的墙轮廓线为初始轮廓线和当前轮廓线, 如果不存在未用过的墙轮廓线, 则房间轮廓追踪结束, 追踪程序结束;

(3) 设置当前点为当前轮廓线的可用点, 设置房间轮廓候选顶点集合为空, 当前点加入候选顶点集合;

(4) 用当前轮廓线与所有相邻墙、柱轮廓线求交, 求出沿当前轮廓线方向上与当前点距离最近的交点, 经过该交点的其他轮廓线加入候选轮廓线集合, 如果不存在这样的交点, 则将最近交点设置为当前轮廓线的终点, 候选轮廓线集合为空;

(5) 如果最近交点与初始轮廓线的可用点重合, 则轮廓追踪成功, 转 (7); 否则, 如果当前轮廓线为初始轮廓线时, 判断可用点与最近交点之间的线段是否为已经识别出房间的边界, 如果是则改变当前轮廓线的可用点. 可用点变化的规则是: 如果最近交点是某一相邻墙的一条轮廓线与初始轮廓线相交而得, 则初始轮廓线的新可用点设置为上述墙的另一条轮廓线与初始轮廓线的交点, 转 (3); 其他情况下最近交点必与初始轮廓线的终点重合, 表示初始轮廓线已经追踪完毕, 将不用再参与识别进程, 将其标志为已用过, 转 (2);

(6) 如果候选轮廓线集合非空, 则选择与当前轮廓线所成角度最小的那一条为新的当前轮廓线, 将当前点加入顶点集合; 如果候选轮廓线为空, 则选择当前轮廓线所在构件 (墙或柱) 的下一条轮廓线为新的当前轮廓线, 所经过的构件轮廓的顶点全部加入候选顶点集合, 当前点设为当前轮廓线的始点, 转 (4);

(7) 房间轮廓追踪成功, 将候选顶点集合中的点依次取出, 并由此生成房间的轮廓. 改变初始轮廓线的可用点, 可用点变化的规则如步骤 (5) 所述. 如果新的可用点与初始轮廓线的终点重合, 则初始轮廓线标志为已用过, 转 (2); 否则转 (3).

采用上述识别算法对图 2 中的柱、墙轮廓线进行识别之后, 可以得到图 5 中的候选房间轮廓. 这个算法可以追踪包括弧形、圆形和直线形的轮廓, 从而正确划分出房间的精确轮廓.

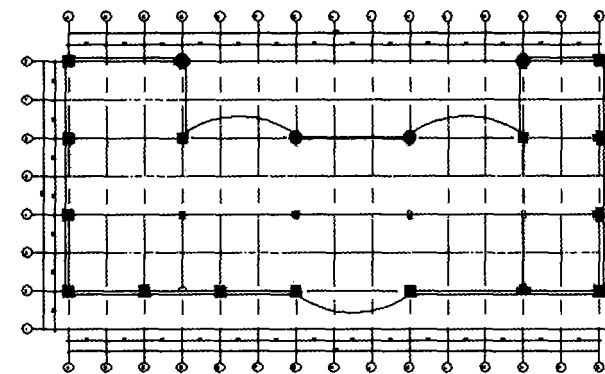


图 5 房间轮廓追踪算法的处理结果

3.2 寻找天花板与楼面地板

轮廓追踪结束之后, 就得到一系列按照不同楼层存放的候选房间轮廓. 这些截面组织成一个二维的数组, 其中第一维是表示该截面所在楼层的索引, 第二维表示截面在某一楼层中的索引. 本步骤是以层为单位, 寻找该层候选房间轮廓所对应的在竖直方向上的划分构件: 天花板和楼地板. 天花板和楼面地板的寻找过程, 主要是对板的轮廓多边形和候选房间轮廓多边形进行求交操作. 以天花板为例, 寻找某一个候选房间轮廓对应的天花板的规则可以描述如下:

(1) 遍历对应层的所有板, 用每一个板的轮廓与给定的候选房间轮廓进行求交运算, 将所有与给定的候选房间轮廓有相交区域的板, 加入候选房间轮廓的天花板数组中;

(2) 如果所有对应层的板和给定候选房间轮廓相交部分面积总和与候选房间轮廓的面积相差在给定阈值范围内, 则该候选房间轮廓标志为 CEILING_CLOSED, 表示天花板完整覆盖了截面, 否则候选房间轮廓标志为 CEILING_OPEN;

楼地板的处理与天花板的处理的过程基本类似, 主要差别在于如果候选房间轮廓所在楼层索引是整个建筑的最底层, 则不需要寻找楼地板. 寻找楼地板时与标志 CEILING_CLOSED 和 CEILING_OPEN 相对应的标志是 FLOOR_CLOSED 和 FLOOR_OPEN. 天花板所在平面即为房间在竖直方向的上界, 楼地板所在的平面即为房间在竖直方向的下界.

3.3 生成房间

房间在竖直方向上的划分确定后, 同样以层为单位, 从底层开始, 遍历候选房间轮廓: 同时拥有 CEILING_CLOSED 和 FLOOR_CLOSED 标志的候选房间轮廓, 直接生成房间, 建立房间与相关构件 (柱、墙、梁、板) 的关系; 对于 CEILING_OPEN 的房间轮廓, 则寻找上一层对应位置的标志为 FLOOR_OPEN 的房间, 如果该房间不是 CEILING_CLOSED 则继续向上找, 直到找到为止, 根据所有经过的候选房间轮廓来生成一个共享空间, 建立每一层上房间与相关构件的关系.

4 应用及展望

自动识别无论对于提高用户效率还是对于算量应用本身都非常有意义, 因为:

(1) 用于区分内外墙. 由于墙面在装饰装修工程中的不同效用, 内外墙面的所用的材料和数量

通常是不同的. 内外墙可以根据房间轮廓来确定, 所有房间轮廓线所在的墙面属于内墙, 除此之外的墙面都属于外墙面;

(2) 节省用户工作量, 极大提高效率. 用户可通过房间自动识别来替代繁琐的房间位置和结构信息的输入工作, 只需输入其他计算相关数据即可进行装饰装修工程量统计和汇总, 如可根据房间轮廓所在墙上洞的相关数据实现洞所占装修面积的自动扣减;

(3) 提高算量准确性. 自动识别后所生成的房间结构不仅包含了所有构成房间的各类构件, 而且包含了各类构件之间的全局关系, 如相交、耦合、截断等, 这些关系都是在全局坐标系下经过图形的相关运算而得到的, 因此所有数据都比较准确.

就目前而言, 装饰装修面工程量统计是房间自动划分最重要的应用. 通过自动识别生成的房间的数字表示形式, 不仅限于工程量统计的应用, 它可以为其他应用提供基础. 目前可预见的应用有: 在数字房间的基础上, 可以利用三维技术和虚拟现实技术重现房间从外观到内部结构等各方面的细节, 实现对整个建筑的可视化模拟; 数字化的房间作为数字建筑的一部分, 将在从建筑的设计、预算、施工、结算和管理的整个流程中发挥重要作用, 从而建立起建筑工程的 4D 信息化管理模型; 利用数字化房间模型, 可以实现概预算领域的套定额应用, 也可以实现与其他概预算软件的数据接口.

5 结束语

建筑业自动化发展的目标之一是减少工程人员的工作量, 尤其是减少不必要的简单重复性劳动. 传统输入型算量软件, 在概预算信息化的过程中发挥了一定作用, 但是在应用时仍然具有输入量大的缺点. 本文针对算量软件提高计算机参与程度的需求, 在新型的基于识别的算量系统 VHRedQS 平台下, 提出了基于封闭性的房间自动划分方法, 有效地解决了全局关系下的自动算量问题, 并取得了比较好的效果.

[参考文献]

- [1] 李凯, 李李, 蔡士杰. 建筑结构图中语义制导的全局识别方法 [J]. 计算机应用, 2001, 21(3): 40-43
- [2] 席晓鹏, 路通, 糜宁芳, 蔡士杰. 建筑图自动识别中的坐标系处理方法研究 [J]. 南京大学学报 (自然科学版), 2002, 38(计算机专辑): 268-272
- [3] 罗志伟, 颜巍, 蔡士杰. 截面表示法柱平面图的自动识别方法 [J]. 计算机应用研究, 2004, 21(8): 132-135
- [4] 颜巍, 罗志伟, 蔡士杰. 建筑楼板结构平面图的自动识别方法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(8): 1097-1105
- [5] Xi Xiaopeng, Dou Wanchun, Lu Tong *et al*. Research on automated recognition and interpreting architectural drawings [A]. IEEE Proceedings of 2002 International Conference on Machine Learning and Cybernetics [C]. 2002, 1000-1004

[责任编辑: 刘健]