

# 基于降维技术的建筑物综合几何质量评估

钱海忠 武芳 葛磊 王家耀

(信息工程大学测绘学院, 郑州 450052)

**摘要** 针对大比例尺城市图对建筑物进行质量评估,分析了建筑物和街道之间存在相互影响、互补共存的动态关联关系及街道骨架线区别于一般骨架线的特殊性,提出借助街道进行建筑物几何质量评估的新思想,用骨架线替代街道,进一步演化为基于降维处理的质量评估新体系;给出了依据街道骨架线对建筑物轮廓化简、合并、位移和冲突处理等4个方面进行几何评估的方法、评估步骤和6个操作准则。

**关键词** 制图综合 质量评估 骨架线 降维处理

中图分类号: P283 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2007)05-0927-08

## Quality Assessment of City-building Geometry-generalization with Reducing-dimension Technique

QIAN Hai-zhong, WU Fang, GE Lei, WANG Jia-yao

(Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052)

**Abstract** Quality assessment to city buildings using large-scale city map is studied in this paper. The dynamic relationship between city buildings and streets is analyzed, which is that buildings and streets influence each other and join together to fill the whole area. And the skeleton-line created from area streets is provided with more particularity than others. Then, a new idea of assessing city building's geometry quality by street is put forward. Furthermore, instead of street, skeleton-line is used to assess the building's quality, and is evolved into the quality assessment system based on reducing-dimension processing. Particular methods, steps and six operation rules of quality assessment by street skeleton-line to building contour simplification, building mergence, building displacement, and conflicting processing are expatiated.

**Keywords** cartographic generalization, quality assessment, skeleton-line, reducing-dimension processing

## 1 引言

自动制图综合是地图生产自动化和GIS中多尺度显示的核心与关键,GIS的迅速发展和广泛应用,使得自动综合的地位越来越明显和突出。尤其是在城市GIS广为建立的今天,自动创建更小分辨率的空间数据库和相应的地形图已经成为一个突出问题<sup>[1]</sup>。GIS中多尺度表达也需要正确的地图综合手段作为支撑。数字地球的出现,把制图综合的位置提到了前所未有的高度。

近十多年来,人们对城市平面图形综合提出了许多算法和模型。如毋河海提出了较为完整的城市平面图形自动综合问题<sup>[1]</sup>;郭仁忠、艾廷华提出了制图综合中顾及建筑物矩形特征的多边形自动合并和化简算法<sup>[2]</sup>;艾廷华、郭仁忠等提出了支持地图综合的面状目标约束Delaunay三角网划分模型<sup>[3]</sup>等。

制图综合算法模型对于制图综合而言是重要的,但离开制图综合质量评价体系,制图综合系统是不完整的。综合即意味着改变,地图综合对地图数据的几何信息、属性信息和语义信息都会进行改变。

基金项目:国家自然科学基金项目(40471115)

收稿日期:2005-07-27;改回日期:2006-03-13

第一作者简介:钱海忠(1976~),男,讲师,博士生。主要研究方向为地理信息系统与辅助决策、地图自动综合、空间数据的多尺度表达等。E-mail: qianhaizhong2005@163.com

只有对综合结果的这种改变进行合理的评估,才能判断制图综合算法的综合能力和评价综合结果的科学性。因此,地图综合质量评估已经成为数字制图条件下的主要问题之一。

地图综合质量评估需要解决以下两方面的问题:一方面是对各种手段综合出来的新比例尺数据进行质量评估,以检查其是否符合新比例尺条件下的综合要求;另一方面,对综合算法的综合结果进行实时评估,以评估算法的正确性与优越性,它包括对制图生产过程中的综合算法评估,同时也包括对GIS多尺度快速显示中综合算法的正确性评估。

目前实用的大比例尺地图主要以城市图为主。城市平面图形综合包括街网、街区、建筑物和其他地物等<sup>[1]</sup>,对城市建筑物进行综合是目前大比例尺城市制图综合中的主要组成部分。大比例尺城市图中建筑物多为面状要素,这些面要素占据了图面的大部分区域,对图面表达的详细程度影响较大。这些都决定了大比例尺地图中城市建筑物综合的重要性。上述诸多算法都主要针对城市平面图形中的城市建筑物而言。本文主要讨论大比例尺条件下城市建筑物综合的几何质量评估问题,暂不涉及其他因素的影响。

城市建筑物群目标在分布上的分离性为其结构化描述带来困难。分离就意味着无直接联系。要说有联系,这就是位于各个建筑物之间的空白地带,而这个空白地带作为建筑物集合的补集,在数据库中并没有明确定义与存储<sup>[1]</sup>。正是建筑物之间分布上的分离性,导致了对面目标的综合质量评估带来了困难。长期以来,对大比例尺城市建筑物综合的质量评估研究鲜有所见。

抛开制图综合算法,从制图综合的本质要求而言,城市建筑物综合的质量评估和街网、街区的质量评估是相辅相成的,建筑物和空白区域也是相辅相成的。对于大比例尺城市图形而言,空白区域基本上可以看成是由街道组成的。因此,街道骨架线和建筑物可以看成是互补的几何空间。但在GIS图形描述中,骨架线和面状建筑物属于两个不同维数的概念,即面状建筑物属于面要素类型(即2维要素),街道骨架线属于线要素类型(即1维要素)。充分利用这种平等互补空间之间的不平等维数转换,把面状建筑物的几何质量评估降格为对线要素的质量评估,本文称为基于骨架线技术的质量评估。显然,该方法属于一种基于降维技术的质量评估。

## 2 采用降维处理的技术基础

由于建筑物目标在分布上的分离性为其结构化描述带来困难,直接对城市建筑物进行几何质量评估存在较大困难。但是国内外对点、线要素的几何质量评估已经有一定的研究。如果把城市建筑物转化为1维线状要素来处理,则可以在考虑城市建筑物特点的基础上借鉴已有对线要素评估的部分经验。

面状建筑物形状可以被划分为凸状、凹状、等为数不多的几种情形<sup>[4]</sup>。可以看出,城市建筑物的轮廓结构比面状水系、植被等要素简单和规则。街道骨架线是空白区域的骨架线,如果不考虑建筑物内部的空白区域,则所有的空白区域是连通的。因此,街道骨架是一条连通的复杂线要素,复杂程度与该区域大小、建筑物密集程度、建筑物轮廓形态和分布情况等密切相关。

提取骨架线的方法为<sup>[3]</sup>:定义函数 $f(T_i):T_i \rightarrow \{0,1,2,3\}$ 表示三角形 $T_i$ 拥有邻近三角形的个数。则有如下定义:

I类三角形:  $f(T_i) = 1$ ;

II类三角形:  $f(T_i) = 2$ ;

III类三角形:  $f(T_i) = 3$ 。

如果 $f(T_i) = 0$ ,则该三角形为独立三角形,不予考虑。如果三角形的某条边与其他三角形相邻,则称该边为内边。

骨架线的提取主要按照三角形的拓扑属性进行。可以按照以下方法进行骨架线的提取<sup>[3]</sup>: I类三角形连接唯一内边的中点与其相对的顶点:  $A_1 \rightarrow P_1$  或  $P_1 \rightarrow A_1$ ; II类三角形连接两条内边的中点:  $P_2 \rightarrow P_3$  或  $P_3 \rightarrow P_2$ ; III类三角形连接三角形重心与3条边的中点:  $O \rightarrow P_i$  或  $P_i \rightarrow O (i=4,5,6)$ (见图1)。

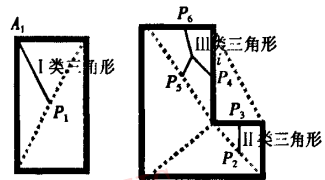


图1 三角形分类说明

Fig. 1 Illustration of triangle classification

例如,对于某区域的建筑物(图2),对其构造三角网,并采用建筑物轮廓对其进行约束处理<sup>[5]</sup>。可以依据三角网提取出两种骨架线,即建筑物骨架线和空



图 2 1:1 万某城市建筑物区域图  
Fig.2 Area of 1:10 000 scale city building

白区域骨架线,而空白区域骨架线就是街道骨架线。

获取建筑物骨架线的方法为:把建筑物外部的三角形删除,保留其内部的三角形(图 3),然后按照提取骨架线的方法,对每个建筑物提取其骨架线(图 4)。



图 3 对建筑物构建 TIN 网  
Fig.3 Building TIN net to city buildings



图 4 对建筑物提取骨架线  
Fig.4 Get skeleton-line from city buildings

同理,为了获取街道骨架线,需要把建筑物内部的三角形删除,只保留空白区域的三角形(图 5),然后按照提取骨架线的方法,对整个空白区域提取骨架线(图 6)。



图 5 对空白区域构建 TIN 网  
Fig.5 Building TIN net to blank area



图 6 对空白区域提取骨架线  
Fig.6 Get skeleton-line from blank area

由于空白区域是连通的,因此,对其进行三角剖分后的三角网也必然相邻,即除了空白区域边缘的三角形为 I 类三角形外,所有三角形均为 II 类或 III 类三角形。由于相邻三角形具有公共内边,因此,按照“II 类三角形连接两条内边的中点,III 类三角形连接三角形重心与 3 条边的中点”的方法所得到的骨架线是连通的,而 I 类三角形唯一内边的中点与其相对顶点的连线则成为街道骨架线的一条终端。

图 7 是建筑物骨架线和街道骨架线的合成图。可以看出这两类骨架线有以下特点:

- (1) 建筑物骨架线和街道骨架线一定是相互交替、间隔排列的。
- (2) 建筑物骨架线和街道骨架线一定互不相交。
- (3) 建筑物骨架线之间一定互不相交。
- (4) 街道骨架线是一条连通的多分支复杂曲线。

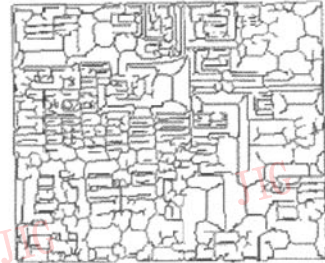


图 7 两类骨架线合成图  
Fig.7 Incorporate two types of skeleton-line into one

为了获取密集三角网,在三角网构网过程中又对建筑物和空白区域轮廓进行了足够的加密(线段中插入更多的内点)处理,并采用约束方式,保证了面轮廓作为三角形的边。这种三角剖分方法能够详细地反映建筑物轮廓的特征。面轮廓的每一处变化,都体现在三角网的改变中。由于建筑物和空白区域之间是互补关系,两者共同构建了整幅地图,而骨架线则是从三角网中提取的,因此,建筑物轮廓的任何微小改变,必然会引起空白区域的相应变化,进而导致街道骨架线的变化。这样就可以把对建筑物的几何质量评估转化为对街道骨架线要素的几何质量评估的方式。

### 3 对线要素进行顾及建筑物特征的几何质量评估

对每个建筑物进行几何质量评估主要包括建筑

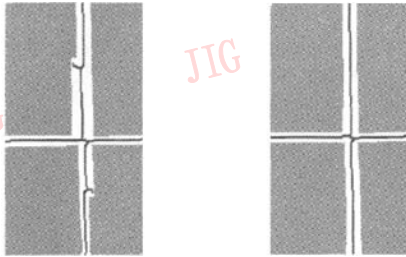
物的删除和轮廓变化两种情况<sup>[6]</sup>。建筑物是否应该被删除应该依据建筑物的重要性和面积等来判断,这种判断在编图规范中有明确的标准和规定,故比较容易。建筑物轮廓变化则是不确定的,随着综合算法的不同而不同,因此是几何质量评估的重点<sup>[7]</sup>。

每个面状建筑物都被街道骨架线所包围。建筑物的轮廓变化主要由化简、合并引起的,而这种变化街道骨架线能够敏感地体现出来,因此,建筑物轮廓的变化将体现在街道骨架线的变化上。建筑物位移也能依据街道骨架线进行判断。

### 3.1 街道骨架线对建筑物轮廓化简的评估

面要素轮廓变化从街道骨架线中体现为两种情况:

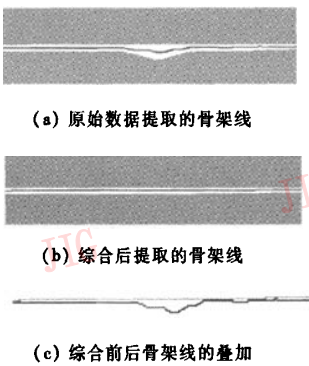
- 情况 1 骨架线小毛刺的消失(如图 8 所示)。
- 情况 2 骨架线小弯曲的消失(如图 9 所示)。



(a) 原始骨架线 (b) 综合后的骨架线

图 8 骨架线小毛刺的消失

Fig. 8 Deleting small burrs from skeleton-line



(a) 原始数据提取的骨架线

(b) 综合后提取的骨架线

(c) 综合前后骨架线的叠加

图 9 骨架线小弯曲的消失

Fig. 9 Deleting small bends from skeleton-line

针对情况 1, 比较容易识别。因为建筑物轮廓引起的小毛刺一般很短, 只要判断小于一定尺寸的骨架线分支数量的减少情况即可<sup>[8]</sup>。

针对情况 2, 需要判断骨架线小弯曲的消失情况。如果建筑物轮廓没有化简, 则其周围的街道骨架线不会产生弯曲的变化。因此, 判断综合前后骨架线是否重叠是关键。可以采用一条骨架线到另一条骨架线的距离来判断。

设综合前数据中提取的街道骨架线为  $l_1$ , 综合后数据中提取的街道骨架线为  $l_2$ ,  $l_2$  的坐标串为

$$C_2 = \{ (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n) \}$$

其中,  $0 < i < n, n \in N$ 。设  $l_2$  中任意一个节点  $(x_i, y_i)$  到  $l_1$  的距离记为  $L_i = \{ \text{Direction}((x_i, y_i) \rightarrow l_1) \}$ 。则有如下准则。

**准则 1**  $l_2$  中至少存在一个节点  $(x_i, y_i)$ , 使得  $\exists (x_i, y_i)$ , 有  $|L_i| > 0$ , 说明  $l_1$  和  $l_2$  不重叠; 而对  $l_2$  中的任意一个节点  $(x_i, y_i)$ , 使得  $\forall (x_i, y_i)$ , 均有  $|L_i| = 0$ , 说明  $l_1$  和  $l_2$  重叠。

在实际使用过程中, 受浮点计算、显示分辨率等限制, 骨架线会产生微小的抖动, 而准则 1 是严格理论意义上的约束, 在实际使用中不合适, 于是, 把准则 1 经过修改, 可以变为准则 2。

**准则 2**  $l_2$  中至少存在一个节点  $(x_i, y_i)$ , 使得对  $l_2$  上  $\exists (x_i, y_i)$ , 有  $|L_i| > \delta$ , 其中,  $0 < i < n, 0 < j < n, n \in N, \delta \in R$ 。说明  $l_1$  和  $l_2$  不重叠; 而对  $l_2$  中的任意一个节点  $(x_i, y_i)$ , 使得  $\forall (x_i, y_i)$ , 均有  $|L_i| \leq \delta$ , 说明  $l_1$  和  $l_2$  重叠。其中  $\delta$  称为抖动系数, 是很小的正实数, 反映了骨架线抖动的程度。

可以依据准则 2 进行综合前后街道骨架线的重叠性检测, 从而判断综合前后街道骨架线的变化。综合前后骨架线之间夹带的空白区域面积大小体现了骨架线变化的幅度, 从而可以用综合前后骨架线之间空白区域的面积大小反映骨架线弯曲变化的幅度, 进而反映建筑物轮廓的变化。

计算综合前后骨架线之间空白区域的面积  $A$ , 采用下式:

$$A = \sum_{i=1}^{n-1} (|L_i| + |L_{i+1}|) \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} / 2 \tag{1}$$

### 3.2 街道骨架线对建筑物合并的评估

城市建筑物合并主要有两类情况需要注意。

(1) 城区主要道路两侧的建筑物之间不能合并(如图 10 所示)。

(2) 同类目标需遵循就近合并的原则。

对于情况(1), 比较好判断, 只需判断合并后的目标与城市主干道是否相交, 或者直接判断合并的

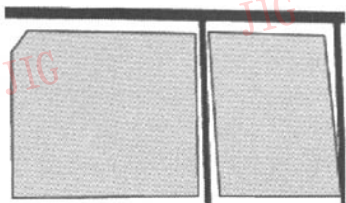


图 10 道路两则的建筑物不能合并

Fig. 10 Buildings not in the same side of a road can not be merged

目标是否位于道路的同侧即可。对于情况(2), 建筑物中间没有主要道路, 需要判断建筑物之间的距离关系, 按照就近合并的原则。一般计算面状目标之间距离的方法是计算面轮廓之间的最短距离<sup>[9]</sup>。这种计算方法在某些条件下是不科学的, 比如面目标之间的最小距离很小, 而平均距离却很大, 因此, 如果按照最小距离来判断这类目标之间的距离显然是不够的。

本文按照骨架线到两侧面目标的平均距离指标来判断面目标之间的距离(如图 11 所示)。对一条街道骨架线, 它是由 TIN 三角形所有内边中点的连线所组成的图形。因此, 街道骨架线到建筑物两端的距离相等。设 TIN 三角形中与建筑物轮廓重叠的边称为外边, 则计算街道骨架线到两侧目标之间的

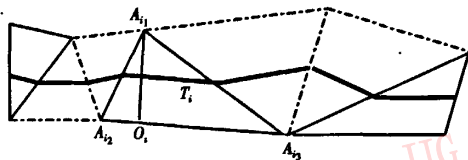


图 11 依骨架线计算建筑物之间距离的示意图

Fig. 11 Calculate distance between buildings with skeleton-line

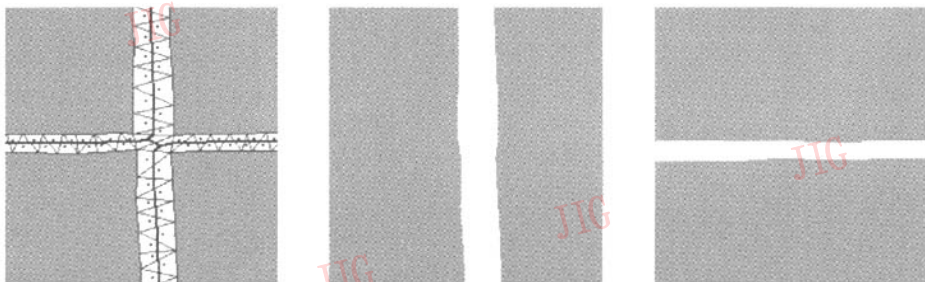
平均距离可以近似地由生成骨架线的所有 TIN 三角形外边到与其相对顶点之间距离的平均值来表示。具体可以如下计算。

准则 3 对于任意一 TIN 三角形  $T_i (0 < i < n, n \in N)$ , 其 3 个顶点分别为  $\{A_{i_1}, A_{i_2}, A_{i_3}\}$ ,  $T_i$  三角形外边与相对顶点之间作一垂足为  $A_{i_1}O_i$ , 其长度用  $|A_{i_1}O_i|$  表示。则街道骨架线到两侧目标之间的平均距离(记为  $\bar{L}$ )可由下式计算。

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n |A_{i_1}O_i|}{n} \quad (2)$$

如果建筑物有多个相邻目标需要合并, 则优先合并与之  $\bar{L}$  值最小的那个建筑物。

图 12 中列出了依靠骨架线判断建筑物合并正确性的实例。其中图 12(a)是对街道提取骨架线后, 依据骨架线按照式(2)进行距离计算, 从而判断出图 12(b)是正确的合并方式, 图 12(c)则是错误的。



(a) 依骨架线计算建筑物之间距离 (b) 正确的合并方式 (c) 错误的合并方式

图 12 依靠骨架线判断建筑物合并的正确性

Fig. 12 Judging the correctness of city building's merging with skeleton-line

### 3.3 街道骨架线对建筑物位移的评估

依据街道骨架线判断建筑物位移可以采用类似街道骨架线对建筑物轮廓化简的评估方法进行。设从综合前原始数据中提取的街道骨架线为  $l_1$ , 从综合后数据中提取的街道骨架线为  $l_2$ ,  $l_2$  的坐标串为  $C_2 = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)\}$ 。

设  $l_2$  中任意一个坐标点  $(x_i, y_i)$  到  $l_1$  的距离记为  $L_i = \{\text{Direction}((x_i, y_i) \rightarrow l_1)\}$ 。则有如下准则:

准则 4 对于  $l_2$  中每一个节点  $(x_i, y_i)$ , 使得  $\forall (x_i, y_i)$ , 都有  $|L_i| = |L_{i-1}| = |L_{i+1}| (0 < i < n, n \in N)$ , 说明  $l_1$  和  $l_2$  不重叠, 并且处处平行。

在实际使用过程中, 由于浮点计算、显示分辨率

等限制,使得骨架线会产生微小的抖动,而准则 4 是严格理论意义上的约束,在实际使用中不合适,于是,把准则 4 经过修改,可以变为准则 5。

**准则 5** 对于  $l_2$  中的任意节点  $(x_i, y_i)$ ,  $(x_j, y_j)$ , 使得对于  $\forall (x_i, y_i)$  和  $\forall (x_j, y_j)$ , 都满足  $|L_i - L_j| < \delta (0 < i < n, 0 < j < n, n \in \mathbf{N}, \delta \in \mathbf{R})$ , 说明  $l_1$  和  $l_2$  不重叠,并且处处平行。其中  $\delta$  称为抖动系数,是很小的正实数,反映了骨架线抖动的程度。

可以按照准则 5 进行综合前后街道骨架线之间

是否产生平移的判断,从而判断综合过程中建筑物是否产生位移。可以采用式(1)来计算目标位移的幅度。

图 13 中列出了依靠骨架线判断建筑物是否位移的一个实例。其中图 13(a)是对原始数据提取街道骨架线,图 13(b)是对综合后的数据提取街道骨架线,而图 13(c)则是通过对综合前后街道骨架线的叠加来判断建筑物是否产生位移。可以采用式(1)得出的计算值作为衡量目标位移的幅度。

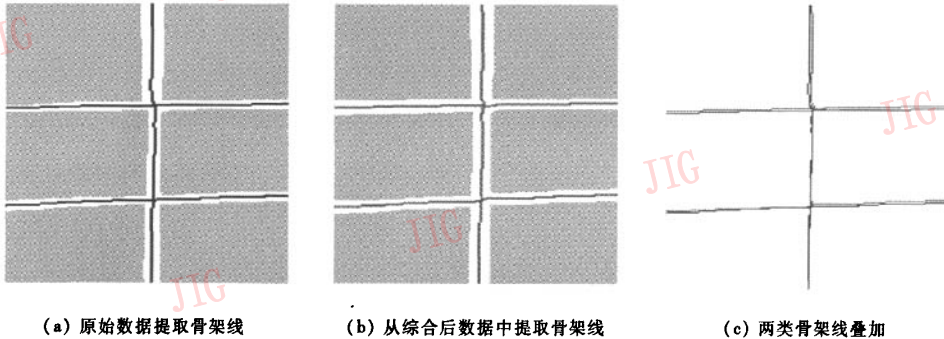


图 13 依靠骨架线判断建筑物是否产生位移

Fig. 13 Judging whether city buildings are displaced or not by method of skeleton-line

### 3.4 街道骨架线对建筑物综合冲突的评估

判断综合是否产生冲突可按照以下准则进行。

**准则 6** 如果某一街道骨架线分支不是因为被其包围的建筑物的删除或合并而消失,则该骨架线所在区域产生冲突。

建筑物是否被删除直接可以通过数据库中建筑物索引的比较得到。建筑物合并与否可以如下判断:

综合前该骨架线两边存在两个或多个建筑物。综合后该骨架线虽然不存在,但可以把综合前的该骨架线叠加到综合后的区域中,判断该骨架线两边存在建筑物的个数。

(1) 如果该骨架线两侧存在两个或多个建筑物,则表明综合后产生了冲突。

(2) 如果该骨架线两侧为同一个建筑物目标,即该骨架线和一个建筑物相交,则表明该骨架线因建筑物合并而消失,属于正确范畴。

## 4 算法实例

本文以图 2 所给的 1:1 万某局部区域

(817 601.78m<sup>2</sup>)为例,对本文给出的大比例尺城市建筑物几何质量评估方法进行了验证。

图 14 对综合前与综合后的数据分别提取街道骨架线进行比较,分别从街道骨架线的长度、分支数量、空白区域面积、骨架线小毛刺和小弯曲的数量减少量和减少幅度、合并是否满足编图规范要求、目标位移的数量和幅度等方面进行了详细的分析。图 14(a)是从综合前数据中提取的骨架线,图 14(b)是从综合后数据中提取的骨架线。图 14 同时放大给出了骨架线小毛刺消失、小弯曲消失、骨架线位移的实例。例如,图 14(a)中的  $a_1$  是原始数据的骨架线,在图 14(b)中的  $a_2$  区域中,因建筑物轮廓化简而减少了一条骨架线小毛刺。图 14(a)中的  $b_1$  是原始数据的骨架线,在图 14(b)中的  $b_2$  区域中,因建筑物轮廓化简而使得骨架线的小弯曲消失或减小。图 14(a)中的  $c_1$  是原始数据的骨架线,在图 14(b)中的  $c_2$  区域中,因建筑物进行了位移或者街道拓宽,使得  $c_2$  中的骨架线产生了位移(两图重叠后或计算机计算中将能识别出来)。表 1 是对综合前后数据中提取的骨架线分别进行分析得到的结果。

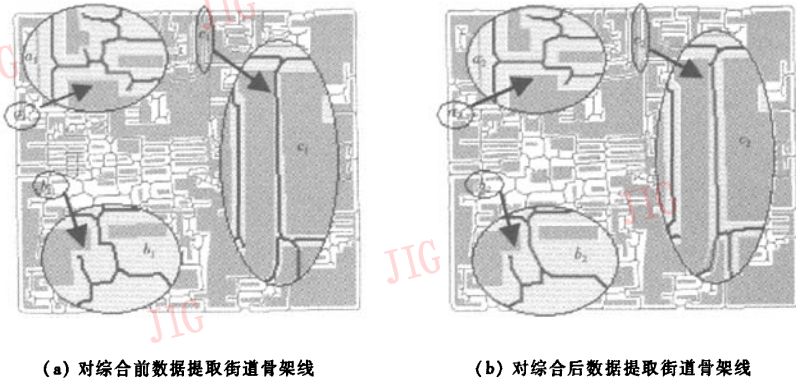


图 14 对综合前与综合后数据分别提取街道骨架线进行比较

Fig. 14 Comparing skeleton-lines gained from original data and generalized data

表 1 对图 14(a) 和图 14(b) 分别进行综合评估的结果  
Tab.1 Result assessed from fig.14(a) and fig.14(b)

评价指标	综合前	综合后
街道骨架线总长度变化(m)	27 038.16	25 306.44
街道骨架线分支数量变化	843	692
空白区域总体积的变化(m <sup>2</sup> )	337 430.22	332 426.15
综合后小毛刺消失个数		33
综合后小弯取消消失个数		17
综合后骨架线弯曲变化的幅度(m <sup>2</sup> )		85.42
综合后跨道路合并的目标数		0
综合后违背就近合并原则目标数		0
综合后目标位移的个数		4
综合后目标位移的幅度(m <sup>2</sup> )		54.67

城市建筑物综合,主要集中在大街区的合并、小街区删除、街区轮廓化简、位移和冲突处理等。判断综合几何质量的主要依据是:

(1) 保证综合结果图面的清晰度:建筑物面积增加幅度(即图面载重量变化幅度)不能太大。

(2) 目标间是否产生冲突:目标产生冲突的数量越少越好。

(3) 建筑物的规则性:随着比例尺缩小,要求建筑物越来越规则,这就要求建筑物轮廓越来越规则,需要化简掉小的弯曲、毛刺等。可以通过骨架线小毛刺、小弯曲消失的数量来评价,其数量越大越好。

(4) 位置精度:精度越高越好,综合要求精度损失控制在一定范围内,因此目标的位移量、骨架线小弯曲变化幅度越小越好。

(5) 合并程度:在减少误合并的前提下,尽量增

大合并力度。建筑物合并,则街道骨架线分支减少,因此可以通过街道骨架线总长度减少、街道骨架线分支数量减少量来评价合并程度,骨架线总长度、分支数减少越多越好。

根据从表 1 的数据中提取的相应信息,即得到了表 2 的评估指标。从表 2 中看出,空白区域面积减少幅度仅为 0.61%,目标间没有产生冲突,对建筑物小毛刺的化简率达到 21.85%,位置精度控制在百分之一  $1.0e^{-6}$  以内,合并数量占总数量的 17.91%。

表 2 建筑物几何质量评估的指标与方法

Tab.2 Targets and methods of assessing geometry quality of city building

评估指标	评估结果
空白区域面积减少量	5 004.07m <sup>2</sup> ,占综合前空白区域面积 1.48%,占总面积 0.61%
目标冲突个数	0
建筑物的规则性	小毛刺消失 33 根,占综合前总骨架线分支数量的 3.9%,占消失骨架线总数的 21.85% 小弯取消消失 17 个 目标位移个数:4 目标位移幅度:54.67m <sup>2</sup>
位置精度	骨架线小弯曲变化的幅度:85.42m <sup>2</sup> 位移幅度、弯曲变化幅度占综合前总面积均小于百分之 $1.0e^{-6}$
合并程度	误合并数:0 街道骨架线分支数量减少 151 根,占综合前总骨架线分支数的 17.91% 街道骨架线总长度减少 1 731.72m,占综合前街道骨架线总长度的 6.4%

可以依据这种量化的指标来评价哪一种综合结果更优。

## 5 结 论

本文阐述了制图综合质量评估的重要性。针对目前重点研究的大比例尺城市图,分析了对其进行质量评估的困难所在,并在深入剖析其特点的基础上,提出了一种依据街道骨架线评估城市建筑物几何质量的新方法,并分析了本方法具有以下优势:

(1) 该方法属于空间目标维数变换的一种,实现了质量评估从面到线的转换,即从 2 维到 1 维的转换。这是本文的技术理论基础。

(2) 采用 TIN 三角网提取的街道骨架线对建筑物轮廓的变化具有高度的灵敏性。这取决于 TIN 三角网的构网方法和约束条件,以及 TIN 三角网本身的几何表达能力。

(3) 从空间关系和空间区域分布的角度分析了大比例尺城市图中建筑物和街道之间的相互影响、互补共存的动态关联关系。为采用 TIN 三角网技术提取街道骨架线和依据街道骨架线评估建筑物综合几何质量打下理论基础。

(4) 依据上述优势(2)和优势(3),即可进一步分析得出街道骨架线具有区别于一般骨架线的特殊性。即建筑物骨架线和街道骨架线一定是相互交替、间隔排列、互不相交的;建筑物骨架线之间一定互不相交;街道骨架线是一条连通的多分支复杂曲线等。

(5) 基于上述理论和技术基础,分别提出了街道骨架线对建筑物轮廓化简的几何评估、街道骨架线对建筑物合并的几何评估、街道骨架线对建筑物位移的几何评估和街道骨架线对建筑物冲突处理的几何评估 4 个方面的评估,并给出了详细的评估步骤和 6 个准则。

对本方法采用 1:1 万比例尺的城市图进行了验证,结果表明,量化的评估结果具有良好的对比性和可操作性。

进一步改进之处:本文中由于只对骨架线进行

考虑,对骨架线交叉点之间的衔接并没有作归一化处理,导致多根骨架线交汇处往往出现多个接点,影响了分析的速度和难度。同时,对离散建筑物的处理,本方法还有待进一步改进。

## 参考文献 (References)

- 1 Wu H H. About the city building auto-generalization in GIS condition [J]. *Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping*, 2000, 25(3): 196~202. [毋河海. GIS 环境下城市平面图形的自动综合问题[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(3):196~202.]
- 2 Guo R Z, Ai T H. Merging and simplifying city region buildings in map generalization [J]. *Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping*, 2000, 25(1): 25~30. [郭仁忠,艾廷华. 制图综合中建筑物多边形的合并与化简[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(1):25~30.]
- 3 Ai T H, Guo R Z. Dividing regions for map generalization with constrained delaunay triangle [J]. *Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping*, 2000, 2(1): 35~41. [艾廷华,郭仁忠. 支持地图综合的面状目标约束 Delaunay 三角网剖分[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 2(1):35~41.]
- 4 Qian H Z, Wu F. Region's merging method based on Delaunay relationships[J]. *Journal of Surveying and Mapping Institute*, 2001, 18(3): 10~13. [钱海忠,武芳. 基于 Delaunay 三角关系的面状要素合并方法[J]. 测绘学院学报, 2001, 18(3): 10~13.]
- 5 Liu X J, Gong J Y. A Delaunay's modified dividing algorithm with constrained data condition [J]. *Journal of Surveying and Mapping*, 2001, 30(1): 82~88. [刘学军,龚健雅. 约束数据域的 Delaunay 三角剖分与修改算法[J]. 测绘学报, 2001, 30(1):82~88.]
- 6 Alessandro Cecconi. Integration of Cartographic Generalization and Multi-Scale Databases for Enhanced Web Mapping [D]. Zurich Switzerland: University Zurich, 2003.
- 7 Paul Hardy, Melanie Hayles, & Patrick Revell. Clarity-A New Environment for Generalization Using Agents, Java, XML, and Topology [EB/OL]. [http://www. geo. unizh. ch/ICA/docs/paris2003/papers03.html](http://www.geo.unizh.ch/ICA/docs/paris2003/papers03.html), 2003-4-14.
- 8 Saalfeld A. Topologically consistent line simplification with the douglas-peucker algorithm [J]. *Cartography and Geographic Institute Science*, 1999, 26(1): 7~18.
- 9 Albrecht J. Geospatial Information Standards. A Comparative Study of Approaches in the Standardization of Geospatial Information [J]. *Computers & Geosciences*, 1999, 25(1): 9~24.