

用计算机模拟人类制图员解决 地图缩编中的图形冲突

费立凡¹

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要: 针对地图综合中因道路符号的夸大表示而引起的道路与建筑物的图形冲突, 提出了让计算机模拟人类制图员具备视觉及分析功能的具体方法, 设计了一种新颖的栅格-矢量混合数据结构, 以便通过将移位区内所有建筑物分类, 进行制图移位和受控变形等解决图形冲突。

关键词: 制图综合; 道路与建筑物; 图形冲突; 制图移位; 受控变形
中图法分类号: P283.7

1 图形冲突的种类及其消除方法

本文依照对读图所产生的破坏性影响的严重程度而降序排列, 将图形冲突分为空间冲突、视觉冲突及关系冲突三类。

1.1 空间冲突

空间冲突指的是在同一制图空间中, 不同的要素符号互相重叠, 如图 1 所示。这种现象可能是由于其中一些要素(如街道)在缩编时作了放大表示, 而其余符号的位置、大小、形状不变所造成的; 也可能是由于在制图综合的过程中采取了移位手段而引起的后继冲突。

1.2 视觉冲突

在本文中, 视觉冲突是指虽然相关制图目标之间没有符号重叠现象, 但制图符号之间的距离过小, 或某些符号本身的子结构过于琐碎, 难以分辨, 如图 2 所示。其原因可能是在制图综合过程中没有采取足够的化简、合并措施; 也可能是部分制图符号的夸大表示或制图移位所产生的后继冲突。

1.3 关系冲突

这里所谓的关系冲突指的是制图符号间虽没有空间冲突和视觉冲突, 但地图符号歪曲了实地要素之间的相对关系, 或者歪曲了实地要素自身的基本特征。部分制图符号的夸大表示、制图移

位产生的后继冲突, 或者为解决缺少移位空间而对制图符号进行的不适当变形, 都可能产生关系冲突, 如图 3(b)、3(c)所示。

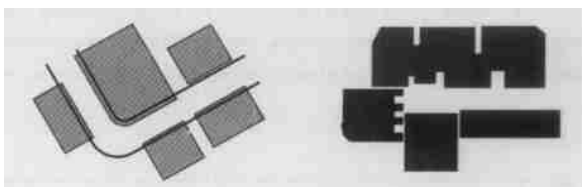


图 1 由符号重叠产生的空间冲突

图 2 过小距离或子结构产生的视觉冲突

Fig. 1 Spatial Conflicts Caused by Overlapping of the Symbols

Fig. 2 Visual Conflicts Caused by Too Small Distances or Sub-structures

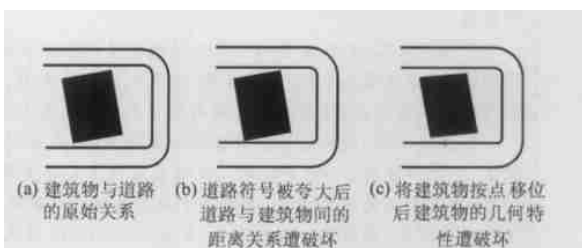


图 3 制图目标间的关系冲突

Fig. 3 Relational Conflicts Between Objects

1.4 图形冲突的消除

图形冲突的消除应针对其类型及产生的原因采取相应的措施。

欲消除空间冲突, 在对某一较重要要素符号

化时,若夸大了其宽度或面积,则在其附近一定范围内的较次要要素符号应作移位或适当变形处理,上述范围也称移位区。

欲消除视觉冲突,首先要求在地图缩编中对制图符号按规范采用化简、合并、删除、归类或典型化等手法进行制图综合,以符号的视觉效果适合地图信息传输及人类的视觉分辨率要求为准。图4表示随着比例尺的缩小,几幢建筑物制图符号的变化。

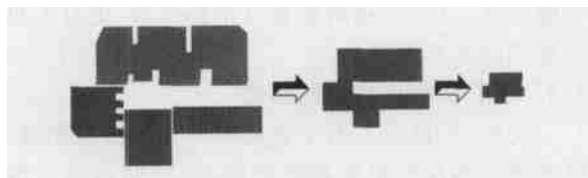


图4 随着比例尺缩小而经制图综合的建筑物符号

Fig. 4 Generalized Building Symbols with the Reduction of the Scales

本文假定在道路符号被夸大表示前,已对建筑物符号进行了符合比例尺过渡要求的合并、化简等综合,并假定此时道路与建筑物的关系是正确、协调的。因此,这里所要预防和消除的视觉冲突来自于对道路符号的夸大表示或因移位而产生的后继冲突。要预防前者,就需对建筑物符号进行移位或适当变形。

要彻底消除关系冲突是不可能的。文献[1]中的7种制图综合的手段都离不开几何综合,也就是说,综合前后的图形在几何特征方面都发生了一些变化。然而,可以根据地图用途及人们对地图图形的视觉感受特点,对地图读者而言,在最敏感的制图目标的相对关系以及几何特征方面保持不变或少变,以尽量减少关系冲突。

2 实际问题的提出

图5(a)为德国汉诺威市市区内用1:1 000比例尺采集的道路和建筑物。经计算机软件按1:25 000比例尺自动综合,分别得到如图5(b)所示的街道轴线及图5(c)所示的建筑物多边形。为便于比较,这里都用了相同的显示比例尺。

严格地说,在1:5 000比例尺下,按图式规范,街道边线应按真形表示,但笔者考虑到程序的通用性,在本计算机编程实验中,先用尽可能宽而不会产生道路和建筑物冲突的分级道路的宽度,作为对道路进行1:5 000等宽符号化的参数。然后根据图式规范,对分级道路按1:25 000进行符号化^[2]。在这两种情况下,建筑物均维持原样、



图5 道路与建筑物原始数据

Fig. 5 Original Data: Streets and Buildings

原位。图6显示,在1:5 000下,道路与建筑物关系和谐,而图7已把1:25 000下道路与建筑物之间的图形冲突充分地显示了出来。

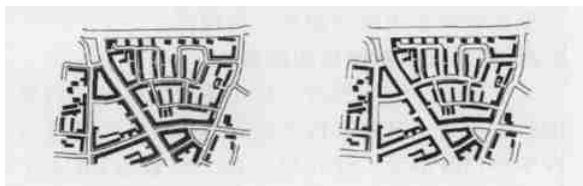


图6 在比例尺

1:5 000下街道与建筑物之间关系和谐

Fig. 6 Harmonic Relationship Between Streets and Buildings at Scale 1:5 000

图7 在比例尺

1:25 000下街道与原建筑物出现图形冲突

Fig. 7 Graphic Conflicts Between Streets and Original Buildings at Scale 1:25 000

3 自动制图移位方法

3.1 理想状态下点的移位公式

文献[3]提出了点 P_i 仅受一条直线型道路符号扩张的影响所需的移位公式:

$$v_0 = \frac{b_F}{2} \cdot \frac{m_F}{m_A} - \frac{b_A}{2} \quad (1)$$

$$t = f \cdot v_0 \quad (2)$$

$$v_i = v_0 \left[1 - \frac{s_i - \frac{b_A}{2}}{t} \right] \quad (3)$$

式中, b_A 和 b_F 分别为原图和缩编图道路符号所代表的实际宽度; m_A 和 m_F 分别为原图和缩编图的比例尺分母; v_0 为初始移位量; t 为移位深度,即在此范围内,随着对线划要素的远离,移位量从 v_0 向0平滑过渡; s_i 为移位前某点到道路轴线的距离; v_i 为该点应有的移位量(见图8)。根据文献[3]的研究,系数 $f=11$ 为宜。

式(1)~式(3)只适用于单条直线型道路符号扩张所需的移位。在现实问题的处理中,点的移位往往会受到多条方向各异的道路符号扩张的同时影响;而且,若把一栋建筑物多边形的每个转折

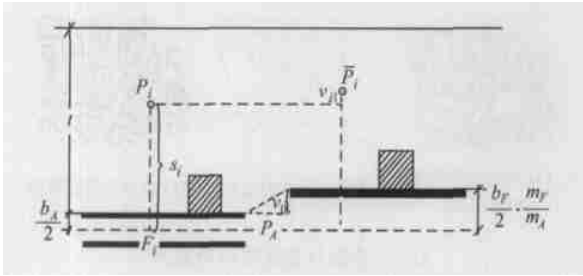


图8 在移位区内点状符号的移位

Fig. 8 Displacement of Point Symbol
Within Displacement Zone

点分别用此法移位,不能保证所构成的新多边形还保持着原多边形的重要几何特征。

3.2 基于栅格数据结构的移位

文献[4~6]均提出了基于栅格数据结构的制图移位方法。其共同特点是处理程序在计算机内存中专门开辟了一个足够大的二维数组,其每个元素由几个字节组成。按照线状制图目标的优先级次序,将轴线矢量转换为所需的制图符号^[6]或与此符号等宽的栅格实线^[4,5],存入上述数组,并根据最大梯度方向及与此线划轴线的距离,为每条栅格线划的两侧建立一个移位方向垂直于线状符号、移位量由大变小的缓冲带,从而形成栅格式的“移位山”(见图9),其中每个栅格像元记录了所需移位的方向和距离。通过栅格数据的探测可知,当有空间冲突发生时,根据所在位置原有栅格所指示的方向和移位大小,对栅格或矢量数据进行移位。

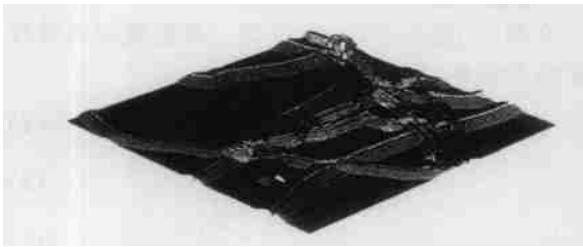


图9 栅格式“移位山”的可视化图形

Fig. 9 Visualization of the “Displacement Mountains”
in Raster Format

这些方法的优点是使计算机能探测及在很大程度上避免出现空间冲突,缺点是移位算法的精度和栅格数据的分辨率密切相关,实用上对内存量有较高的要求。另外,它们主要适合于对点状或线状要素的移位。

3.3 基于矢量数据计算的移位

文献[7]针对道路和建筑物的关系,提出了纯粹基于矢量数据计算的半自动化移位方法。首先按街区网眼为单位,计算各街段的移位区;判断建

筑物多边形的各转折点相对于移位区的位置,在式(1)~式(3)的基础上,考虑并计算道路转折对移位区内每点的联合影响;根据道路转角及建筑物面积的大小,分别采用对建筑物整体目标及其各个转折点两种方式进行移位。

此方法的优点是已考虑到道路转折对建筑物移位的联合影响,并尽可能对整体目标进行移位,其缺点是不能保证经按点移位后的建筑物多边形能保持原有的重要几何特征。另外,后继冲突仍可能存在。因此,还需要在自动移位后,进行人机交互式的图形编辑。

3.4 基于伪物理模型的移位

文献[8]提出了基于Snake模型的移位原理。笔者将空间冲突看成是外部能量,将曲线的一阶导数和二阶导数的变化看成是内部能量,并建立数学模型。利用变分法,通过迭代,逐渐改变原来存在空间冲突的、周边次要要素的点位,使得总能量达到最小。此方法主要适用于线状要素的移位。

文献[9]提出了基于弹簧模型的移位方法,即在各要素点之间建立起压力弹簧模型,并在次要要素各点间另建扭力弹簧模型。假定在原始数据情况下,压力弹簧和扭力弹簧的总应力(亦被称为内部势能)为最小。当道路符号被夸大后,用栅格数据探测空间冲突。加权后的空间冲突的严重性被称为外部势能。改变次要要素的各点位,就会同时改变内、外部势能。用迭代法以取得总势能最小为目的,来确定各次要要素的新点位。由于加权可以比较灵活,故此法在绝大多数情况下,移位结果良好(偶尔会有拓扑冲突),缺点是运算量巨大。

文献[10]将结构力学中普遍采用的有限元法引入了制图移位。此法由三步构成:①构建制图区域内的受限Delaunay三角网;②根据制图的基本要求,对三角形赋予刚性系数和边界条件,即建筑物不允许变形,道路不允许偏移,道路要求等宽;③用有限元法解决制图移位问题。其结果是,随着道路符号的加宽,建筑物符号自然作了相应移位,而且后继冲突很少。其缺点是不能保证没有后继冲突,且道路符号还不能做到完全等宽。

3.5 基于三角网的制图移位方法

文献[11]提出,地形图要素可以通过建立简单元数据结构(SDS, simplicial data structure)来表示。对二维地图来说,简单元就是三角形。因此,先在原始矢量数据的基础上,建立受限的Delaunay三角网(如图10所示^[11]),相当于在众

多的制图目标之间建立了充裕的拓扑关系。进而借助于此三角网,实现了一系列基本而重要的综合操作,包括制图移位。

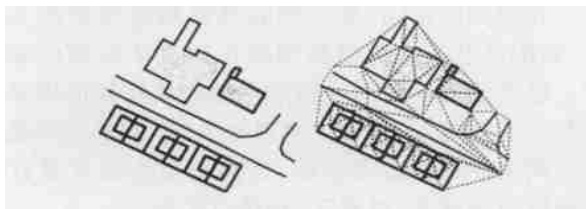


图10 部分地图的受限 Delaunay 三角网数据结构示意图

Fig. 10 Representation of a Portion of a Map with the Data Structure of Constrained Delaunay Triangulation Network

基于三角网的移位方法的好处主要是在制图移位过程中,多了一些可用的几何要素。另外,有了目标间充裕的拓扑关系后,在移位中或移位后,可通过对原图与新图的比较,发现后继冲突,在保证不使制图要素间的拓扑关系受到破坏的基础上,对移位要素或移位点的位置作出调整。笔者认为,其缺点是预先、全面地建立受限 Delaunay 三角网代价太大,且它并不能简化建筑物移位和变形所要解决的问题。

文献[12]认为,应丰富原始矢量数据的内容,增加拓扑关系信息,将 Delaunay 三角网应用于制图移位是可取的。但为了减小构网代价,建议只用每栋建筑物的中心点以及建筑物在附近道路段上的投影端点构网就行。

为解决制图移位问题,文献[13]也提出了建立受限 Delaunay 三角网的方法。借助于这种方法,还提出了在不破坏要素间原有拓扑关系的基础上,确定要素可移位的“安全区”的办法。

3.6 一次性解决制图综合问题的全局平差法

文献[14]提出,可将制图综合的一系列问题,包括化简、合并、移位、典型化(在减少要素密度中考虑分布特征),通过全局平差法一次性解决,即把如何解决制图综合的问题转化为如何用平差方法解决内部和外部限制问题。这里所谓内部限制是指保持各制图目标各自的几何特征,外部限制是指各制图目标之间的规定距离。

首先建立包含未知数的各观测值的相应函数:

$$l_i = f_i(x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

这些函数是根据所有制图目标的各边长度、各内角、各边方向、受限 Delaunay 三角网各边长度等

的表达式以及目标各转折点的 x, y 坐标所构成的。式(4)中, l_i 为所规定的观测值。将式(4)线性化后,可得到形如式(5)的方程组:

$$l_i = f_i(x_0) + \frac{\partial f_i}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f_i}{\partial y_1} \Delta y_1 + \dots + \frac{\partial f_i}{\partial y_n} \Delta y_n \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

式中, x_0 为所有目标转折点的初始坐标值; $f_i(x_0)$ 为根据式(4)的计算值。根据式(5)的各偏导数系数,建立雅各比矩阵 $A_{m \times 2n}$, 再根据达到规定观测值的重要性,确定权矩阵 P 。根据最小二乘法 $V^T P V = \min$, 设增量矩阵 $x = (\Delta x_1, \Delta y_1, \dots, \Delta y_n)^T$, 则 $x = (A^T P A)^{-1} A^T P F$, 其中, $F = l - f(x_0)$, l 为规定的观测值矩阵; $f(x_0)$ 为当前函数逼近值矩阵。令 $x_0 \leftarrow x_0 + x$, 即修改 x_0 , 经迭代求解增量,并逐渐使对 x_0 的修改量均小于预先规定的临界值。最后得到的 x_0 就是所求的各未知数的值。

文献[15]也提出类似的方法,只是所给出的规定的观测值函数以及权矩阵不完全相同。

全局平差法的优点是,通过一次性平差,可以同时解决制图综合中的一系列问题(包括移位),其结果就是由权矩阵决定的各种要求之间的妥协方案,缺点是计算量较大。其次,移位后的结果往往与经典制图的结果不太一致,如被移位的建筑物面积普遍会变小。这在一个街区内(不包括路面)虽较好地维持了黑白对比(建筑与非建筑面积之比),但对整幅图来说,却缩小了黑白对比。

4 一种解决道路与建筑物图形冲突的新方法

本文提出的新方法基于这样一种基本思想:经典制图已有数千年的发展历史,其理论、方法、表现形式值得数字地图制图软件的研制者参照。而如果让计算机也具备视觉功能,则可为系统更好地模拟人类制图员的行为方式打下基础。为此,笔者在矢量数据库的基础上,设计在处理程序运行过程中,建立一种栅-矢混合数据结构。

4.1 栅-矢混合数据结构

本课题的原始实验数据均为数据库中含有首末点及结点标记的矢量线划数据。在处理过程的一开始,处理程序就在内存中开辟了一个适当大小的二维长整型量数组(该数组大小的确定方法见文献[3]),并全冲入初始值“0”。将数据库中所

有道路轴线的矢量数据逐条读出,按其在库中的存储顺序进行四方向(即上、下、左、右四个邻域)的栅格化。如对存储于第一个记录的道路轴线用灰度值“1”进行栅格化,对存储于第二个记录的道路轴线用灰度值“2”进行栅格化,⋯,依此类推。在进行栅格化的过程中,对道路轴线作首末端点的标记,并先对背景像元进行灰度值测试,如果发现背景像元灰度值已不为“0”,说明此栅格点为结点,于是作好结点标记。

建筑物多边形的栅格化原则上也按上述方法进行,只不过不需要作端点及结点的标记,但灰度值所用的值域应有别于道路轴线(如可用负值),且也能容易地求出该建筑物多边形的矢量数据在随机文件中的存储位置。下面通过图 11 所示的例子简介其编码方法。

在图 11 中,凡是带有正灰度值的像元均表示道路轴线,带有负灰度值且不与正灰度值像元直接相邻的像元均表示建筑物。“3”意味着本类栅格影像所对应的矢量数据位于数据库中道路轴线文件的第 3 个记录;“E3”表示其端点的灰度值,如 E3=2000000003;“N21”是在对记录号为 21 的道路的矢量数据进行栅格化时得知的栅格结点,如 N21=-2000000021。无论是利用 E3 或 N21 的实际值,均可以通过求绝对值,再对大数 2000000000 取模,得知它们的本原灰度值 3 或 21,即在有关随机文件中的存储位置;“-3”表示这是数据库中位于建筑物随机文件第 3 个记录的矢量数据在栅格化后得到的影像像元。依此类推。



图 11 栅格数据编码法举例
Fig. 11 An Example of Encoding Method in Raster Data

这样的栅格数据结构可以使计算机在需要时“看”到当前扫描到的像元属于哪一类要素,是否拓扑上的结点或端点。各制图要素之间的拓扑关

系和位置关系在该栅格数据中得到了如实的反映,同时,为快速、随机地从数据库中提取相应的矢量数据打下了良好的基础。

4.2 道路网眼的自动组织

在经典制图中,要处理好道路和建筑物的关系,制图员总是利用道路网眼作为逐块处理的单位。这是因为不在同一网眼内的建筑物移位或变形都互不影响,而且逐个网眼地处理,还可使问题得到简化。遵循这条思路,计算机也有必要进行道路网眼的自动“察看”。具体过程如下。

1) 在栅格数组中,从上到下、从左到右地扫描,直到找到一条开曲线道路轴线的端点 (I_a, J_a) 或扫描到最后一个像元(最后一行、最后一列)为止。在后一种情况下,转去寻找闭曲线的首点。否则,沿线跟踪与它本原灰度值相同的相邻栅格,直到遇到结点或末点 (I_e, J_e) 为止。

2) 将 (I_a, J_a) 与 (I_e, J_e) 进行栅-矢转换,得到栅格线划首(末)点像元中心的坐标:

$$X = x_0 + (J - 0.5) \cdot DX$$

$$Y = y_0 - (I - 0.5) \cdot DY$$

式中, DX, DY 为栅格像元的宽和高; x_0, y_0 为栅格数据原点 o 的坐标; I, J 为栅格像元的行、列号(见图 12)。换言之,我们已得到相应道路轴线矢量数据中某一段首末点的近似坐标值 (X_a, Y_a) 及 (X_e, Y_e) , 它们与对应原始数据坐标值的差异不大于半个像元尺寸。

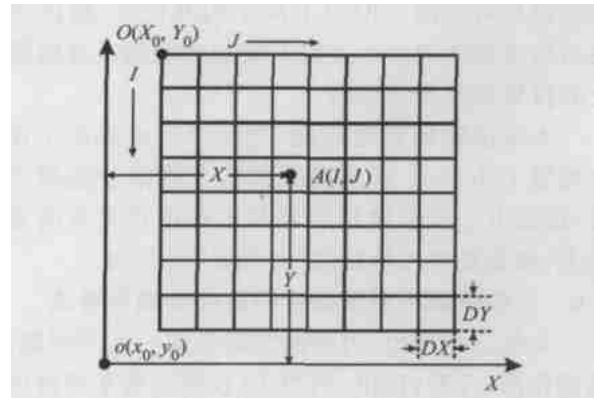


图 12 栅-矢转换关系示意

Fig. 12 Relationship in Raster-Vector Conversion

由于当前栅格线划的本原灰度值指明了相应道路轴线的矢量数据在数据库有关随机文件中的存储位置,所以程序可以直接调出包含端点、结点等拓扑属性的对应道路整根轴线的矢量数据。

3) 将本根轴线矢量数据中所有端点及结点的 X, Y 坐标与上述某段轴线的首末点的近似坐标一一比较,凡是符合条件 $(|X - X_a| \leq 0.5 \cdot$

DX)且 $(|Y - Y_a| \leq 0.5 \cdot DY)$ 或 $(|X - X_e| \leq 0.5 \cdot DX)$ 且 $(|Y - Y_e| \leq 0.5 \cdot DY)$ 的两个点, 以及在此两点之间的所有道路轴线上的点均被选出, 并写入街区网眼缓存中。只要在栅格数据跟踪中还没有遇到本网眼的终点, 则跟踪过程继续, 直到网眼缓存中完整地存储了一个网眼的矢量数据为止。

4) 处理本网眼中的道路及建筑物, 包括道路单侧符号化边线的生成, 栅格式移位区的产生, 本网眼内所有建筑物的选取, 根据每栋建筑物与道路的相对关系对建筑物进行分类, 以及具体实施移位或变形算法。

5) 如果跟踪开曲线网眼的任务还未结束, 则把适才的栅格末点看成是新的首点, 即 $(I_a, J_a) \leftarrow (I_e, J_e)$, 继续跟踪处理; 否则, 转而按上述顺序, 寻找及跟踪处理闭曲线网眼, 直至整幅图的所有道路与建筑物全部处理完毕。

这种多边形组织方法与用纯矢量数据组织网眼多边形方法相比, 减少了盲目性, 大大加快了多边形组织的速度。

4.3 移位区的产生

为了按道路网眼处理建筑物, 对于封闭型的网眼多边形, 只要选取所有位于此多边形内的建筑物, 而如何自动选取开放型网眼多边形附近的建筑物, 对于采用纯矢量数据的处理, 一度是个难题^{7, 14}。本文提出, 可按栅-矢混合数据处理法快速地获得移位区的范围及位于移位区内的所有建筑物。对于封闭型网眼, 将其整个多边形面看成是移位区, 并进行栅格化, 凡其矢量数据经栅格化后有落入此栅格移位区的建筑物, 均被选取。

对于开放型网眼, 可先按式(2)算出移位深度, 进而得到栅格化的初始移位区。仿上述方法, 选出位于该移位区内的所有建筑物。给每个建筑物多边形一个栅格缓冲区, 将这些缓冲区叠加到初始移位区上, 形成扩充移位区。检测在该扩充移位区里是否包含新的建筑物, 若是, 则选出新建筑物, 并继续形成扩充移位区, 直到检测不到新建筑物为止。

4.4 建筑物的分类

建筑物的移位方法取决于它们和道路之间的位置关系。为了确定每幢建筑物的移位方法, 必须首先对它们进行分类。

在一个道路网眼中, 按照明显的转角来分段。根据本实验, 此转角的阈值介于 $35^\circ \sim 40^\circ$ 为宜。本文的实验用栅格数据沿各段道路探测与此段道路相接近的建筑物(探测深度以 $10 \sim 20\text{m}$ 为宜,

见文献[3]), 并记录其识别号。加以整理后, 立即可以得到建筑物的分类依据, 如图13所示。

1) 凡是与两段不相邻的道路或两段以上的道路同时接近的建筑物, 属于因没有空间可供移位而必须进行变形的第一类建筑物(如图13中的建筑物4), 也称其为街区型建筑。因这种变形要求保持目标间的相对关系及被变形建筑物本身的主要几何特征, 故这种变形可称为受控变形。

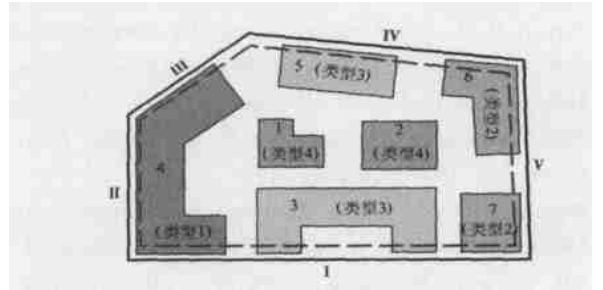


图13 建筑物的分类

Fig. 13 Classification of the Buildings

2) 凡是只与两段相邻的道路同时接近的建筑物属于第二类建筑物(如图13中的建筑物6和7), 也称其为街角型建筑。它们同时要受两条道路扩张的影响。

3) 凡是只与一段道路接近的建筑物属于第三类建筑物(如图13中的建筑物3和5), 也称其为街边型建筑。它们原则上只需顺着道路扩张方向适当移位就可以了。

4) 凡是与任何一段道路都不接近的建筑物属于第四类建筑物(如图13中的建筑物1和2), 也称其为街心型建筑。它们应等到其他类建筑都移位或变形完毕后, 依照原来建筑物之间的相对关系, 重新调整自身的几何位置。

参 考 文 献

- 1 Hake G, Grünreich D, Meng L. Kartographie. — 8. Auflage, Lehrbuch, de Gruyter, Berlin, 2002. 168~169
- 2 Fei L F. A Method of Cartographic Displacement on the Relationship Between Streets and Buildings. Wissenschaftliche Arbeit, Fachrichtung Vermessungswesen, Universität Hannover, Nr. 248, Hannover, 2002
- 3 Lichtner W. Ein Ansatz zur Durchführung der Verdrängung bei der EDV-unterstützten Generalisierung in Topographischen Karten. Wissenschaftliche Arbeit, Fachrichtung Vermessungswesen, Universität Hannover, Nr. 66, Hannover, 1976
- 4 Volkert J. Algorithmen zur Generalisierung. NaKaVerm, Reihe I, Heft 75, Frankfurt a. M., 1978. 111~132

- 5 Christ F. Ein Programm zur Vollautomatischen Verdringung von Punkt- und Linienobjekten bei der Kartographischen Generalisierung. IJK XIX, Kirschbaum-Verlag, Bonn-Bad Godesberg, 1979. 41 ~ 63
- 6 Jäger E. Untersuchungen zur Kartographischen Symbolisierung und Verdringung im Rasterdatenformat. Wissenschaftliche Arbeit, Fachrichtung Vermessungswesen, Universität Hannover, Nr. 167, Hannover, 1990
- 7 Powitz B M. Zur Automatisierung der Kartographischen Generalisierung Topographischer Daten in Geo-Informationssystemen. Wissenschaftliche Arbeit, Fachrichtung Vermessungswesen, Universität Hannover, Nr. 185, Hannover, 1993
- 8 Burghardt D, Meier S. Cartographic Displacement Using the Snakes Concept. In: Förstner W, Plümer L eds. Semantic Modelling for the Acquisition of Topographic Information from Images and Maps. Basel: Birkhäuser 1997. 114 ~ 120
- 9 Bobrich J. Ein Neuer Ansatz zur Kartographischen Verdringung auf der Grundlage eines Mechanischen Federmodells. Wissenschaftliche Arbeit, Fachrichtung Vermessungswesen. Reihe C, Heft Nr. 455, Deutsche Geodätische Kommission, München, 1996
- 10 Höjholt P. Solving Local and Global Space Conflicts in Map Generalization Using a Finite Element Method Adapted from Structural Mechanics. The 8th International Symposium on Spatial Data Handling, Vancouver, Canada 1998
- 11 Bundy G L, Jones C B, Furse E. Holistic Generalization of Large-Scale Cartographic Data. GIS and Generalization-Methodology and Practice, 1995. 106 ~ 119
- 12 Ruas A, Plazanet C. Strategies for Automated Generalization. In: Kraak M J, Molenaar eds. Advances in GIS Research II. London: Francis Press, 1996
- 13 Peng W, Sijmons K, Brown A. Voronoi Diagram and Delaunay Triangulation Supporting Automated Generalization. The 17th International Cartographic Conference 10th General Assembly of ICA, Barcelona, Spain, 1995
- 14 Sester M. Maßstabsabhängige Darstellungen in Digitalen Räumlichen Datenbeständen. Habilitationsschrift, Stuttgart, 2000
- 15 Harrie L. An Optimization Approach to Cartographic Generalization; [Ph. D Dissertation]. Sweden: Lund Institute of Technology, Lund University, 2001

作者简介: 费立凡, 教授, 博士。主要研究方向为地图制图综合和 GIS 的算法及数据结构。已发表论文十余篇。

E-mail: feilifan@etang.com

Solving Graphic Conflicts Between Streets and Buildings in Map Compilation by Simulating Human Cartographers

FEI Lifan¹

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: In the light of the graphic conflicts between the streets and the buildings caused by the exaggeration of the street symbols during the map generalization, this paper puts forward the concrete methods to let the computer simulate human cartographers and have the functions of “visual sense” and analysis. For this purpose, a special hybrid raster-vector data structure is designed and the graphic conflicts can be solved by the cartographic displacement and constrained reshaping of all the building symbols within the displacement zones.

Key words: cartographic generalization; streets and buildings; graphic conflict; cartographic displacement; constrained reshaping

About the author: FEI Lifan, professor, Ph. D. His major research orientation are the algorithms and data structures in cartographic generalization and GIS.

E-mail: feilifan@etang.com

(责任编辑: 晓平)