

土地利用数据库中 大比例尺面状道路数据缩编研究

刘 一 宁^{1,2} 蓝 秋 萍³ 费 立 凡²

(1 上海市测绘院,上海市武宁路 419 号,200063)
(2 武汉大学资源与环境科学学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(3 河海大学地球科学与工程学院,南京市西康路 1 号,210098)

摘 要:根据建立大比例尺多级土地利用数据库的需要,在进行面状道路数据综合时,对道路进行分类,保留需保持面状的道路面,将不符合要求的道路从网络状道路面中分离出来,并根据需要予以转线或删除,形成新的小比例尺的线面混合道路数据。同时,将删除的道路面分割并归并进相邻图斑,以保证土地数据面状连续的特点。

关键词:道路分类;拆分线;分割线;归并;权属界线;约束条件

中图法分类号:P283.1; P208

在建立多级土地利用数据库时,随着比例尺的缩小,大比例尺下的面状道路数据由于本身密度或压盖问题逐渐被降维为线状道路,直至面状道路消失,完全被线状道路所取代。由面状到线状的道路数据缩编有 3 个步骤:降维、取舍、化简。对此国内外学者已经作了相当多的研究^[1-4]。面状道路到线面混合道路转化的研究则相对较少,但这是多级土地利用数据库里必须面对的问题。本文针对土地利用数据库数据的特点,对大比例尺面状道路缩编方法进行了研究。

1 总体思路

大比例尺土地利用现状数据库中的面状道路具有几个特点:① 道路面呈网状分布,一条道路面本身就可以形成一个网状结构;② 同一道路面中各路段路宽并不相同;③ 与周围图斑紧密相连,空间拓扑关系良好;④ 空间逻辑上的同一条道路被权属界线拆分为两条或两条以上道路。

面状道路呈网状形态,包含多条路段,如直接舍弃则会造成道路网整块消失,破坏了道路的连通性,而道路面内部路段重要程度等的不同,增加了直接取舍综合的难度。因此,本文从道路面内部关系入手,对各路段的中心线进行分类,并与面

状道路进行有效的匹配和拆分,化网状道路面为独立道路面。删除舍弃的道路面,用线状道路(道路中心线)替换降维的道路面,最后与保留的道路面形成新的目标比例尺道路数据。为保证特点③,本文对删除的道路面进行拆分并与周边图斑要素进行融合,保证取舍前后图斑要素之间依然连续分布,并探讨约束条件下的面状道路归并,保证权属界线的正确性。在此基础上,本文力求使拆分处、融合的新边界最大程度保持原有图斑的发展趋势,尽可能地符合人的审美要求。

2 关键技术

2.1 道路分类

对于网状道路面来说,在缩编过程中往往需要舍弃其不符合缩编要求的部分,转化不适合面状的部分为线状,所以首要解决的问题是对道路进行分类,区分出保留的道路、降维的道路以及舍弃的道路。面状道路结构复杂,直接对其进行综合难度很大。因此,本文提取了面状道路中心线,利用取舍方法将中心线分为保留、舍弃和降维 3 类,并与面状道路进行匹配。

本文采用文献[5]的方法,将已有的同一地区原始和目标比例尺道路网提取的中心线进行统

计,选取二者网眼密度曲线的交点值作为取舍阈值,并利用其他指标建立决策矩阵进行综合分类,经此,道路中心线被分为保留和舍弃两部分。

面状道路缩小比例尺后需避免两个问题:① 两条道路间隙过小导致压盖;② 道路面过窄导致无法辨识。对出现这种情况的路段进行降维处理,归为降维部分。

针对情况①,利用保留的面状道路网所围成各个孔洞的面积大小作为判断其缩编后是否压盖的标准。设道路网眼面积为 S (单位 m^2),目标比例尺为 S_c ,目标比例尺制图规范中要求最小街区长宽分别为 L_s (单位 mm)、 W_s (单位 mm),则网眼面积阈值为:

$$D_s = \frac{L_s \times W_s}{S_c^2 \times 10^6}$$

(1)

当 $S < D_s$ 时,必然会出现压盖或街区间隔太小的情况,需通过道路降维来避免。采用带有权重的多指标决策矩阵来确定需要降维的道路:

$$\boldsymbol{D} = \boldsymbol{W} \times \boldsymbol{R} = [D_1 \quad D_2 \quad \cdots \quad D_n]$$

(2)

其中, \boldsymbol{W} 为权重系数; \boldsymbol{R} 为归一化的决策因子矩阵; \boldsymbol{D} 为最终决策向量。依据 \boldsymbol{D} 从最小值开始删除。

针对情况②,对保留的道路进行宽度探测,提取出宽度小于目标比例尺最小宽度要求的道路,筛选确定需要降维的道路。

2.2 面状道路匹配拆分

面状道路的匹配是指将分类的线状道路与面状道路进行一一对应;拆分是指将网络状道路面中各类别道路面剥离,形成各类别独立道路面。

空间逻辑上的同一条道路很多被权属界线所拆分,在数据库中作为两条或两条以上的道路来分别存储。因此,在拆分之前,首先将道路面融合,排除权属界线的干扰,并根据此道路面生成拆分子线,最后对带有权属信息的原始道路面进行拆分。这样拆分后的结果既符合空间逻辑,又带有权属信息。

待舍弃和降维路段两端所处的岔路口,即是需要被拆分的路口。在处理过程中,单纯通过删除道路后所剩的道路条数将岔路口分为二类:① 只剩一条道路的岔路口。需要生成拆分子线将该道路与其他道路分割,保留该道路面。如图 1 中 A 点处。② 剩下两条及以上道路的岔路口。如图 1 中 B 点所示,此处综合后剩下两条道路,需要对局部道路面分别进行拆分。

道路拆分子线,即岔路口处连接一条路段两侧的线段,该路段在该线段处被从整体网状道路面中分割出来。对交叉口的路面,一条道路侧边线

分属于两条路段,有明显弯折,并在路口处形成一个拐点。岔路口中心,即路段交汇处,到该拐点的距离小于到侧边线其他任一点的距离,故此,以拐点作为拆分子线的端点,连接两拐点形成道路拆分子线。如图 2 所示,对于岔路口中心 B , P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 分别为 4 条道路侧边线的拐点,分别连接 P_1P_2 、 P_3P_4 ,即为该岔路口的两条道路对应的道路面的拆分子线。

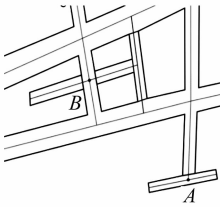


图 1 岔路口类型示意
Fig. 1 Types of Forks in the Roads

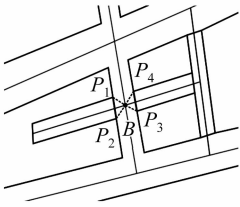


图 2 拆分子线的生成
Fig. 2 Generation of Split Lines

2.3 舍弃面状道路的归并方法

需降维和舍弃的道路面合并成为需删除道路面。在土地利用数据库中,删除需删除道路面时需将这些道路面分割,归并到周围相邻的图斑中,以避免空隙。图 3(a)为原始道路和图斑,图 3(b)为道路归并入周围图斑后的情况,可以看出,归并后图斑之间拓扑关系正确,并保持了原始图斑的形态。



(a) 原始图斑与道路面 (b) 归并后图斑

图 3 归并道路面

Fig. 3 Merge Theroad Polygons into Adjacent Polygons

分割归并道路面的基本原理是根据道路面与两侧图斑的位置关系,配合中心线将其分割成与图斑匹配的道路块,并将两者融合。融合后的道路两侧图斑共边,公共边界部分为原始道路面的道路中心线。

地类图斑与道路面的拓扑关系有 3 种:相离,共边和相切。相离的图斑不受道路面影响,共边和相切反映在道路面边线的节点上,有 3 种情况:① 道路边线节点与一个图斑的边线节点重合,说明该道路只与一个图斑相关,那么此段道路面将融合进该图斑,该节点无需进行分割。② 道路边线节点与两个图斑的边线节点重合,如图 4 所示,

P_1 点为图斑 R_1 、 R_2 共有的边线节点,说明该段道路与两个图斑相关,那么此道路面将在 P_1 处予以分割。 R_1 、 R_2 共线于折线 P_1P_3 ,称其为共边线。在 P_1 点处对 P_1P_3 作延长线,与道路面中心线交于 P'_1 点,以 $P_1P'_1$ 为分割线分割道路面。这种做法沿图斑走势进行延伸,可以最大程度保证图斑的原有轮廓,显得自然而不突兀。

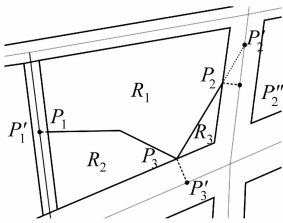


图 4 分割线的生成
Fig. 4 Generation of Cut Lines

图 4 中 P_2 点处,当延长 P_3P_2 交于 P'_2 时,夹角过小,与制图规范和审美要求相悖。因此,在 P_2 点处作道路面中心线的垂线 $P_2P''_2$ 替代 $P_2P'_2$ 。
③ 道路边线节点与两个以上的图斑边线节点重合。如图 4 中 P_3 点所示,该点处道路与图斑 R_1 、 R_2 、 R_3 相关,该节点也是分割点。但在 P_3 上的共边线有两条,这时,在 P_3 处作道路中心线的垂线交于 P'_3 点,用 $P_3P'_3$ 对道路面进行分割。

当道路面边线作为权属界线时,需进行带有约束条件的道路面归并。具体算法是遍历并判断被归并的分段道路面与图斑的权属属性,属性一致则进行归并,直到所有分段道路面全部归并或未归并的分段道路面不再减少为止。

若道路面两侧图斑为同一属性、权属,当需舍弃道路面归并后,它们就从相离变为相邻的关系。根据土地利用数据的规定,将这两个图斑合并;需降维的道路面两侧图斑有线性道路分割,即使属性、权属相同亦不予合并。

3 实验与分析

为验证本文算法的有效性,选择某县的 1 : 2 000 土地利用规划数据库数据,进行面状道路从 1 : 2 000 到 1 : 5 000 的综合实验。图 5(a) 为该区原始数据,图 5(b) 为得到的最终新比例尺道路网。

将舍弃道路面在土地利用数据图斑中标识出来,如图 6(a) 中面状块所示,由于范围较大,截取圆圈内部部分图斑放大,显示如 6(b),上半部分为归并前的图斑,归并处理后的图斑如下半部分所

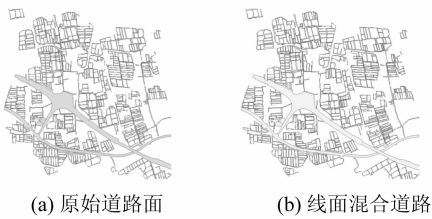


图 5 面状道路综合为线面混合道路效果示意图
Fig. 5 Diagram of Generalization Method

示。对比可见,舍弃道路面部分已经被归并入周围图斑,其中心线作为更新后图斑的公共边,保留道路面保持不变。

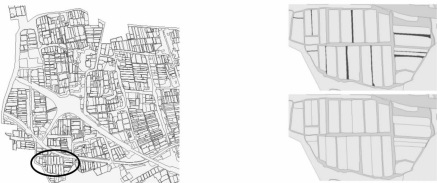


图 6 舍弃道路归并图斑示意图
Fig. 6 Diagram of Merging Deleting Roads into Polygons

图 7 对比了约束与非约束归并的效果,为清晰起见,截选两处。左侧为归并前的数据;中间一列进行约束归并,归并后的图斑边界与权属边界重合;右侧一列为非约束归并。对比可以看出,归并后图斑边界与道路中心线吻合,与权属界线出现冲突。

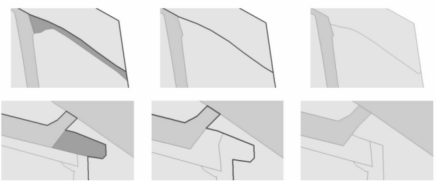


图 7 有无约束条件的归并图斑示意图
Fig. 7 Merged Polygons with or Without Constraints

为检测本文算法的效率和稳定性,本文选取两块大规模数据进行测试,将其从 1 : 5 000 综合至 1 : 10 000 比例尺,如图 8 所示。图 8(a) 和图 8(b) 代表了两种不同类型的道路数据。图 8(a) 为街区型道路;8(b) 为枝杈状道路网。实验各项指标具体统计见表 1~3。

表 1 舍弃线状道路与面状道路拆分后的匹配

Tab. 1 Matching of Deleted Linear Roads and Split Road Polygons			
数据	舍弃线状道路	匹配分割	匹配率/%
A	3 115	2 916	93.6
B	1 306	1 263	96.7

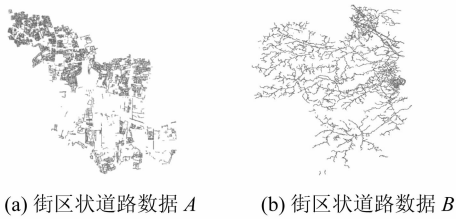


图 8 两组不同类型实验数据

Fig. 8 Two Experimental Data Sets of Different Types

表 2 道路面分割后各项指标统计

Tab. 2 Statistics of Indicators After Splitting
Road Polygons

原始数据	原有道路面	分割后道路面			
		待删除面	保留面	自动处理破碎面	待人工识别面
A	1 201	1 350	815	235	205
B	1 509	1 043	1 085	153	76

从表 2 可知,数据 A、B 的原有道路面数量相差无几,但是表 1 中的删除线状道路数却相差悬殊。这是因为对于街区状道路来说,一个道路面可能包含一个道路网,所以提取出的线状道路远多于原有道路面;但对于枝杈状道路来说,这种网状特征不甚明显,所以提取出的线状道路与原有道路面相差没有那么悬殊。由表 1 可知,匹配分割道路面的成功率保持在 90% 以上,且数据 B 的匹配率高于数据 A,这是因为网状道路面为多环复杂结构,在某些情况下分割失效,需由人辨识进行手工分割,而枝杈状道路该复杂情况出现频率较低,匹配率较高。表 2 显示了程序自动处理的破碎面数量和无法处理的需人工识别的道路面数量,可见仅有少量需人工进行判断,这些大部分与无法匹配分割的道路一样,是网状道路面多环复杂结构影响算法的结果。

表 3 舍弃面状道路归并统计

Tab. 3 Statistics of Indicators After Merging Deleted
Roads into Polygons

原始数据	待归并面	手工处理量	
		非约束	约束
A	12 558	207	214
B	18 932	197	206

表 3 显示了归并面数量和归并后需要人工处理的手工量。数据 B 的待归并面数量大于数据 A,这是因为 B 的图斑相对破碎,所以拆分的归并

面较多。对于结果来说,A 和 B 的手工量都小于总数的 1%。

4 结 语

本文首先将面状道路转化为线状道路,利用线状道路进行大比例尺到小比例尺的综合取舍,并将其与面状道路相匹配,将需要舍弃和降维的道路面从整体道路面中分割出来,予以删除,从而使保留的道路面和降维的道路线形成新的小比例尺道路数据。并且,为满足土地利用数据的需要,进一步将删除的道路面数据归并入相邻图斑。实验证明该方法有效可行,提高了自动化程度,并保持了图斑之间的拓扑关系。需要指出的是,本文算法在细节上需进一步完善,使道路的分割、图斑的归并更自然。目前,由于道路面存在多环等复杂构造,图斑形态也复杂多样,在拆分和归并道路面的算法过程中仍有少数手工修改的部分,这些是今后进一步研究的方向。

参 考 文 献

[1] Haunert J H, Sester M. Area Collapse and Road Centerlines Based on Straight Skeletons[J]. Geoinformatica, 2008, 12(1):169-191

[2] Mackaness W A. Analysis of Urban Road Networks to Support Cartographic Generalization[J]. Cartography and Geographic Information Systems, 1995, 22(4):306-316

[3] 陈军,胡云岗,赵仁亮,等. 道路数据缩编更新的自动综合方法研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2007,32(11):1 022-1 027

[4] Liu Yaolin, Jiao Limin, Liu Yanfang. Land Use Data Generalization Indices Considering Scale and Land Use Pattern Effects[J]. Science China Earth Sciences, 2011, 54(5): 694-702

[5] 邓红艳,武芳,翟仁健,等. 基于遗传算法的道路网综合模型[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2006 31(2):164-167

第一作者简介:刘一宁,博士,研究方向为地图自动综合与地理信息工程。
E-mail:cosmos1984@gmail.com