



一种狭长图斑分块融解方法

李成名^{1,2} 殷 勇¹ 武鹏达¹ 吴 伟¹

1 中国测绘科学研究院, 北京, 100830

2 空天地海一体化大数据应用技术国家工程实验室, 陕西 西安, 710072

摘要:融解是图斑综合过程中的一种常见操作,涉及大量计算。面对传统方法受机器计算能力所限,难以对大范围海量图斑进行处理的问题,引入分块策略开展图斑融解,并就块与块之间边界处狭长图斑分裂线拓扑变化问题,提出了一种狭长图斑分块融解方法。首先归纳了狭长图斑分块时在格网边界处出现的4种拓扑变化模式,并针对每种模式提出了相应的分裂线拓扑变化恢复方法;然后利用中国贵州省赤水市地理国情普查实际数据进行了验证。试验结果表明,该方法不仅可以处理海量图斑数据,可以极大地提高融解效率,而且融解结果与整体处理结果保持高度一致,具有良好的可行性。

关键词:融解;分块;拓扑变化模式;分裂线恢复

中图分类号:P283

文献标志码:A

融解(dissolving)是图斑综合过程中的一种常见操作,在地图由大比例尺向小比例尺转换的过程中,地图上的细小面要素由于难以被人眼继续识别而必须融解,将其降维为线要素进行表示^[1]。对于土地利用图斑数据而言,融解操作的基本思路是依据一定的规则将细小图斑分裂成若干“碎片”,并将这些“碎片”兼并至拓扑相邻图斑。细小图斑通常包括两类:狭长图斑和小面积图斑。其中,狭长图斑是指图幅内一些长而窄的目标,如细长的面状河流、低等级的面状道路、公路以及田坎、沟渠等;小面积图斑是指比例尺变化时,图幅内一些小于图上最小面积的目标,如离散分布的小坑塘、小湖泊以及建筑物等。

近年来,国内外学者对面要素融解操作进行了广泛的研究,依据提取矢量分裂线方式的不同,融解操作可分为基于直骨架线的融解方法^[2-3]、基于圆骨架线的融解方法^[4-5]和基于Delaunay三角网的融解方法^[6]。Delaunay三角网由于具有圆规则或最大最小角规则^[7]成为提取分裂线的常用方法。Delucia等^[8]针对多边形面要素的综合问题,率先构建了约束Delaunay三角网结构,并依据此结构提取了多边形骨架线;艾廷华等^[9-10]对基于骨架线的图结构进行了详细讨论,指出骨架

线对于提取分裂线具有良好的支持作用,并进一步考虑土地利用图斑数据在空间分布上的全覆盖、无重叠特点,通过对骨架线端点处进行拓扑调整实现了对图斑数据的无缝剖分,完成了小面积次要地块与拓扑邻近地块的融解。然而对于狭长图斑, Penninga等^[11]指出,直接应用边界约束 Delaunay 三角网提取的骨架线作为分裂线至少存在以下3个方面的问题:①分支连接点处的骨架线会出现“锯齿”;②边界上的微小凸起导致生成多余的“尖刺”骨架线;③边界结点少导致末端分裂线拉长偏移。为此, Jones等^[12]、Uitermark等^[13]、Penninga等^[11]分别提出利用分支骨架线方向、边界化简、加密边界结点等方式对骨架线进行修正,较好地解决了应用边界约束 Delaunay 三角网提取骨架线存在的问题。

然而,以上方法处理的对象通常为区域范围不大的图斑数据,计算时将数据整体处理。但当区域范围足够大时,由于融解操作涉及大量的计算,处理效率急剧下降,甚至出现计算机内存不足而导致处理进程崩溃的现象。通过文献阅读发现,地图综合时引入分块策略对地图数据进行并行处理,可极大提升综合的处理效率^[14-16]。分块策略的出现为解决大范围图斑数据融解操作提供

了一种新思路。然而在利用分块策略进行大范围图斑数据融解时,在分块边界处,因边界线参与分裂线计算,必然导致边界处分裂线的几何特征发生变化,从而导致狭长图斑的剖分不准确。为此,本文提出了一种狭长图斑分块融解方法,在提高大范围海量图斑数据处理能力和效率的同时,又可保证处理结果的准确性。

1 狹長圖斑融解方法

1.1 现有狭長圖斑融解方法

依据约束 Delaunay 三角网提取分裂线进行狭長圖斑融解主要包括以下步骤^[1,10](结合图 1 进行说明)。

1) 构建约束 Delaunay 三角网实现对狭長圖斑的剖分,并依据三角网提取狭長圖斑骨架线,如图 1(b)所示,图中蓝色实线为狭長圖斑 P_1 的骨架线;

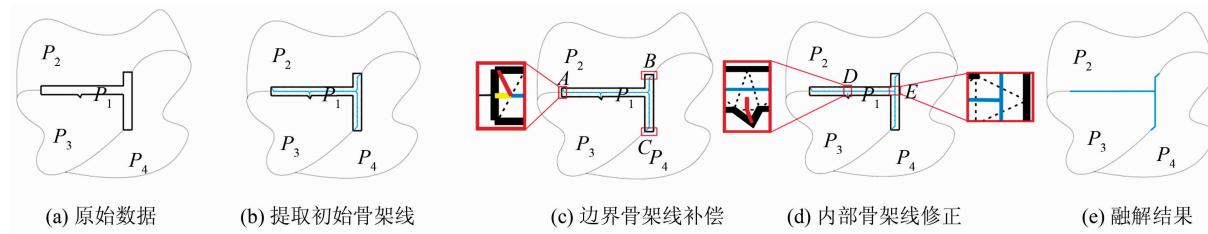


图 1 狹長圖斑融解方法

Fig. 1 Dissolution Method for Long and Narrow Patches

1.2 狹長圖斑分塊處理現有方法存在的不足

基于 Delaunay 三角网进行狭長圖斑分塊處理時主要包括 3 个部分:①分塊操作;②分塊單元的並行處理;③並行處理結果的恢復。其中前兩部分內容研究相對成熟,本文不再贅述。但在並行處理結果恢復時,对于跨越多个分塊單元的狭長圖斑,在塊與塊邊界處,因邊界線參與分裂線計算,將會導致邊界處分裂線的幾何特徵發生變化,從而造成對狭長圖斑的不準確剖分。本文根據邊界線與其兩側分裂線組成的多邊形形狀特徵,將應用規則格網分塊策略進行融解時邊界處的拓朴變化情況归纳为以下 4 种模式。

模式 1: 分塊格網邊界兩側的多邊形均由分塊格網邊界和另兩條弧段組成,常見於狹長圖斑中部被橫向分割部分。如图 2(a)所示,多邊形 P_1 由分塊格網邊界 SL 及弧段 AB 、 AD 組成,多邊形 P_2 由分塊格網邊界 SL 及弧段 BC 、 CD 組成。

模式 2: 分塊格網邊界一側的多邊形由分塊

2) 为实现对于狭長圖斑的无缝剖分,需顧及邻接多邊形邊界結點的約束,即保证骨架线的每一个末端点刚好位于邻接多邊形的邊界結點上,因此,通过最鄰近点法进行骨架线补偿,完成邊界处骨架线調整,如图 1(c)矩形框 A 内黃色实线及矩形框 B、C 内骨架线所示;

3) 修正狭長圖斑內部骨架线上存在的“尖刺抖动”及“T 型抖动”等,得到反映狭長圖斑主体形狀与延展性的骨架线,如图 1(d)矩形框 D、E 内骨架线所示;

4) 去除多余分支骨架线,即循环删除骨架线中的悬挂弧段,如图 1(c)中矩形框 A 及图 1(d)中矩形框 D 内红色实线所示,获得最终骨架线,将其作为狭長圖斑分裂线;

5) 依据分裂线对狭長圖斑进行分裂,并将各个部分兼并至邻近图斑,完成狭長圖斑的融解,如图 1(e)所示。

格網邊界和另一側的多邊形由分塊格網邊界和另 3 条弧段組成,常见於狹長圖斑弯曲處被分割部分。如图 2(b)所示,多邊形 P_1 由分塊格網邊界 SL 及弧段 AB 、 AD 、 CD 組成,多邊形 P_2 由分塊格網邊界 SL 及弧段 BC 組成。

模式 3: 分塊格網邊界一側的多邊形由分塊格網邊界和另两条弧段組成,另一側的多邊形由分塊格網邊界和另 3 条及以上弧段組成,常见於狹長圖斑和小圖斑呈“丁”字形分叉部分。如图 2(c)所示,多邊形 P_1 由分塊格網邊界 SL 及弧段 AB 、 BD 組成,多邊形 P_2 由分塊格網邊界 SL 及弧段 AC 、 CE 、 DE 組成。

模式 4: 分塊格網邊界两侧的多邊形均由分塊格網邊界和另外 3 条弧段組成,常见於狹長圖斑和小圖斑多叉口部分。如图 2(d)所示,多邊形 P_1 由分塊格網邊界 SL 及弧段 AB 、 BD 、 DE 組成,多邊形 P_2 由分塊格網邊界 SL 及弧段 AC 、 CF 、 EF 組成。

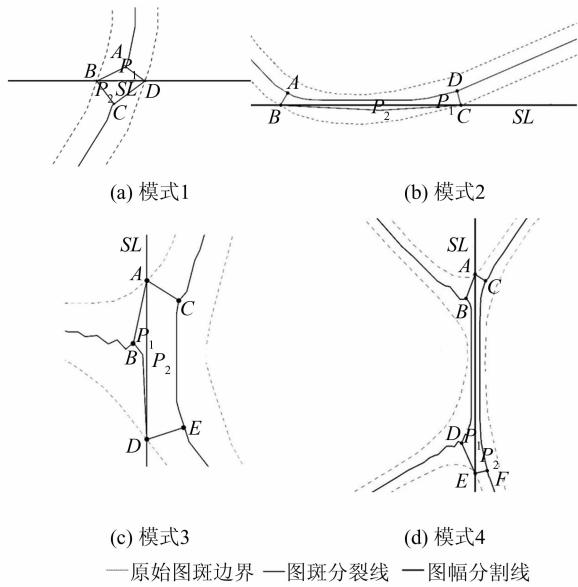


图 2 块与块边界处狭长图斑分裂线拓扑变化模式

Fig. 2 Topological Changes Around

Partition-cell Boundaries

2 块边界处狭长图斑分裂线拓扑变化恢复方法

跨边界处狭长图斑分裂线恢复的基本原则是保证融解前后分裂线具有拓扑一致性的同时,实现分裂线的自然衔接,即分裂线要具有与原始图斑一致的形状特征及延展性。为此,本文针对 4 种跨边界处狭长图斑分裂线存在的拓扑变化模式,采取分模式恢复的方式实现分裂线的连接,以保证分块融解提取的分裂线具有与其对应的狭长图斑一致的几何形状和拓扑关系。具体方法及过程如下。

1) 模式 1 拓扑变化恢复。模式 1 中引起图斑分裂线变化的原因是由于添加的分块格网边界导致图斑边界结点的增加,从而影响了边界约束的 Delaunay 三角网的分布,为此,其恢复方法为:删除分块格网边界以及与其相关联的所有弧,并由此生成的悬挂结点进行拟合并形成最终分裂线。如图 3(a)所示,恢复结果删除了图中的分块格网边界 SL 以及与分块格网边界相关联的弧段 AB 、 AD 、 BC 、 CD ,并将产生的悬挂节点 AC 拟合至二者的中点,经局部拓扑更新后得到最后恢复结果。

2) 模式 2 拓扑变化恢复。模式 2 中引起图斑分裂线变化的原因与模式 1 相同,为此,其恢复方法同样为删除分块格网边界以及与其相关联的所有弧,保留主分裂线作为最终分裂线。如图 3(b)所示,恢复结果删除了图 3(b)中的分块格网边界

SL 以及与分块格网边界相关联的弧段 AB 、 BC 、 CD ,保留了弧段 AD ,经局部拓扑更新后得到最后恢复结果。

3) 模式 3、模式 4 拓扑变化恢复方法。模式 3、模式 4 情况较为复杂,若只删除分块格网边界以及与其相关联的所有弧,则会出现分裂线断裂的情况,不能准确描述原始图斑的主延伸方向和主体形状特征。为此,本文提出对删除分块格网边界后得到的由分块格网边界关联弧组成的新边界多边形进行二次分裂融合的方法,提取分裂线并与原有分裂线衔接作为最终分裂线。如图 3(c)和图 3(d)所示,删除分块格网边界后得到新边界多边形 $ABDEC$,以 Delaunay 三角网提取其分裂线(图 3(c)中粗线),并与原有分裂线衔接得到最终分裂线(图 3(d))。模式 4 处理方法与模式 3 相同。

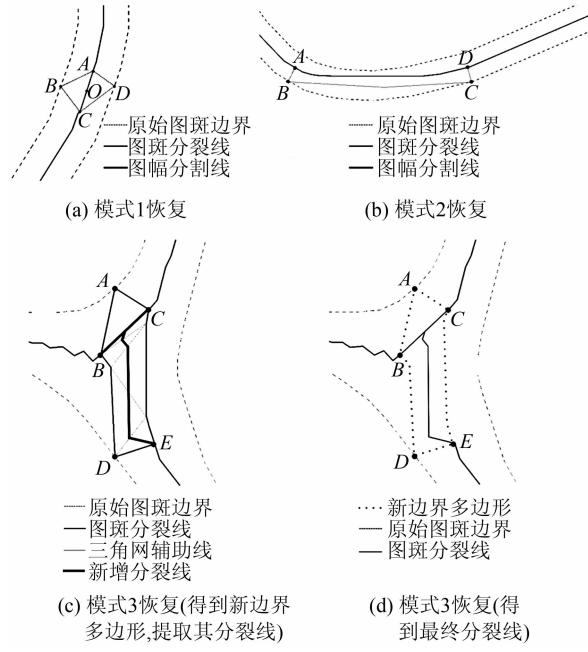


图 3 狹长图斑分裂线拓扑变化恢复

Fig. 3 Reconciling the Topological Changes of the Partition Line

3 狹长图斑融解实验与分析

3.1 实验数据与实验环境

依托中国测绘科学研究院研制的 WJ-III 地图工作站,嵌入本文提出的基于分块策略的狭长图斑融解方法,利用 OpenMP 在 C++ 环境下实现地理国情图斑的分块并行融解处理,对本文方法进行合理性和有效性验证。实验以中国贵州省某县地理国情普查数据为例,原始数据比例尺为 1:1 万,实验区空间范围为 1825.594 km²,共有图斑 125 779 个,综合目标比例尺为 1:10 万,其

上宽度小于0.4 mm的狭长图斑共395个。实验环境为Microsoft Win7 64位操作系统,CPU为Intel Core I7-3770,单机8核8线程,主频3.2 GHz,内存16 GB,固态硬盘1 024 GB。

3.2 可靠性与效率分析

为验证本文方法的可靠性,在实验区内选取某一镇域范围图斑作为测试数据,将本文分块融解方法与将数据作为整体(不分块)进行融解方法进行对比。数据的空间范围为204.21 km²,共有狭长图斑37个,初始比例尺为1:1万。本文以1:10万为目标比例尺对实验数据进行4×4规则格网分块融解以及整体融解,并将融解过程中狭长图斑向其邻近图斑转换的面积作为评价融解

结果一致性的量化指标。

1)效率对比。经统计,在处理效率方面,本文方法用时67 s,整体处理方法用时587 s。本文方法的处理效率是传统整体处理方法的8.7倍。

2)向邻近不同地类图斑转换的面积对比。分别以 x_i, y_i 表示采用分块处理、整体处理时,各个狭长图斑向邻近不同地类图斑转换的面积情况,并计算二者的差值 $x_i - y_i$,以此差值来评价两种不同方法带来的融解差异,其中, $i=1, 2 \dots 10$,分别代表耕地、园地、林地、草地、房屋建筑(区)、道路、构筑物、人工堆掘地、荒漠与裸露地表和水域,统计结果如表1所示。

由表1可以看出,对于全部的37个狭长图

表1 向邻近不同地类图斑转换的面积对比

Tab. 1 Comparison of Transformation Areas for Adjacent Different Classes of Patches

狭长图 斑序号	转换的面积及其面积差/m ²									
	$y_1/x_1/$ $x_1 - y_1$	$y_2/x_2/$ $x_2 - y_2$	$y_3/x_3/$ $x_3 - y_3$	$y_4/x_4/$ $x_4 - y_4$	$y_5/x_5/$ $x_5 - y_5$	$y_6/x_6/$ $x_6 - y_6$	$y_7/x_7/$ $x_7 - y_7$	$y_8/x_8/$ $x_8 - y_8$	$y_9/x_9/$ $x_9 - y_9$	$y_{10}/x_{10}/$ $x_{10} - y_{10}$
1	2 028.26/		62 198.50/	125.54/	79.71/		1 057.30/		88.57/	205.10/
	2 028.26/	0/0/0	62 198.50/	125.54/	79.71/	0/0/0	1 057.30/	0/0/0	88.57/	205.10/
	0		0	0	0		0		0	0
2	111 727.05/	21 910.79/	679 283.60/	227 419.37/	16 539.35/	6.29/	18 003.06/	16 703.98/	12 187.03/	30.52/
	111 706.63/	21 911.94/	679 158.49/	227 425.03/	16 539.35/	23.60/	18 110.01/	16 704.21/	12 187.03/	30.52/
	-20.43	1.14	-125.12	5.67	0	17.31	106.95	0.23	0	0
3	0/0/0	0/0/0	2 897.04/	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
			0							
34	20 910.38/		127 935.87/	6 977.15/	1 171.53/		677.88/		396.97/	
	20 910.47/	0/0/0	127 935.77/	6 977.15/	1 171.54/	0/0/0	677.88/	0/0/0	396.97/	0/0/0
	0.09		-0.09	0	0.01		0		0	
35	43 206.76/	3 468.64/	243 393.11/	3 371.70/	21 383.76/	27.12/	3 732.69/	375.92/	964.26/	
	43 210.07/	3 468.64/	243 421.22/	3 371.70/	21 352.33/	27.12/	3 732.69/	375.93/	964.26/	0/0/0
	3.31	0	28.11	0	-31.43	0	0	0	0	
36	1 093.49/		4 859.06/	103.70/		7.08/	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
	1 093.49/	0/0/0	4 859.06/0	103.70/	0/0/0	7.08/0				
37	16 937.85/		31 604.67/	64 869.86/		166.49/	3 768.17/	13 166.14/		
	16 937.85/	0/0/0	31 604.67/	64 869.86/	972.07/	166.49/	3 768.17/	13 166.14/	0/0/0	0/0/0
	0		0	0	972.07/0	0	0	0		

斑,采用本文分块处理方法与整体处理方法得到的面积转换情况几乎完全一致。对于有较多(至少8类)地物参与融解的狭长图斑(2、25、34、36号),向各个地类转换的面积也无明显变化,本文分块处理方法始终能与整体处理方法保持较高的致性。为了更好地表现两种方法对不同狭长图斑融解带来的差异,本文分析了各个狭长图斑向邻近不同地类图斑转换面积的差值均值(s)、极大值(t)及面积差值比率(c)情况,得到的统计结果

如图4(a)所示。 s 、 t 、 c 的计算式为:

$$s = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 / n \quad (1)$$

$$t = \pm \max |x_i - y_i| \quad (2)$$

$$c = t/A \quad (3)$$

式(1)~式(3)中, n 为狭长图斑邻近地类的数量; A 为狭长图斑总面积。

由图4(a)可以发现,除2、35号狭长图斑外,其他狭长图斑在应用两种不同方法的情况下,对周围邻近地类的影响差异为0,具体到某一地类

时,发现最大的面积差异发生在 2 号狭长图斑向林地的转换过程中,差异面积为 125.12 m^2 。由表 1 可以发现,出现此种现象的原因在于 2、35 号狭长图斑面积较大,延展范围较广,导致其在分块处理过程中更容易受到分块边界的影响,从而出现面积差异。

3)向各个邻近图斑转换的面积对比。以地类为单元统计狭长图斑面积转化值可以在整体上反映两种不同融解方法之间的一致性及差异情况,为了在更细节的层次分析本文方法的有效性,进

一步根据式(1)、式(2)计算各个狭长图斑向每一个邻近图斑转换的面积差异情况,结果如表 2 所示,将 s 值转化为折线图,将 t 值转化为柱状图,对应分析结果如图 4(b)所示。

由表 2 和图 4(b)可以看出,在以每个邻近图斑作为面积转化单元的情况下,本文分块方法与整体处理方法也保持了较高的一致性,各个狭长图斑均表现出了较高的准确度。2、35 号狭长图斑处出现了稍大的面积变化值,但相对于其自身的面积,该变化值很小,对区域整体的处理结果不

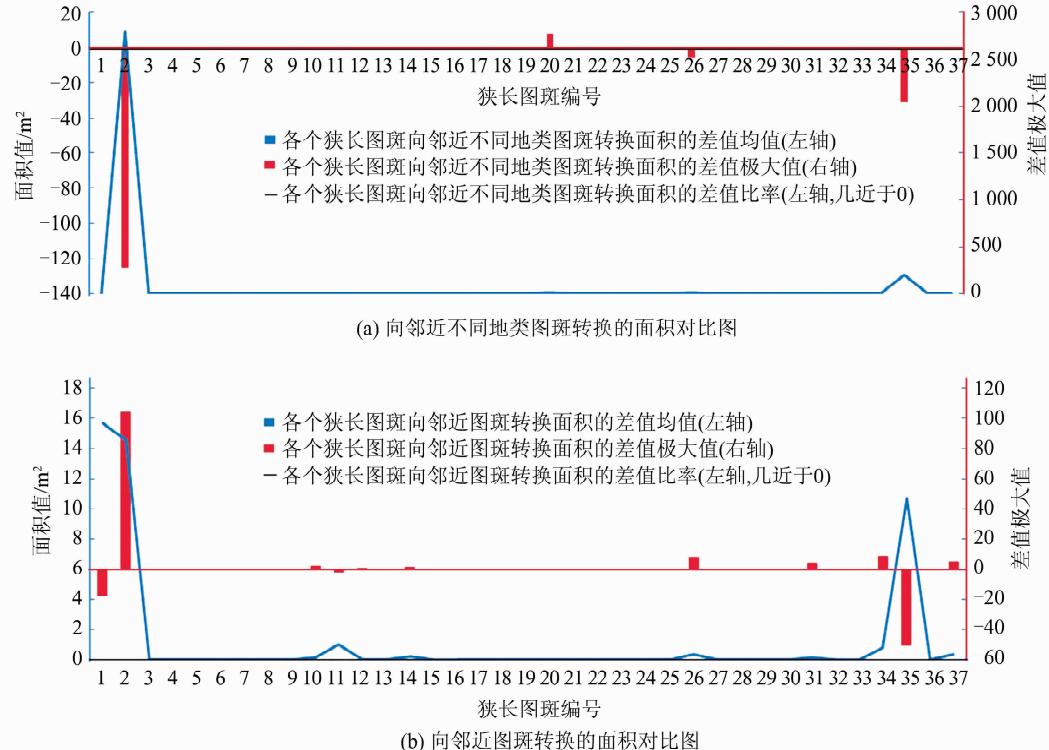


图 4 各个狭长图斑向邻近不同地类图斑和邻近图斑转换的面积对比图

Fig. 4 Comparison of the Transformation Areas for Adjacent Different Classes of Patches and Adjacent Each Patch

表 2 向邻近各个图斑转换的面积对比

Tab. 2 Comparison of the Transformation Areas for Adjacent Each Patch

狭长图斑编号	邻近图斑数量 n	s/m^2	t/m^2	狭长图斑编号	邻近图斑数量 n	s/m^2	t/m^2	狭长图斑编号	邻近图斑数量 n	s/m^2	t/m^2
1	43	15.68	-18.36	14	8	0.16	0.80	27	46	0	0
2	1650	14.52	103.69	15	8	0	0	28	51	0	0
3	4	0	0	16	12	0	0	29	36	0	0
4	14	0	0	17	5	0	0	30	6	0	0
5	7	0	0	18	61	0	0	31	196	0.14	3.75
6	2	0	0	19	7	0	0	32	5	0	0
7	4	0	0	20	136	0	0	33	3	0	0
8	7	0	0	21	4	0	0	34	298	0.79	8.02
9	1	0	0	22	5	0	0	35	740	10.70	-51.22
10	56	0.11	1.78	23	1	0	0	36	16	0	0
11	16	0.97	-2.76	24	59	0	0	37	106	0.33	4.46
12	2	0.01	0.11	25	15	0	0				
13	2	0	0	26	277	0.35	7.30				

会造成明显影响。

4)一个狭长图斑向邻近图斑转换的面积对比。由以上分析可以发现,两种方法造成的融解差异通常出现在面积较大、邻近图斑较多的狭长图斑上,为此,本文选取37个狭长图斑中面积最大的2号狭长图斑及另一个发生面积转换较多的

11号狭长图斑,统计当采用分块和整体处理两种不同方法时,二者向邻近各个图斑转换的面积情况。面积转换情况同样以 x_i 、 y_i 表示,并以二者的差值 $x_i - y_i$ 来评价两种不同方法带来的面积差异,以反映方法之间的一致性,对比结果见表3、表4,对应分析结果见图5、图6。

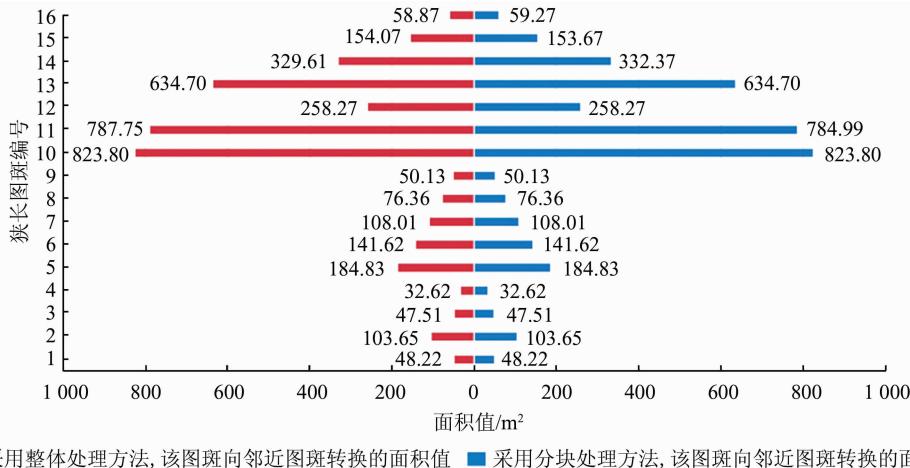


图5 转换面积对比分析

Fig. 5 Comparison of the Transformation Areas

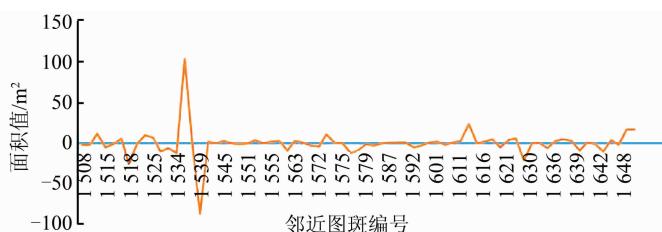


图6 2号狭长图斑转换面积差异值折线图

Fig. 6 Line Chart of Transformation Areas Difference for Adjacent Each Patch of No. 2 Patch

表3 11号狭长图斑向邻近图斑转换的面积对比

Tab. 3 Comparison of the Transformation Areas for Adjacent Each Patch of No. 11 Patch

邻近图斑编号	x_i /m ²	y_i /m ²	$(x_i - y_i)$ /m ²
1	48.22	48.22	0
2	103.65	103.65	0
3	47.51	47.51	0
4	32.62	32.62	0
5	184.83	184.83	0
6	141.62	141.62	0
7	108.01	108.01	0
8	76.36	76.36	0
9	50.13	50.13	0
10	823.80	823.80	0
11	784.99	787.75	-2.76
12	258.27	258.27	0
13	634.70	634.70	0
14	332.37	329.61	2.76
15	153.67	154.07	-0.40
16	59.27	58.87	0.40

由表3和图5可知,对于大部分图斑而言,本文分块处理方法与整体处理方法转换的面积一致,其差值为0。同时发现有4个邻近图斑的转换面积发生了变化,且其增加或减少的数目相同,原因在于处在边界处的分裂线发生了微小抖动,导致转换的面积亦出现了细小差异。

2号图斑因其有1650个邻近图斑,数量过大,为便于表达,本文此处仅列出了经两种不同方法处理后面积值存在差异的71个邻近图斑编号及数据,其余图斑因转换面积无差异而未予列出。

由表4和图6可以发现,随着面积的增大,转换面积发生变化的邻近图斑数量也出现了明显的增多,然而,出现面积变化的值相对转换的面积而言很小,且分块处理方法增加的转换面积与减少的转换面积相等,表明本文方法不会引起意外的错误,具有较好的稳定性。

5)局部区域融解结果图形对比。在该镇域范

围内选取受分块边界影响较大的某一狭长图斑，

图7所示。

对其经两种不同方法处理后的结果进行对比，如

由图7可以发现，本文分块方法提取的分裂

表4 2号狭长图斑向邻近图斑转换的面积对比

Tab. 4 Comparison of the Transformation Areas for Adjacent Each Patch of No. 2 Patch

邻近图斑编号	x_i/m^2	y_i/m^2	$(x_i - y_i)/m^2$	邻近图斑编号	x_i/m^2	y_i/m^2	$(x_i - y_i)/m^2$
1 508	313.42	315.41	-1.99	1 579	19 679.41	19 680.78	-1.37
1 513	196.05	198.00	-1.96	1 582	401.74	405.17	-3.43
1 514	842.10	830.60	11.50	1 585	244.87	245.58	-0.71
1 515	864.15	869.26	-5.11	1 587	2 388.91	2 387.67	1.24
1 516	456.82	457.93	-1.11	1 589	191.30	191.05	0.26
1 517	1 176.72	1 170.95	5.77	1 590	173.16	172.20	0.96
1 518	698.78	725.01	-26.23	1 592	2 009.89	2 015.18	-5.29
1 521	293.25	294.21	-0.97	1 595	616.13	618.89	-2.77
1 523	49.92	40.52	9.39	1 600	4 560.03	4 559.41	0.61
1 525	7 957.00	7 949.82	7.18	1 601	12 528.97	12 527.43	1.54
1 526	7 277.28	7 287.94	-10.65	1 607	92.67	95.42	-2.74
1 530	278.70	284.47	-5.77	1 608	713.40	712.25	1.14
1 534	1 821.34	1 833.81	-12.47	1 611	3 118.38	3 115.64	2.74
1 535	831.02	727.33	103.69	1 612	986.80	963.11	23.69
1 536	2 678.10	2 674.33	3.77	1 614	3 139.87	3 140.07	-0.20
1 539	8 748.64	8 835.53	-86.89	1 616	94.91	93.51	1.40
1 540	3 069.17	3 067.09	2.07	1 617	378.69	373.93	4.76
1 542	295.75	296.07	-0.33	1 618	624.93	629.69	-4.76
1 545	556.18	553.35	2.83	1 621	3 834.37	3 830.62	3.76
1 547	808.82	808.62	0.20	1 626	9 327.31	9 321.17	6.15
1 550	16 954.12	16 954.96	-0.84	1 628	12 940.37	12 961.99	-21.62
1 551	1 725.15	1 725.41	-0.26	1 630	31.96	32.13	-0.17
1 552	87.23	83.64	3.59	1 631	214.39	214.21	0.17
1 553	158.90	159.10	-0.20	1 634	15 700.92	15 707.63	-6.70
1 555	531.19	529.39	1.80	1 636	433.29	430.04	3.26
1 556	596.62	594.32	2.30	1 637	789.65	784.88	4.78
1 562	149.26	158.50	-9.24	1 638	771.48	768.72	2.77
1 563	3 441.52	3 439.16	2.36	1 639	1 020.26	1 029.07	-8.81
1 564	639.18	638.85	0.33	1 640	9 217.77	9 216.60	1.16
1 567	1 885.65	1 889.17	-3.53	1 641	391.98	393.52	-1.54
1 572	4 473.22	4 477.37	-4.15	1 642	6 292.59	6 302.44	-9.85
1 573	6 119.59	6 108.94	10.65	1 643	16 364.30	16 360.85	3.45
1 574	1 231.00	1 230.70	0.30	1 645	696.46	698.53	-2.06
1 575	9 051.01	9 051.32	-0.30	1 648	3 230.55	3 213.54	17.01
1 577	4 373.62	4 385.39	-11.76	1 649	4 078.84	4 061.89	16.95
1 578	15 622.03	15 631.76	-9.74	总计	243 533.03	243 533.03	0

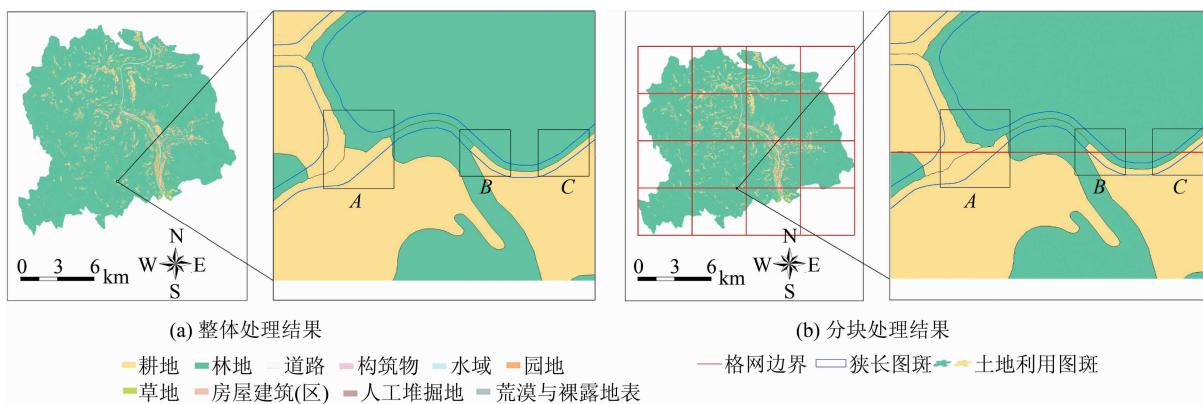


图7 局部区域融解结果对比

Fig. 7 Comparison of Local Regional Dissolution Results

线基本与整体处理提取的分裂线形状相同、延展性一致,尤其对位于模式1类处的分裂线,其形状完全一致。然而,对于分叉口处的分裂线,因分裂线恢复阶段进行了调整,导致其与整体处理的分裂线在形状上存在细小差异,这也解释了狭长图斑经分块处理与经整体处理后向邻近图斑转换时面积存在差异的原因。

综合上述分析,各项统计结果均显示本文分块处理方法与整体处理方法在实验结果上存在高度的一致性,分块边界的存未影响最终融解的质量,表明了本文方法是可行的,且因采取了分块策略,极大地提高了处理效率。

3.3 分块单元讨论

为验证本文提出的规则格网分块策略在大范围区域图斑融解操作中的优越性,本文以贵州省某市域单元为实验区(区域面积约 1900 km^2),通过设置多组规则格网分块格网大小进行实验,并分别统计各组实验在格网分块、图斑分裂、图斑恢复过程中所用的时间。实验结果如图8所示。

1)分块数量。从图8中可以看到,将实验区作为一个整体进行处理时,受计算机内存能力影响,无法完成融解操作,而采用本文分块方法则可有效减少算法总耗时,在较短时间完成融解操作。整体而言,本文提出的基于规则格网分块策略方法具有一定的优势,尤其可用于范围大、分块多的

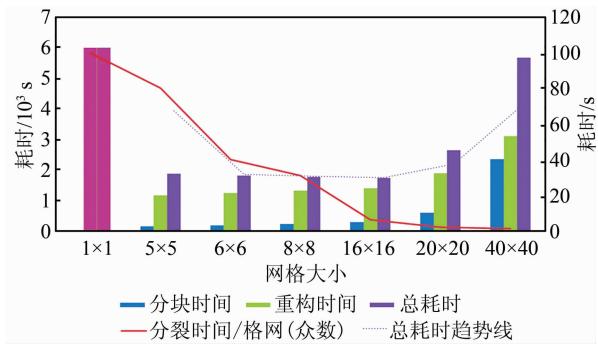


图8 分块格网划分实验结果

Fig. 8 Experimental Results of Partitioned Grid Division

图斑数据。此外,通过多组分块实验对比发现,当规则格网数量为 16×16 时,具有最少的处理时间,对应的格网内狭长图斑面积为 141733.21 m^2 ,这与文献[14]的实验结果基本一致。同时可以发现,当分块数量增大至 40×40 时,虽单个格网分裂时间众数减少至1 s,但分块耗时增长明显,由总耗时趋势线可见,当分块数量增大到一定程度时,同样会因为计算量过大而导致计算机执行融解操作失败。

2)分裂线恢复。本文在分块格网边界周围建立宽度阈值 $D=0.4\text{ mm}$ 的缓冲区,通过统一的语义拓扑对分块格网边界进行修正,进而以每个格网为单元进行融解操作。图9所示为3个典型区域的融解结果,其中,图9(b)、9(d)、9(f)为分块

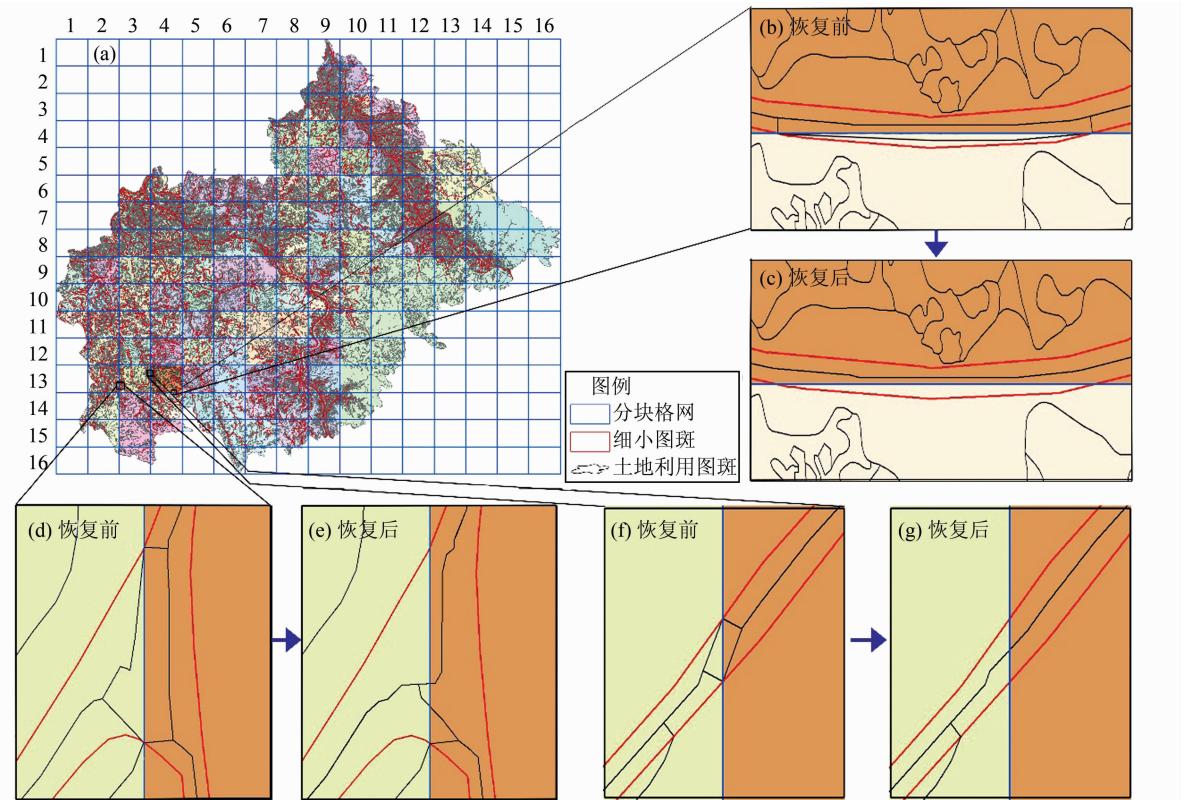


图9 典型区域的融解结果

Fig. 9 Typical Area Dissolution Results

进行融解操作时的实验结果,分别对应本文总结提出的拓扑变化模式 2、3、1,图 9(c)、9(e)、9(g)为经本文方法进行边界恢复后的实验结果。可以发现,本文提出的分模式恢复算法对于实现图斑合并有着良好的处理效果,边界处的冗余分裂线得到了剔除,且分裂线形状与原始狭长图斑的几何结构基本一致,使分块后的数据较好地还原为一个整体。

4 结语

传统方法受机器计算能力所限,难以实现大范围海量图斑的融解操作,分块策略的出现为解决大范围图斑数据融解操作提供了一种新思路。然而在利用分块策略进行大范围图斑数据融解时,由于格网边界线参与分裂线计算,往往会造成狭长图斑的不准确剖分。为此,本文引入分块策略,提出了一种适于狭长图斑分块融解的方法,不但可提高大范围图斑数据的处理效率,而且提出的分模式跨边界处狭长图斑分裂线恢复算法又可保证处理结果的准确性。通过实际地理国情图斑数据验证分析,得到如下主要结论:①在处理结果准确性方面,本文对镇域范围全部 37 个狭长图斑进行统计与对比分析发现,本文分块融解方法与整体(不分块)融解方法得到的面积转换情况几近完全一致,克服了因分块在边界处导致的狭长图斑分裂线拓扑变化的问题,不影响最终融解质量,表明本文提出的基于分块策略的分模式跨边界狭长图斑分裂线恢复算法具有良好的可行性。②在处理效率方面,对镇域范围图斑融解时,基于分块策略的融解方法的处理效率是传统整体处理方法的 8.7 倍。③本文提出的基于规则格网分块策略方法可在市、省甚至更大尺度的图斑数据的融解操作发挥作用;此外,多组分块实验对比发现,当规则格网数量为 16×16 时,处理时间最优。

进一步研究中,将更注重于融解过程中分裂线的优化,尤其对于分支汇聚等局部复杂区域,需顾及视觉约束,减少分裂线抖动,实现分裂线的自然延展。

参考文献

- [1] Ai Tinghua, Yang Fan, Li Jingzhong. Land-use Data Generalization for the Database Construction of the Second Land Resource Survey [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2010, 35(8): 887-891(艾廷华, 杨帆, 李精忠. 第二

次土地资源调查数据建库中的土地利用图综合缩编[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2010, 35 (8): 887-891)

- [2] Aichholzer O, Aurenhammer F, Alberts D, et al. A Novel Type of Skeleton for Polygons [M]. Berlin, Heidelberg: Springer, 1996
- [3] Haunert J H, Sester M. Area Collapse and Road Centerlines Based on Straight Skeletons [J]. *GeoInformatica*, 2008, 12(2): 169-191
- [4] Lee D T. Medial Axis Transformation of a Planar Shape [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1982, PAMI-4 (4): 363-369
- [5] Cloppet F, Oliva J M, Stamon G. Angular Bisector Network, a Simplified Generalized Voronoi Diagram: Application to Processing Complex Intersections in Biomedical Images [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000, 22(1): 120-128
- [6] Ruas A. Multiple Paradigms for Automating Map Generalization: Geometry, Topology, Hierarchical Partitioning and Local Triangulation [C]. ACSM/ASPRS Annual Convention and Exposition, Charlotte, USA, 1995
- [7] Ware J M, Jones C B, Bundy G L. A Triangulated Spatial Model for Cartographic Generalization of Areal Objects [C]// Kraak M J, Molenaar M. Advance in GIS Research II (the 7th Int Symposium on Spatial Data Handling). London: Taylor & Francis, 1997a:173-192
- [8] Delucia A A, Black R T. A Comprehensive Approach to Automatic Feature Generalization [C]. The 13th International Cartographic Conference, Morelia, Mexico, 1987
- [9] Ai Tinghua, Guo Renzhong. A Constrained Delaunay Partitioning of Areal Objects to Support Map Generalization [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2000, 25(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]. 武汉大学学报·信息科学版, 2000, 25(1): 35-41)
- [10] Ai Tinghua, Liu Yaolin. Aggregation and Amalgamation in Land-use Data Generalization [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2002, 27(5): 486-492(艾廷华, 刘耀林. 土地利用数据综合中的聚合与融合[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2002, 27(5): 486-492)
- [11] Penninga F, Verbree E, Quak W, et al. Construction of the Planar Partition Postal Code Map Based on Cadastral Registration [J]. *GeoInformatica*, 2005, 9(2): 181-204

- [12] Jones C B, Bundy G L, Ware M J. Map Generalization with a Triangulated Data Structure[J]. *Cartography and Geographic Information Systems*, 1995, 22(4): 317-331
- [13] Uitermark H, Vogels A, van Oosterom P. Semantic and Geometric Aspects of Integrating Road Networks[M]. Berlin, Heidelberg :Springer, 1999
- [14] Touya G. Relevant Space Partitioning for Collaborative Generalization [C]. The 13th Workshop of the ICA Commission on Generalisation and Multiple Representation, Zürich, Switzerland, 2010
- [15] Touya G, Berli J, Lokhat I, et al. Experiments to Distribute and Parallelize Map Generalization Processes [J]. *The Cartographic Journal*, 2017, 54(4): 322-332
- [16] Thiemann F, Werder S, Globig T, et al. Investigations into Partitioning of Generalization Processes in a Distributed Processing Framework[C]. The 26th International Cartographic Conference, Dresden, Germany, 2013

A Partitioned Dissolution Method for Long and Narrow Patches

LI Chengming^{1,2} YIN Yong¹ WU Pengda¹ WU Wei¹

1 Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China

2 National Engineering Laboratory for Intergrated Aero-Space-Ground-Ocean Big Data Application Technology, Xi'an 710072, China

Abstract: The dissolution operation is a common operation in patch generalization and it involves a large number of computations. Due to limitations in computational power, it is very difficult to process a large number of patches over a large area using traditional dissolution methods. To overcome this limitation, this paper proposes a partitioned dissolution method for long and narrow patches (LN patches) by introducing the block strategy and focusing on the topological changes that occur in the partition lines of LN patches at partition-cell boundaries. Firstly, the topological changes that appear around partition-cell boundaries during the dissolution of LN patches are summarized into four patterns. For each of these patterns, a corresponding method is formulated for reconciling the topological changes of the partition line. Our approach is then validated by using the national geographical conditions data of Chishui City, Guizhou Province. It is experimentally demonstrated that our method is capable of processing large-scale patch data and greatly improves the efficiency of patch dissolution operations. The results of our partitioned dissolution method are also found to be strongly consistent with the unpartitioned method of dissolution. Our method is therefore viable for practical applications.

Key words: dissolution; partitioning; topological change patterns; reconciliation of partition lines

First author: LI Chengming, PhD, professor, specialige in digital city, smart city and map generalization automatically. E-mail:cmli@casm.ac.cn

Corresponding author: YIN Yong, PhD. E-mail:yinyong@casm.ac.cn

Foundation support: The National Basic Surveying and Mapping Project, No. A1705; the National Natural Science Foundation of China, No. 41871375.