

基于ArcGIS的电网特殊区域电子图栅格转矢量质量控制方法

电网特殊区域电子图栅格数据只有转换成矢量数据,才能进行人工经验修正,更加科学准确地表征和模拟线路特殊区域分布情况。由于栅格和矢量数据结构的差异性,导致特殊区域电子图在转换过程中会出现大量细碎多边形、图形边界锯齿突出、平滑度低和拓扑错误等数据质量问题,降低了特殊区域电子图的准确度。就这些数据质量问题,提出基于ArcGIS的有效的质量控制方法。实践表明,质量控制方法能够很好地解决特殊区域电子图的数据质量问题,保证了电网特殊区域电子图的质量和准确度,增强了电网特殊区域电子图的实际应用和推广。

黄俊杰^{1,2} 马黎莉³/1. 国网湖北省电力公司电力科学研究院 2. 国家电网公司高压电器设备现场试验技术重点实验室 3. 武汉康普常青软件技术股份有限公司

0 引言

雷、冰、风和舞等电网特殊区域电子图均是采用GIS空间插值算法绘制的^[1-4]。插值算法绘制的特殊区域电子图为栅格数据,不便于调整和更新,无法进行人工经验干预,限制了特殊区域电子图的应用和推广。只有将特殊区域电子图栅格转换成矢量,根据人工经验修订后,才能更加科学准确地表征和模拟线路特殊区域分布情况,从而有效发挥电网特殊区域电子图的价值,更好地指导线路规划设计、运维管控。

目前,在众多GIS软件平台中,ESRI公司的ArcGIS以其强大的空间分析功能,快速、高质量和多需求的空间数据转换功能,有效的拓扑检查和验证功能,面向对象的Geodatabase数据模型表现出无可比拟的优势。ArcGIS提供一套强大的栅格数据处理、转换和分析

工具,在矢栅转换过程中较好地保留数据间固有的空间拓扑关系^[5-6]。同时,ArcGIS是由一套共享GIS组件组成的通用组件库,用户可以运用COM组件扩展机制来编写自定义的ArcObject组件,实现特定要求的GIS功能^[7]。ArcGIS中支持多种COM的脚本语言,如Python、Jscript和VBScript等,可利用脚本语言调用一个或多个工具或是操作ArcObject组件对象编写自定义功能的脚本工具,来处理复杂的数据及数据关系^[8]。因此,本文采用ArcGIS平台实现电网特殊区域电子图栅格转矢量,由于栅格和矢量数据结构的差异性,转换过程中特殊区域电子图不可避免地会出现大量细碎多边形、图形边界锯齿突出、平滑度低和拓扑错误等数据质量问题,严重影响特殊区域电子图的质量。本文就电网特殊区域电子图的这些质量问题,提出基于ArcGIS的有效质量控制方法。

1 质量控制方法

GIS模型中的栅格数据是以大小相等分布均匀、紧密相连的像元(网格单元)阵列来表示空间地物或现象分布,像元大小决定栅格数据的准确度和数据量,像元值表示空间地物或现象的分布规律,相同值的像元表示一致的空间地物分布^[9]。ArcGIS中的栅格转矢量是以像元值为基础,像元值差异性越大,像元个数越多,转换时间越长^[10]。高准确度的特殊区域栅格电子图细节区域表达详尽,数据量往往很大,如冰



黄俊杰/工程师

关键词/Keywords

ArcGIS ·
电网特殊区域电子图 ·
栅格转矢量 ·
质量控制 ·

区栅格分布图的行列一般在 $7\ 700 \times 4\ 200$ 左右,如果直接按单个像元值转换成矢量,费时且会增加细碎多边形的数量。考虑到特殊区域电子图最终是要按特殊区域等级进行分级,相同等级的特殊区域栅格像元表示的空间地物分布是一致的,可以进行合并。所以采用ArcGIS中的栅格重分类(Reclassify)按照特殊区域等级划分原则将栅格像元值进行重分类,然后再采用栅格转面(Raster to Polygon)将重分类后的栅格数据转换成矢量。这样既能保证特殊区域等级属性,又能缩短转换时间,减小转换后的碎多边形数量,提高转换效率和质量。

1.1 细碎多边形合并方法

细碎多边形是由于单个像元值与周围所有相邻像元的值都不一致造成的。细碎多边形的分布有两种情况:一种是零星分布;另一种是密集分布,如图1所示。零星分布的细碎多边形面积较小,不影响特殊区域电子图的准确度,可以直接合并到周围相邻的多边形面中;密集分布的多边形很多时候体现了特殊区域电子图的细节区域,这些细节区域在矢量数据中本该是一块整体的面状要素,可是此处却是由许多细碎的面组成,严重影响数据质量,并且图形也不美观。因此合并细碎多边形的原则是最大限度地保留特殊区域电子图的细节区域。细碎多边形的面积阈值是由特殊区域电子图栅格准确度决定的。

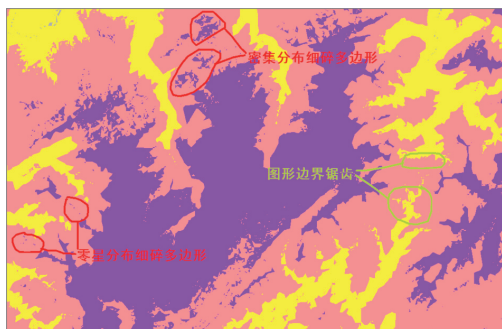


图1 特殊区域电子图转换过程中的质量问题

采用Python编写脚本工具来合并细碎多边形,具体方法如下:以冰区分布图为例,冰区分

布图栅格准确度为25 m,细碎多边形面积阈值为 0.4 km^2 。首先采用ISelectionSet.Search将细碎多边形选出,通过Polygon To Point工具获取细碎多边形的质心点;从第一个质心点 P_0 开始,缓冲(Buffer)632 m区域记为 N_0 ,这里的缓冲距离等于多边形面积阈值的平方根;采用空间位置包含查询(esriSpatialRelWithin),获取 N_0 所包含的质心点个数 N_p 。如果 $N_p \geq 5$,则从 P_0 开始,采用IPximity Operator.Return Nearest Point找出离 P_0 最近的点记为 P_1 ,然后采用同样方法找出离 P_1 最近的点记为 P_2 ,如此往复直到最后一个所包含的质心点。然后按照 P_0 、 P_1 、 P_2 、 $\dots$ 、 P_n 、 P_0 的顺序连接质心点创建面(Create Feature Class)记为 N_z ,再采用ITopological Operator.Construct Union将 N_z 与 P_0 到 P_n 所对应的多边形一并合并;如果 $N_p < 5$,则采用GP工具Eliminate将此碎多边形直接合并到周围相邻的面积最大的图斑中。如此往复,直至将碎多边形合并消除。细碎多边形合并流程图如图2所示。

1.2 图形边界锯齿平滑方法

栅格数据由一系列不同灰度或颜色的网格单元阵列组成,而矢量数据是通过记录坐标方式准确地表示点、线和面等地理实体^[11]。两者的这种差异性直接导致了转换的特殊区域电子图存在边界锯齿突出、平滑度极低的质量问题(见图1)。

虽然ArcGIS本身提供了Smooth方法来平滑图形边界锯齿,但这种方法处理后的图形却存在大量的多边形重叠、相交的拓扑错误。究其原因,是因为Smooth方法将图层中每个要素的边界都按一定的规则进行平滑,可每个面要素都与其相邻面要素共用公共边界,而每个面要素的形状大小又不同,这就使公共边界在不同的要素中所平滑的规则不同,造成边界重叠相交。如果是线要素,则可避免这个问题,因为线要素没有形状大小。所以可采用面转线(Polygon to line)将特殊区域面图层转换成线图层后,再进行Smooth平滑。

在线与面的相互转化过程中,为了不丢失面

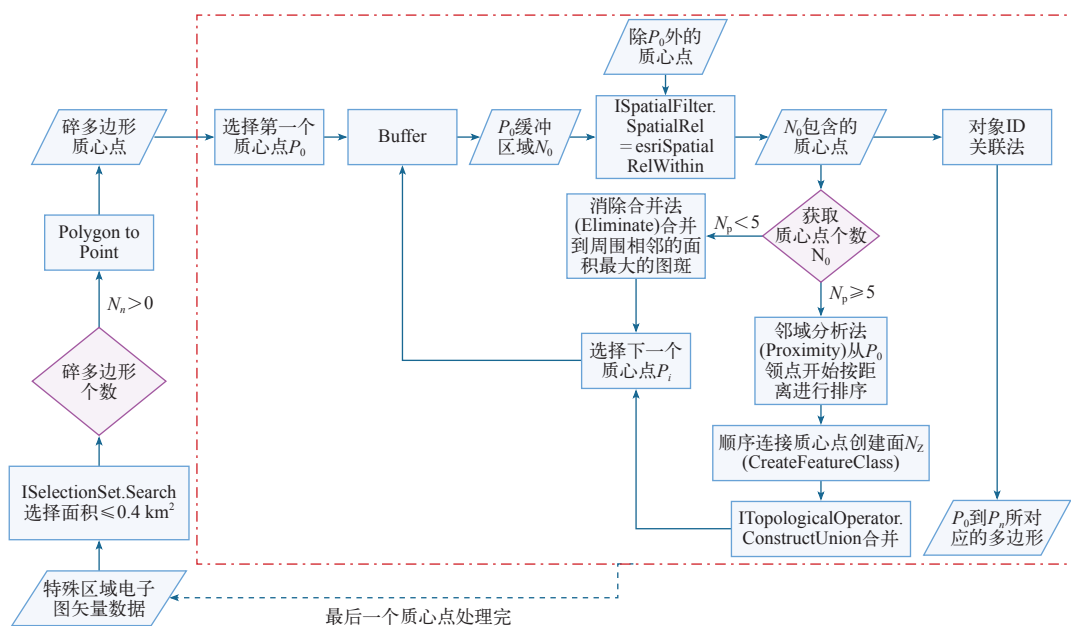


图2 细碎多边形合并流程图

图层中特殊区域等级属性，ArcGIS提供要素转面（Feature to Polygon）将特殊区域面图层的特殊区域等级属性保留在特殊区域点图层中。待特殊区域线图层平滑完后，采用Feature to Polygon将平滑后的特殊区域线图层和特殊区域点图层转化成特殊区域面图层。Feature to Polygon工具的转换原理是将特殊区域线要素根据其拓扑结构创建面要素，然后在输入的特殊区域点要素中搜索此面要素的质心点，只有成功匹配的质心点才将其特殊区域等级属性赋值到特殊区域面要素。某些时候由于面形状的特殊和多样化，经过平滑后的面要素质心点发生了变化，无法匹配成功，导致转换后的特殊区域面图层出现属性丢失的现象。考虑到特殊区域等级划分通常很少超过10类，可以将特殊区域电子图分等级进行平滑，每一种特殊区域等级的所有面要素作为一个单独图层进行平滑。单独平滑后的每种等级的特殊区域图层需要相互裁剪（Erase）去除掉重复。

因此本文的特殊区域电子图多边形锯齿处理方法：先按特殊区域等级提取（FeatureClass to FeatureClass）出各等级特殊区域面要素，每个等级的面要素都作为单个图层，单独进行平滑处理。先将单个特殊区域面图层转换为线图层，

采用Smooth方法设置平滑容差为0.001进行平滑处理，平滑过程中发现线存在自相交情况，因而采用Planarize Lines方法处理线自相交^[12]，然后将平滑后的单个特殊区域线图层转成（Feature to Polygon）面图层，采用字段计算器（Field Calculate）附上相应的特殊区域等级属性。每个单独特殊区域面图层都做如上处理。而后，以同一位置保留高等级去除低等级的原则，依次从最高等级特殊区域面图层去除掉重复。如舞动区域电子图，从舞动3级区域面图层开始，裁剪（Erase）掉舞动2级区域面图层上两者的重复，然后将舞动3级区域面图层和去除掉重复后的舞动2级区域面图层进行合并（Merge），接着用2级和3级合并后的图层裁剪（Erase）掉舞动1级区域面图层上两者的重复，再将其合并后继续去裁剪掉舞动0级区域面图层的重复，而后合并即为处理完后的舞动区域电子图。图3为多边形锯齿平滑流程图。

1.3 拓扑错误修正方法

拓扑检查和验证是检验矢量空间数据正确性和有效性的方法，只有具有正确拓扑关系和规则的矢量空间数据质量才是合格的^[13]。拓扑错误是空间图形数据常见的错误，不同数据结构的空

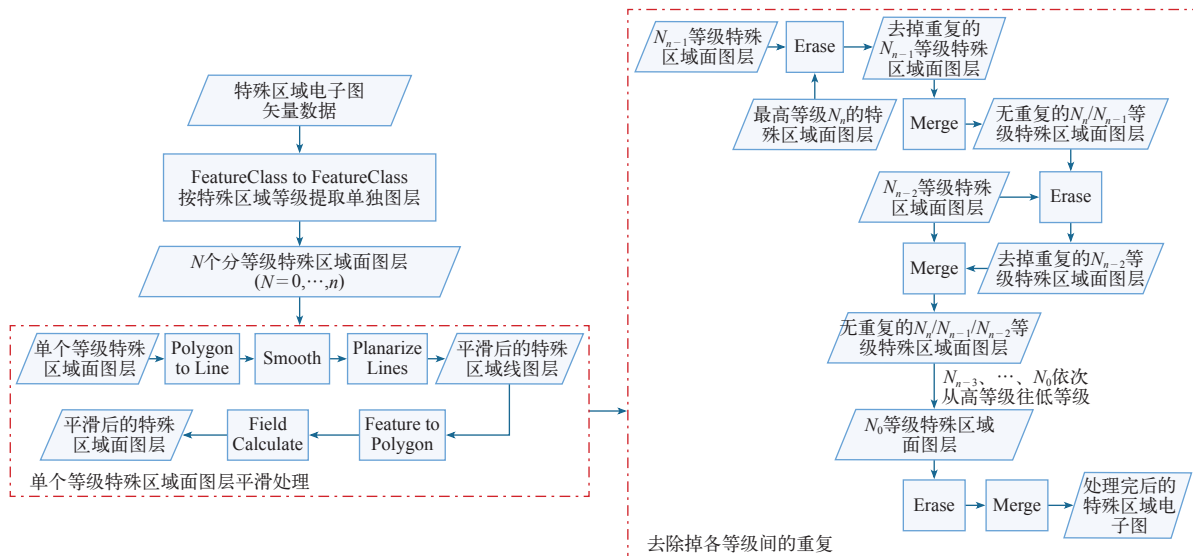


图3 图形边界锯齿平滑流程图

间数据，其拓扑错误类型也不一致。ArcGIS中的特殊区域栅格数据是将每组具有相同的连续单元转换为多边形，多边形的弧是基于栅格中的单元边界创建的，直接转换出的多边形边界过于方正，因此转换中进行了多边形边界简单化，按照拓扑规则以圆润弧形转换多边形的边界。在简单化过程中，多边形容易产生面自相交拓扑错误。将以上经过细碎多边形合并和图形边界锯齿平滑后的特殊区域电子图进行拓扑检查和验证，发现存在面重叠、面自相交、线重叠和线自相交等拓扑错误。这些拓扑错误交叉重复又细碎难辨，查找起来费时费力，有些甚至需要无限放大才能辨识，不易修改。因此采用Python脚本语言编写基于ArcObject组件的自动修正拓扑错误的工具进行修正。首先采用CreateTopology创建拓扑，拓扑规则包括：面不能重叠（Must not overlap）、面不能自相交（Must not self-intersect）、面不能自重叠（Must not self-overlap）、面不能有缝隙（Must not have gaps）、线不能重叠（Must not overlap）、线不能自相交（Must not self-intersect）及线不能自重叠（Must not self-overlap），然后判断特殊区域电子图是否存在错误，根据具体的错误类型，调用特定的工具或是编写适合的算法自动修正拓扑错误。其中，面重叠采用Python语言调用IFeature接口下的Delete方法删除重叠面；面自

相交调用ArcToolBox中Repair Geometry工具修复；线重叠先调用Planarize Lines命令处理。如若还有重叠，再调用IFeature接口下的Delete方法删除要素；线自相交直接调用Planarize Lines命令处理。图4为特殊区域电子图拓扑错误修正流程图。

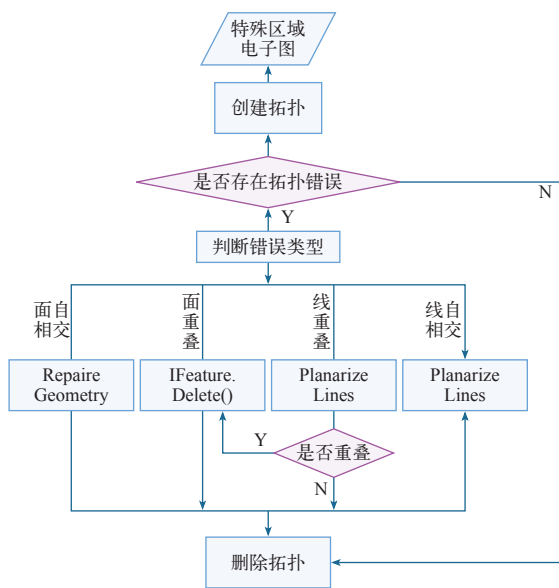


图4 拓扑错误修正流程图

2 实践效果

雷、冰、风和舞等特殊区域电子图中，冰区电子图的图形形状最为复杂。因为冰区电子图

经过海拔、坡度和坡向等地形数据的订正。高准确度的冰区电子图需要高准确度的DEM地形数据，高准确度的DEM数据使订正后的图形数据量较大，并且图形形状复杂，转换过程中，数据的处理量和复杂度均比其他三类图形大。因此，选择冰区电子图来验证所述栅格转矢量质量控制方法。将冰区栅格数据按照覆冰等级进行重分类后，采用栅格转面工具转换成冰区矢量数据，查询冰区矢量数据共有3 000多个细碎多边形，设置细碎多边形面积阈值为0.4 km²进行合并，然后进行图形边界锯齿平滑，最后进行拓扑检查和验证。转换后的冰区分布图准确度和质量较高，能很好地满足智能电网的要求。图1中红色圈出的碎多边形和绿色圈出的图形锯齿问题，经过处理后如图5所示均达到理想效果。

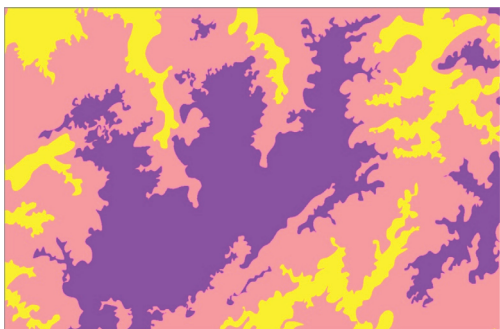


图5 特殊区域电子图矢量数据结果图

3 结束语

电网特殊区域电子图是对输电线路特殊区域（雷区、冰区、风区和舞动区等）信息的表征和模拟，能从宏观上综合把握线路自身运行及周边环境状况，以便采取相应措施防灾减灾，保障输电线路安全稳定运行。电网特殊区域电子图的准确度和质量直接关系着输电线路运维保障工作的开展和执行。雷、冰、风和舞等特殊区域电子图的绘制需要将栅格数据转换成矢量数据后再经过人工经验修订，从而科学准确表达线路周边雷、冰、风和舞等特殊区域信息。由于栅格和矢量数据结构的差异性，转换过程中无可避免会出现细

碎多边形、图形边界锯齿突出、平滑度低和拓扑错误等质量问题。本文就这些质量问题提出了基于ArcGIS有效的质量控制措施。实践表明，该质量控制方法能够很好地解决特殊区域电子图的数据质量问题，保证了电网特殊区域电子图的质量和准确度，增强了电网特殊区域电子图的实际应用和推广。

参考文献

- [1] QGDW 672—2011 雷区分级标准与雷区分布图绘制规则 [S].
- [2] 冰区分级标准与舞动分布图绘制规则 [S].
- [3] 风区分级标准与舞动分布图绘制规则 [S].
- [4] 舞动区域分级标准与舞动分布图绘制规则 [S].
- [5] 郭艺歌, 王新云, 李学斌. 基于ArcEngine的CAD图中GIS栅格影像数据的自动处理 [J]. 地理空间信息, 2012, 10 (6): 89-91.
- [6] 王宪民. ArcGIS在栅格数据处理中的应用初探 [J]. 测绘与空间地理信息, 2004, 27 (5): 60-62.
- [7] 田永中, 徐永进, 黎明, 等. 地理信息系统基础与实验教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [8] 杨昕, 汤国安. ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [9] 王胜状. 电力GIS专题图自动生成的研究与实现 [D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
- [10] 魏金标. 自适应栅格数据矢量化并行方法研究 [D]. 南京: 南京大学, 2014.
- [11] 张欣, 陈国雄, 钟耳顺. 优化栅格细化算法的线状地物提取 [J]. 地球信息科学, 2007, 9 (3): 25-27.
- [12] 李飞, 周晓光. 分类后栅格数据矢量化中自交多边形处理算法 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2013, 38 (1): 100-102.
- [13] 卢浩, 钟耳顺, 王天宝, 等. 一种基于拓扑信息的多边形数据自动生成算法 [J]. 地理与地理信息科学, 2012, 28 (4): 38-40.

(收稿日期: 2015-08-09) EA