

ArcGIS制图综合在土地利用现状图中的方法研究

闫菊梅

中煤航测遥感集团有限公司，陕西 西安

收稿日期：2025年11月30日；录用日期：2025年12月23日；发布日期：2025年12月30日

摘要

制图综合一直是地图学领域研究的重要课题，在数字制图过程中，需根据不同的比例尺精度，采用正确的制图综合方法来处理好各专题要素符号之间的协调关系，达到满意的制图效果。基于ArcGIS软件中的制图综合工具，按照土地利用数据缩编技术要求，进行了点、线、面不同分布特征要素从1:10,000到1:50,000土地利用现状图的制图综合实践，提高了制图综合的效率，为智能化缩编提供了新思路，为获得不同比例尺的地图提供了参考。

关键词

制图综合，ArcGIS，规则

Research on the Method of ArcGIS Cartographic Generalization in Land Use Map

Jumei Yan

Aerial Photogrammetry and Remote Sensing Group Co., Ltd. (ARSC), Xi'an Shaanxi

Received: November 30, 2025; accepted: December 23, 2025; published: December 30, 2025

Abstract

Cartographic generalization has always been an important subject in the field of Cartography. In the process of digital cartography, it is necessary to adopt correct cartographic generalization methods to deal with the coordinated relationship between thematic element symbols according to different scale accuracy, so as to achieve satisfactory cartographic results. Based on the cartographic generalization tool of ArcGIS software. According to the requirements of land use data reduction technology,

the cartographic generalization practice of different distribution feature elements of points, lines, and surfaces from 1:10,000 to 1:50,000 land use maps has been carried out, improving the efficiency of cartographic generalization, providing new ideas for intelligent reduction, and providing reference for obtaining maps of different scales.

Keywords

Cartographic Generalization, ArcGIS, Rules

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

制图综合(Cartographic Generalization)就是采取一系列的选取、概括、分类、化简、夸张等技术手段，将空间数据中最主要最实质的数据表达出来，对于制图综合的研讨，从古到今国内外从未间断过，它经历了从定性描述到定量描述，从人机协同到追求全自动化，从把制图综合看作“主观过程”到“客观的科学制图方法”等一系列的发展与革新[1]。当前主流方法可归纳为两大流派：模型综合(Model-Based Generalization)与过程综合(Process-Oriented Generalization)[2]。前者强调通过算子模型、知识规则或空间关系约束对综合操作进行形式化定义，如基于最小可辨识面积的建筑物选取阈值、道路网拓扑保持的简化算法等[3]；后者则关注综合操作的时序逻辑、冲突协调与反馈机制，主张将综合视为一个动态、交互的过程，尤其适用于地形图中密集居民地、水系与等高线等复杂要素群的协同处理[4]。近几年我国也相继研发出了一些比较成熟的自动综合软件，例如“某地形图数字制图、编绘系统”和“基于某地图数据库的自动编图系统”，“地图代数系统V3.0”，“空间数据自动综合技术及应用工程”DoMap等[5]。在这些系统内部基本都采用了基于知识库或人机协同等有差异的综合过程控制措施，但也存在一些问题难以改进，很多时候在质量控制方面需依靠人机协同的形式进行，导致自动制图综合结果有很强的不稳定性，很难达到满意的结果。因此制图综合由于自身的艰难性和复杂性，都将成为现代地图学中最关键、最有创造性研究主题[6]。

本文在研究制图综合基本理论的基础上，探讨了关于点、线、面要素的制图综合算法和制图综合规则。以西安市某幅土地利用现状图为例，借助ArcGIS软件的可视化功能和相关制图工具，在制图综合相关规则指导下，分别进行了点、线、面不同分布特征要素从1:10,000到1:50,000比例尺的制图综合实践，根据综合成果表明：使用ArcGIS软件的制图综合工具，将地图缩编过程进行分解，采用人机协同的工作方式，可提高工作效率，为地图缩编提供了思路和方法，是当前比较实用可行的方案。但本文未深入探究点、线、面要素如何平衡几何精度与符号可读性，如何实现建筑物、道路、水系等多要素的协同综合，在今后的研究中需进一步改进完善。

2. ArcGIS 在制图综合中的应用

2.1. 数据准备

本次实验数据取自西安市某郊区1:10,000土地利用现状图，制图软件为ArcGIS，主要为点状地物层、线状地物层和面状地物层，数据格式为SHP格式，坐标系统采用CGCS2000大地坐标系，高斯-克吕格投影，3度分带，以东经108度为中央子午线，高程系统为1985国家高程基准。本文根据制图综合的理

论方法和基于知识的制图综合规则,运用ArcGIS软件进行实验,基于《1:50,000土地利用数据缩编技术指标规范》实现1:10,000地形图数据到1:50,000数据的制图综合优化。

2.2. 制图综合主要技术指标

2.2.1. 线性要素上图指标

在1:50,000比例尺地形图中,根据缩编规范,将宽度小于某一指标的道路、水系要素等改用线状符号表示,一般取图上宽度小于1 mm(实地50 m)且长度大于12 mm(实地600 m)的道路要素用线状符号表示,取图上宽度小于0.4 mm(实地20 m)且长度大于8 mm(实地400 m)的沟渠,河流,干沟等要素用线状符号表示。

2.2.2. 面状要素上图指标

根据缩编技术规范要求,1:50,000各类面状要素主要缩编指标如表1所示。

Table 1. Standards for mapping various planar features on 1:50,000 scale maps

表 1. 1:50,000 各类面状地物上图标准

上图指标	耕地	园地	林地	草地	交通运输用地	水域水利设施用地	其他土地	城镇村及工矿用地
图上面积/mm ²	5.0	5.0	9.0	9.0	3.0	3.0	9.0	3.0
实地面积/m ²	12500	12500	22500	22500	7500	7500	22500	7500

在制图综合过程中,不仅要考虑上述指标,同时还要顾及到制图综合前后不同要素等级情况、总体分布情况以及各区域范围内的密集度等复杂因素[7]。

3. 数据制图综合处理

3.1. 点状地物处理

对于点状地物的综合处理主要是根据制图地物的重要性进行取舍,对点群密集的区域进行聚合,必要时还需采用移位的方式进行处理。

3.1.1. 点群的聚合

对于一些点位密集的区域,在比例尺缩小之后,可以通过聚合操作来简化表示,一般将点要素集合分成若干组,每个组用一个独立点或者创建一个面要素来表示[8]。如图1(a)中是1:10,000比例尺下的居民点要素,在综合到1:50,000时,根据规范,间距小于1 mm(实地距离50 m)的点可以使用聚类的方法用一个点要素来表示,如果间距大于50 m,必须单独表示。本实验中距离阈值设为50 m,根据点坐标分别计算点群里每个点之间的距离,将小于50 m的聚合为一点表示,如图1(b)所示。

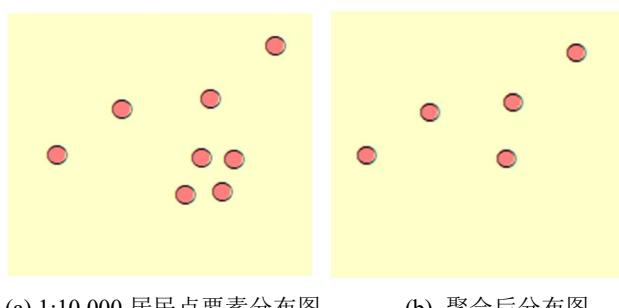


Figure 1. Schematic diagram of point group aggregation into points
图 1. 点群聚合为点示意图

点聚合为面要素的过程也称作区域化，主要是将点群的边界连接起来用面状要素来表示。该过程可用凸包算法实现，如图 2 所示，是将独立的树要素聚合为面要素示意图，聚合距离是 50 m。

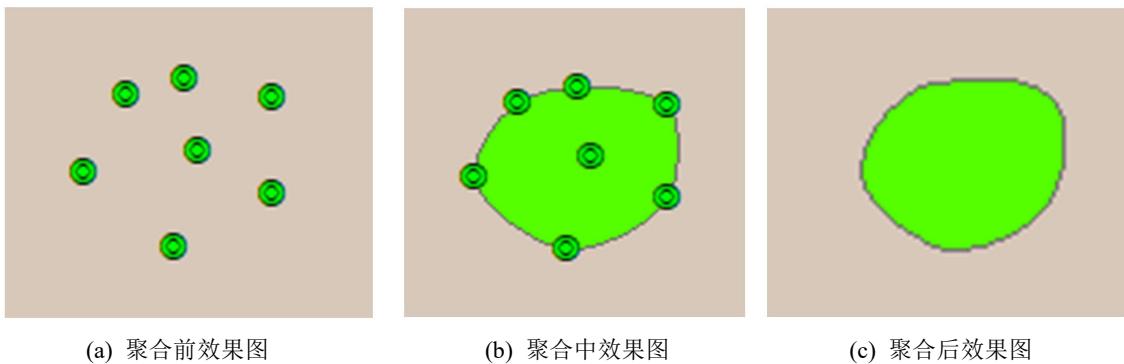


Figure 2. Schematic diagram of point group aggregation into a surface
图 2. 点群聚合为面示意图

3.1.2. 点数据选取

当点数据较多时需要对其进行选取抽稀。比如对于高程点的处理在地势复杂的地方可以进行人工选取，保留下地物特征点，其次还要注意根据地势特点高程点分布应均匀，注记等要素不能将地物覆盖，对于其他一般的高程点可按合适的方法进行抽稀。本实验用 ArcGIS 中 Subset Features 工具进行高程点的抽稀，子集点抽稀是常用的点抽稀方法，该命令是按照百分比来抽稀，得到两个数据集，一个是抽稀后保留的点数据，另一个是互补的点数据。根据开方根规律法公式[9]，如式(1)，原始 1:10,000 地图的点符号个数有 269 个，计算得到 1:50,000 的点符号个数应是 120 个，抽稀比例大约为 45%，在 Subset Features 对话框中，输入点要素，训练要素子集的大小设置为 45%，确定后生成保留的子集，如图 3 所示。

$$n_F = n_A \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (1)$$

其中， n_F ：新编地图上应保留的地物数量； n_A ：原始地图上的地物数量； M_A ：原始地图比例尺分母 1:10,000； M_F ：新编地图比例尺分母 1:50,000。

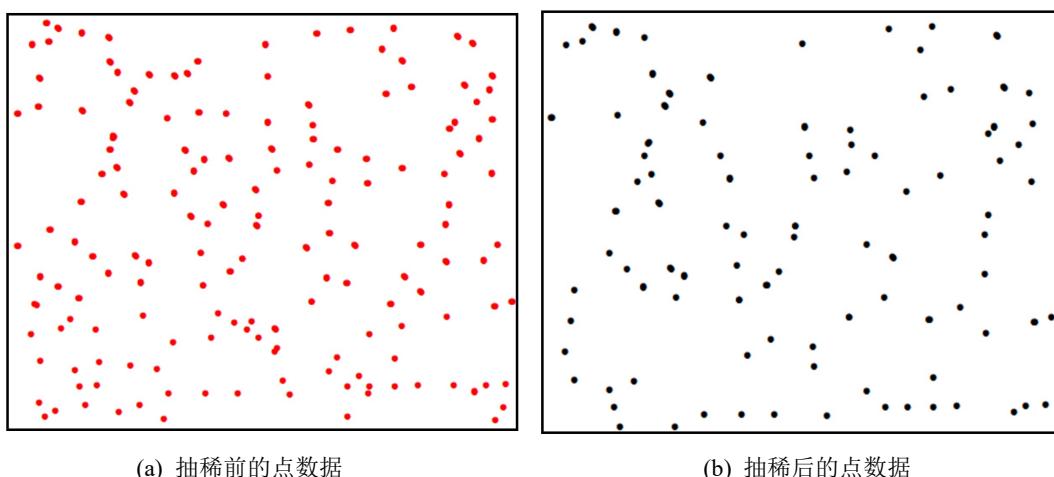


Figure 3. Comparative visualization of point generalization before and after thinning
图 3. 点抽稀前后效果图

3.2. 线状地物处理

线状要素是用各种线状符号来表示地理空间中的地形地貌，对于线状地物的综合处理，常用的方法有根据指标进行综合取舍，对相邻属性相同线状地物进行连接，对线型轮廓进行化简和光滑处理等。

3.2.1. 线数据选取

在对线状地物的选取规则中，不但要考虑综合地物的连通性和重要性，地物的长度也是很关键的一点。在处理线状地物时，设置一个长度值作为阈值，计算每条线起点到终点的长度，直到搜索计算完所有的线，将所有长度小于阈值的线提取出来并高亮显示，再结合其他规则进行人工判断是否舍弃。以1:50,000图上的河流为例说明线状地物的选取过程，首先留下该河流的基本骨架，舍掉一些细部弯曲，然后根据选取指标和类型对支流进行选取判定。在1:50,000地形图中，图上宽度不足0.4 mm(实地20 m)宽的用单线表示，以单线表示的河流应视其图上长度进行取舍，图上长度不足8 mm(实地400 m)的河流可酌情舍去。若是河流具有等级属性，那么在选取时先保留等级高的支流，然后再根据长度判定取舍。如图4所示。

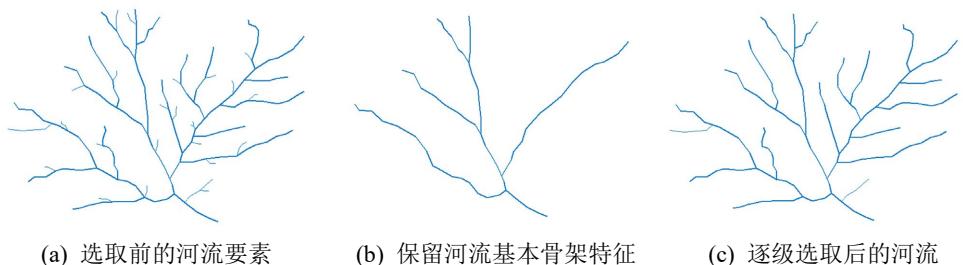


Figure 4. Schematic representation of single-line river selection process in cartographic generalization
图4. 单线河流选取过程示意图

3.2.2. 轮廓的化简与平滑

对于道路、河流、沟渠等线状地物的化简，为了清晰显示它们的基本轮廓，就需简化或舍去一些小弯曲，其实就是减少线上点的数量，比较典型的有道格拉斯-普克算法和渐进法。其中道格拉斯-普克算法可以用最少的点来描述曲线的基本特征，对于数据压缩和消除冗余细节非常有效。而渐进法保持相似的形状就需要保留较多的节点，数据量比较大，但化简后的线与原始线的形状更加接近。在对线状要素进行化简时，可以根据需要选用不同的算法处理。

平滑可以移除线或轮廓中的锐角以改善制图效果，在制图综合时，通常与简化线功能一起结合使用，一般自然地物的边界因为受到各种环境作用的影响，大部分应该呈平滑曲线状，所以在对其简化后，应做平滑处理。在ArcGIS中，有两种可供选择的平滑算法：PAEK指数多项式平滑算法和Bezier贝塞尔曲线平滑算法。在平滑形状方面，可根据需要选用不同的平滑方法，以部分河流为例进行两种算法平滑的综合效果见图5。

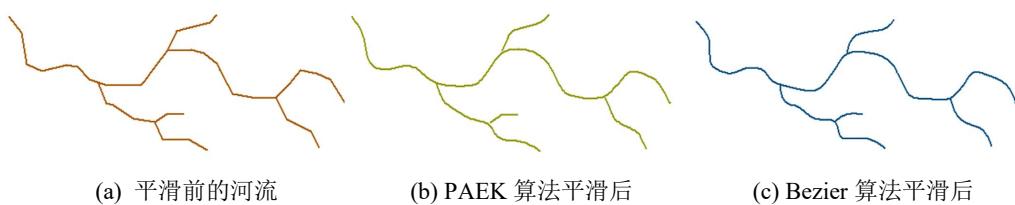


Figure 5. Comprehensive effects of line smoothing operations in spatial generalization
图5. 使用平滑线命令综合效果

3.2.3. 提取中心线

对于一些双线要素，比如平行线道路、水渠、河流等地物，可以通过提取它们的中心线，将双线型要素综合为一条中心线来表示。在1:50,000地图上，根据制图规范，凡缩编后宽度大于1 mm(实地距离50 m)的河流、公路用双线表示，小于1 mm用单线表示，线条粗0.2~0.25 mm。对于一些宽度小于阈值且相对平行的道路可提取其中心线进行表示，如图6所示。

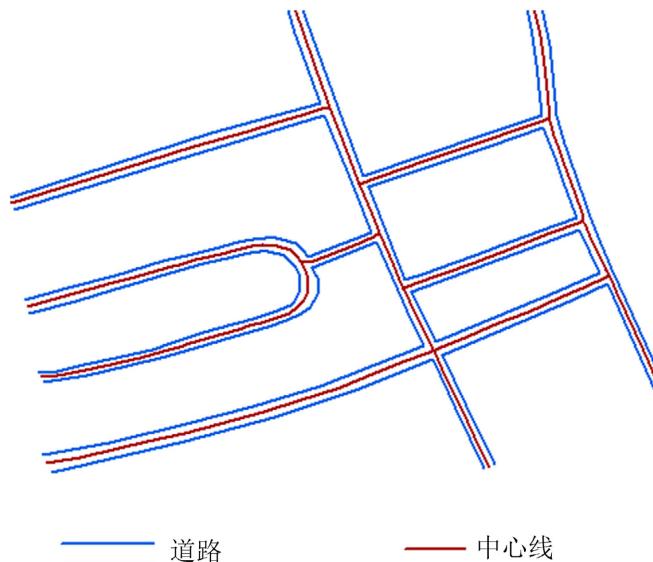


Figure 6. Illustrative diagram of road centerline extraction methodology
图6. 道路提取中心线示意图

3.3. 面状地物处理

面状地物的处理比线状处理要繁杂，主要任务是将原数据中小于规定面积的图斑与相邻图斑合并，将微小弯曲部分进行制图综合处理，使图斑相对比较完整。

3.3.1. 多边形的简化

对面状地物的简化通常采用的处理手段是删除单个小面积图斑、简化轮廓，合并多个多边形等方式[10]。本次实验在处理建筑物时，需同时考虑建筑物图形整体的结构特征和内部正确通行情况。1:50,000缩编图要求可综合掉轮廓图上小于 0.5×0.6 mm(实地 25×30 m)的弯曲，当两个多边形间距小于最小间距规定值0.8 mm(实地间距40 m)时即可合并，对于面积小于规定阈值的不重要建筑物可根据情况适当取舍。根据此原则，可利用ArcGIS相关命令进行建筑物的综合化简。

建筑物基本是四周呈直角的多边形，所以对建筑物轮廓的简化要保持它原有直角的特性，不规则的可以采用线要素的简化方法，ArcGIS中提供了简化建筑物(Simplify Building illustration)的命令，它在处理独立建筑物时效果良好，处理后建筑物可将面要素中小于最小弯曲阈值的曲线段去除，保持原始的轮廓形态和大小，在处理时需确定一个分界尺度T，该值是简化原则里弯曲度相等的情况(即 $T = W = L$)，最小面积默认值是 T^2 。对于间距小于40 m的相邻图斑可使用“聚合面”命令进行合并，该工具是将矢量数据转换为栅格，然后使用多种栅格功能来查找位于彼此的指定距离之内的要素并将其连接，之后再转换为生成新边界的矢量数据。对图上小面积建筑物的选取，可通过面状地物数据属性的SQL语句来查询不够规则的面要素，再将按属性选择的要素舍去，建筑物综合前后对比如图7所示。

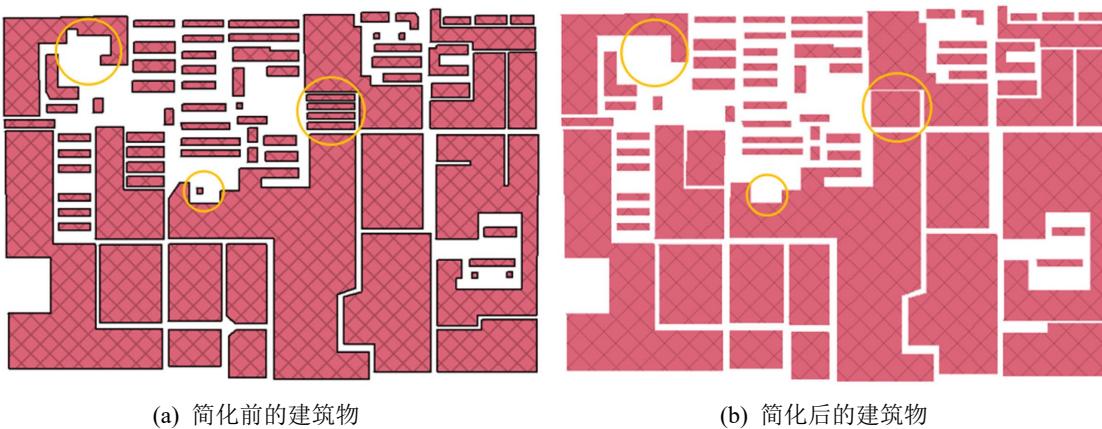


Figure 7. Comparative analysis of building footprint simplification results

图 7. 建筑物简化前后效果图

3.3.2. 小图斑的综合

关于小图斑的综合问题，是个复杂系统的过程，需要考虑待处理区域内的自然地理情况及其本身的重要程度，之后在进行处理，其主要处理方法有聚合、融合、压缩、夸大等，主要通过人机交互式来完成 [11]，主要流程见图 8 所示。

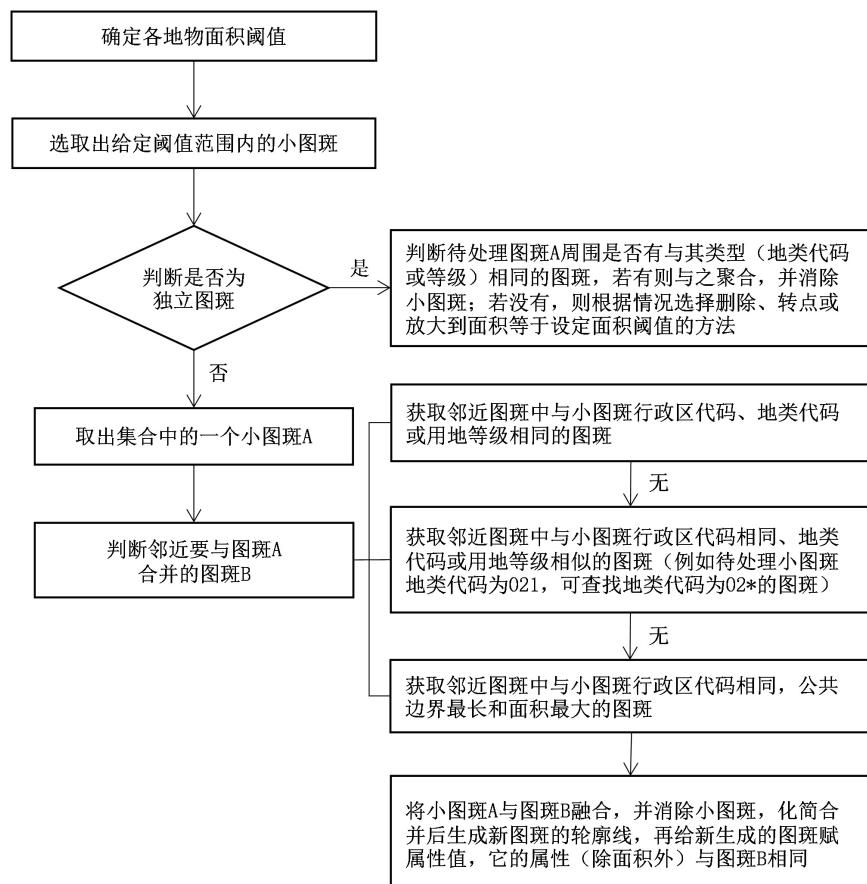


Figure 8. Methodological framework for small polygon feature generalization

图 8. 小图斑综合处理流程

4. 结语

本文主要基于 ArcGIS 软件探讨了关于点、线、面不同分布特征要素的制图综合方法与规则，并将其应用于 1:10,000 到 1:50,000 比例尺地形图缩编实验中，得出以下结论：1) 利用 ArcGIS 软件中的制图综合工具进行缩编优化后，可以满足制图目的需求，保证成图的质量，制作过程简便且成图美观，提高了制图效率和效果；2) 对数字地图来说，点、线、面的制图综合不是独立的，是相互依托、相互协调的，由于土地利用图本身的复杂性，制图人员必须灵活应用 ArcGIS 的制图综合命令及空间分析等相关功能，简化缩编流程，总结制图经验，根据实际情况具体运用到实际生产中，为地图的自动化综合提供参考。

参考文献

- [1] 高醒. 探寻制图综合的发展起源与历程[J]. 科技风, 2020(19): 171-172.
- [2] 钱海忠, 武芳, 王家耀. 自动制图综合及其过程控制的智能化研究[M]. 北京: 测绘出版社, 2012.
- [3] 王迪, 钱海忠, 赵钰哲. 综述与展望: 地理空间数据的管理、多尺度变换与表达[J]. 地球信息科学学报, 2022, 24(12): 2265-2281.
- [4] 武芳, 巩现勇, 杜佳威. 地图制图综合回顾与前望[J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1645-1664.
- [5] 陈堂雷. 基于专家知识的地质体智能制图综合研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2022.
- [6] 翟彦放, 谢艾伶, 赵礼剑. 一种面向多图层的制图数据综合方法[J]. 地理空间信息, 2019, 17(10): 73-74+81+11.
- [7] 汪秋菱, 姜宝兴. 地图自动制图综合研究综述[J]. 科学技术创新, 2020(21): 63-64.
- [8] 李思倩, 盛彩英, 王结臣. 基于点密度分析与自适应差异检测的点群要素制图综合算法[J]. 地理与地理信息科学, 2019, 35(2): 1-5+151.
- [9] 王桥, 吴纪桃. 制图综合方根规律模型的分形扩展[J]. 测绘学报, 1996, 25(2): 104-109, 115.
- [10] 赵正坤. 基于 ArcGIS 的 1:100 万土地利用现状图缩编技术研究[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2016.
- [11] 游晋卿. 土地利用数据小图斑制图综合及质量评价的研究[D]: [硕士学位论文]. 抚州: 东华理工大学, 2015.