



## 基于图分割的可变比例尺地图分幅回溯算法

魏智威<sup>1</sup> 丁 慷<sup>2</sup> 孟 爽<sup>3</sup> 童 莹<sup>4</sup> 程 璐<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院空天信息创新研究院网络信息体系技术重点实验室,北京,100094

<sup>2</sup> 浙江农林大学环境与资源学院,浙江 杭州,311300

<sup>3</sup> 湖北省国土测绘院,湖北 武汉,430019

<sup>4</sup> 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

## A Graph Cutting and Backtracking Approach for Variable Scale Map Subdivision

WEI Zhiwei<sup>1</sup> DING Su<sup>2</sup> MENG Shuang<sup>3</sup> TONG Ying<sup>4</sup> CHENG Lu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Key Laboratory of Network Information System Technology, Aerospace Information Research Institute,  
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China

<sup>2</sup> College of Environmental and Resource Science, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China

<sup>3</sup> Hubei Institution of Land Surveying and Mapping, Wuhan 430019, China

<sup>4</sup> School of Resources and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

**摘 要:**总结了地图分幅需遵循的原则,并针对地图集中可变比例尺的分幅,将其定义为基于约束条件的图分割问题,用最小生成树(minimum spanning tree,MST)将制图区域关联起来,基于回溯算法对 MST 裁剪实现地图集的分幅。实验结果表明,所提出的方法能较好顾及地图集分幅的相关原则,满足地图集制作的要求。同时,利用该方法设计的地图集分幅工具已成功应用于《武汉市汉阳地区地名图集》等的制作,有效提高了地图设计人员的工作效率。

**关键词:**地图集;地图设计;地图分幅设计;回溯算法;最小生成树

**中图分类号:**P28;P208

**文献标志码:**A

**Abstract:** Relevant constraints in map subdivision are summarized. For variable scale map subdivision in atlases, we convert it into a graph cutting problem, connect sub-areas with a minimum spanning tree(MST), and provide a backtracking strategy for MST cut to realize map subdivision. The result shows that the proposed approach can well satisfy constraints in map subdivision and meet the requirements of map compilation. The tool for map subdivision based on the proposed approach has been applied successfully in the production of atlases such as *Place Names Atlas of Hanyang District*, Wuhan and improves the working efficiency of car-

tographer.

**Key words:** atlas; map design; map subdivision design; backtracking strategy; minimum spanning tree

地图能直观、一览地表达地图要素的空间分布和关系,是一种重要的地理信息服务产品<sup>[1]</sup>。地图集是地图集成表达的重要形式,具有制图区域大、种类要素多的特点,往往需要分幅表示<sup>[2]</sup>。因此,分幅是地图集设计阶段的重要内容。

地图分幅依据一定的原则将制图区域划分为特定尺寸的单幅地图,并确定不同图幅的表达范围和比例尺。常采用的图幅比例尺确定方法包括统一比例尺、系列比例尺和可变比例尺等。其中,可变比例尺将地图比例尺控制在指定范围,能以更适宜的比例尺对制图区域进行描述,版面利用充分、图幅数量节省,是一种广泛采用的方法<sup>[3]</sup>。可变比例尺分幅法依赖于制图区域的合理剖分。目前,已有一些学者提出了相关解决方案,陈胜等<sup>[4]</sup>针对带状地形图的分幅设计了相应的工具;韦强等<sup>[5]</sup>则针对林业专题图设计了相应的自动分幅出图工具。但是,上述工具均是面向地图数据的存储和组织进行分幅,无法满足地图集分幅设计的要求。另外,目前在很多

**引用格式:** 魏智威,丁慷,孟爽,等. 基于图分割的可变比例尺地图分幅回溯算法[J]. 测绘地理信息,2021,46(1):88-92(Wei Zhiwei,Ding Su,Meng Shuang,et al. A Graph Cutting and Backtracking Approach for Variable Scale Map Subdivision[J]. Journal of Geomatics,2021,46(1):88-92)

**基金项目:**国家自然科学基金(41871378)。

制图单位仍主要由地图设计人员依据经验对制图区域进行剖分,需反复试探,耗时费力,且有时难以获得满足要求的分幅结果。

因此,本文针对地图集中可变比例尺的分幅,总结了地图分幅需遵循的原则;并将地图分幅问题定义为基于约束条件的图分割问题,用最小生成树(minimum spanning tree, MST)将制图区域关联起来,基于回溯算法对 MST 裁剪实现地图集的自动分幅。

## 1 地图集自动分幅方法

### 1.1 问题定义

地图分幅将制图区域划分为特定尺寸的单幅地图。制图区域通常由一系列子区域构成,如行政区划(街道、区、县)、地物类型(森林、林场)等<sup>[1]</sup>,可表示成  $A_S = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ,  $A_n$  表示  $A_S$  中一个子区域;分幅获取的每幅地图往往包含邻近的一个或多个子区域,可表示成  $S_i = \{A_1^i, A_2^i, \dots, A_m^i\}$ ,  $S_i \subseteq A_S$ 。若将  $A_S$  中的子区域视作图节点,子区域邻接对应的两个图节点相连,则  $A_S$  可以表示成无环图  $G = (V, E)$ ,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  为图顶点集,  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  为图边集。那么,地图分幅就可以转化成对无环图  $G$  的分割,分幅遵循的原则可以转化为约束条件,作用于图的构建、裁剪等。若将约束条件表达为优化函数  $f$ ,将制图区域分成  $m$  幅地图的问题,可定义如下:

给定无环图  $G = (V, E)$ ,基于约束条件  $f$  构建子图  $G'$ ,  $G' \subseteq G$ ;找到针对图  $G'$  的一个划分  $cG' = \{(V_1, E_1), (V_2, E_2), \dots, (V_m, E_m)\}$ ,使得  $f(cG')$  最优,其中,  $cG'$  满足  $V_1 \cup V_2 \dots \cup V_m = V$ ,  $V_1 \cap V_2 \dots \cap V_m = \emptyset$ 。

### 1.2 约束条件

首先,地图的制图目的、用途、区域等不同,内容表达的详细程度会不一样。地图内容表达的详细程度可以用地图比例尺控制<sup>[6]</sup>。因此,地图集分幅时通常有针对比例尺的约束条件,如将图幅比例尺限定在指定范围。另外,通过控制图幅数量一定程度上也能控制地图内容表达的详细程度。同时,过多的图幅数量会增加工作量,加大制图成本。因此,地图集图幅数量往往存在限制,如分幅前指定图幅数。

其次,地图分幅需要顾及不同幅面中表达的地图内容,如尽量保持重要地物的完整性<sup>[1]</sup>。同时,制图区域内部空间发展不均衡,不同幅面表达的详细程度可能需要根据表达区域的重要性进行调整,如城市中心可用较大比例尺表达,城市郊区则可用较

小比例尺表达<sup>[2]</sup>。

另外,地图集作为一种典型的可视化产品,分幅时需要顾及相应的视觉规律,如保证不同幅面比例尺均衡、制图区域面积均衡等<sup>[7]</sup>。同时,分幅的结果是将制图区域划分为若干个包含邻近子区域的单幅地图。人对于图形的感知存在视觉上的远近,如邻接区域长的两个图形往往被认为视觉上更接近<sup>[8]</sup>。因此,地图分幅时需尽量考虑将视觉上更接近的子区域划分至同一图幅。依据以上分析,地图分幅需满足的通用约束条件见表 1。

表 1 地图分幅的通用约束条件  
Tab. 1 Constraints for Map Subdivision

序号	名称	内容	优先级
1	图幅数量限制	分幅需满足的图幅数量要求	1
2	图幅比例尺限制	分幅获取的制图区域需满足的比例尺要求	1
3	重要地物完整性	重要地物需尽量位于同一幅面	2
4	地图内容重要性原则	地图内容(区域)表示的详细程度随地图内容(区域)的重要性变化	3
5	图幅比例尺均衡	不同图幅比例尺需尽量均匀	3
6	图幅制图区域面积均衡	不同图幅制图区域面积需尽量均匀	3
7	视觉邻近原则	视觉上邻近的子区域应尽量划分至同一幅面	3

其中,重要地物完整性约束条件可在分幅前通过预处理满足,如提前识别制图区域中位于子区域分界线上的重要地物。若两个子区域划分至同一图幅后仍满足图幅比例尺限制要求,则可在分幅前将两个子区域合并。同时,地图内容重要性约束条件可以通过控制相应子区域的图幅比例尺限制满足。另外,在图面纸张尺寸确定的前提下,若不考虑图幅内制图区域的形状变化,图幅比例尺的均衡一定程度可由图幅制图区域面积均衡近似控制;而图幅比例尺的限制一定程度上也可以控制图幅比例尺均衡。因此,本文地图分幅时主要考虑表 1 中的约束条件 1、2、6 和 7。

需要说明的是,由于面临的制图任务、目的、内容等不同,实际制图过程中地图分幅可能会有其他附加约束条件,表 1 只是总结了地图分幅通用的一些原则。如针对城市地图集的分幅,文献<sup>[3]</sup>认为分幅应尽量避免大范围地形、地貌,避免图幅冗余。这些约束条件通常也可以在分幅前通过预处理满足,如若要求分幅尽量避免大范围水体,可在分幅前将水体作为天然分界线对制图区域进行划分。

### 1.3 基于最小生成树分割的回溯算法

依据 § 1.1 的分析,地图集的分幅可定义为图

分割问题。表达地图目标间邻近关系的图有多种,其中,MST具有所有连接点相通、无闭合环且树的连接边距离和最小的特点,任意裁剪MST的一条边,可以将图分成两个子图<sup>[9]</sup>。因此,若将制图区域用MST关联起来,就可以基于相应的约束条件对MST进行裁剪,实现地图集分幅;同时,基于MST裁剪能有效降低图分割计算的复杂程度。

另外,地图集分幅需满足相应的约束条件。一方面,可基于这些约束条件构建MST;另一方面,约束条件可作为MST裁剪的优化条件。若依据约束条件从全局上对MST进行裁剪,有时较难求解。地图集分幅的目的是获得满足约束条件的相对优解,而回溯法是一种优选搜索法,它按优选条件向前搜索以找到目标,是一种较常采用的求解满足约束条件次优解的方法。因此,本文基于回溯算法对MST裁剪实现地图集的分幅。

### 1.3.1 MST构建

构建MST需定义图中节点间的邻近距离,可依据表1总结的原则对图节点间距离进行定义,依据§1.2的分析,本文主要考虑表1中的约束条件1、2、6和7。其中,约束条件1、2和6均为不同图幅在整体上需满足的要求,可作为后文MST裁剪的优化条件;约束条件7则规定了图幅中邻近子区域需满足的要求,可基于约束条件7定义的图中节点间邻近距离构建MST。

约束条件7规定视觉邻近的子区域应尽量划分至同一幅面。若两子区域在视觉上相近,则对应的图节点间距离近。文献[8]指出,邻接区域长的两个图形往往在视觉上更接近。因此,本文利用子区域邻接长度与子区域周长的比表示子区域对应的节点间距离。若将子区域视作图节点,且假设存在节点 $v_i$ 、 $v_j$ ,分别表示子区域 $A_i$ 和 $A_j$ ,则两节点 $v_i$ 、 $v_j$ 的邻近距离( $D_L$ )定义如下:

$$D_L = 1 - (P_L/L_i \times w_1 + P_L/L_j \times w_2) \quad (1)$$

式中, $A_i$ 和 $A_j$ 的较大周长记为 $L_i$ ,较小周长记为 $L_j$ ;邻接区域长度为 $P_L$ ;  $w_1$ 、 $w_2$ 为权重,满足 $w_1 + w_2 = 1$ 。考虑到小面积的图形通常在视觉上被认为更接近其邻近区域<sup>[8]</sup>,本文取 $w_1 = 0.7$ ,  $w_2 = 0.3$ 。可依据定义的图节点间邻近距离构建MST,本文的MST构建方法见文献[9]。

### 1.3.2 MST裁剪

尽管任意裁剪MST的一条边,都可以将MST分成两个子图。但是,裁剪MST获取的两个子图对应区域往往并不直接构成最终单幅地图的制图区域。因此,为能有效利用约束条件对MST裁剪获取的结果进行控制,本文对MST进行裁剪时,需保

证每次裁剪后子树对应的区域就是最终单幅地图的制图区域。

其中,MST的悬挂点度为1,表示只存在一条边与邻近节点相连,如图1(a)中的节点A、C和G。任意裁剪连接悬挂点的边都能将悬挂点表示的子区域分割成一个独立区域。因此,本文依次裁剪MST中连接悬挂点的边实现地图集的分幅。若裁剪连接某悬挂点的边后,获取的独立区域满足构成单幅地图的要求,则定义基于该边的裁剪为可行裁剪;若当前MST中不存在可行裁剪,则需要将悬挂点与邻近点合并,更新MST后再次判断是否存在可行裁剪,以此类推。

假设存在待裁剪的 $MST_i = (V, E)$ ,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 为图顶点集,  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ 为图边集,存在悬挂点集合 $h_V = \{h_{v_1}, h_{v_2}, \dots, h_{v_m}\} \subset V$ ,连接悬挂点的边集合为 $h_E = \{h_{e_1}, h_{e_2}, \dots, h_{e_m}\} \subset E$ 。

#### 1) 可行裁剪定义

任意裁剪 $h_{e_j} \in h_E$ ,可使悬挂点 $h_{v_j}$ 对应的子区域 $A_j$ 构成独立区域。若基于 $h_{e_j}$ 的裁剪是一次可行裁剪,则子区域 $A_j$ 需满足作为单幅地图制图区域的要求。若子区域 $A_j$ 为单幅地图的制图区域,需满足比例尺限制要求。同时,由于分幅存在数量限制,还需要顾及到不同幅面制图区域的面积均衡。因此,子区域 $A_j$ 的面积也需满足一定要求。

假设子区域 $A_j$ 绑定矩形长 $r_{L_{A_j}}$ ,宽 $r_{W_{A_j}}$ ;给定纸张尺寸长为 $p_{L_{A_j}}$ ,宽为 $p_{W_{A_j}}$ ;比例尺约束条件为 $[M_1, M_2]$ 。实际制图过程中,考虑到地图接边、地图整饰的需要,往往会依据纸张尺寸预留一定空间,实际制图区域比纸张尺寸小。假设有效制图区域长 $p_{L_{A_j}'}$ ,宽 $p_{W_{A_j}'}$ ,则以子区域 $A_j$ 为制图区域的单幅地图最大比例尺( $M_{A_j}$ )计算如下:

$$M_{A_j} = \max\{r_{L_{A_j}}/p_{L_{A_j}'}, r_{W_{A_j}}/p_{W_{A_j}'}\} \quad (2)$$

若 $M_{A_j} \in [M_1, M_2]$ ,则基于 $h_{e_j}$ 的裁剪满足比例尺限制要求。

不同图幅制图区域的面积需保持均衡,最优情形为所有幅面制图区域面积均相等。假设当前待裁剪的MST对应的制图区域面积为SumA,需分幅数量为 $N'$ ,则子区域 $A_j$ 面积需尽量接近 $\text{SumA}/N'$ 。本文规定,若子区域 $A_j$ 面积( $a_{A_j}$ )大于 $\beta \times \text{SumA}/N'$ ,则基于 $h_{e_j}$ 的裁剪满足图幅制图区域面积均衡要求。其中, $\beta$ 为常数,本文取 $\beta = 1.0$ 。假设基于 $h_{e_j}$ 的裁剪可获得子区域 $A_j$ ,若 $M_{A_j} \in [M_1, M_2] \wedge a_{A_j} > \beta \times \text{SumA}/N'$ ,则基于 $h_{e_j} \in h_E$ 的裁剪为一次可行裁剪,如图1(a)中裁剪连接A点的悬挂边。

## 2) 悬挂点合并

若  $MST_i$  中不存在可行裁剪,则需合并悬挂点。依据不同幅面制图区域面积均衡的原则,面积小的区域更可能与邻近子区域合并构成同一图幅的制图区域。因此,对于悬挂点集合  $h_V = \{h_{v_1}, h_{v_2}, \dots, h_{v_m}\}$ ,假设其对应的子区域为  $h_A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ ,集合  $h_A$  中面积最小的区域为  $A_{\min}$ ,则选择  $A_{\min}$  对应的节点  $h_{v_{\min}} \in h_V$  与其在  $MST_i$  中的邻近节点合并。

同时,需判断合并后构成的子区域是否满足要求。若合并后子区域不满足图幅比例尺限制要求,则说明合并无效。假设合并后子区域对应的最大比例尺为  $M_{\max}$ ,比例尺约束条件为  $[M_1, M_2]$ ,若  $M_{\max} > M_2$ ,则合并无效。此时,需从集合  $h_A$  中删除  $A_{\min}$ ,并再次选择集合  $h_A$  中面积最小的子区域  $A'_{\min}$ ,并将  $A'_{\min}$  对应的节点  $h_{v'_{\min}} \in h_V$  与其在  $MST_i$  中的邻近节点合并。如图 1(b) 所示,当前  $MST$  中不存在可行裁剪,则取对应子区域面积最小的悬挂节点  $E$  与邻近节点  $D$  合并构成节点  $DE'$ ,对应子区域会合并成一个新的区域,见图 1(c)。新区域的邻接长度与原来相比发生了变化,需基于变化后的邻接长度对  $MST$  进行更新,见图 1(c)。

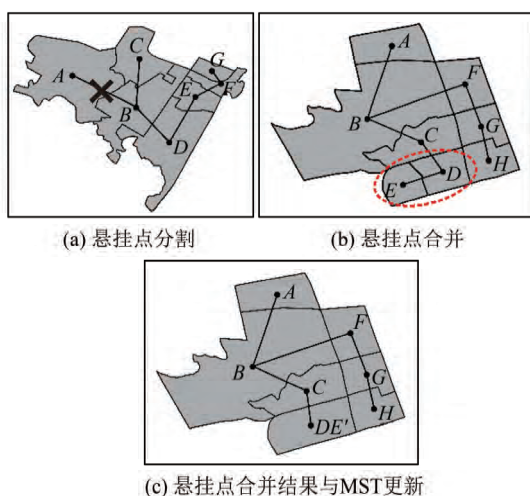


图 1 MST 的裁剪与合并

Fig. 1 Cutting and Merging of MST

### 1.3.3 MST 裁剪的回溯算法

若  $MST_i$  中存在多个可行裁剪,可依据裁剪后子区域  $A_j$  面积的大小,选择令  $A_j$  面积最大的裁剪。若  $MST_i$  中不存在可行裁剪,则需合并悬挂点,依据悬挂点  $h_{v_i}$  对应子区域  $A_i$  面积的大小,选择令  $A_i$  面积最小的节点,并将其与在  $MST$  上的邻近节点进行合并;另外,若  $MST_i$  中不存在可行裁剪和可供合并的悬挂点,可适当减小  $\beta$  值。因此,给定制图区域  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ,总面积为  $\text{Sum}A$ ;目标图幅数

量为  $N$ ,比例尺约束范围为  $[M_1, M_2]$ ,基于  $MST$  裁剪的回溯算法流程如下。

1) 设置  $i = 0$ ;针对制图区域  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  构建  $MST$ ,记为  $T_i$ ;  $T_i$  对应的子区域总面积记为  $\text{Sum}A_i$ ,设置  $\text{Sum}A_i = \text{Sum}A$ ;  $T_i$  的悬挂点集合为  $h_{V_i} = \{h_{v_1^i}, h_{v_2^i}, \dots, h_{v_m^i}\}$ ;面积均衡约束的参数  $\beta = 1.0$ 。

2) 搜索  $T_i$  中可行的裁剪操作,记为集合  $O_{S_i} = \{O_1^i, O_2^i, \dots, O_m^i\}$ 。

① 若  $O_{S_i}$  非空,选择裁剪后子区域  $A_j^i$  面积 ( $a_{A_j^i}$ ) 最大的裁剪  $O_k^i$ ;从集合  $O_{S_i}$  中删除  $O_k^i$ ;  $i = i + 1$ ;  $\text{Sum}A_i = \text{Sum}A_i - a_{A_j^i}$ ;更新  $T_i$ ;更新  $h_{V_i}$ ;  $\beta = 1.0$ ;转至步骤 3)。

② 若  $O_{S_i}$  为空,且  $h_{V_i}$  非空,则将  $h_{V_i}$  中对应子区域面积最小的节点  $h_{v_j^i}$  与其在  $MST_i$  中的邻近节点合并;

• 若基于  $h_{v_j^i}$  的合并为有效合并,更新  $T_i$ ;返回步骤 2)。

• 若基于  $h_{v_j^i}$  的合并为无效合并,则从  $h_{V_i}$  中删除  $h_{v_j^i}$ ,返回步骤 ②。

③ 若  $O_{S_i}$  为空,且  $h_{V_i}$  也为空,则  $\beta = \beta - 0.1$ ,返回步骤 2)。

3) 若  $i = N - 1$ ,则裁剪结束。

需要说明的是,当  $i = N - 2$  时,说明下一次裁剪后地图集分幅将结束。此时,该次裁剪是将  $T_i$  分割为两个子图,且两子图对应的子区域均需满足作为单幅地图制图区域的要求。因此,当  $i = N - 2$  时,下一次裁剪为可行分割的条件是裁剪后子图对应的子区域均满足构成单幅地图制图区域的要求,满足要求的约束条件定义见 § 1.3.2。

## 2 地图集分幅实验与讨论

### 2.1 地图集分幅实验

本文基于 ArcEngine 10.2,利用 C# 语言编码进行实验。选择武汉市汉阳区局部地图作为实验数据,该区域共包含 41 个面状社区单元。设置地图分幅数目为 25,比例尺约束为  $[4\ 000, 10\ 000]$ ,纸张尺寸为 16 开 ( $18.5\text{ cm} \times 26\text{ cm}$ ),比例尺计算结果不取整,基于  $MST$  裁剪对制图区域进行分幅,图 2(a) 为初始构建的  $MST$ ,图 2(b) 为分幅结果,不同图幅统计结果见表 2。由图 2(b) 和表 2 可知,利用本文的方法能有效将制图区域划分成 25 幅地图,分幅结果满足分幅数量要求和比例尺约束要求。同时,分幅结果的面积变异系数为 49.53%,比例尺变异系数为 25.95%,一定程度上能较好地保持不同图幅间

面积和比例尺的均衡。同时,选择图2(b)中的图幅6和图幅8进行分析,两图幅的子区域在视觉上较为邻近,利用本文方法会将相应的子区域划分至同一图幅,符合视觉认知。

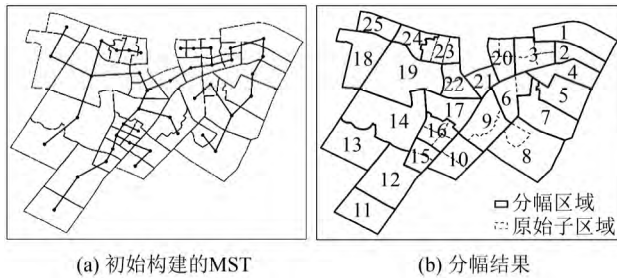


图2 初始MST的构建和分幅结果

Fig. 2 Initial MST and Result of Map Subdivision

表2 分幅结果

Tab. 2 Result of Map Subdivision

序号	面积/m <sup>2</sup>	比例尺分母
1	942 915.99	8 237.26
2	436 103.88	4 969.13
3	662 401.27	5 459.24
4	642 482.53	7 271.44
5	745 940.27	6 552.27
6	606 652.52	5 893.22
7	936 745.95	8 680.32
8	1 498 228.84	9 361.66
9	877 716.46	7 525.13
10	714 944.41	6 716.89
11	816 501.08	6 788.15
12	1 230 346.83	9 448.41
13	1 063 198.25	7 541.01
14	1 714 264.90	8 815.67
15	389 330.26	5 082.23
16	502 957.37	5 682.02
17	678 954.66	6 043.96
18	991 579.41	7 874.85
19	1 677 197.33	9 361.67
20	525 442.56	4 353.17
21	333 663.56	4 773.41
22	484 578.88	5 045.69
23	524 764.79	4 187.80
24	391 785.52	5 190.94
25	423 623.20	4 379.37
平均值	792 492.83	6 609.40
标准差	392 526.60	1 715.17
变异系数	49.53%	25.95%

## 2.2 讨论

实验结果表明,利用本文方法能较好地实现可变比例尺地图集的自动分幅。但是,制图目的、内容、区域往往多样,本文方法在实际应用过程中仍需考虑以下问题。

1)待分幅的区域中有时会存在较大面积的子区域。若将这些子区域作为单幅地图的制图区域,有

时会超过比例尺约束限制。实际分幅过程中,可在分幅前将这些较大面积的子区域提取出来单独处理。同时,制图过程中纸张尺寸往往并不只有一种,这类大面积子区域有时可用展开页表示。

2)地图分幅的图幅数量限制有时并非指定数目,而是范围,如[10,20]。此时,若利用本文方法进行分幅,可选择约束范围中值(如15)作为指定图幅数量进行分幅,分幅数量满足图幅范围限制要求即可。

3)制图区域子区域的邻接长度可能较长,如某子区域被邻近区域包含,这类子区域在分幅时需要与相应的邻近子区域划分至同一图幅。因此,可在分幅前将相应子区域合并。

## 3 结束语

为解决地图集的自动分幅问题,本文总结了地图集分幅的通用约束条件,并将地图集的分幅问题定义为图分割问题。考虑到分幅时需顾及的视觉邻近约束条件,将制图区域用MST关联起来,利用回溯算法在约束条件控制下对MST裁剪,实现了地图集的自动分幅,分幅结果满足制图要求。同时,利用本文方法,笔者团队开发了相应的地图集分幅设计工具,并将其应用到《武汉市汉阳地区地名图集》等图集的制作中,未来将结合实际生产需要,研发界面友好、操作简单的地图分幅设计工具。

## 参考文献

- [1] 何宗宜,宋鹰.普通地图编制[M].武汉:武汉大学出版社,2015
- [2] 郭永慧.基于城市空间结构特点的影像地图集分幅研究[J].地理空间信息,2008,6(6):120-123
- [3] 肖剑平,刘美春.浅析城市地图集图幅设计[J].地理空间信息,2014,12(3):154-156
- [4] 陈胜,黄挺,王长虹.带状地形图连续排版分幅软件设计[J].智能城市,2019,5(24):40-41
- [5] 韦强,黄磊.基于ArcGIS分幅制作及输出使用林地现状图的方法研究[J].林业调查规划,2017,42(2):9-15
- [6] 武芳,巩现勇,杜佳威.地图制图综合回顾与展望[J].测绘学报,2017,46(10):1645-1664
- [7] 魏智威,郭庆胜,颜芬,等.顾及视觉规律的行政区划图自动着色回溯法[J].测绘学报,2018,47(3):396-402
- [8] 刘晓君,颜耀文,梁东旭,等.基于地图视觉感受的《兰州城市历史变迁图集》的设计[J].测绘地理信息,2018,43(4):120-123
- [9] 郭庆胜,魏智威,王勇,等.特征分类与邻近图相结合的建筑物群空间分布特征提取方法[J].测绘学报,2017,46(5):631-638

收稿日期:2020-11-01

第一作者:魏智威,博士,助理研究员,主要从事空间数据处理与可视化。E-mail:2011301130108@whu.edu.cn