

引用著录:魏嘉,郭庆胜,魏智威,等.专题地图图面要素自动配置方法的研究[J].测绘工程,2017,26(10):12-17.

DOI:10.19349/j.cnki.issn1006-7949.2017.10.003

## 专题地图图面要素自动配置方法的研究

魏 嘉,郭庆胜,魏智威,柳其志,刘 洋

(武汉大学 资源与环境科学学院,湖北 武汉 430079)

**摘 要:**实现地图图面要素配置的自动化是地图制图自动化中的一个重要部分,能够帮助制图人员提高制图效率。文中在分析国内外有关研究成果的基础上,利用地图图面配置规律和视觉平衡理论,提出一种自动搜寻地图图面要素合适位置的方法。该方法从专题地图生产的实际需要出发,考虑了纸张大小和地图比例尺等因素,用矩形框表示图面要素的大小和位置,简化设计过程。最后,在 CorelDRAW 环境下,利用 VBA 技术实现文中所提出的方法。该软件提供了多种地图图面要素配置模板供地图设计人员选择,能进行地图图面要素位置的自动冲突探测,可以为地图设计人员提供一个标准化地图图面配置模板。

**关键词:**图面配置;自动化;视觉平衡;冲突探测

中图分类号:P208

文献标识码:A

文章编号:1006-7949(2017)10-0012-06

## On the method of automatic thematic map layout

WEI Jia, GUO Qingsheng, WEI Zhiwei, LIU Qizhi, LIU Yang

(School of Resource and Environment Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Realizing automatic map layout is important to the automation of cartographic mapping, which can help cartographers improve their mapping efficiency. Based on the analysis of both domestic and foreign relevant research results, this paper puts forward a method of searching appropriate location for map elements automatically using the rules of map layout and visual balance. This method, based on the actual needs of thematic map production, considers the paper size and the map scale, and simplifies the design process by using rectangles to represent map elements. Finally, the method proposed in this paper by using VBA technology is realized in the CorelDRAW environment. This software provides a variety of map layout templates for map designers to choose and to detect the conflicts between map elements, which provides a standardized map layout template.

**Key words:** map layout; automation; visual balance; conflict detection

随着计算机技术、对地观测技术、地理信息系统技术等的快速发展,地理信息服务已经快速融入人们的生活。地图作为地理信息服务产品的主要形式之一<sup>[1]</sup>,人们对其的种类和数量的需求越来越高。因此,地图设计是一个非常重要的任务,特别是专题地图的设计。地图图面要素的自动配置就是提高专题地图设计效率的一个关键。地图图面要素配置,就是要充分利用地图幅面,针对图名、图

廓、图例、附图、附表、比例尺及各种说明的位置、范围大小及其形式的设计;对于具有主区的地图,它还包括主区范围在图面上摆放位置的问题<sup>[2-4]</sup>,是地图制图中的一个重要部分,也是地图输出过程中的关键环节,因此实现地图图面要素配置自动化对制图自动化具有促进作用。

自动化制图研究在国外始于 20 世纪 50 年代初,到 70 年代进展显著。许多学者在地图图面要素配置自动化方面做了大量的研究工作,例如:地图图幅自动整饰<sup>[5-11]</sup>;强调主图与插图、图名、图例、比例尺等要素的组合关系应给人以平衡的视觉感受,并把视觉平衡计算引入地图图面设计评价中<sup>[12-17]</sup>;

收稿日期:2016-09-09

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41471384);安徽省国土资源科技项目(2015-k-17)

作者简介:魏 嘉(1992—),女,硕士研究生。

专题地图设计模式研究<sup>[18]</sup>。另外,视觉平衡的理论研究和在其他领域的类似应用也可借鉴<sup>[19-21]</sup>。但是,地图图面要素配置过程中的构图平衡定量分析研究比较少,同时,好的地图图面配置还需要考虑纸张尺寸以及主图比例尺等问题。常见的地理信息系统制图平台有国外的 ArcGIS 和国内的 MapGIS,但是在地图图面要素配置方面,这些软件需要大量的人工手动交互操作,自动化程度低。CorelDRAW 软件是现在业内普遍接受和使用的地图制图和出版软件,但其是一款平面设计软件,并非一款地理信息系统软件,自身设计的功能并不能完全满足地图制图的需求,在地图图面配置方面存在很多不足,并不能为用户提供自动实现地图图面要素配置的功能。针对专题地图生产的需要,本文在 CorelDRAW 环境下,利用 VBA 技术实现了地图图面要素配置的自动化,基本思想为:将地图图面要素配置问题与纸张大小和地图比例尺关联起来,在对地图主图进行合适的缩放并移位至内图廓中心后,用矩形框表示图名、图例、比例尺等图面要素的

位置和大小,将矩形框放置在地图图面不同的位置,按照地图图面要素配置的规则 and 知识,对地图设计人员选定的地图模板中的地图图面要素的合适位置进行自动搜寻,并用视觉平衡评价模型使得图面要素配置尽量达到视觉平衡,以提高地图设计人员的工作效率,节省制图时间。

## 1 地图图面要素配置的规则

地图图面配置需要分析图面要素,本文重点考虑的图面要素主要包括主图、图名、图例、比例尺和附图。地图图面要素配置时,要注意这些图面要素的位置和大小问题,同时还应保证它们的配置符合视觉平衡要求。

本文在配置地图图面要素时,用矩形框表示各图面要素的范围,矩形框的位置和大小可以根据制定的规则确定,规则如表 1 所示。表 1 中, $H$  和  $W$  分别表示图幅的高度和宽度; $h$  和  $w$  分别表示单个图面要素矩形框的高度和宽度; $r$  和  $l$  分别表示图例符号的行数和列数。

表 1 地图图面要素配置规则<sup>[2-4]</sup>

位置		大小
图名框	北图廓与纸张上边之间的距离大于图幅高度的 $1/10$ 时,图名框位于北图廓外居中位置,否则图名框位于图内左上角或右上角,可以横排或竖排	图名横排时, $h = H/15$ ,图名字数较少时, $w = W \times 50\%$ ;图名字数中等时, $w = W \times 60\%$ ;图名字数较多时, $w = W \times 70\%$ ;图名竖排时, $w = W/10$ ,图名字数较少时, $h = H \times 50\%$ ;图名字数中等时, $h = H \times 60\%$ ;图名字数较多时, $h = H \times 70\%$
图例框	一般放在图的下方	$h = r \times 15 \text{ mm}$ , $w = l \times 60 \text{ mm}$ ,也可由用户确定
比例尺框	一般放在图例下方,也可放在图幅下方中央或图廓内图名下	$h$ 和 $w$ 值由用户指定
附图框	图幅内较空的地方,多放于图廓内四角处	$h$ 和 $w$ 值由用户指定

由表 1 中的规则计算出的图面要素矩形框的大小只是一个推荐值,后期用户在对图名、图例等图面要素进行详细设计时,应使图面要素均匀填充在每个矩形框中,添加的过程中可以根据需要将矩形框稍微放大或缩小,但更改后的矩形框不能与原矩形框的尺寸相差太多。

所谓“视觉平衡”就是指按一定原则摆布各图形要素的位置,使之看起来匀称合理。在图面配置时,应利用图名、图例、附图、插图,以及多幅地图的位置、尺寸、结构和色彩来达到整幅地图视觉上的平衡。

实现平衡有两个影响因素:视觉重力和视觉方向。地图上的图形,由于所处的位置及图形本身的大小、颜色、结构及其背景的影响,给人轻重不同的感觉,这就称为视觉重力。感觉实验证明,同一个

图表,位于视觉中心上方比位于视觉中心下方重一些,位于视觉中心左侧比位于视觉中心右侧重一些,距离视觉中心越远,显得越重。另外,大图形比小图形显得重;颜色对视觉冲击越强显得越重;复杂紧凑的图形比简单松散的图形重;背景孤立的图形比混杂的图形重。读者阅读地图的习惯是有方向性的,通常其视线从左上方进入,扫视全图后从右下方退出。这个进入点和退出点都是视觉上的重点。因此往往把图名置于地图的左上方,把图例置于右下方<sup>[4]</sup>。

## 2 地图图面要素自动配置的方法

传统的地图图面要素配置需要地图设计人员根据自己的地图设计知识和经验对图名、图例、比例尺和附图等要素的位置进行选择和调整,当设计

人员没有足够的地图设计经验时,就要花费大量的时间来形成一个规范、美观的地图图面要素配置方案。

在地图图面要素配置的过程中,需要考虑纸张大小和地图比例尺因素,这里用矩形框代表了图名、图例、比例尺等地图图面要素的大小和位置,然后,结合地图图面要素配置的规则,计算出不同地图图面要素的尺寸大小、位置,并使地图图面协调。

另外,可以通过建立视觉平衡评价模型来评价生成的版式是否达到了视觉平衡效果,并且通过对矩形框的大小和位置进行微调使图面尽量达到视觉平衡。

地图图面要素与地图主图之间的冲突需要进行探测,若地图图面要素与地图主图交叉,则自动搜寻合适位置,进而为用户提供更为规范、美观的地图图面要素配置模板。

下面重点讨论3个技术问题:①通过建立视觉平衡评价模型来实现地图图面要素配置过程中构图平衡的定量分析;②将地图图面要素配置与纸张大小、比例尺因素关联起来并实现地图主图的移位;③地图图面要素的自动冲突探测及合适位置的自动搜寻。

## 2.1 视觉平衡

长期以来,地图设计人员基本依靠自己的地图设计知识和经验来评估地图图面的视觉平衡,不同的地图设计人员得到的结论也不统一,没有一个能够评估地图图面是否达到视觉平衡的依据,基于此,本文将地图图面要素配置中的视觉平衡的定性评估转化为定量评估的问题。由于整个地图图面的中心位置是一个特殊的区域,可以吸引更多读者的注意力,所以在图面中心区域的要素通常更为重要且更具吸引力,根据这个原理,设计者通常通过将要素位置移向界面中心和增加要素视觉重量来强调该要素,所以在要素视觉重量与离心距之间存在一个潜在的互补效应。根据这个效应,可以使用一个由力学平衡发展而来的视觉平衡模型来评价地图图面要素布局是否达到了视觉平衡,即用视力矩作为度量来计算图面中心线两边的平衡程度。其中,视力矩为各个要素的视觉重量和离心距之间的乘积。离心距为各个矩形框视觉中心到图面视觉中心的距离<sup>[19]</sup>。因图形区域的视觉中心是一个位于其几何中心略微上方的点,对于分布均匀的图元来讲,几何中心和视觉中心近似重合,因此本文中将图面的几何中心视为视觉中心。另外,心理学研究表明:人的视线在一个既定的平面内注意力的

分布不均衡,注意力最大的是上部、左部和中上,视觉注意力在平面中的分布如图1所示<sup>[20]</sup>。

40%	20%
25%	15%

图1 视觉注意力在平面中的分布

本文采用文献[19]中的视觉平衡评价模型,该文献将要素的视觉重量定义为要素的面积,而马俊等学者将要素的视觉重量定义为要素面积与要素视觉密度的乘积,考虑了要素的颜色、形状和位置对要素视觉重量的影响<sup>[17]</sup>,因此本文对文献[19]中的模型进行了改进,由于本文用没有颜色和图案填充的矩形框代表各个图面要素,所以要素的视觉重量只考虑矩形框的大小和位置对其的影响,所以将每个要素的视觉重量定义为它的面积大小与其所在图面的位置所占视觉注意力百分比的乘积。将地图图面按其水平中心线和竖直中心线分别分为上、下部分和左、右部分。

视觉平衡评价模型为

$$u = \sqrt{(V_{L(T)}/V_{R(B)} - 1)^2}.$$

其中, $g_i = s_i * p_i$ ;

$$V_j = \sum_i^{n_j} g_i * d_i, j = L, R, T, B.$$

式中: $u$ 为视觉平衡的程度; $L, R, T, B$ 分别表示地图图面竖直中心线的左、右部分和水平中心线的上、下部分; $V_j$ 表示位置 $j$ 所有要素的视力矩之和; $n_j$ 表示位置 $j$ 的图面要素; $g$ 表示图面要素的视觉重量; $d$ 表示图面要素的离心距; $s$ 表示图面要素矩形框的面积; $p$ 表示图面要素所在图面位置视觉注意力的百分比。

视觉平衡达到的条件是图面中心线的上、下部分和左、右部分的要素视力矩相互抵消,即 $u=0$ ,但实际过程中达到绝对的视觉平衡是几乎不可能实现的,所以当 $u$ 的值越小时,其在视觉上越平衡。本文在图面配置过程中,尽可能将 $u$ 的值最小化,以使图面尽量达到视觉平衡的效果。

## 2.2 主图移位

好的地图图面要素配置需要综合考虑纸张尺寸、主图大小与内容、地图比例尺及地图图面要素等。本文在研究地图图面要素配置的基础上,将它与纸张尺寸和地图比例尺关联起来,在地图图面要素配置之前为地图设计人员提供多种纸张尺寸,在

纸张上自动生成最大制图范围并且可以自行设定内图廓的范围。在地图比例尺方面,设计了为地图设计人员自动计算该纸张大小下主图能够缩放的最大比例尺的功能,使地图设计人员在不确定主图

缩放后比例尺的情况下能够参考最大比例尺进行合适比例尺的选取,最终将缩放后的主图移至内图廓的中心位置。主图缩放移位的流程如图 2 所示。

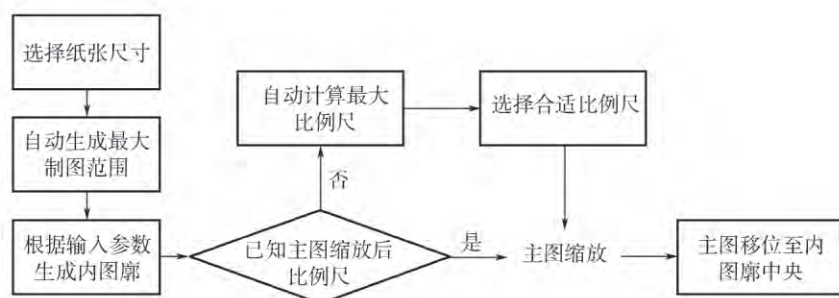


图 2 主图缩放移位流程

### 2.3 图面要素冲突探测

当地图设计人员在提供的地图配置模板库中选择了一种模板时,就会在地图图面上生成相应的版式,但是同一图面配置对于不同的主图来说可能存在地图图面要素与主图发生冲突的现象,本文为了使图面要素矩形框不与主图发生交叉现象,对这些图面要素矩形框进行了冲突探测,判断其与主图是否交叉,若交叉,则通过缩小要素矩形框的尺寸并将其向远离主图的方向移动一定的距离的方式

为它们进行合适位置的自动搜寻,在缩小图面要素矩形框尺寸的过程中设置了每个图面要素矩形框尺寸的最小阈值,当矩形框的尺寸小于该阈值时,说明图面配置规则已被破坏,此时提示用户该模板不适用于该主图,建议选择另一种模板,并对新的模板重复以上冲突探测及要素合适位置搜寻的过程。这里以图例为例,图 3 说明图例的合适位置自动搜寻的流程。

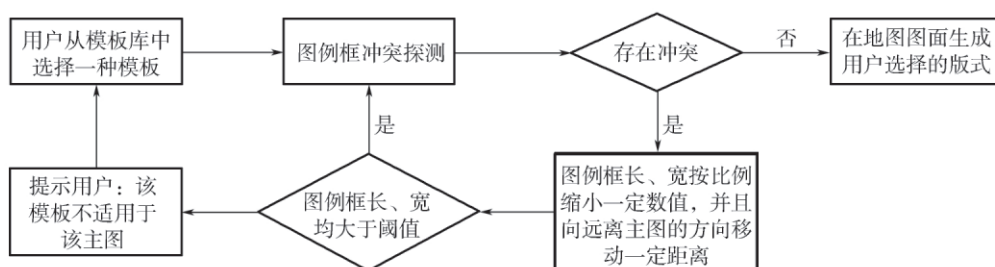


图 3 图例合适位置自动搜寻流程

## 3 实验验证与分析

本文在 CorelDRAW 软件环境中,利用其自带的 VBA 进行二次开发,实现地图图面要素配置的自动化。

实验软件的主界面设计如图 4 所示。

实验中为地图设计人员提供了多种纸张尺寸:大全开(889 mm×1 194 mm),全开(787 mm×1 092 mm),小全开(720 mm×1 020 mm)以及大全开和全开分别对应的对开、四开、八开、十六开和三十二开。最大制图范围设置为:纸张上部预留 15 mm,左右和下部各预留 5 mm。通过地图设计人员输入内图廓范围、主图现比例尺、缩放后比例尺并选定主图所在的图层,可以将主图进行缩放移

位。以安徽省政区图为例将其主图进行缩放移位,实验效果如图 5 所示。

图 5(a)为主图缩放移位前,其纸张尺寸为:841 mm×1 189 mm,主图比例尺为 1:80 万;图 5(b)为主图缩放移位后,纸张尺寸为小全开:720 mm×1 020 mm,主图比例尺设置为 1:70 万(自动计算出的主图最大比例尺为 1:66.3 万),其最外层矩形框表示纸张大小,中间的矩形框为自动生成的最大制图范围,最内层的矩形框为用户自定义范围的内图廓(内图廓上部与纸张上部间距 30 mm,左、右、下部分别与纸张左、右、下部间距 10 mm)。

地图模板设计界面如图 6 所示。通过结合地图图面要素配置规则设计了多种地图要素配置模板,



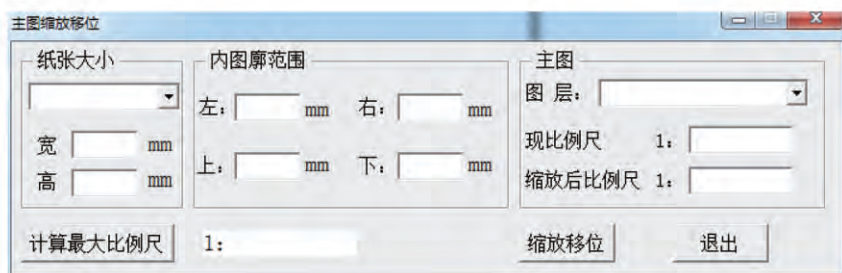


图 4 主界面

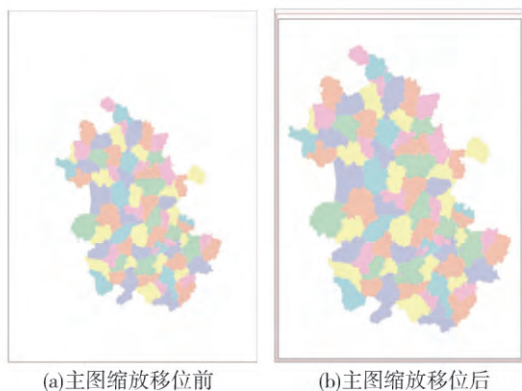


图 5 主图缩放移位前后效果图

将这些模板存放在模板库中,地图设计人员可根据需要选择要添加的版面要素,如需添加附图时可以选择附图个数。此时,程序推荐对应的地图图面要素配置模板供用户选择。

在生成版式前,用户需输入图名字数、图例符号总数及列数、比例尺的高度和宽度,如有附图则需输入每个附图的高度和宽度,然后选择一个地图图面要素配置模板,并将其应用在一个主图上,程序可以根据制定的规则自动计算各要素矩形框的大小,并在图面相应位置生成对应的矩形框,然后对图面要素进行冲突探测,将与主图发生重叠的要



图 6 地图模板设计界面

素矩形框缩小一定的尺寸并移动小段距离,直至其与主图不发生冲突,当要素矩形框的尺寸缩小至小于设定阈值时,提示用户更换一种模板,效果如图 7 所示。

图 7(a)为最终要素不与主图发生冲突的合适模板,根据本文使用的视觉平衡评价模型,该模板水平中心线上下部分的  $u=0.088$ ,竖直中心线左、右部分的  $u=0.084$ ,视觉平衡效果较好。在另一主图上使用该模板时,由于图名缩小至长、宽值小于设定的阈值,没有遵守图面配置规则,故不适用于该主图,提醒用户可以选择其他的模板,如图 7(b)所示。

#### 4 结束语

本文从地图主图的缩放移位,到地图图面要素配置模板的设计以及图面要素合适位置的自动搜

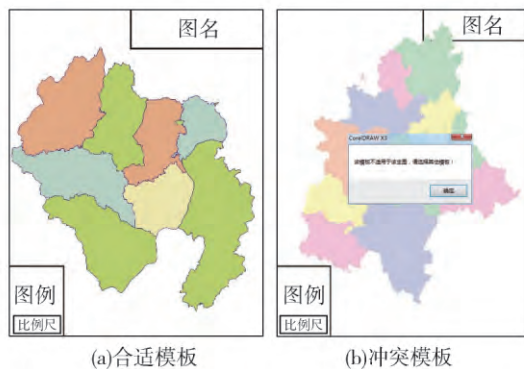


图 7 模板生成效果图

寻都进行了详细研究,实现了地图图面要素配置的自动化。在地图图面要素配置模板设计的过程中,

考虑了地图图面配置的基本规则,实现视觉平衡从定性分析到定量评价的转变,不仅使得地图图面要素的配置更加专业、美观,同时也提高了制图效率,节约制图时间,对地图制图有一定的促进作用。

#### 参考文献:

- [1] 王家耀. 信息化时代的地图学[J]. 测绘工程, 2000, 9(2): 1-5.
- [2] 何宗宜. 普通地图编制[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2015.
- [3] 祝国瑞. 地图设计与编绘[M]. 2 版. 武汉: 武汉大学出版社, 2010.
- [4] 黄仁涛. 专题地图编制[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- [5] 樊文有, 曾文. GIS 制图中标准图框的机助生成[J]. 地球科学, 1998, 23(4): 379-382.
- [6] 朱蕊, 孙群, 肖强, 等. 数字地图制图中地形图整饰的自动实现[J]. 测绘工程, 2011, 20(4): 39-41.
- [7] 蔡忠亮, 胡英. 地形图整饰自动化[J]. 地图, 1998(4): 17-21.
- [8] 杨德严, 赵俊三, 李红波, 等. 地图图幅整饰自动化技术[J]. 计算机工程, 2011, 37(22): 279-280.
- [9] 毕旭东, 李永树. AE 环境下宗地图自动生成模块的设计与实现[J]. 测绘工程, 2009, 18(1): 42-44.
- [10] 王腾飞, 祝若鑫, 周伟强, 等. 基于改进中线法的电子海图岛屿面状注记自动配置研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2016, 39(10): 59-61, 66.
- [11] 刘禹鑫. 地图整饰要素的数据库管理与应用[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2013.
- [12] 俞连笙. 略论地图图面要素的组织[J]. 测绘通报, 1992(2): 20-24.
- [13] 石英. 浅谈地图设计中应注意的几个问题[J]. 测绘与空间地理信息, 2011, 34(4): 214-215.
- [14] 毛玉柱, 宋国民, 李海洋, 等. 信息时代的地图美学研究[J]. 测绘工程, 2010, 19(4): 56-59.
- [15] 曹一冰, 付洪贝, 潘志超. 地图设计中的美学研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2011, 34(1): 231-233.
- [16] 阮晴, 阮戟. 视觉艺术与地图设计[J]. 地理空间信息, 2004, 2(2): 39-40.
- [17] 马俊, 王光霞, 崔秀飞, 等. 采用力矩平衡原理建立地图视觉平衡模型[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2013, 38(1): 116-120.
- [18] 马俊, 王光霞, 孙卫新, 等. 专题地图智能化快速规格设计模式研究[J]. 测绘地理信息, 2012, 37(1): 30-32.
- [19] ZHOU L, XUE C Q, TOMIMATSU K. Research of Interface Composition Design Optimization Based on Visual Balance[M]. Practical Applications of Intelligent Systems. Springer Berlin Heidelberg, 2014: 483-493.
- [20] 马建华. 版式设计中的视觉流程[J]. 包装工程, 2008, 29(6): 191-193.
- [21] GERSHONI S, HOCHSTEIN S. Measuring pictorial balance perception at first glance using Japanese calligraphy[J]. Journal of Surgical Research, 2011, 171(1): 212-217.

[责任编辑:张德福]

#### (上接第 11 页)

- [5] HODGETTS C J, HAHN U, CHATER N. Transformation and alignment in similarity [J]. Cognition, 2009, 113(1): 62-79.
- [6] 巩现勇, 武芳. 城市建筑群网格模式的图论识别方法[J]. 测绘学报, 2014, 43(9): 960-968.
- [7] 巩现勇, 武芳, 钱海忠, 等. 建筑群多连通直线模式的参数识别方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(3): 335-339.
- [8] 田晶, 熊富全, 方华强, 等. 一种新的近似平行沟渠群的典型化方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(12): 1452-1456.
- [9] 张浩. 城市双线道路识别与匹配方法研究[D]. 郑州: 信息工程大学, 2016.
- [10] 王家耀, 陈毓芬. 理论地图学[M]. 北京: 解放军出版社, 2000: 35-58.
- [11] CHEN Lin. The Topological Approach to Perceptual Organization [J]. Visual Cognition, 2005, 12(4): 553-637.
- [12] 刘慧敏. 地图空间信息量的度量方法研究[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [13] 刘慧敏, 樊子德, 邓敏, 等. 地图上等高线空间度量的层次方法研究[J]. 测绘学报, 2012, 41(5): 777-783.
- [14] 刘慧敏, 邓敏, 樊子德, 等. 地图上居民地空间信息的特征度量法[J]. 测绘学报, 2014, 43(10): 1092-1098.
- [15] DENG Min, CHENG Tao, CHEN Xiaoyong, et al. Multi-level Topological Relations Between Spatial Regions Based Upon Topological Invariants [J]. Geoinformatica, 2007, 11(2): 239-267.
- [16] 倪晓东. 基于空间几何原理的空间前方交会改进算法[J]. 测绘工程, 2016, 25(6): 33-36.

[责任编辑:李铭娜]