

# 采用力矩平衡原理建立地图视觉平衡模型

马俊<sup>1,2</sup> 王光霞<sup>1</sup> 崔秀飞<sup>1,3</sup> 齐晓飞<sup>1</sup>

(1 信息工程大学地理空间信息学院,郑州市陇海中路 66 号,450052)

(2 61363 部队,西安市,710054)

(3 65014 部队,沈阳市,110027)

**摘要:**提出了一种基于力矩平衡原理的视觉平衡模型,该模型将定性的评估转化为定量的评估方法。基于 C# + ArcGIS Engine 平台,利用 3 幅代表性的地图作为实验用图,证明视觉平衡模型的计算结果与用户的视觉感受一致。

**关键词:**力矩平衡;视觉重力矩;视觉密度;视觉平衡  
**中图分类号:**P283.1

地图设计中,视觉平衡是按一定原则编排地图上的图形单元,使之达到合理、生动的一种视觉效果<sup>[1]</sup>。地图的图面设计不仅包括主区的构图,而且涉及图名、图例、附图、比例尺等图外要素的位置、范围以及形式的设计。如何在满足不同功能需求用户个性化定制的同时,保持地图易阅读、美观的基本特点,图面各种要素的配置就必须满足视觉平衡的要求<sup>[2-5]</sup>。以往对视觉平衡的评估基本是地图设计者依靠长期的经验定性判断是否达到视觉平衡,经常会出现不同设计者结论不统一的现象,甚至设计者对自己的评估结果无法寻找依据。基于此,本文提出了一种基于力矩平衡原理的视觉平衡模型,该模型将定性的评估转化为定量的评估方法。

## 1 基于力矩平衡模型的视觉平衡模型

### 1.1 视觉平衡模型构建

影响一幅地图视觉平衡的因素主要是各个图元的视觉重量和读者浏览地图的方向习惯<sup>[1]</sup>。视觉重量是一种视觉效果,根据众多的感受实验证明,视觉重量与距离视觉中心的距离、图形尺寸、色彩对视觉冲击强度、图形的复杂度成正比,根据大多数用户习惯,视觉进入点(地图左上角)和退出点(右下角)两个部分具有较大的视觉权

重<sup>[1,6-7]</sup>。

根据上述影响视觉重量的规律,兼顾力矩模型可知,视觉重量的影响因子和视觉重量之间的比例关系与力矩的函数关系非常类似,并且专题地图中各个图元满足以下条件:①图元之间不能交叉、不能挤压扭曲,具有各种不同形状而且不能简化为点状,即各个图元类似物理学中的刚性物体。②各个图元可以围绕垂直于图面的虚拟 X 轴模拟转动。③虚拟 X 轴不用分析其受力情况。

因此,视觉重量满足力矩平衡模型的应用条件,即视觉平衡模型可以用轴力矩平衡模型来模拟。兼顾视觉平衡规律,对视觉重量的定义进行拓展后提出视觉重力矩的概念:各个图元的视觉重力矩是决定一幅地图整体是否达到视觉平衡的直接因素,绝对值为图元的视觉重力乘以原点到该图元视觉中心的距离,其中视觉重力为图元面积与视觉密度的乘积,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<sup>[1]</sup>。对于 Y 轴正方向部分的视觉重力矩为正,相反为负。本文以交通图最常用的版式为例对视觉平衡模型进行构建,如图 1 所示。

视觉平衡模型即是通过计算 4 个区的视觉重力矩(vision gravity moment)来评价地图中各个

收稿日期:2012-11-11。

项目来源:国家自然科学基金资助项目(41071297)。

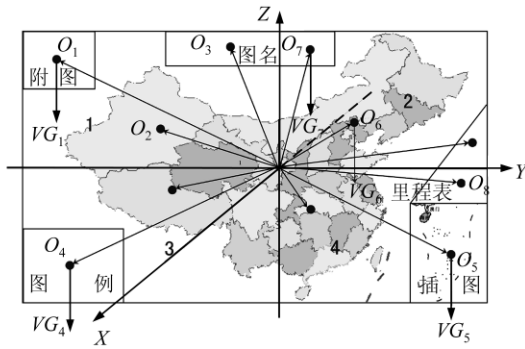


图 1 交通图版式视觉平衡模型构建  
Fig.1 Layout Visual Balance Model

图元整体是否达到视觉平衡。图中 Y、Z 坐标轴将图面分为 4 个区, Y 轴、Z 轴位于地图平面内, X 轴为垂直于地图平面且向读者方向为正方向。O<sub>i</sub> 为图元的视觉中心点, 其中 O<sub>0</sub> 点为地图的视觉中心点。此模型以 X 轴为(虚拟)转动轴,  $\vec{L}_i$  为地图视觉中心点到图元视觉中心点的距离, 方向从 O<sub>0</sub> 指向 O<sub>i</sub>。各个图元的视觉重力矩分别记为  $vm_i (1 \leq i \leq n)$ , 4 个区的视觉重力矩分别记为  $VM_i (1 \leq i \leq 4)$ 。根据视觉重力矩的定义, 可得视觉重力矩的函数模型为:

$$\begin{cases} \vec{VG}_i = S_i \times \rho_i \\ |vm_i| = \vec{VG}_i \times \vec{L}_i \\ VM_i = \sum_{i=1}^n vm_i \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $1 \leq i \leq n$ ;  $\vec{VG}_i$  是第  $i$  个图元的视觉重力, 其大小为第  $i$  个图元的面积  $S_i$  与第  $i$  个图元的视觉密度  $\rho_i$  的乘积, 其方向沿 Z 轴的负方向, 视觉密度  $\rho_i$  可由统计实验得出;  $vm_i$  是专题地图中第  $i$  个图元相对于转动轴 X 的视觉重力矩, 根据视觉重力矩的定义, 其绝对值为视觉重力  $\vec{VG}_i$  与距离  $\vec{L}_i$  的乘积, 并且在第 2、4 区为正, 在第 1、3 区为负。

使用视觉平衡模型评价地图整体是否达到视觉平衡的步骤分别如下。

1) 计算  $R_1$  和  $R_2$ , 则有:  $R_1 =$

$$\left| \sum_{i=1}^4 VM_i \right| / \max |VM_i|, R_2 = (\max |VM_i| - \min |VM_i|) / \max |VM_i|.$$

2) 分别比较  $R_1, R_2$  与阈值  $P_1, P_2$  的大小(其中阈值  $P_1, P_2$  由大量实验计算统计得出, 下文将详细阐述), 如果  $R_i < P_i (i=1, 2)$ , 则认为达到指标, 相反则没达到指标。如果  $R_i < P_i (i=1, 2)$  都成立, 则可认为该地图达到视觉平衡, 如果任何一个不成立则认为该地图未达到视觉平衡<sup>[1]</sup>。

### 1.2 视觉平衡模型参数确定

一幅地图使用上述视觉平衡模型的一个难点在于如何确定模型中的参数, 只要将各个参数确定后代入函数模型即可得出计算结果。视觉平衡模型的重要参数为: 图元的面积  $S_i$ 、视觉密度  $\rho_i$ 、原点到图元中心的距离  $\vec{L}_i$  和阈值  $P_1, P_2$ 。其中  $S_i$  和  $\vec{L}_i$  可以通过 ArcGIS Engine 中的函数或属性求得, 例如,  $S_i$  可由 IArea Interface 中的属性 Area 得出<sup>[8]</sup>, 但是视觉密度和阈值必须通过大量的问卷调查和统计实验得出。

#### 1) 视觉密度

确定视觉密度的主要思路是制定不同图元的视觉密度统计表, 对不同人群进行统计实验, 得出适合各种地图的普适视觉密度参考表。经过归纳可将视觉密度的影响因子归结为图元的颜色、形状和位置。因为颜色的种类太多而无法列出各种颜色的视觉密度, 采用统计 RGB 色彩空间中各个原色的视觉密度来合成任意颜色的视觉密度; 虽然专题地图中几何形状千姿百态, 但是可以分为规则几何图形和不规则几何图形两类, 例如图例、图名、里程表、插图的轮廓都是规则的几何图形, 主图轮廓就属于不规则几何图形; 对于专题地图中各个图元的位置可以大致分为如表 1 中的 5 类。对不同种类地图设计人员进行视觉密度问卷调查统计后, 可得各个视觉密度影响因子的平均值如表 1 所示。

表 1 视觉密度影响因子平均值  
Tab.1 Average of Visual Density Factor

颜色密度比值 CP	形状密度比值 SP	位置密度比值 LP
CP <sub>R</sub> $\frac{33}{255}$	轮廓是规则几何图形 SP <sub>SR</sub>	13 左上 LP <sub>LT</sub> 33
	轮廓是不规则几何图形 SP <sub>SA</sub>	10 左下 LP <sub>Lb</sub> 29
CP <sub>G</sub> $\frac{28}{255}$	内部为纯色 SP <sub>ISC</sub>	5 右上 LP <sub>RT</sub> 26
CP <sub>B</sub> $\frac{25}{255}$	内部为图形 SP <sub>IG</sub> (复杂度)	一级 3 右下 LP <sub>RB</sub> 31
		二级 6 中部
		三级 8 LP <sub>C</sub> 20

根据表 1 中影响因子的平均值, 视觉密度的计算规则为: 颜色因子占总值的 35%, 形状因子占 30%, 位置因子占 35%。任意一种颜色的视觉密度即可用该颜色的 RGB 值分别乘以对应的比值, 颜色中如有  $n$  种原色就在各种原色比值后面乘以  $1/n$ , 如  $CP = (R \times CP_R + G \times CP_G + B \times CP_B) / 3$ 。对于形状密度比值和位置密度比值只需根据图元的归属情况从上表中选取相应的比值

即可。

取  $1 \text{ cm}^2$  为单位面积,符号、字母、汉字、线划都称为图形,则本文图形内部复杂度的计算规则为:单位面积图形数  $\geq 2$ ,则其复杂度属于三级; $2 >$  单位面积图形数  $\geq 1$ ,则其复杂度属于二级; $0 <$  单位面积图形数  $< 1$ ,则其复杂度属于一级,各级复杂度的形状密度比值如表 1 所示。对于其他形状密度比值和位置密度比值,只需根据图元的归属情况从表 1 中选取相应的比值即可。

## 2) 阈值 $P_1$ 、 $P_2$ 计算统计

地图版式对视觉平衡模型的计算结果有直接的关系,并且不同版式的地图其使用方式不同(例如图外要素比较齐全的版式常用于挂图,相反图册的版面设计中图外要素的配置方式就比较简单),这对用户在视觉平衡感受过程中也有影响。因此,不同版式的地图其视觉平衡模型需设定的阈值也不同。对各种类型地图版式的分析总结可知,主图都在图幅中央位置,根据图面辅助元素的多少和分布差异,地图版式基本有“X形”、“对角线形”、“一字形”、“三角形”和“一点形”(图 2)。根据统计学中质量控制理论,选取涵盖所有种类、满足一定数量且问卷调查中达到指标的地图样本,其平均值可作为评判其他地图样本的依据<sup>[9]</sup>。此实验针对不同的版式,分别选取问卷调查中具有此版式并且所有调查人员都认为能达到视觉平衡的 40 幅地图样品,样品涵盖所有使用形式的地图,即包括不同的挂图、桌面用图和地图

册。使用上文的视觉平衡模型进行计算得出  $R_1$  和  $R_2$  并对各种版式分别求其平均值,以此平均值作为阈值,结果如表 2 所示。



图 2 地图版式示意图

Fig. 2 Sketch of Map Page Layout

表 2 不同地图版式视觉平衡阈值表

Tab. 2 Threshold Tab of Different Map Page Layout Visual Balance

版式	$P_1$	$P_2$
“X形”	4.23%	15.12%
“对角线形”	5.01%	18.69%
“一字形”	4.54%	19.51%
“三角形”	7.37%	21.36%
“一点形”	8.81%	20.48%

## 2 实验及分析

本文以 C# + ArcGIS Engine 为平台,在程序中设定投影坐标系为西安 80 坐标系,单位为 km,对上文中的交通图版式实现视觉平衡模型计算,并采用 3 幅有代表性的地图作为样品对视觉平衡模型进行检测。

### 2.1 交通图版式视觉平衡模型实现

1) 确定图幅和各个图元中心点以及各个图元的轮廓,并以图幅中心点为原点建立坐标系,如图 3 所示。

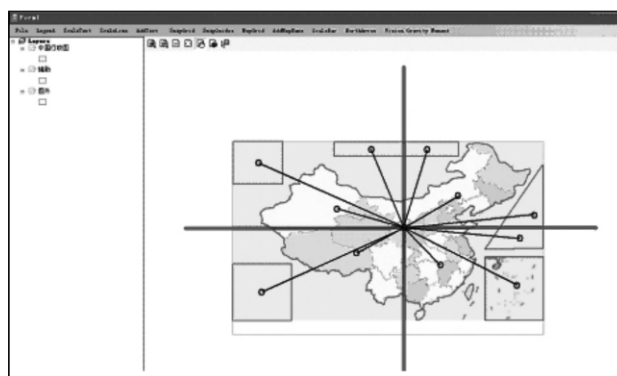


图 3 交通图版式视觉平衡模型实现

Fig. 3 Realization of Traffic Map Page Layout Visual Balance Model

2) 计算各个图元的面积、视觉密度、原点到图元中心点的距离和各个图元的视觉重力矩,限于篇幅,本文只给出视觉重力和视觉重力矩的计算结果,如表 3 所示。

根据表 3 可知,4 个区中第 2 区的视觉重力矩绝对值最小,第 4 区的视觉重力矩绝对值最大,

两者差值占第 4 区视觉重力矩绝对值的比值为 5.23%,小于阈值  $P_2$ 。整幅图的视觉重力矩总和  $\sum VM$  为 145 922.218 73,占第 4 区视觉重力矩绝对值的 0.72%,小于“X形”版式的阈值 4.23%,因此,可以判定此图达到视觉平衡标准。

### 2.2 视觉平衡模型检测

为了检验视觉平衡模型计算结果的有效性,即是否与用户视觉感受一致,本文采用星球出版

表 3 交通图版式视觉平衡模型计算结果

Tab.3 Calculation Result of Traffic Map Page Layout Visual Balance Model

图元	VM	ΣVM
第 1 区	1 8 918 992.351 496	
	2 7 997 055.059 461	-19 270 787.09
	3 2 354 739.682 283	
第 2 区	1 2 627 730.734 569	
	2 8 577 371.769 964	19 186 627.90
	3 7 981 525.399 592	
第 3 区	1 13 207 267.415 20	-20 015 597.41
	2 6 808 329.997 769	
第 4 区	1 5 371 715.493 077	
	2 12 119 569.279 782	20 245 678.82
	3 2 754 394.047 897	

社出版的中华人民共和国地图、义务教育课程标准地理教学挂图(北美洲)和《中国高速公路及城乡公路网地图集》(唐山市),作为检验视觉平衡模型的实验用图。构建的坐标系如图 4 所示。

利用视觉平衡模型计算后结果如表 4 所示,

其中  $\sum_{i=1}^4 VM_i$  代表 4 个区视觉重力矩总和。

表 4 地图样品视觉平衡模型计算结果

Tab.4 Calculation Result of Map Sample Visual Balance Model

地图样品	$\sum_{i=1}^4 VM_i$	$R_1$	$R_2$
北美洲	-1 41 740 3.60	5.661%	1.55%
中华人民共和国	-282 515.72	1.359 5%	3.02%
唐山市	-10 155.930 7	4.139 8%	63.143%

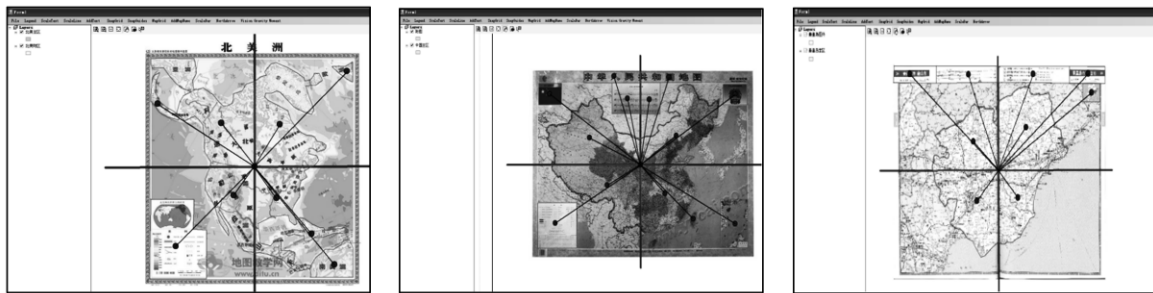


图 4 视觉平衡模型检测

Fig.4 Check of Visual Balance Model

综上所述,地图样品“北美洲”和“中华人民共和国”作为“一点形”和“X形”版式,经视觉平衡模型计算且兼顾上文中的阈值,可知  $R_i < P_i (i=1, 2)$  都成立,因此,可认为这两幅地图达到视觉平衡标准。地图样品“秦皇岛市唐山市”作为“一字形”版式,虽然  $R_1 < P_1$ ,但是  $R_2 > P_2$ ,因此,按照上文判断方法可认为该图未达到视觉平衡标准。通过问卷调查可知,测试者普遍反映第 3 幅地图在第 4 区视觉重量感太轻,这是造成不平衡的原因。

### 3 结 语

视觉平衡模型借鉴经典物理学中力矩平衡模型,认真分析了轴力矩模型在模拟视觉平衡时的可行性,提出了视觉重力矩的概念,兼顾视觉重量的影响规律,归纳出视觉重力矩的函数模型。最后基于 C# + ArcGIS Engine 平台设计视觉平衡模型实现和视觉平衡模型检测两个实验,通过实验得出视觉平衡模型计算结果与用户视觉感受相一致的结论。因此,本文认为视觉平衡模型计算

结果具有一定的合理性,且对地图的图面设计也具有一定的指导意义。

### 参 考 文 献

- [1] 陈毓芬,江南. 地图设计原理[M]. 北京:解放军出版社,2001
- [2] 任福,杜清运,蔡忠亮,等. 区域电子地图工程设计模式研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2005,30(4):301-304
- [3] 艾廷华,朱焜,王洪,等. 面向变化监控的动态电子地图设计[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2005,30(10):858-861
- [4] 谢超,陈毓芬,王英杰,等. 基于模块化的电子地图自适应设计机制研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2010,35(10):1 255-1 259
- [5] 王光霞,游雄. 地图设计与编绘[M]. 北京:测绘出版社,2011
- [6] 陈雪奇. 视觉冲击中心与版面平衡[J]. 新闻界,2003(5):54-55
- [7] 唐冉. 艺术设计中的视觉平衡[J]. 黑龙江科技信息,2008(25):21
- [8] ArcGIS. ArcGIS Data[OL]. <http://help.arcgis.com>

com/en/webapi/silverlight/apiref/esri.arcgis.client  
 ~esri.arcgis.client.geometry.geodesic~area.html,2012

[9] 现代数学手册编纂委员会. 现代数学手册·随机数

学卷[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2000

第一作者简介:马俊,博士,研究方向为地图制图与地理信息。  
 E-mail:mamajun1983@163.com

## Using the Principle of Moment Balance Establishing Map's Visual Balance Modle

MA Jun<sup>1,2</sup> WANG Guangxia<sup>1</sup> CUI Xiufei<sup>1,3</sup> QI Xiaofei<sup>1</sup>

(1 Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, 66 Middle Longhai Road, Zhengzhou 450052, China)

(2 61363 Troops, Xi'an 710054, China)

(3 65014 Troops, Shenyang 110027, China)

**Abstract:** Visual balance is the basic and necessary demand for the map's page layout design, and is also the representation of the artistic character of map. But there was the phenomena that the result of evaluation is disunity or doesn't have enough evidence, because the map designers use the qualitative evaluation method for visual balance. So, this article brings forward the new method of transforming the qualitative evaluation into the modeling and quantitative visual balance evaluation. The steps of how to realize the visual balance model basing the platform of C# + ArcGIS Engine is expatiated. The evaluation result of the visual balance model is proved that it is worthy of high trusting and precision by experiment which uses the two authoritative maps as the experimental maps.

**Key words:** moment balance; visual gravity moment; visual density; visual balance

**About the first author:** MA Jun, Ph. D, majors in map making and geographic information project.

E-mail: mamajun1983@163.com

(上接第 115 页)

## A Massive Small File Storage Solution Combination of RDBMS and Hadoop

LIU Xiaojun<sup>1,2</sup> XU Zhengquan<sup>1</sup> PAN Shaoming<sup>1</sup>

(1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,

Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 College of Mathematics and Computer Science, Huanggang Normal University, 146 Xinganger Road, Huanggang 438000, China)

**Abstract:** A comprehensive utilization of RDBMS and Hadoop cloud storage to their respective advantages, while avoiding their defects solution is proposed in this paper. The experimental results of the prototype system show that the proposed solution meets the application requirement of the "digital city", and at the same time, also it can be used as other ultra-small mass data storage system with structured characteristics.

**Key words:** Hadoop cloud storage; RDBMS; small file; digital city

**About the first author:** LIU Xiaojun, Ph. D candidate, lecture, majors in information transmission, processing and storage.

E-mail: liuxiaojun@whu.edu.cn