

# 基于感性意象的地图配色研究

李红霞, 曾薇薇, 李霖

(武汉大学 资源与环境科学学院 湖北 武汉 430079)

## Research on the Matching Color of Maps Based on Perceptual Image

LI Hongxia, ZENG Weiwei, LI Lin

**摘要:** 在现有的色彩意象体系基础上, 将灰色关联分析、灰色聚类引入配色意象符合度的计算中, 提出在两种色彩意象组合基础上较符合人们色彩意象的地图配色方法。通过该方法得出两种色彩意象组合配出的地图色彩的整体意象符合度与单个色彩感性意象的符合度成正相关。将该方法运用到城市交通地图配色中, 经过色彩感性意象试验的调查结果分析, 验证了地图色彩的定量感性设计方法的可靠性和正确性。

**关键词:** 地图色彩; 感性意象; 意象组合; 灰色系统; 意象符合度

### 一、概述

地图作为现代社会一种空间信息的重要载体, 已经越来越深入到社会生活的各个方面。随着地图应用领域的不断扩展, 人们不仅要求地图有较高的实用性和准确性, 而且也要符合人们的审美心理需求。感性意象是人们通过接受外部信息再把信息传递到大脑经过处理产生认知知觉后升华为感性认知的过程<sup>[1]</sup>。将色彩的感性意象融入地图的色彩设计中, 不仅可以使地图有效地传递信息, 而且更符合人们的复杂多样的情感需要与审美要求。

根据不同地图主题功能的需要, 将新颖、特点鲜明、反映人们感性需要的色彩设计运用到地图色彩之中, 目前基于感性意象的地图色彩设计理论和模型还没有定量的系统研究。本文针对人们对地图配色的多元化感性需要, 设计了一种基于感性意象的地图配色基本方法。并通过试验和数据分析, 说明提出的理论计算方法是正确可行的, 可以将色彩感性意象定量化表达, 对于今后进一步了解各种色彩的意象组合, 了解不同色彩搭配的意象差异, 搭配出满足不同人群感性需求的地图有重要意义。

### 二、基于感性意象的地图配色

地图的色彩设计需根据地图的材质、功能、使用对象等不同进行色彩的选择和搭配<sup>[2]</sup>, 好的地图色彩设计不仅要满足科学性和实用性, 还要有表现力。色彩的感性意象即是色彩带给人们的视觉和

情感的心理感受, 而形容词可以表达事物的特点和人们的感受。因此, 不同色彩带给人们的感性意象可以通过不同的形容词表达出来, 故可将色彩意象结合色彩语义空间系统表达出来, 从而将色彩意象的研究定量化。在色彩意象体系基础上, 将色彩的感性意象融入到地图配色中, 可以设计出更符合人们心理感受的地图配色。

#### 1. 色彩意象体系

色彩意象体系是在色彩心理学的基础上发展而来的, 是研究色彩给大部分人带来的心理感觉, 并通过一定的定量计算, 归纳总结出色彩不同的搭配组合与人们情感因素间的关系。

色彩意象体系版本众多, 本文采用韩国 I. R. I. 色彩研究所的色彩意象体系<sup>[3, 4]</sup>。I. R. I. 色彩研究所制作了单色意象空间和配色意象空间, 各个色彩或色彩组合随相应的感性意象分布到以柔和—强硬、动态—静态为心理轴向的坐标空间上。意象空间中距离越远代表意象差异越大, 反之亦然。为便于感性形容词与色彩意象相对应, I. R. I. 色彩研究所建立了形容词意象空间, 其中的感性形容词与配色意象空间的色彩组合相对应, 通常代表了一个配色组的集合。

#### 2. 基于灰色理论的感性设计方法

灰色理论是一门研究信息中有一部分信息不确定的应用数学。如由问卷调查得到样本的评价值, 通过灰色理论可以由已知的样本测量值来预测未知的样本组合评价价值。

收稿日期: 2011-01-25

基金项目: 863 计划资助项目(2008AA121601)

作者简介: 李红霞(1978—), 女, 湖南郴州人, 博士生, 主要研究方向为土地信息系统。

(1) 灰色聚类

灰色聚类<sup>[5,6]</sup>是建立在灰数的白化函数基础上,充分利用已知信息来分析未知信息的分析方法。假设样本聚类集合为  $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$ , 样本属性集合为  $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_m\}$ , 第  $j$  个样本与第  $i$  个属性间的关系表示成判断关系  $a_{ij}$ , 组成矩阵  $A_{N \times M}$

$$A = \begin{matrix} & g_1 & g_2 & \dots & g_m & \\ \begin{matrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} & \begin{matrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{matrix} \end{matrix} \quad (1)$$

矩阵  $A$  用来通过匹配机制  $F$  将未知样本群归于特定群。

$$F: OPf_{ik}(a_{ij}) \rightarrow \mu \in [0, 1] \quad (2)$$

$$\mu_i = (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{ip}) \quad (3)$$

$$\mu_{ik} = \sum_{j=1}^m f_{jk}(a_{ij}) \eta_{jk} \quad (4)$$

式中  $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p; p$  为特定群个数;  $a_{ij}$  为判断关系;  $f_{ik}$  为关联等级权重;  $\eta_{jk}$  为相应的权重。

(2) 灰色关联分析

灰色关联分析<sup>[5]</sup>方法的基本思想是按照序列曲线几何形状的相似程度来判断序列的关联密切度。曲线越相似关联度越大,反之则越小。其优点是无论样本有无规律,都同样适用,且计算量小,不会出现量化结果与定性分析不符合的情况。

设样本序列为:  $X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n))$ , 其中  $i = 0, 1, \dots, m$ 。以样本序列  $X_0$  为系统特征序列,其他序列相对于  $X_0$  的关联度由下式得出

$$\gamma(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_k \min_i |x_0(k) - x_i(k)| + \xi \max_k \max_i |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \xi \max_k \max_i |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (5)$$

$$\gamma(X_0, X_i) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \gamma(X_0(k), x_i(k)) \quad (6)$$

式中  $\xi$  为分辨系数。式(6)表示样本序列  $X_i$  相对于参照序列  $X_0$  的关联度。

3. 地图感性配色方法

本文的地图感性配色方法主要分为3部分:计算、评价、验证。步骤可以概括为:① 计算配色意象空间坐标值;② 计算配色意象符合度;③ 灰色聚类法评价地图配色整体意象;④ 色彩感性意象试验,分为问卷调查、试验数据统计、试验数据的假设检验。

(1) 配色意象空间坐标值计算

在形容词意象空间中,感性形容词所在的那一点表达的色彩意象最强烈,而距离这个中心点越远表达的感性意象则以水波纹状减弱。确定配色意象里中心意象和每个配色组的坐标,就可得每组配色组到感性形容词中心点的距离。

感性意象的形容词中心点坐标可由形容词意象空间得到。代表这种感性意象的各个配色组的坐标可由其在配色意象空间里的位置相应得出。对于没有出现在 I. R. I 色彩意象体系配色意象空间中的三色组合,以每组三色组合的 RGB 值为样本序列的行为数据。借鉴由灰色关联计算色彩感性意象的方法<sup>[6]</sup>,由式(5)、式(6)计算某个未知坐标的三色组合的关联度依次为  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ , 已知  $n$  个三色组合的坐标值依次为  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ , 则待求的三色组合的坐标值可由下式求得

$$X = x_1 \gamma_1 / (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) + x_2 \gamma_2 / (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) + \dots + x_n \gamma_n / (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) \quad (7)$$

$$Y = y_1 \gamma_1 / (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) + y_2 \gamma_2 / (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) + \dots + y_n \gamma_n / (\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n) \quad (8)$$

(2) 配色意象符合度计算

利用计算出的感性形容词中心点和各个三色组合在配色意象空间中的坐标值,可以得到各个三色组合与该色彩意象形容词中心点在配色意象空间里的距离,根据此距离值即可判断三色组合对该感性意象的符合程度。

结合三色组合在配色意象空间里横轴(动态的一静态的)、纵轴(强硬的一柔和的)的坐标值,配色意象符合度的计算公式如下

$$R = 1 - \sqrt{\left(\frac{x_1 - x_0}{T_x}\right)^2 + \left(\frac{y_1 - y_0}{T_y}\right)^2} \quad (9)$$

式中  $R$  为这组三色组合的感性意象的符合度;  $(x_i, y_i)$  为各个三色组合在配色意象空间里的坐标值  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $x_0, y_0$  为感性意象形容词中心点坐标值;  $T_x, T_y$  为该感性意象在意象空间中覆盖范围的横、纵坐标的最大值与最小值之差的绝对值大小。

(3) 灰色聚类法评价地图配色整体意象

灰色聚类是在灰数的白化函数上生成的<sup>[6]</sup>,利用已知信息分析得到未知信息。这里使用两种配色意象里的两组配色组合搭配,每组配色组包括意象符合度不同的两个三色组合,将每种意象中符合度较高的两个三色组合配出一幅地图,剩下较低的配出一幅地图,用灰色聚类的评价方法计算得出哪组配色组更接近这种颜色的配色意象。

灰色聚类评价是将聚类集合(两种感性意象组

合的配色地图)对于不同的聚类指标(语义指标为“有点符合-基本符合-十分符合”)相对应的白化函数,按数个灰类(如0~1级)进行归纳,进而判断出聚类集合属于哪一指标。

本文定义色彩感性意象的语义评估量化值为0~1,“1”表示“十分符合”,“0.5”表示“基本符合”,“0”表示“有点符合”,相互关系用三角形隶属函数表示。计算地图配色中各感性意象在地图中所占面积 $s_i$ ,比率为 $q_i$ 。

$$q_i = s_i / \sum_{i=1}^n S_i \quad (10)$$

式中 $q_i$ 为第 $i$ 个感性意象的聚类权重; $n$ 为地图配色中感性意象的组合个数,这里取值为2。这样每个感性意象的权重值可以组合为聚类权重集合 $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ 其中 $q_1 + q_2 + \dots + q_n = 1$ 。

结合式(2)~式(4),可以求得每幅地图配色的整体意象对第 $k$ 个灰类的聚类系数 $\mu_{ik}$ 。构造各个组合意象地图的聚类灰数集

$$\mu_i = \{\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{in}\}$$

式中 $i$ 为灰数级别的个数。

#### (4) 色彩感性意象试验设计

色彩感性意象试验采用试验心理学中的方法,步骤为:①单个感性意象中计算的各个三色组合的意象符合度是否符合人们对不同色彩搭配感性意象的感觉;②将不同意象符合度的配色方案运用到地图色彩设计中,人们对地图色彩的意象符合度与计算得到的意象符合度值是否不同;③检验灰色聚类评价的结果;④对试验数据作统计分析前,对试验结果数据进行信度分析;⑤对试验数据进行统计与分析,计算出各个比较对象的平均值和标准差,并分析统计结果。

### 三、基于感性意象的地图配色试验

#### 1. 结合两种感性意象的地图配色试验

将上节中介绍的地图感性配色方法运用到地图色彩设计中,选择“优雅的-平静的”这一对地图配色方案进行试验。

##### (1) 配色意象空间坐标值的计算

从“优雅的”、“平静的”各自的形容词意象空间中找到感性形容词中心点坐标,“优雅的”坐标值 $X=2.115, Y=-0.123$ 。“平静的”坐标值 $X=0.632, Y=0.321$ 。在“优雅的”、“平静的”各自的配色意象空间中找到每个三色组合的纵横(动态的-静态的,强硬的-柔和的)坐标值。

##### (2) 配色意象符合度的计算

得到“优雅的”、“平静的”中所有三色组合在配

色意象空间里的纵横坐标值后,按式(10)计算各个三色组合的意象符合度,并将符合度的值从大到小排序。这里列出离中心点坐标较近,即意象符合度较大的3组配色(如表1所示)。

表1 “平静的”与“优雅的”的意象符合度排序

|    |     | 配色组 |     |     |     |    |     |     |     |    |     |     |     | 意象符合度 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-------|
|    |     | 颜色  | R   | G   | B   | 颜色 | R   | G   | B   | 颜色 | R   | G   | B   |       |
| 平静 | i   |     | 217 | 216 | 213 |    | 150 | 150 | 139 |    | 121 | 110 | 89  | 0.962 |
|    | ii  |     | 198 | 165 | 137 |    | 217 | 216 | 213 |    | 107 | 103 | 78  | 0.916 |
|    | iii |     | 179 | 145 | 101 |    | 217 | 216 | 213 |    | 194 | 166 | 159 | 0.564 |
| 优雅 | i   |     | 218 | 238 | 154 |    | 160 | 136 | 158 |    | 194 | 166 | 159 | 0.985 |
|    | ii  |     | 246 | 223 | 192 |    | 179 | 139 | 190 |    | 235 | 165 | 192 | 0.886 |
|    | iii |     | 198 | 165 | 137 |    | 235 | 225 | 232 |    | 190 | 227 | 197 | 0.681 |

#### (3) 灰色聚类法评价地图配色整体意象

本文采用城市交通地图作为配色试验的地图,分别选用“平静的”和“优雅的”中意象符合度较大的两组配色组,即表1中“平静的”和“优雅的”意象中的i和ii组,配出一幅地图。作为对比,依照以上方法选用意象符合度较低的配色组配出另一幅地图。取意象符合度较低的配色组,即离感性形容词中心点较远的组为组A;意象符合度较高的组,即离感性形容词中心点较近的组为组B。意象符合度不同的两组配色后的地图效果图如图1所示。



图1 地图配色效果图

按式(10)计算两幅地图的意象组合的聚类权重集合 $Q$ 分别为: $Q_A = (0.531, 0.469)$ ;  $Q_B = (0.518, 0.482)$ 。则两幅地图的各个意象的阈值 $\Delta_i$ 分别为: $\Delta A = (0.2655, 0.2345)$ ,  $\Delta B = (0.259, 0.241)$ 。依式(2)~式(4)计算得出两幅地图的整体感性意象的聚类灰数集分别为: $\mu_A = \{0.476, 0.318, 0.323\}$ ,  $\mu_B = \{0, 0, 1\}$ 。

由两组数值的最高值可看出A组中最高值为0.476,属于有点符合这类;B组的最高值为1,属于

十分符合这类,整体意象值很高,说明更符合“平静的”和“优雅的”组合起来后的综合意象。由灰色聚类评价地图整体感性意象的结果可以看出,组合后的整体意象符合度与单个意象的符合度成正相关。

## 2. 色彩感性意象试验

为检验地图配色试验意象符合度的计算结果与灰色聚类评价地图配色意象的结果是否符合人们对色彩的感性意象规律,本文设计了感性意象试验,试验中使用对偶比较法和统计手段来验证地图配色试验的结果。设计方案定为3部分。

1) 单个感性意象中计算的各个三色组合的意象符合度是否符合人们对不同色彩搭配感性意象的感觉。

2) 将不同意象符合度的配色方案运用到地图色彩设计中后,人们对地图色彩的意象符合度与计算得到的意象符合度值是否不同。

3) 检验灰色聚类评价的结果,即单个意象的符合度越高,两种意象结合后配出的地图的整体意象符合度越高。

通过对收回的有效问卷进行统计分析,试验的统计得分如表2~表4所示。

表2 试验第一部分统计结果

| 编号  | 优雅 I-1 | 优雅 I-2 | 优雅 I-3 | 优雅 II-1 | 优雅 II-2 | 优雅 II-3 |
|-----|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 平均值 | 3.41   | 3.31   | 3.39   | 1.17    | 1.69    | 2.03    |
| 标准差 | 0.97   | 1.10   | 1.29   | 1.22    | 1.16    | 1.42    |
| 编号  | 平静 I-1 | 平静 I-2 | 平静 I-3 | 平静 II-1 | 平静 II-2 | 平静 II-3 |
| 平均值 | 3.41   | 2.88   | 3.42   | 1.45    | 2.05    | 1.80    |
| 标准差 | 1.12   | 1.01   | 1.02   | 1.36    | 1.38    | 0.98    |

表3 试验第二部分统计结果

| 编号  | 优雅 a | 优雅 b | 平静 a | 平静 b |
|-----|------|------|------|------|
| 平均值 | 0.77 | 0.23 | 0.59 | 0.41 |
| 标准差 | 0.42 | 0.42 | 0.50 | 0.50 |

注:优雅 a、优雅 b 分别代表离感性形容词中心点近、远的两组配色组配色的地图。

表4 试验第三部分统计结果

| 编号  | 优雅 a—平静 a | 优雅 a—平静 b | 优雅 b—平静 a | 优雅 b—平静 b |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 平均值 | 2.09      | 1.77      | 1.34      | 0.81      |
| P 值 | 0.32      | 0.21      | 0.25      | 0.36      |
| 标准差 | 0.84      | 0.98      | 0.86      | 0.98      |

注:P 值是假设检验中在原假设为真的条件下,检验统计量的观察值大于或等于其计算值的概率。

由统计结果表可以看出,第一部分中的优雅 I-1、优雅 I-2、优雅 I-3,第二部分中的优雅 a、平静 a,第三部分中的优雅 a—平静 a 的均值平均水平都较编号为 II、b 的高,说明被试选择它们的比较多,而编号为 I、a 的比较对象是离中心点较近的,编号为 II、b 的比较对象离中心点较远,与研究方法和评价方法得出的结论相符。标准差表示各个数据与平均值的离散程度,值越小说明大家的意见较一致,值越大则相反,同时可以看出编号为 I 的比较对象平均水平较编号为 II 的低,说明被试不仅认为它们更符合感性意象,且看法较一致。

## 四、结束语

感性设计不仅表达了人们的个性,还满足了人们的心理情感需要。感性设计中很重要的一部分是色彩的设计,而色彩对于地图设计、图面信息的表达也很重要。将两者结合,不仅拓宽了感性设计的应用领域,而且为地图色彩设计打开了创新思路,让地图色彩反映人们的感性需要。本文提出将量化的方法引入感性设计中,将定性的感性需要与定量方法结合,并在地图配色基本原理上,提出了将基本的两种感性意象相结合的地图色彩感性设计方法,最后经过色彩感性意象试验的调查结果分析,验证了地图色彩的定量感性设计方法的可靠性和正确性。

## 参考文献:

- [1] 罗仕鉴,潘云鹤. 产品设计中的感性意象理论、技术与应用研究进展[J]. 机械工程学报, 2007, 43(3): 8-13.
- [2] 李辉. 地图的色彩设计[C]//中国测绘学会. 第十七届海洋测绘综合性学术研讨会论文集. 延吉. [s. n.], 2005: 207-209.
- [3] Image Research Institute Inc. I. R. I. COLOR DESIGN [EB/OL]. [2010-04-17]. <http://www.iricolor.com/main.asp>.
- [4] I. R. I. 色彩研究所(韩). 色彩设计师配色图典[M]. 李红姬,译. 北京:人民邮电出版社, 2005: 13.
- [5] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 2版. 北京:科学出版社, 1999: 40.
- [6] 孙菁,王少梅,朱明键. 基于灰色理论的产品配色意象值评价算法研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版, 2007, 31(3): 453-456.