

文章编号: 1000-050X(2000)06-0548-04

数字图像色彩评价方法的探讨

张 勇¹ 马桃林²

(1 江苏省基础地理信息中心, 南京市北京西路 75 号, 210013)

(2 武汉测绘科技大学印刷工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘 要 对彩色数字图像和层次分析法建模理论做了大量调查、分析和研究, 根据彩色数字图像复制处理过程中的颜色再现理论和原理, 提出了评价数字图像色彩复制质量的指标体系, 并参照国家或行业标准, 给出了各指标的相对评判标准, 利用层次分析法建立了数字图像色彩复制质量综合评价的数学模型, 设计出一套色彩复制与处理的综合评价数学方法。最后, 用 VB 基本实现了对彩色数字图像进行模拟评估的目标。

关键词 数字图像; 色彩评价; 数学模型

分类号 P288 文献标识码 A

1 层次分析法建模理论

层次分析法(AHP)是一种将定性和定量分析相结合的分析方法, 特别适用于无结构问题的建模。其原理是把一个复杂问题分解成组成因素, 并按支配关系形成层次结构, 然后应用两两比较法确定决策方案的相对重要性。层次分析法建模步骤为:

①建立递阶层次结构。

②构造两两比较的判断矩阵。

③单一准则下因素相对排序权重计算, 矩阵一致性检验。

通过对比较矩阵 A 作列归一、行求和及归一化处理形成矩阵 W , 然后再计算 $A \cdot W$ 矩阵。

并以此为基础, 由公式 $\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A \cdot W)_i}{W_i}$ 计算最大特征根 λ , 一致性指数 CI ($CI = (\lambda - n) / (n - 1)$), 平均随机性指数 RI , 并用 RI 来确定 A 的不一致程度的容许范围。对不同的 n (比较矩阵 A 每行或每列的元素数) 用不同的样本个数算出的 RI 如表 1 所示。表中 $n = 1, 2$ 时, $RI = 0$, 这是由于一、二阶的正互反阵总是一致阵。设 A ($n \geq 3$) 的 CI 与同阶的 RI 之比为一致性比率 CR , 当 $CR = (CI / RI) < 0.1$ 时, 认为 A 的不一致程度在容许范围内, 即 A 的一致性可接受。经计算可知, 上例中 $CI = 0.004$, $CR = CI / RI = 0.003 < 0.1$,

故可认为所建矩阵为一致性的, 可用其特征向量作为权向量。

④计算各因素对目标层的总排序权重。

2 色彩评价标准分析

色彩的评价分为主观评价和客观评价。主观评价是以原稿为基础, 对照样张, 评价者根据自己的心理感觉进行评价。其评价结果常随评价者的身份、性别、爱好及最终要求的不同产生很大差别, 同时也会受到地点、环境的限制。此种方法对印刷质量的全面评价难求一致。客观评价是利用适当的仪器对印刷品的各个质量特征进行定量检测, 然后再参照统一的行业标准进行客观评价。但其检测方法较复杂。故在确定评比指标的客观标准时, 笔者主要参照 GB7705-87《平版装潢印刷品》、GB7706《凸版装潢印刷品》和鄂 B29-89《图像印刷品》等行业标准, 根据影响印刷品质量各因素的重要性来确定各因素权重, 这样就减少了人为因素对确立权重的负面影响, 较好地在一幅图像作出评价。方案层各指标相对评价标准如下。

对于各客观指标, 它们之间的数学关系如下:

$$H = [1 - (T_{\text{标}} - T_{\text{测}}) / T_{\text{标}}] \times 100 \quad (1)$$

式中, H 表示相对值; $T_{\text{标}}$ 表示国标或行业标准中的合格品标准; $T_{\text{测}}$ 表示实测值。

1) 套准误差。一般套准误差越小越好。在计算套准误差时, $T_{\text{标}}$ 取值如表 2 所示。

表 1 平均随机性指数 RI

Tab. 1 Average Random Index RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI 100~500 个样本	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51
1 000 个样本	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52

表 2 套准误差的评判标准

Tab. 2 Evaluation Standard of Registering Error

	精细品			一般品			权数分配
	四开	对开	全开	四开	对开	全开	
主体 $T_{标}$	< 0.10	< 0.15	< 0.20	< 0.20	< 0.30	< 0.50	0.7
一般 $T_{标}$	< 0.15	< 0.20	< 0.30	< 0.30	< 0.40	< 0.60	0.3

2) 叠印率。一般叠印率越大越好。在计算叠印率时, $T_{标}$ 取 70%。

3) 实地密度。在计算实地密度时, $T_{标}$ 取值标准如表 3 所示, $T_{标}$ 为印刷品对应的各数值范围中的最小值。

表 3 实地密度的评判标准

Tab. 3 Evaluation Standard of Solid Density

色别	分配权数	精细品	一般品
C	0.25	1.30~1.60	1.25~1.55
M	0.25	1.25~1.55	1.15~1.45
Y	0.3	0.85~1.15	0.80~1.10
BK	0.3	1.40~1.80	1.20~1.60
叠加色		> 1.50	> 1.30

4) 相对反差。一般相对反差越大越好。在计算相对反差时, $T_{标}$ 取值标准如表 4 所示, $T_{标}$ 为对应各范围内的最小值。

表 4 相对反差的评判标准

Tab. 4 Evaluation Standard of Relative Contrast

色别	权数分配	精细品	一般品
C	0.25	0.35~0.45	0.30~0.40
M	0.25	0.35~0.45	0.30~0.40
Y	0.2	0.25~0.35	0.20~0.30
BK	0.3	0.35~0.50	0.30~0.45

5) 网点扩大值。一般地, 网点扩大值越小越好。在计算网点扩大值时, $T_{标}$ 取值标准如表 5 所示, $T_{标}$ 为各对应范围内的最大值。

表 5 网点扩大值的评判标准

Tab. 5 Evaluation Standard of Dot Gain

色别	权数分配	精细品	一般品
C	0.2	8%~20%	10%~25%
M	0.2	8%~20%	10%~25%
Y	0.15	8%~20%	10%~25%
BK	0.2	8%~25%	10%~25%
50%网点	0.25	≤15%	≤18%

6) 同色密度偏差。一般地偏差越小越好。在计算同色密度偏差时, 对精细品取 $T_{标} = 0.050$, 对一般品取 $T_{标} = 0.070$ 。各定性指标评判标准如表 6。

表 6 同色密度偏差定性指标的评判标准

Tab. 6 Evaluation Standard of Con-color Density Deviation

名称	评分依据	评分情况/分
接版色调	完全一致	100
	基本一致	70
	不一致	40
灰平衡	从印刷色谱上选择中性灰色块与标准色谱上近似色块对比	100(90~100%) 85(80~89%) 70(60~79%) 40(<60%)
	亮度适中	100
	明暗度	略偏亮或偏暗 75 明显偏亮或偏暗 50
饱和度	主体颜色饱和度适中	100
	主体颜色饱和度一般	75
	主体颜色饱和度较低	50
复制色偏	颜色复制准确生动	100

3 权重确定与建模

3.1 印刷时颜色再现矩阵

构造套印误差、灰色平衡、相对反差、网点扩大值、实地密度、叠印率各因素两两比较的判断矩阵为:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 & 7 & 7 & 8 \\ 1/2 & 1 & 3 & 4 & 4 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ 1/7 & 1/4 & 1/2 & 1 & 1 & 2 \\ 1/7 & 1/4 & 1/2 & 1 & 1 & 2 \\ 1/8 & 1/5 & 1/3 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{列归一} \\ \text{——} \\ \text{——} \\ \text{——} \\ \text{——} \\ \text{——} \end{matrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0.474 & 0.496 & 0.484 & 0.452 & 0.452 & 0.381 \\ 0.237 & 0.248 & 0.290 & 0.258 & 0.258 & 0.238 \\ 0.095 & 0.083 & 0.097 & 0.129 & 0.129 & 0.143 \\ 0.068 & 0.062 & 0.048 & 0.065 & 0.065 & 0.095 \\ 0.068 & 0.062 & 0.048 & 0.065 & 0.065 & 0.095 \\ 0.059 & 0.050 & 0.032 & 0.032 & 0.032 & 0.048 \end{pmatrix}$$

$$\begin{matrix} \text{行求和} & \begin{pmatrix} 2.739 \\ 1.529 \\ 0.676 \\ 0.403 \\ 0.403 \\ 0.253 \end{pmatrix} & \text{归一化} & \begin{pmatrix} 0.456 \\ 0.255 \\ 0.113 \\ 0.067 \\ 0.067 \\ 0.042 \end{pmatrix} \\ & & & = W \end{matrix}$$

则

$$A \cdot W = \begin{pmatrix} 2.831 \\ 1.584 \\ 0.691 \\ 0.408 \\ 0.408 \\ 0.257 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = (2.831/0.451 + 1.584/0.257 + 0.691/0.114 + 0.408/0.068 + 0.408/0.068 + 0.257/0.043)/6 = 6.080$$

$$CI = 0.080/5 = 0.016, n = 6$$

$$RI_{(6)} = 1.26$$

$$CR = CI/RI_{(6)} = 0.016/1.26 = 0.013 < 0.1$$

3.2 印刷品外观视觉反映矩阵

构造复制色偏、明度、饱和度各因素两两比较的判断矩阵为:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 7 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow A \cdot W = \begin{pmatrix} 2.013 \\ 0.730 \\ 0.264 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = (2.013/0.668 + 0.730/0.243 + 0.264/0.088)/3 = 3.006$$

$$CI = 0.003, RI_{(3)} = 0.52$$

$$CR = CI/RI_{(3)} = 0.003/0.52 = 0.006 < 0.1$$

3.3 同版或异版均匀性矩阵

同色密度、同批同色色差、接版色调色差各因素两两比较的判断矩阵为:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 1/4 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow A \cdot W = \begin{pmatrix} 2.155 \\ 0.646 \\ 0.257 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = (2.155/0.707 + 0.646/0.213 + 0.257/0.086)/3 = 3.032$$

$$CI = 0.016, RI_{(3)} = 0.52$$

$$CR = 0.016/0.52 = 0.031 < 0.1$$

3.4 准则层各因素对目标层的矩阵

印刷时,颜色再现、印刷品外观视觉反映、同版或异版均匀性对目标层的两两比较矩阵为:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 9 \\ 1/5 & 1 & 4 \\ 1/9 & 1/4 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow A \cdot W = \begin{pmatrix} 2.320 \\ 0.067 \\ 0.197 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = (2.320/0.735 + 0.607/0.200 + 0.197/0.065)/3 = 3.069$$

$$CI = 0.034, RI_{(3)} = 0.52$$

$$CR = CI/RI_{(3)} = 0.034/0.52 = 0.065 < 0.1$$

以上4矩阵都通过一致性检验,可用其特征向量作为权向量。求权重 q :

$$q = (0.451 \ 0.257 \ 0.114 \ 0.068 \ 0.068 \ 0.043)^T \times 0.735 + (0.668 \ 0.243 \ 0.088)^T \times 0.200 + (0.701 \ 0.213 \ 0.086)^T \times 0.065$$

$$\text{得: } q = (0.331 \ 0.189 \ 0.084 \ 0.050 \ 0.050 \ 0.032 \ 0.134 \ 0.049 \ 0.018 \ 0.046 \ 0.014 \ 0.006)^T$$

为了保证量测数据的真实性、可靠性,在量测数据时根据有关标准有以下要求: 试验室温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$; 相对湿度 $(50 \pm 5)\%$; 试样预处理,按以上条件,印刷品在无紫外光照射环境中放置不少于 8h; 光源色温为 5 500K ~ 6 500K 的 D₆₅ 标准,与试样台面相距 800mm 左右; 外观,将样品放在光源下,观察者眼睛与目视部位相距 400mm 左右,视觉鉴定。

在以上条件下测出数据并求出 H 值,根据权重按式(2)计算出一个数值 D :

$$D = \sum (H_i \times q_i) + \sum (H_i \times q_i) + \sum (H_i \times q_i) \tag{2}$$

根据 D 值就可以判断印刷品的质量,判断标准如表 7。

表 7 印刷品质量评判的 D 值范围

Tab. 7 Evaluation Standard of Press Product's Quality

D 值范围	质量评判
(0.95, 1.00]	优
(0.90, 0.95]	良
(0.80, 0.90]	中
(0.70, 0.80]	合格
≤ 0.70	不合格

4 数值图像色彩评估方法的实践

数值图像色彩评估系统是建立在用层次分析方法建立数学模型的基础上,这就决定了最终界面的条理化、层次化,以及评估系统中每个指标所

具有的选择性、独立性。笔者最终决定通过用单选框、复选框、框架、文本框,以及命令按钮为主体的界面设计,但由于指标较多,于是采用了类似向导的窗体间的访问和切换,该界面设计可视化强,简单明了,易于使用。

首先是片头画面的动态显示说明,其过程类似栅栏条逐渐加宽直至画面完全显示,2s后自行隐退,显示其他窗口。然后进入正式评估的主页面,因为每一个指标最终所要实现的目的有很大的重复性,在此不针对某个页面做详细的解释。综合阐述如下:

在定量指标(叠印率、套准精度、实地密度、相对反差、网点扩大率、同色密度偏差等)部分的窗口,窗口提示要输入各项指标的测量值 $T_{测}$ 与 $T_{标}$;然后点击“相对值 H ”按钮,计算出相对值 H 。

在定性指标(灰平衡、明暗度、色纯度、复制色偏等)部分的窗口,只需根据选项直接确定该指标的相对值 H ;然后自动显示在文本框内。

为了实现指标评估工作的顺利进行,在每一个窗口都设有“下一步”、“返回”、“取消”等窗口间切换和访问的功能按钮。

在最后一个窗口设置了“评估得分”和“质量

等级”按钮,从中可得出最后的测评结果;“继续评估”按钮用于实现循环测评。

5 结 论

1) 通过研究确立了一套用于评价数字图像色彩复制质量的评价指标体系以及各指标在评价过程中的权重。

2) 将数学中的层次分析法模型成功地运用到了数字图像复制质量的评价指标体系中,并取得了较好的效果。

参 考 文 献

- 1 朱志刚,林学殷,石定机. 数字图像处理. 北京:人民邮电出版社,1998
- 2 姜启源. 数学模型. 北京:高等教育出版社,1993
- 3 胡成发. 印刷色彩学与色度学. 北京:印刷工业出版社,1990
- 4 杜功顺. 印刷色彩学. 北京:印刷工业出版社,1994
- 5 马建波. C语言图像处理程序集. 北京:海洋出版社,1992

张 勇,男,37岁,高级工程师。现从事地图学和GIS研究。

Study on the Method of Evaluating about Digital Image

ZHANG Yong¹ MA Taolin²

(1 The Basic Geography Information Center of Jiangsu Province, 75 Beijing West Road Nanjing, China 210013)

(2 School of Printing Engineering, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China 430079)

Abstract This paper makes a great investigations, analysis and researching on color digital images and the modeling theory of analytic hierarchy process. Based on the theory and principle of color reproducing in color digital images copy process, a index system evaluating the quality of digital images color reproducing is presented. Referring to the national or trade standard, a relative judge standard of qualitative and quantitative index is given. Using the analytic hierarchy process in mathematics, it establishes a mathematics modeling of quality synthetical evaluation of digital images color reproducing, and designs a set of mathematics methods of synthetical evaluating color copying and processing. Finally, using VB to design panel, it basically realizes the simulated evaluating color digital images in computer, gives a systematic and fixed quantity way for color's reproduce for color digital images.

Key words digital image; color evaluating; mathematical model