

一种基于色相角算法的图像质量评价模型

刘士伟^{1,2}, 于惠²

(1. 郑州牧业工程高等专科学校, 郑州 450011; 2. 上海理工大学, 上海 200093)

摘要: 目前计算图像色差的典型方法不能准确反应真实的观察效果。介绍了基于色相角算法的图像评价方法, 从色相角度出发, 对图像中的各个像素进行不同程度的加权, 从而控制每个像素对整幅图像的影响效果。通过实验与传统色差计算方法进行了对比, 验证了该方法的有效性和普遍性。

关键词: 图像色差; 色相角算法; 评价模型

中图分类号: **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)17-0094-04

Image Quality Evaluation Model Based on Hue Angle Algorithm

LIU Shi-wei^{1,2}, YU Hui²

(1. Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou 450011, China; 2. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Current typical calculation methods of image color difference can not correctly reflect the true observing effect. An image evaluation method based on hue angle algorithm was introduced, which weighted every pixel on different scale in the image and then calculating the color difference of whole image. Experiment was carried out for comparison with traditional color difference calculation methods. The results showed that the method is effective and universal. This paper studied an image evaluation method which weighting every pixel on different scale in the image and then calculating the whole image color difference. This method control the result based on the color hue and the result is tested effectively and acceptably by experiment.

Key words: image color difference, hue angle algorithm, evaluation model

数字图像处理作为国内外的研究热点,其处理方式直接决定了最终的数字图像质量水平。高水平的数字图像处理方式不仅要使处理后的图像在结构上与原稿保持基本一致,还要保证处理后的图像色差在人眼可接受范围内,因此对于图像质量的评价研究也已成为图像信息工程的基础技术之一^[1-2]。在图像色差的研究方面,目前计算图像色差的典型方法就是将 CIELAB, CIE94 和 CIEDE2000 等计算色块色差的色差公式应用到图像中,求出逐个像素的色差,再计算出平均值作为图像色差。这种方法认为图像中各个像素点的权重是一样的。经过多次实验验证,这种方法并不合理,其结果与人眼的观察结果不一致,不能准确反应真实的观察效果^[3]。为了解决这一问题,有研究者提出在使用色差公式计算色差之前,加

入一个预处理过程,即对图像进行滤波,去除人眼难以察觉的信息,从而使得评价结果更加接近人眼视觉观察效果^[4]。2006 年英国利兹大学的 G Hong 和 M R Luo 提出了色相角算法,该算法以色相为基础进行权重分配,取得了不错的效果。文中以色相角算法为基础,构建了图像色差模型,并且通过实验的方法与其它图像色差模型进行对比,结果表明该模型在评价图像色差质量方面效果良好。

1 色相角算法模型

色相角算法也是为了更好地适应人眼视觉特性而提出的,其核心思想为以下 4 点^[5]:

1) 对于人眼来说,所有的像素不是同等重要的,

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 河南省科技厅重点攻关课题(122102210169)

作者简介: 刘士伟(1975—),女,河北安平人,郑州牧业工程高等专科学校讲师,主要研究方向为数字加网算法、数字水印。

必须通过图像分析判断图像中的哪些部分对于人眼是重要的,哪些是不重要的,然后根据其重要性选择合适的加权参数。

2) 大色块的加权值应该较大一些^[6]。这样才能保证应用在单一色块时仍然能够得到与 CIE 色度色差公式相同的结果。

3) 像素间的较大色差也应该取较大的权重参数。CIE 色度色差公式是针对小色差的,所以对于大色差就不太适应。对于图像来说,再现图像中某些部分的像素和原图像中的像素会有很大的不同,如色域映射之后的图像与原图像。

4) 在人眼分辨图像时,色相是一个重要的感知因素,因此在评价图像色差时,首先选择建立在色相的基础上。

色相角算法的具体模型见图 1。

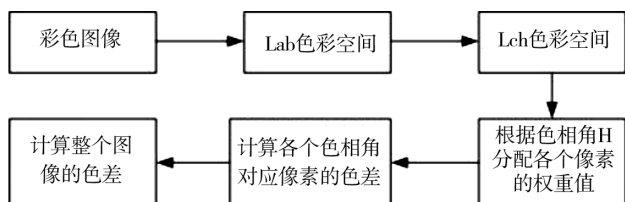


图 1 色相角算法的流程

Fig. 1 Flow chat of hue angle algorithm

1) 将图像变换到 Lab 空间,计算图像中每个像素的 L^* , C_{ab}^* , h_{ab} ; h_{ab} 为每个像素的色相角。

2) 计算图像色相角的直方图,统计每个像素色相角出现的概率,存储为数组 $\text{hist}[\text{hue}]$ 。色相角算法的基本思想就是图像中的不同颜色对人眼的影响是不一样的,色相角出现概率越高,说明图像中该色相越多,对人眼的影响越大,则权重越大。

3) 以升序排列 $\text{hist}[\text{hue}]$,然后将该数组划分为 4 个部分:(1) 数组中满足条件 $\sum_{i=0}^n \text{hist}[i] < 25\%$ 的前 n 个色相, $\text{hist}[i] = \text{hist}[i]/4$; (2) 在剩余的数组元素中满足条件 $\sum_{i=0}^n \text{hist}[i] < 25\%$ 的 m 个色相, $\text{hist}[i] = \text{hist}[i]/2$; (3) 在剩余的数组元素中满足条件 $\sum_{i=0}^n \text{hist}[i] < 25\%$ 的 L 个色相, $\text{hist}[i] = \text{hist}[i]$; (4) 剩余的数组元素 $\text{hist}[i] = \text{hist}[i] * 2.25$ 。

4) 计算每个色相对应的图像中所有像素的平均色差,不同色相的平均色差存储为 $\text{CD}[\text{hue}]$;

$$5) \text{ 计算整幅图像的色差 } \text{CD}_{\text{image}} = \sum \text{hist}[\text{hue}] * \text{CD}[\text{hue}]^2 / 4$$

2 实验结果及分析

2.1 流程

为了比较验证色相角算法的表现效果,实验采用 2 种图像色差计算方法: ΔE_{ab}^* 和色相角算法。分别建立 2 种算法的模型后,将 TID2008 图像数据库中的图像分为 5 组,代入图像色差计算模型得到相应的图像色差;然后用 Pearson 系数, Kendall 系数与 Spearman 系数来统计计算结果与标准结果之间的线性关系,从而评价对应模型的效果。实验流程见图 2。

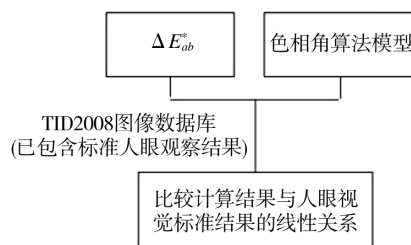


图 2 实验流程

Fig. 2 Flow chat of experiment

实验采用 TID2008 图像库作为验证标准。TID2008 图像库是图像感知数据库,常被用来检验图像质量评价指标的效果好坏。该图像库包含 1 700 幅图像和标准视觉观察结果。其中有 25 幅原图像,每幅图像有 17 种变化方式,每种方式有 4 种不同程度的变化。

同时,选取 Pearson 系数, Kendall 系数与 Spearman 系数来评价图像色差质量模型的计算结果与 TID2008 图像库中的标准观察结果之间的相关性。

1) Pearson 系数是 2 个变量之间协方差和标准差的商,目的是找出变量之间的线性关系,反应的是线性相关程度。

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X-\mu_X)(Y-\mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Pearson 系数值在 -1 到 1 之间变化,绝对值越大,表明相关性越强,绝对值为 0 时,则 2 个变量之间没有相关性。如果系数值为正,则意味着当 X 增加

时, Y 趋向于增加;如果系数值为负,则意味着当 X 增加时, Y 趋向于减少。

2) Kendall 系数也是用于测量 2 个随机变量相关性的统计值,它首先计算得到 2 个变量之间的相关系数,然后用相关系数去检验 2 个随机变量的依赖性。

$$\tau = \frac{2P}{\frac{1}{2}n(n-1)} - 1 = \frac{4P}{n(n-1)} - 1$$

式中: n 是所有变量的数目; P 是其中和谐一致对数。同 Pearson 系数一样, Kendall 系数的取值也是在 -1 到 1 之间变化。当系数值为 1 时,表示 2 个随机变量拥有一致的等级相关性;取值为 -1 时,表示 2 个变量拥有完全相反的等级相关性;当取值为 0 时,表示 2 个变量是相互独立互不干扰的。

3) 当 2 个连续变量间不满足积差相关分析的适用条件时,使用 Spearman 系数来描述变量相关性。Spearman 系数又称为秩相关系数,利用两变量的秩次大小作线性相关分析,对原始变量的分布不作要求,属于非参数统计方法。

$$\rho = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

Spearman 等级相关系数用来估计 X (独立变量) 和 Y (依赖变量) 之间的相关方向。当 X 增加时, Y 趋向于增加, Spearman 相关系数为正;当 X 增加时, Y 趋向于减少,则 Spearman 系数为负;Spearman 系数为 0 表明 X 增加时, Y 没有任何趋向性。当 X 和 Y 越来越接近完全的单调相关时, Spearman 系数会在绝对值上增加;当 X 和 Y 完全单调相关时, Spearman 系数的绝对值为 1。完全单调递增关系意味着 2 对数据 X_i, Y_i 和 X_j, Y_j , 有 $X_i - X_j$ 和 $Y_i - Y_j$ 总是同号。完全的单调递减关系意味着任意 2 对数据 X_i, Y_i 和 X_j, Y_j , 有 $X_i - X_j$ 和 $Y_i - Y_j$ 总是异号。

Spearman 系数被称作“非参数”,首先是因为当 X 和 Y 的关系是由任意单调方程描述的,则它们是完全 Pearson 相关的。与此相应的, Pearson 系数只能给出由线性方程描述的 X 和 Y 的相关性。其次 Spearman 系数不需要先验知识(也就是说,知道其参数)便可准确获取 X 和 Y 的采样频率分布。

2.2 评价计算结果

根据实验目的,从 TID2008 图像数据库中选取了 5 个图像分组: Noise, Safe, Hard, Simple 以及 Ex-

otic。5 个分组内包含不同的受损方式,目的在于检验出图像色差计算模型针对哪一类受损方式的效果更好。对 ΔE_{ab}^* 算法的效果评价见表 1,可以看出,整

表 1 ΔE_{ab}^* 算法与 TID2008 图像数据库的线性相关评价

Tab.1 Linear correlation evaluation between ΔE_{ab}^* algorithm and the TID2008 image database

图像集	Pearson 系数	Spearman 系数	Kendall 系数
Noise	0.290	0.275	0.263
Safe	0.251	0.269	0.157
Hard	0.274	0.242	0.163
Simple	0.293	0.265	0.215
Exotic	0.074	0.057	0.023
Full	0.179	0.161	0.113

个 ΔE_{ab}^* 算法的图像色差效果并不是很好。相对于整个图像库, Noise 和 Simple 分组的效果还较好一些,但总体来说, ΔE_{ab}^* 算法的效果并不理想。

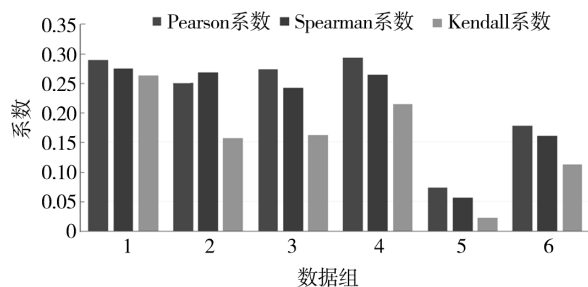


图 3 ΔE_{ab}^* 算法与 TID2008 图像数据库的线性评价直方图

Fig. 3 Histogram of linear correlation evaluation between ΔE_{ab}^* algorithm and the TID2008 image database

从表 2 及图 4 可以看出,色相角算法对于 TID2008

表 2 色相角算法与 TID2008 图像数据库的线性相关评价

Tab.2 Linear correlation evaluation between hue angle algorithm and the TID2008 image

图像集	Pearson 系数	Spearman 系数	Kendall 系数
Noise	0.289	0.299	0.197
Safe	0.282	0.257	0.163
Hard	0.381	0.356	0.305
Simple	0.304	0.302	0.273
Exotic	-0.063	-0.084	-0.036
Full	0.287	0.267	0.251

数据库的总体相关性是比较低的。特别对于某些失真方式,该指标的表现效果不佳, Hard 数据组的 Pearson 系数是最高的,为 0.375。Hard 数据组包括

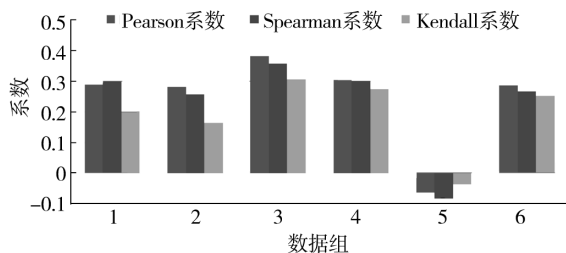


图4 色相角算法与TID2008图像数据库的线性相关评价直方图

Fig. 4 Histogram of linear correlation evaluation between hue angle algorithm and the TID2008 image database

噪声,压缩,模糊以及传输误差。这说明必须提高色相角算法在这些受损方式上的使用效果。从整体来看,色相角算法比 ΔE_{ab}^* 算法在计算图像色差方面效果有所提高。

2个算法分别对整个图像库的计算结果的线性相关性的对比见图5,可以明显看出,色相角算法的

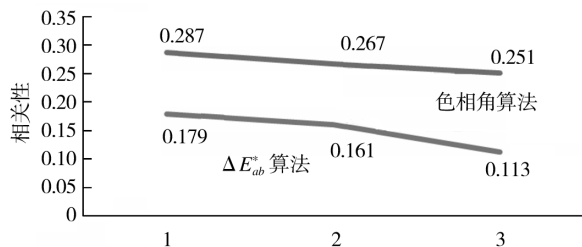


图5 2种算法线性相关性的对比

Fig. 5 Comparison of linear correlation evaluation between ΔE_{ab}^* algorithm and hue angle algorithm

相关性更高,说明色相角算法能够更加准确的计算出图像色差,更加符合人眼的观察结果。

3 结论

在计算图像色差方面,色相角算法的效果比 ΔE_{ab}^* 算法的效果好。这说明图像中每个像素的颜色对人眼的刺激程度并不是相同的,在计算图像色差时,不能对每个像素进行相同的处理方式。色相角算法则是根据不同像素颜色的色相赋予不同的权值,从而达到更加贴合视觉感受的结果。从整体来说,色相角算法与视觉观察结果的相关系数并不是很高,说明

与标准观察结果还存在一定的差距,所以应当在此基础上做进一步改进,从而更加准确地预测图像色差。

参考文献:

- [1] 黄小乔,石俊生,姚军财,等.一种基于S-CIELAB的图像质量评价模型[J].云南师范大学学报,2006(5):48—51.
HUANG Xiao-qiao,SHI Jun-sheng,YAO Jun-cai,et al. A Study of Image Quality Evaluation Based on the S-CIELAB Model[J].Yunnan Normal University Journal, 2006(5):48—51.
- [2] 于佳,张二虎.基于全画面的印刷品在线色差检测模型[J].包装工程,2009,30(3):85—87.
YU Jia,ZHANG Er-hu. The Calculation Methods of Image Color Difference for the Printed Picture[J].Packaging Engineering,2009,30(3):85—87.
- [3] 武海丽,黄庆梅,苑馨方,等.基于S-CIELAB和iCAM模型的图像颜色质量评价方法的研究[J].光学学报,2010,30(12):3447—3453.
WU Hai-li,HUANG Qing-mei,YUAN Xin-fang,et al. Experiment Research of Evaluating Methods of Image Quality Based on Models of S-CIELAB and iCAM[J].Acta Optical Sinica,2010,30(12):3447—3453.
- [4] 黄小乔,石俊生,杨健,等.基于色差的均方误差与峰值信噪比评价彩色图像质量研究[J].光子学报,2007(6):295—298.
HUANG Xiao-qiao,SHI Jun-sheng,YANG Jian,et al. Study on Color Image Quality Evaluation by MSE and PSNR Based on Color Difference[J].Acta Photonica Sinica,2007(6):295—298.
- [5] HONG G,LUO M R. New Algorithm for Calculating Perceived Color Difference of Images[J].The Image Science Journal,2006,54(2):86—91.
- [6] UROZ J,LUO M R,MOROVIC J. Color Difference Perceptibility for Large-size Printed Images[C].Proc Colour Image Science Conf,Derby,UK,2000:138—151.