

· 图像与信号处理 ·

色差公式的研究及其对图像主色提取的影响

张玉发

(电子工程学院, 安徽 合肥 230037)

摘要:分析常用的颜色空间中的色差公式,运用聚类算法将色差公式应用于图像背景主色提取.理论分析和实验结果均表明,CIELAB 颜色空间中的 CIE94 色差公式具有较好的实验效果和较高的效率,说明色差公式的选择与实际使用情况紧密相连,要实现不同的图像显示效果,应选择不同的色差公式.

关键词:色差公式;主色提取

中图分类号:TP751

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2010)06-0056-03

Research on Color Difference Formula and Its Influence on Extracting Dominant Colors

ZHANG Yu-fa

(Hefei Electronic Engineering Institute, Hefei 230037, China)

Abstract:The most commonly used color difference formula was analyzed,the color difference formula was applied in image main color extraction by the clustering algorithm.Theoretical analysis and experimental results show that CIE94 has a better display,and more efficient.As a result,the choice of color difference formula is closely linked with the actual use.We should choose different color difference formula to achieve a different image display.

Key words:color difference formula;main color extraction

色差公式是决定图像处理效果的重要因素之一.在提取背景主要颜色分布信息时,需要将相似的颜色归为一类,这就需要比较颜色的相似度;在对图像相似度进行评价时也要比较目标和背景主要颜色的差异,所以准确地评价颜色差别时色差公式的选择就显得非常重要.现有的色差公式有多种,RGB 空间常用的有欧拉公式,CIELAB 空间常用的有 CIEDE2000 色差公式等^[1-5].

文中针对图像主色提取这一特殊应用,分析常用 RGB、CIELAB 颜色空间的色差公式.通过对这些色差公式基本理论的研究,发现 CIELAB 颜色空间中的色差公式相对于其他空间的色差公式具有较好的均匀性,更适用于背景主色提取工作,该颜色空间中不同的色差公式也有不同的应用目标.仿真实

验对比了采用不同色差公式提取主色的显示效果和运行效率.

1 常用的色差公式

常用的色差公式有欧拉公式、HIS 色差公式、特征距离公式等.

1.1 欧拉公式

欧拉公式是一个应用非常广的计算公式,是人们在 RGB 空间计算色差常用的色差公式,也是 CIE1976 年推荐的 CIELAB 色差的计算公式.用欧拉公式表示 (a_1, b_1, c_1) 和 (a_2, b_2, c_2) 之间的色差如式(1)所示

收稿日期:2010-12-08

作者简介:张玉发(1982-),男,安徽桐城人,硕士,主要研究方向为光学工程.

$$D = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2} \quad (1)$$

1.2 HSI 色空间色差公式

和 HSV 空间距离公式类似,使用 HSI 色空间亮点之间的直线距离作为 2 种颜色的色差.即若有 2 种颜色 (h_1, s_1, i_1) 和 (h_2, s_2, i_2) ,那么 2 种颜色在 HSI 色空间的距离 D_{hsi} 可以用式(2)来度量.

$$D_{\text{hsi}} = \sqrt{(i_1 - i_2)^2 + (s_1 \cos h_1 - s_2 \cos h_2)^2 + (s_1 \sin h_1 - s_2 \sin h_2)^2} \quad (2)$$

1.3 特征距离

特征距离是一种具有较强普适能力的度量指标.其定义如下:

设样本向量 $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$; $g = g_1, g_2, \dots, g_n \in R^n$ (R^n 为向量空间),则特征距离向量 $S = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ 中各分量定义为

$$d_i = f_i \ln \frac{f_i + 1}{g_i + 1} + g_i \ln \frac{g_i + 1}{f_i + 1} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

2 个颜色之间的特征距离就是特征距离向量 $|S|$ 的内积范数.

$$|S| = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2} \quad (4)$$

2 CIELAB 色空间的色差公式

自从 CIE 在 1976 年向世界推荐 CIELAB 色空间以来,人们一直致力于建立基于该色空间能准确描述人的感知的色差方程.先后提出了 CIE1976L* a* b*、CIE94 和 CIEDE2000 等色差公式.

2.1 CIE1976L* a* b* 色差方程

CIE1976 L* a* b* 色差方程(代号为 ΔE_{ab}^*)是 CIE 在 1976 年在向世界推荐 CIELAB 色空间的同时,推荐的色差方程,它用 CIELAB 色空间中 2 个点的欧氏距离作为 2 种颜色间的色差.即,设 (L_1^*, a_1^*, b_1^*) 和 (L_2^*, a_2^*, b_2^*) 为 CIELAB 色空间 2 个颜色的坐标,则二者的色差如式(5)所示

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (5)$$

2.2 CIE1994($\Delta L^* \Delta C_{ab}^* \Delta H_{ab}^*$)色差方程

CIE 技术委员会在 1994 年建立了一个新的色

差方程,即 CIE 1994($\Delta L^* \Delta C_{ab}^* \Delta H_{ab}^*$)色差方程,代号为 ΔE_{94}^* ,简称 CIE94. 设 (L_1^*, a_1^*, b_1^*) 和 (L_2^*, a_2^*, b_2^*) 为 CIELAB 色空间 2 个颜色的坐标,则二者的色差如式(6)所示

$$\Delta E_{94}^* = \left[\left(\frac{\Delta L^*}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{K_H S_H} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

式中, $\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$, $\Delta C_{ab}^* = \Delta C_{ab,1}^* - \Delta C_{ab,2}^*$; $\Delta H_{ab}^* = [(\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2]^{1/2}$; $S_L = 1$; $S_C = 1 + 0.045 C_{ab}^*$; $S_H = 1 + 0.015 C_{ab}^*$. 其中, $C_{ab,1}^* = (a_1^{*2} + b_1^{*2})^{1/2}$; $C_{ab,2}^* = (a_2^{*2} + b_2^{*2})^{1/2}$. 其中, $C_{ab}^* = \sqrt{C_{ab,1}^* C_{ab,2}^*}$. 参考条件下, $K_L = K_C = K_H = 1$.

2.3 CIEDE2000 色差公式

CIEDE2000 色差公式是 CIE 最新推荐的色差公式.该色差公式不仅包含有明度差、彩度差和色调差加权函数,还加入了色调差与彩度差的交叉项和改善中性色色差预测能力的函数项.CIEDE2000 色差公式如式(7)所示.

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2} \quad (7)$$

3 不同色差公式对图像主色提取的影响

虽然经过理论上分析,CIELAB 色空间相对于其他颜色空间是一个近似均匀的颜色空间.而 CIEDE2000 作为 CIE 最新推出的色差公式被证明了是迄今最符合人类视觉感知的色差公式,并被全国颜色标准化技术委员会确定为我国最新的国标色差公式.但是,也有研究人员通过理论分析和实验证明了 CIEDE2000 的不连续性.到底哪种颜色空间和色差公式适合用于迷彩伪装的设计和评估,需要用实验来确定.为此,设计了 2 个对比实验,使用 Matlab 编程实现.

(1)对比 CIELAB 色空间色差公式提取主色的效果

分别使用 CIE1976L* a* b* 色差方程、CIE94 色差方程和 CIEDE2000 色差方程作为聚类过程中使用的色差方程,比较其主色图与原色图像的相似程度,原始图像如图 1,聚类结果如图 2~图 4 所示.

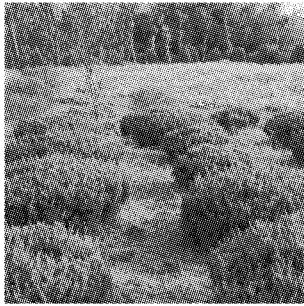


图1 原始图像



图2 CIE1976L*a*b* 色差方程主色图



图3 CIE94 色差方程主色图



图4 CIEDE2000 色差方程主色图

通过实验结果发现,图2~图4中3幅主色图和图1相似度都比较高,仔细对比可以发现图3和图4效果要稍微优于图2,说明在用于提取主色图时,CIE1976L*a*b* 色差方程的效果稍低于CIE94 色差方程和CIEDE2000 色差方程,而后二者性能相差不大。

(2) CIELAB 色差公式效率比较

为了比较 CIELAB 色差公式的运行效率,选取

10幅图像,大小均为 400×400 像素.对每幅图像分别提取主色图,聚类时都使用相同的聚类算法,分别使用CIE1976L*a*b* 色差方程、CIE94 色差方程和CIEDE2000 色差方程作为聚类过程中使用的色差方程,统计使用每种色差方程聚类所耗时间.为避免干扰,在算法运行期间不对电脑作任何操作.为了减少偶然因素的影响,使用10幅图像处理时间的平均值作为该色差方程对应的聚类耗时,如表1所示.

表1 不同色差方程聚类平均耗时(图像尺寸为 400×400 像素)

色差方程	CIE1976	CIE1994	CIEDE2000
平均耗时/s	3.09	5.91	81.32

分析表1中数据可以发现,使用CIEDE2000 色差方程时,聚类耗时最多,算法效率明显低于CIE1976L*a*b* 色差方程和CIE94 色差方程。

综合分析2个实验结果,使用CIE94 色差方程进行聚类的准确度和CIEDE2000 色差方程相差不大,都优于CIE1976 色差方程,但是CIE94 色差方程的聚类效率远远高于CIEDE2000 色差方程。

4 结束语

色差公式的选取是进行图像处理所必须要考虑的问题,不同的色差公式没有绝对的好坏之分,只有效果的差异;并且没有哪一种是普遍适用且绝对优于另一种的,每一种都有其适用范围.文中将颜色空间中色差公式的选取应用于彩色图像的主色提取,评价标准为经过提取得到的背景主色图像更接近于真实图像.经实验比较得出CIELAB 颜色空间中的色差公式对图像主色提取效果略有不同,但是CIE94 的效率更高.因此在实际的应用领域,要根据具体的使用场合来选择、实验、比较,最终确定颜色空间下的色差公式,以达到期望的效果。

参考文献

- [1] Roy S Bears. 颜色技术原理[M]. 李小梅,马如,陈立荣,等译.北京:化学工业出版社,2006:50-93,173.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T7921-2008 均匀色空间和色差公式[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [3] CIE. Colorimetry 3rdEd. CIE Publ. 15:2004[S]. Central Bureau of the CIE, Vienna, Austria, 2004.
- [4] M R Luo. The CIE 2000 Colour Difference Formula; CIE DE 2000[C]//Proc. of SPIE, 2002, 4421.
- [5] 赵景秀,王菁,赵昭.基于RGB空间剖分的彩色图像边缘检测[J].光电子技术,2009, 29(3): 171-173,190.