

文章编号:1007-2780(2013)06-0868-04

基于视觉灰平衡的 LCD 显示器色彩校正

王晓红,刘太庆

(上海理工大学 出版印刷与艺术设计学院,上海 200093, E-mail:wang_keyan@163.com)

摘 要: 中性灰平衡是评价成像设备成像质量的重要指标。文章提出视觉灰平衡的概念和模型,使用查找表的方法获取显示器的各阶调视觉灰平衡数据,并将该数据拟合成视觉灰平衡阶调复制曲线加载到显示图像中,主观实验结果表明,校正图像 Z 分数在 95% 的置信区间大于原始图像,图像质量得到明显改善。设计了包含视觉中性灰色的显示器特性化色表,重新制作显示器特性化文件 ICC,实验结果表明使用新色表生成 ICC 的再现色域完全包含默认色表生成 ICC 的再现色域。显示器加载新 ICC 后,色彩再现能力将大幅提高。

关 键 词: 视觉灰平衡; LCD 显示器; 色彩校正; 显示质量

中图分类号: TS801 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20132806.0868

Color Correction of LCD Displays Based on Visual Gray Balance

WANG Xiao-hong, LIU Tai-qing

(College of Communication and Art Design, University of Shanghai for Science and Technology,
Shanghai 200093, China, E-mail:wang_keyan@163.com)

Abstract: Neutral gray balance is one of the most important metrics to evaluate the quality of image on image devices. The concept and model of visual gray balance are proposed in this paper. This paper uses the look-up-table to get the visual gray balance data, which are used to fit visual gray balance curves, and load the visual gray balance curves into the images displayed on the LCD displays. The results of subjective experiments show Z scores is greater than those of original images with 95% confidence interval, which are calculated by evaluating the corrected images. Then, considering the visual gray color, the color chart is redesigned and the ICC of LCD displays is remade. The result shows that compared with the color gamut which are produced by the default color chart, the new one appears to be large. LCD displays will reproduce more color by loading the new ICC.

Key words: visual gray balance; LCD displays; color correction; display quality

1 引 言

LCD 显示设备成功取代 CRT 显示设备,广泛应用到我们的日常生活中,比如 LCD 电视机、电脑显示器、手机显示屏等。由于 LCD 显示屏制造材料和工艺的缺陷,其初始显示质量往往不能满足用户的要求,因此需要对 LCD 显示屏进行色

彩校正。Gamma 色彩校正方法调整 Gamma 值从而达到调整显示图像色彩的目的^[1],Gamma 是 CRT 显示器色彩校正的重要参数,但是 LCD 显示器的成像原理与 CRT 显示器的成像原理是不同的,通过调整 Gamma 值校正 LCD 显示器显示质量还需进一步研究;通过色域裁剪匹配目标颜色,以实现 LCD 显示器色彩校正^[2],将会损失部

收稿日期: 2013-04-18; 修订日期: 2013-07-19

作者简介: 王晓红(1971—),女,陕西大荔人,博士,教授,从事色彩管理和印品质量控制方面的研究。

分颜色;利用白平衡进行LCD显示器颜色校正,彩色图像的各阶调灰色会偏向设定白点的色彩^[3]。文献[4]提出适用于多路视差图的颜色校正方法,其基本假设为所有像素各通道灰度值总量相等,许多彩色图像不能满足基本假设条件。文献[5]探讨一种使用灰平衡校正显示器色彩的方法,未考虑人眼颜色视觉的特点,效果不佳。

本文提出视觉灰平衡的概念和模型,校正LCD显示器的中性灰色,从而达到色彩校正的目的。首先,使用查找表的方法获取视觉灰平衡数据,利用多项式拟合的方法将视觉灰平衡数据拟合成视觉平衡阶调复制曲线,并把该曲线加载到图像中;然后,设计包含视觉灰平衡数据的特性化色表,利用该色表重新特性化LCD显示器,生成ICC特性化文件。最后,将ICC特性化文件加载到计算机系统级的色彩管理流程中,从而实现显示器色彩校正的目标。

2 视觉灰平衡的概念和模型

LCD显示器采用RGB颜色空间,理想条件下当 $R=G=B$ 时显示器达到灰平衡,即三色加色后,在Lab颜色空间下,ab的色度值均为0时,称为绝对灰平衡。由于材料、制作工艺水平的局限,绝对灰平衡难以实现。在 $R=G=B$ 的周围寻找一组RGB值,加色后的色度值与白点色度匹配,称为相对灰平衡。如果将0~255阶调上的中性灰都与白点相匹配,图像显示的彩色与白点颜色一致,但与人眼视觉感知的中性灰色不一致。如果在 $R=G=B$ 周围找出一组RGB值,其加色后与人眼视觉灰度相匹配,称为视觉灰平衡。通过实验测试,Acer V173 LCD显示器全白状态lab值是(1.39,0.24,-3.27),全黑状态测量得到的lab值是(100,-2.05,-21.73)。显示器从全白状态至全黑状态的灰度阶调范围内,人眼视觉感知相同的灰色感觉时,显示器所显示色度值 a, b 是不同的。本文提出显示器视觉中性灰的模型如下:在0~255的阶调上,视觉中性灰色度值 a, b 是阶调 T 的线性函数:

$$a_T = (a_2 - a_1) \times \frac{T}{255} + a_1 \quad (1)$$

$$b_T = (b_2 - b_1) \times \frac{T}{255} + b_1 \quad (2)$$

其中 (a_1, b_1) 是显示器全黑状态下的黑点色度值;

(a_2, b_2) 是显示器全白状态下的白点色度值。

3 实验设计与步骤

3.1 设备和测量环境

实验设备:Acer V173 显示器、X-Rite Eye-Pro、Profilemake5.0.8。

测量环境:标准暗室、GTI 标准灯箱。

3.2 步骤

(1)使用Profilemake5.0.8软件中的Monitor calibration模块对Acer V173显示器进行设置和校正,其中gamma值2.2,色温6500 K,亮度120 cd/m²。

(2)在显示器的RGB空间上选取(16,16,16)、(32,32,32)、(48,48,48)、(64,64,64)、(80,80,80)、(96,96,96)、(112,112,112)、(128,128,128)、(144,144,144)、(160,160,160)、(176,176,176)、(192,192,192)、(208,208,208)、(224,224,224)、(240,240,240)15个理想中性灰阶调。以每个理想中性灰阶调为中心RGB各通道上扩张成11个节点的立方体,其中每个节点之间的步长是2,总共个1331点。使用matlab编程将各点的坐标生成色表text文件,共有19965个色块。

(3)将色表text文件导入Profilemake 5.0.8软件的measure tool模块,使用X-Rite Eye-Pro测量色表,得到每个色块的Lab色度值。

(4)计算每个理想中性灰阶调为中心立方体的节点色度值与各阶调视觉灰度值的色差 ΔE_{ab} ,其中 ΔE_{ab} 色差小于3时^[7],对应的RGB值为视觉灰平衡值。

(5)将4中得到的视觉灰平衡数据值在0~255的阶调范围内使用多项式拟合的方法拟合成视觉灰平衡曲线。

(6)在柯达图像库中的选取10幅图像,包括人物、风景和食物类别;并将相对中性灰平衡阶调复制曲线和视觉灰平衡阶调复制曲线分别加载到所选图像,得到基于相对灰平衡的修正图像10幅和基于视觉灰平衡的修正图像10幅。

(7)将Acer V173放置GTI标准灯箱中,打开D65光源;20名颜色视觉正常的观察者,在暗室中,距离显示器60 cm,观看Acer V173显示的3种类型图像^[8]。观察者根据明度、色相、饱和度、对比度和自然度5个方面对显示图像进行综

合评价^[9],并根据评价结果排序,好(1)、一般(2)、差(3)。最后,根据排序结果,计算各类图像 Z 分数及其置信区间 CI。

(8)依据文献[10]提出的特性化色表设计的基本原则,本文设计特性化色表组分和数量,如表 1。

表 1 新色表组分	
Table 1 Components of the new color chart	
RGB 色块类型	色块数量
1. RGB 三色分别在 0, 10, 20, 30, 40, 55, 70, 85, 100 阶调处的叠色组合	$9 \times 9 \times 9 = 729$
2. 在阶调值 100, 98, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 60, 50, 40, 30, 25, 20, 15, 10, 7, 5, 3, 2 的 RGB 三色单色块	$3 \times 20 = 60$
3. 视觉中性灰平衡色块	15
4. 白色块和黑色块	2
色块总量	806

4 结果与分析

从图 1 视觉灰平衡曲线可以看出:相对于原图,加载曲线后图像在暗调区域拉伸,亮调区域压缩,中间调区域几乎不变。从主观评价图像和打分结果分析:与原图比较,视觉中性灰平衡阶调复制曲线改善显示图像视觉中性灰再现能力,并使图像整体亮度增大,饱和度增加,图像显示质量提高;然而,相对中性灰平衡曲线使图像偏向白点 6 500 K 的颜色,整体偏蓝,降低显示质量。表 2 和图 3 是主观评价后的排序结果计算的 Z 分数平均值、置信区间和绘制的误差条形图。图像 C 的 Z 分数值要大于图像 A、B,并且在 95% 的置信区间内,图像 C 的 Z 分数与图像 A、B 无明显重合,这表明基于视觉灰平衡的修正图像 C 显示质量优于原图像 A 概率是 95%。

由图 4 可知,在明度值 L 为 25、50、75 时,通过新色表生成的特性化文件 ICC 表现色域完全包含默认色表生成的特性化文件 ICC 再现色域。将新表生成的显示器 ICC 加载到计算机系统级的色彩管理流程中,将提高显示器的颜色再现能力。

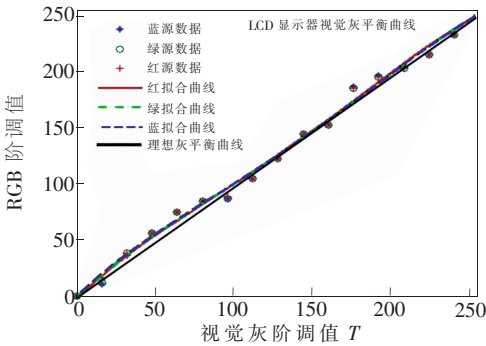


图 1 LCD 显示器视觉灰平衡曲线

Fig. 1 Visual gray balance curve of LCD screen



图 2 主观评价图

Fig. 2 Images used to evaluate subjectively

表 2 主观评价结果-Z 分数平均值			
Table 2 Results of subjective evaluation-mean z-scores			
图像	A	B	C
Z 分数	0	-0.903	0.903
置信区间	CI	0.44	

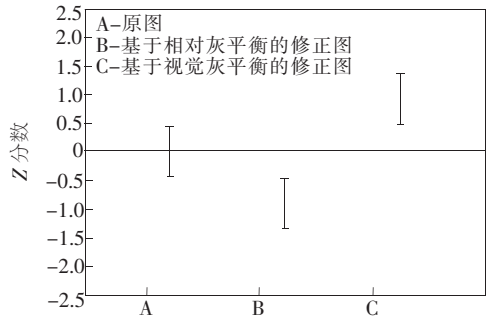


图 3 Z 分数的误差条形图

Fig. 3 Error bar plot of z-scores

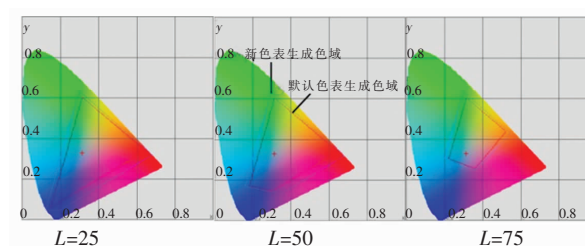


图 4 新色表和默认色表色域比对

Fig. 4 Comparison between the color gamuts

5 结 论

人眼对图像中性灰区域具有高度的敏感性。文中提出视觉中性灰模型校正 LCD 显示器显示图像的色彩,实验结果表明经该模型校正后的 LCD 显示器,彩色图像显示质量提高。基于对现有显示器特性化色表缺陷的分析,重新设计了包含视觉中性灰色块的显示器特性化色表,实验结果表明在色彩管理流程中,新色表生成 ICC 将大幅提高 LCD 显示器色彩再现能力。

参 考 文 献:

- [1] 许宝卉. 玛值、白场色温及亮度对显示效果的影响[J]. 液晶与显示, 2012, 27(1): 51-57.
- [2] 何俊辉, 郭太良. FED 显示器色彩校正方法研究[J]. 光电子技术, 2007, 27(4): 281-284.
- [3] 王建, 彦伟, 俞浩. 基于灰轴调整的彩色图像自动白平衡[J]. 天津大学学报, 2010, 43(6): 479-484.
- [4] 张琳, 刘曦, 李大海, 等. 一种 YUV 颜色空间下的多视差图偏色校正方法[J]. 液晶与显示, 2010, 25(2): 278-283.
- [5] Guo L H, Zhang M Y, Guo X H, et al. Discussion on screen of celebrated grey balance [C]//Asia-Pacific Youth Conference on Communication, Hangzhou, China; China Institute of Communications, 2011: 187-190.
- [6] Committee for Graphic Arts Technologies Standards. ANSI/CGATS/TR 015-2011, Methodology for Establishing Printing Aims Based on a Shared Near-neutral Gray-scale[S]. Virginia, USA: Association for Suppliers of Printing, Publishing and Converting Technologies, 2011.
- [7] Thomas J B. Colorimetric characterization of displays and multi-display system[D]. Dijon, France; University of Burgundy, 2009: 23-24.
- [8] Pedersen Marius. Image quality metrics for the evaluation of printing workflows[D]. Gjøvik, Norway; University of Oslo, 2011: 50-58.
- [9] Quintard L, Larabi M C. Empirical investigation of display quality[J]. Society for Imaging Science and Technology, 2011, 55(6): 060504(1-8).
- [10] Bestmann G, Druckmaschinen H. Technical recommendation color characterization target and data file format for 4-color printing[R]. Hamburg: European Color Initiative, 2002.