

文章编号:1004-4213(2010)09-1716-7

视觉估计显示器 gamma 在 Internet 网络上的应用*

李琼,石俊生[†],张子扬

(云南师范大学 颜色与图像视觉实验室,昆明 650092)

摘要:使用自行开发出的基于 Web 的 gamma 估计程序,分别通过 Internet 对 CRT 和 LCD 显示器在暗、微暗和办公环境三种观察环境下,进行了视觉估计显示器 gamma 精确度研究实验.实验得出:不同实验者估计偏差范围,对 CRT 和 LCD 显示器分别是 0.13 和 0.20;估计与测量结果的平均误差范围,对 CRT 和 LCD 显示器分别是 0.07 和 0.17;gamma 估计基本与观察环境无关;观察视角对 LCD 显示器 gamma 值影响很大;显示器的“亮度”和“对比度”设置,不影响视觉估计结果.

关键词:视觉光学;显示器;gamma;人眼视觉系统

中图分类号:O432.2

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20103909.1716

0 引言

计算机已成为信息时代不可缺少的工具,显示器是电子信息输出的主要设备.图像图形是电子信息的重要部分,其显示颜色直接影响一般的 Internet 网络服务,而且在一些如印刷出版、图形艺术、医疗、各种设计等行业非常重要.实际应用中,同一幅彩色图像在不同的显示器上会有不同的颜色外貌.显示器显示的颜色外貌不仅由显示器本身色度性能决定^[1-3],而且与观察环境有关^[4].精确控制显示器显示颜色方法是采取显示器特性化^[1-3].显示器特性化是建立输入的数字驱动信号到独立于设备色空间 CIE XYZ 的一种映射变换关系,具体分为两个步骤:第一步是定义显示器的输入信号和屏幕产生的亮度之间的关系,即色彩重现曲线(Tone Reproduction Curve, TRC);第二步是由亮度产生色度的加色过程.

显示器的 TRC(应该说是显示系统的 TRC)特性可以近似的用一个参量“gamma”来描述.不同平台的默认 gamma 值是不同的,例如,Mac 默认为 1.8,PC 默认为 2.2,Unix 默认为 2.3-2.5^[5].有相同 RGB 值的图像在不同显示系统 gamma 看起来非常不同.利用设置或校正 gamma 值实现颜色控制,已经在图形图像处理行业有了广泛的应用.例如,用户

可利用 Adobe gamma 设置 gamma 范围在 1.0~3.0.

要得到比较精确的 gamma 值需要使用仪器测

量,这给一般用户应用带来很大的不便.国外已有 Gustav 等人采用全视觉的心理物理学方法来估计 CRT 显示器 gamma^[6];Snjezana 等人研究了 CRT 显示器 gamma 的变化对图像显示效果的影响及带来的色差大小^[7].目前网络上提供了一些视觉估计 gamma 以及显示器最优设置软件,如 Adobe gamma、Quick gamma 等.但是这些研究或软件都是在 CRT 显示器上进行,且没有关于估计准确度的报道,为此,本课题组曾对视觉估计显示器 gamma 的估计方法和估计准确度做了较深入研究^[8],在此基础上提出了 Internet 上针对不同显示器的 gamma 估计程序开发与准确度的研究.

本文利用自行开发的基于 Web 的显示器 gamma 估计程序,研究网络显示器在不同环境下,视觉估计 gamma 的准确度、显示器设置对视觉估计的影响、Internet 上视觉估计 gamma 的可行性与准确度,为实际应用提供了参考.

1 视觉估计 gamma 方法及其软件

CRT 显示器颜色特性化包括两个步骤:第一步是由显示器三通道显示的数字量得到电子枪产生亮度的非线性过程,即显示器的 gamma 特性,用式(1)来描述;第二步是由三个电子枪亮度得到色度,即荧光粉线性加色过程,用式(2)来描述.

$$L_{r,g,b} = \left(\frac{d_{r,g,b}}{255} \right)^{\gamma_{r,g,b}} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{r,max} & X_{g,max} & X_{b,max} \\ Y_{r,max} & Y_{g,max} & Y_{b,max} \\ Z_{r,max} & Z_{g,max} & Z_{b,max} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_r \\ L_g \\ L_b \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中, d_r, d_g, d_b 分别为红、绿、蓝三通道数字驱动

* 国家自然科学基金(60668001)资助

[†] Tel:0871-5519073

Email:shi-js@263.net

收稿日期:2009-03-04

修回日期:2009-05-25

量;线性矩阵中的九个元素是显示器红、绿和蓝三个通道数字量单独最大时分别显示颜色的 CIE XYZ 三刺激值; L_r, L_g, L_b 是归一化亮度,即显示器三通道任意数字量时,每个通道数字量单独产生的亮度与该通道最大亮度之比; $\gamma_r, \gamma_g, \gamma_b$ 表示红、绿、蓝三通道的 gamma. LCD 显示器的颜色特性化模型仍在研究阶段,提出了多种方法^[3,9]. 其中,上面描述的 CRT 显示器颜色特性化方法仍然可用于 LCD 显示器,也就是说, LCD 显示器仍然存在 gamma 特性^[3]. 所以,对两种显示器采用同样的视觉估计 gamma 的方法.

视觉估计每个通道的 gamma 值 $\gamma_r, \gamma_g, \gamma_b$, 采用该通道同色条纹混色法的视觉匹配方法^[8]. 图 1 是本课题组开发出的网络上视觉估计灰度通道 gamma 软件界面,调节中间色块与周围亮暗条纹混合色块达到视觉上的匹配. 以云南师范大学颜色与图像视觉实验室网站 www.csii.net.cn 为实验平台,采用基于 Browser/Server 的形式实现,并打包生成可执行文件,实验者在使用之前只需进行简单安装即可. 软件功能可选项包括:1)红、绿、蓝、亮度通道的选择;2)条纹宽度,可在 1 或 2 个像素范围选择;3)步长,即中间匹配色块数字量的变化可调. 在实验过程中,可根据实际情况对条纹宽度和步长做相应的调整. 为了指导实验者正确操作,网页上给出了详细的设置步骤以及实验方法.

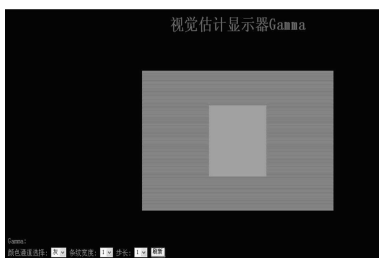


图 1 视觉估计 gamma 的网络软件界面
Fig. 1 The interface of network software for visual estimating gamma

2 实验及结果

2.1 实验器材及实验条件

CRT1:CTX FP705 17",使用约 7 000 h. 频率 75 Hz,分辨率 1 024×768,最大亮度:132.8 cd/m²;

CRT2:AOC 772S 17",使用约 7 000 h. 频率 75 Hz,分辨率 1 024×768,最大亮度:190.1 cd/m²;

LCD1:清华同方 17",使用约 1 500 h. 频率 75 Hz,分辨率 1 280×1 024,最大亮度:161.2 cd/m²;

LCD2:ViewSonic VA1916w 19",使用约 1 000 h. 频率 75 Hz,分辨率 1 600×1 200,最大亮度:192.8 cd/m²;

屏幕亮度计:北京师范大学光电仪器厂生产,型号 ST-86LA,测量范围 0.01~19 990 cd/m²,准确度±0.5%. 屏幕色度计:Photometer, X-rite eye-one Pro.

测量前显示器开机预热 2 h 以上,白点 D65.

实验者 5 人:左右眼视力 1.2 以上,或经矫正 1.2 以上,有正常的色视觉. 其中两名有相关实验经验.

观察环境 1:暗环境(dark),夜晚、关闭所有灯、窗帘,亮度低于 10 lux.

观察环境 2:微暗环境(dim),白天、关闭所有灯、窗帘,亮度约 64 lux.

观察环境 3:办公环境(office),白天、打开灯、窗帘,亮度约 350 lux.

2.2 不同观察环境下视觉估计 gamma

由于视角对 LCD 显示器观察效果影响较大,而且 LCD 的稳定性、描述非线性的 gamma 特性不及 CRT 显示器,实验分别对两类显示器进行. 两台 CRT 显示器“亮度”调节在 75%，“对比度”100%. 在办公环境时,室内的日光灯若直接照射在 CRT 显示器时会产生眩光效应,对估计产生影响,因此应适当调整显示器方向,避免明显的眩光产生. 在匹配过程中,若某通道有多个值能匹配上,该通道的 gamma 取这些颜色对应 gamma 值的平均值. 仪器测量 gamma 时,两台 CRT 显示器设置与视觉估计 gamma 时相同. 仪器测量 gamma 时,采用考虑黑点的简化 GOG 模型的仪器测量方法,使用 17 点测量方法建立了四个通道的查找表(LUT),并优化计算了伽玛值^[10]. 现有的研究结论说明,该方法测量得到的 gamma 值能作为视觉估计 gamma 的评价标准^[8]. 由于屏幕测量仪器探头紧贴显示屏幕,对屏幕亮度测量不受环境影响,所以在暗、微暗和办公环境下对 gamma 有相同的测量结果.

表 1 列出了编号 1#-5# 的五名实验者,分别在暗、微暗、办公环境三种观察条件下,对两台 CRT 显示器视觉估计 gamma 的平均值、方差,以及与仪器测量得到的 gamma 值比较结果. 其中,“平均值”是五名实验者视觉估计平均结果;“最大偏差”是单个实验者估计结果离开平均值的最大差;“误差”是指测量值与估计平均值之间绝对偏差;“平均误差”是指对 R、G、B、灰度的平均误差.

从表 1 对 CRT 显示器的实验结果可以看出:不同实验者在不同显示器和不同观察环境下,平均偏差在 0.07~0.13 范围. 估计结果与测量结果比较,在三种环境下,估计结果与测量结果的平均误差均在 0.02~0.07 范围.

表 1 在三种环境下估计的 CRT 显示器 gamma 值的比较
Table 1 Comparison of CRT monitor gamma estimated values in three environments

Environments		Dark				Dim				Office				
		R	G	B	Gray	R	G	B	Gray	R	G	B	Gray	
Subjects	1 [#]	2.205	2.205	2.329	2.205	2.329	2.205	2.329	2.205	2.205	2.205	2.329	2.205	
	2 [#]	2.456	2.329	2.588	2.329	2.456	2.329	2.456	2.329	2.329	2.456	2.456	2.329	
	3 [#]	2.488	2.329	2.329	2.329	2.456	2.456	2.456	2.329	2.488	2.329	2.456	2.329	
	4 [#]	2.329	2.329	2.456	2.329	2.488	2.329	2.488	2.329	2.456	2.329	2.329	2.456	
	5 [#]	2.329	2.329	2.456	2.329	2.329	2.329	2.456	2.329	2.329	2.329	2.456	2.329	
	CRT1	Mean value	2.361	2.304	2.432	2.304	2.412	2.330	2.437	2.304	2.361	2.330	2.405	2.330
		Maximum deviation	0.156	0.099	0.156	0.099	0.083	0.125	0.108	0.099	0.156	0.125	0.076	0.126
		Mean deviation	0.128				0.104				0.121			
		Measurements	2.438	2.378	2.480	2.386	2.438	2.378	2.480	2.386	2.438	2.378	2.480	2.386
		error	0.057	0.074	0.048	0.082	0.026	0.048	0.043	0.082	0.077	0.048	0.075	0.056
	Average error	0.065				0.050				0.064				
Subjects	1 [#]	2.329	2.205	2.329	2.205	2.205	2.205	2.205	2.205	2.329	2.329	2.205	2.084	
	2 [#]	2.205	2.205	2.205	2.205	2.329	2.205	2.205	2.205	2.329	2.205	2.329	2.205	
	3 [#]	2.329	2.205	2.329	2.205	2.205	2.329	2.205	2.329	2.205	2.205	2.205	2.205	
	4 [#]	2.329	2.205	2.205	2.205	2.329	2.205	2.329	2.329	2.329	2.205	2.205	2.329	
	5 [#]	2.329	2.329	2.205	2.205	2.329	2.205	2.329	2.205	2.329	2.329	2.329	2.205	
	CRT2	Mean value	2.304	2.230	2.255	2.205	2.279	2.230	2.255	2.255	2.304	2.255	2.255	2.206
		Maximum deviation	0.099	0.099	0.074	0.000	0.074	0.099	0.074	0.074	0.099	0.074	0.074	0.122
		Mean deviation	0.068				0.080				0.092			
		Measurements	2.286	2.195	2.237	2.197	2.286	2.195	2.237	2.197	2.286	2.195	2.237	2.197
		error	0.018	0.035	0.018	0.008	0.007	0.035	0.018	0.058	0.018	0.060	0.018	0.009
	Average error	0.020				0.029				0.026				

表 2 在三种环境下估计的 LCD 显示器 gamma 值的比较
Table 2 Comparison of LCD monitor gamma estimated values in three environments

Environments		Dark				Dim				Office				
		R	G	B	Gray	R	G	B	Gray	R	G	B	Gray	
Subjects	1 [#]	2.085	2.085	2.329	2.085	2.085	1.967	2.329	2.085	2.085	2.085	2.329	2.085	
	2 [#]	2.329	2.329	2.661	2.205	2.205	2.329	2.458	2.329	2.205	2.205	2.522	2.205	
	3 [#]	2.205	2.329	2.661	2.329	2.329	2.329	2.661	2.329	2.205	2.205	2.329	2.205	
	4 [#]	2.456	2.329	2.864	2.456	2.588	2.456	2.588	2.329	2.456	2.456	2.588	2.456	
	5 [#]	2.205	2.205	2.456	2.205	2.329	2.205	2.456	2.085	2.329	2.205	2.456	2.205	
	LCD1	Mean value	2.256	2.281	2.673	2.256	2.305	2.281	2.498	2.231	2.256	2.231	2.538	2.256
		Maximum deviation	0.171	0.170	0.217	0.200	0.151	0.196	0.169	0.146	0.171	0.225	0.116	0.225
		Mean deviation	0.190				0.166				0.184			
		Measurements	2.283	2.483	2.728	2.446	2.283	2.483	2.728	2.446	2.283	2.483	2.728	2.446
		error	0.027	0.202	0.055	0.190	0.022	0.202	0.230	0.215	0.027	0.252	0.190	0.190
	Average error	0.119				0.167				0.165				
Subjects	1 [#]	1.739	1.739	2.205	1.852	1.739	1.739	2.205	1.739	1.739	1.739	2.205	1.852	
	2 [#]	1.739	1.739	2.329	1.967	1.852	1.967	2.458	1.967	1.852	1.967	2.331	1.852	
	3 [#]	1.967	2.085	2.331	1.967	1.967	1.967	2.331	1.967	1.967	1.967	2.205	1.967	
	4 [#]	1.739	1.967	2.588	1.852	1.739	1.967	2.329	1.852	1.852	1.967	2.329	1.852	
	5 [#]	1.739	1.967	2.329	1.739	1.852	1.739	2.329	1.852	1.739	1.852	2.205	1.739	
	LCD2	Mean value	1.785	1.899	2.356	1.875	1.830	1.876	2.330	1.875	1.830	1.898	2.255	1.852
		Maximum deviation	0.228	0.186	0.232	0.136	0.137	0.137	0.126	0.092	0.137	0.159	0.076	0.115
		Mean deviation	0.196				0.123				0.122			
		Measurements	2.014	2.087	2.313	2.037	2.014	2.087	2.313	2.037	2.014	2.087	2.313	2.037
		error	0.229	0.188	0.043	0.162	0.184	0.212	0.017	0.162	0.184	0.189	0.058	0.185
	Average error	0.156				0.144				0.154				

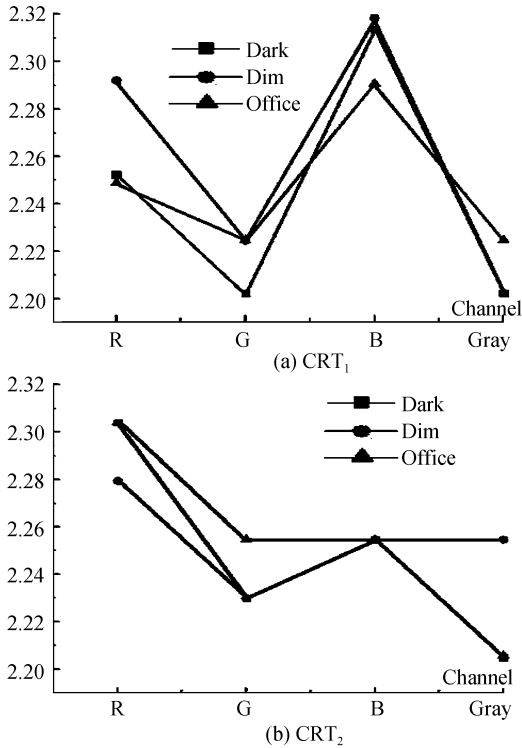


图 2 三种环境下 CRT 显示器视觉估计值比较
Fig. 2 Comparison of estimated gamma of CRT displays on three different environments

三种观察环境下估计结果比较,每个实验者在三种环境下的估计结果基本相同. R、G、B 和灰度通道在三种环境下的视觉估计平均结果如图 2,可以看出,观察环境对估计结果没有规律影响,也就是说, gamma 估计值基本与观察环境无关.

表 2 是对两台 LCD 显示器的实验结果. LCD 显示器最大亮度普遍高于 CRT 显示器,在设置 LCD 显示器时,部分显示器会在“对比度”设置最高时因为亮度过高而丢失颜色信息. 因此在实验中,两台 LCD 显示器均设置在“亮度”75%和“对比度”75%.

从 LCD 显示器的实验结果可以看出:1)不同实验者在不同显示器和不同观察环境下,平均偏差在 0.12~0.20 范围;2)估计结果与测量结果比较,在三种环境下,估计结果与测量结果的平均误差均在 0.12~0.17 范围;3)不同观察环境估计结果比较, R、G、B 和灰 4 通道在三种环境下的视觉估计平均结果如图 3,除了 B 通道具有暗环境估计值最大、微暗环境次之、办公环境最小的明显规律外,估计结果对观察环境没有明显的规律;4)与 CRT 比较, LCD 误差略大于 CRT 显示器.

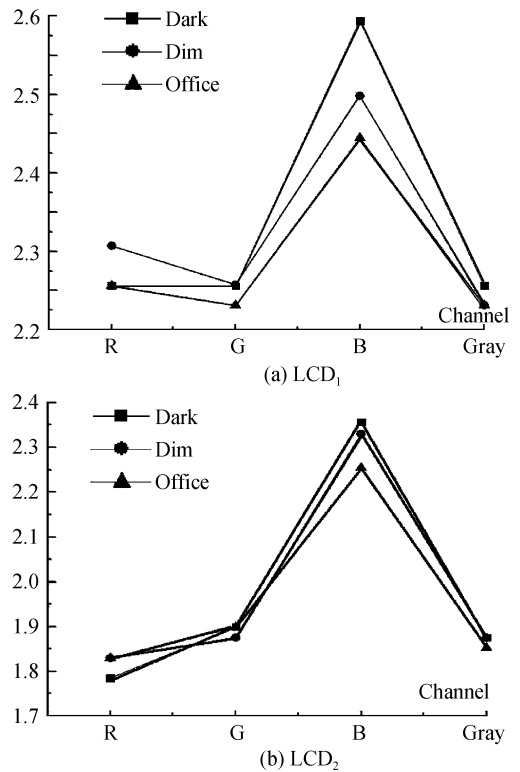


图 3 三种环境下的 LCD 视觉估计值比较
Fig. 3 Comparison of estimated gamma of LCDs on three different environments

2.3 不同视角对 LCD 显示器估计结果的影响

只对两台 LCD 显示器在一种微暗环境下进行实验,显示器同样设置在“亮度”75%，“对比度”75%.

估计 gamma 的匹配色块位于屏幕中心,以通过屏幕中心并垂直于屏幕的方向为中心轴,实验者分别沿中心轴方向、水平偏移约 30°、向上偏移约 30°、向下偏移约 30° 四种的观察角度来进行视觉估计,如图 4.

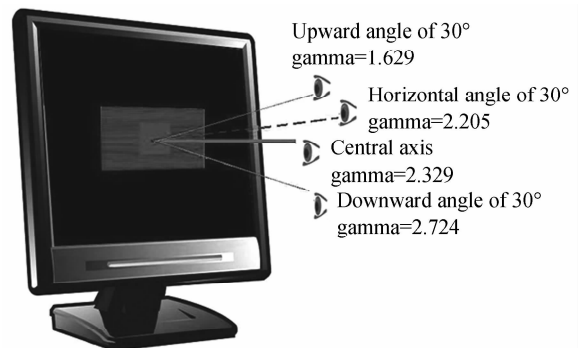


图 4 不同视角下 LCD1 的 gamma 估计结果
Fig. 4 Estimated gamma of LCD1 with different visual angles

表 3 是两名实验者在四种观察角度下视觉估计

表 3 两名实验者在四种观察角度下估计 LCD 显示器的 gamma 值
Table 3 Estimated LCD monitor gamma values of two subjects in three environments

Viewing angle		LCD1					LCD2				
		R	G	B	Gray	Average	R	G	B	Gray	Average
0°	Measurements	2.338	2.552	2.830	2.513	2.558	2.014	2.087	2.313	2.037	2.113
	Average estimated value	2.329	2.267	2.522	2.329	2.362	1.929	1.912	2.084	2.029	1.989
	Maximum deviation	0.000	0.124	0.066	0.000	0.048	0.056	0.173	0.119	0.138	0.122
	Error	0.009	0.285	0.308	0.184	0.197	0.085	0.175	0.229	0.008	0.124
Horizontal angle of 30°	Average estimated value	2.205	2.085	2.329	2.085	2.176	1.310	1.414	1.738	1.363	1.456
	Maximum deviation	0.124	0.139	0.182	0.201	0.162	0.105	0.126	0.146	0.158	0.134
	Error	0.133	0.467	0.501	0.428	0.382	0.705	0.673	0.576	0.675	0.657
Upward angle of +30°	Average estimated value	1.629	1.414	1.967	1.520	1.633	1.153	1.206	1.362	1.311	1.258
	Maximum deviation	0.114	0.098	0.126	0.192	0.133	0.051	0.000	0.159	0.209	0.105
	Error	0.818	1.138	0.863	0.993	0.953	0.861	0.882	0.952	0.726	0.855
Downward angle of 30°	Average estimated value	2.724	2.588	2.864	2.724	2.725	2.205	2.329	2.724	2.329	2.397
	Maximum deviation	0.112	0.140	0.168	0.231	0.163	0.126	0.130	0.143	0.063	0.115
	Error	0.386	0.036	0.034	0.211	0.167	0.191	0.242	0.411	0.292	0.284

LCD 显示器的 gamma 值的结果。“偏差范围”为实验者估计值与估计平均值之间的差别,表中给出两位实验者结果。

从表 3 实验结果看出:1)当观察者垂直观察屏幕时,估计 gamma 值与仪器测量值之间误差最小;2)当偏离中心轴上方或下方时,对估计 gamma 影响很大,而且向上偏离导致 gamma 值降低,当偏离 30°时,两台显示器分别降低了 0.96 和 0.86;向下偏离导致 gamma 值增加,当偏离 30°时,两台显示器分别增加了 0.17 和 0.28;3)当偏离中心轴水平方向时, gamma 降低很大,当偏离 30°时,两台显示器分别降低了 0.38 和 0.66。另外,不同实验者估计的偏差范

围与视角没有关系。观察视角的变化引起显示器 gamma 的变化很大,说明了为什么不同角度观看 LCD 显示颜色会发生很大变化。

2.4 显示器设置变化对 gamma 估计值的影响

计算机使用者根据自己的爱好或观察条件可能设置显示器在不同的“亮度”和“对比度”,即使同一个品牌的显示器,在相同的设置下,显示效果也不尽相同。四名实验者在微暗环境下对 CRT1 进行实验。设置“亮度”和“对比度”分别在 50%、75% 和 100%,并进行仪器测量和视觉估计。表 4 是仪器测量和四名试

表 4 CRT1 在不同亮度和对比度下的 gamma 值
Table 4 Gamma values of CRT1 with different brightness and contrast

	Contrast	50%		75%		100%		Mean deviation
		Brightness	100%	50%	75%	100%	100%	
R	Estimated value	2.236	2.975	2.491	2.206	2.828	2.457	2.206
	Measurements	2.292	3.012	2.523	2.241	2.765	2.438	2.200
	Error	0.056	0.037	0.032	0.035	0.063	0.019	0.006
G	Estimated value	2.236	3.126	2.589	2.267	2.429	2.424	2.206
	Measurements	2.298	3.003	2.488	2.182	2.727	2.378	2.128
	Error	0.062	0.123	0.101	0.085	0.298	0.046	0.078
B	Estimated value	2.590	3.166	2.759	2.464	2.975	2.224	2.268
	Measurements	2.401	3.112	2.590	2.246	2.851	2.48	2.22
	Error	0.189	0.054	0.169	0.218	0.124	0.256	0.048
B	Estimated value	2.236	3.089	2.590	2.206	2.829	2.424	2.206
	Measurements	2.301	3.021	2.497	2.159	2.737	2.386	2.131
	Error	0.065	0.068	0.093	0.047	0.092	0.038	0.075

2.5 实验结果

使用自行开发出的基于 Web 的显示器 gamma 估计程序,通过 Internet 分别对 CRT 和 LCD 显示器进行了实验。实验结果表明:1)不同实验者估计偏差的范围,对 CRT 和 LCD 分别是 0.13 和 0.20;2)

视觉估计与仪器测量结果的平均误差的范围,对 CRT 和 LCD 显示器分别是 0.07 和 0.17;3)观察视角对 LCD 显示器 gamma 值影响很大,与中心轴方向观察比较,当向上偏离 30 时, gamma 值降低约 1.0;当向下偏离 30 时, gamma 值增加约 0.3;当水

平偏离 30 时, gamma 值降低大约 0.7.

2.6 讨论

视觉估计可以得到显示器 gamma 值,不同的观察者估计结果有偏差,估计与仪器测量值有误差,这样的 gamma 偏差和误差会带来多大的颜色感觉变化,可以用色差来描述^[10].按照研究^[8],当 gamma 偏差 0.3 时,显示颜色色差大约在 9.9 个 CIELAB 色差单位.按照文献^[11],每个 0.1 的 gamma 偏差产生 3.0 个 CIELAB 色差单位的颜色变化.另外,实验发现,中间色块与周围混色条纹视觉匹配的难易程度对 R、G、B 及灰度通道有所不同,导致 gamma 估计的准确度有所不同,人眼越容易将二者视觉匹配, gamma 估计的准确度越高. R 通道最为容易匹配,灰度通道最不容易匹配; B 通道的匹配结果在一个较大范围内,实验中取结果的平均值,导致 B 通道的 gamma 估计准确度最差,当显示器亮度较低时,这一现象更明显.

与 CRT 显示器比较, LCD 显示器由于视角对 gamma 估计值影响较大,或者其他原因,不同观察者的估计差别,以及与测量值误差大一些.实验中发现, LCD 显示器的稳定性较 CRT 差,结果导致测量 gamma 值也不够准确.另外, LCD 显示器的非线性特性也能用 S 型表示,所以,用 gamma 特性是一种简单,但误差较大的近似.

3 结论

实验分别通过 Internet 对 CRT 和 LCD 显示器在暗、微暗和办公环境三种观察环境下,进行了视觉估计显示器 gamma 精确度研究实验,并得到以下结论:

1) 视觉估计 gamma 对一般应用具有可行性. 本文设计的视觉估计 gamma 实验,不同实验者估计偏差的范围,对 CRT 和 LCD 分别是 0.13 和 0.20; 估计与测量结果的平均误差的范围,对 CRT 和 LCD 显示器分别是 0.07 和 0.17. 则不同的观察者估计偏差、以及估计与仪测量值有误差产生的色差大致在 3.0 6.0 个 CIELAB 色差单位.按照电视 4.0 个 CIELUV 色差的标准,说明视觉估计 gamma 对一般应用的可行性.

2) gamma 估计基本与观察环境无关.

3) 观察视角对 LCD 显示器 gamma 值影响很大.

4) CRT 显示器的"亮度"和"对比度"设置,不影响视觉估计的结果.

参考文献

- [1] NEUMANN A, ARTUSI A, ZOTTI G, *et al.* An interactive perception based model for characterization of display devices [C]//Reiner E. Proceeding of Color Imaging IX: processing, hardcopy, and applications. San Jose: SPIE, 2004: 232-241.
- [2] BERNIS R S. Methods for characterizing CRT displays[J]. *Displays*, 1996, 16(4): 173-182.
- [3] GIBSON J, FAIRCHILD M D. Colorimetric characterization of three computer displays (LCD and CRT) [R]. Munsell Color Science Laboratory Technical Report, 2000.
- [4] KIM Y G, KIM J Y, CHUNG E Y, *et al.* Effect of ambient light source for the appearance of color image on CRT monitor [C]// Reiner E, Gabriel G M. Proceeding of Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hardcopy, and Graphic Arts VI. San Jose: SPIE, 2001: 348-357.
- [5] LAWRENCE. Gamma correction in computer graphics [EB/OL]. [2003-02-13]. <http://www.teamten.com/lawrence/graphics/gamma>.
- [6] BRAUN G L. Visual display characterization using flicker photometry techniques [C]//Bernice E R. Proceedings of Human Vision and Electronic Imaging VIII conference. Santa Clara: SPIE, 2003: 199-209.
- [7] SOLTIC S, CHALMERS A N. Modeling the effects of gamma on the colors displayed on cathode ray tube monitors[J]. *J of Electron Imaging*, 2004, 13(4): 688-700.
- [8] ZHANG Zi-yang, SHI Jun-sheng, YU Hong-fei, *et al.* Study on accuracy of visual estimating gamma for crt monitor[J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, 29(6): 1746-1750.
张子扬,石俊生,余鸿飞,等.视觉估计阴极射线管显示器伽玛准确度研究[J]. *光学学报*, 2009, 29(6): 1746-1750.
- [9] CAO Zhao-liang, MU Quan-quan, HU Li-fa, *et al.* Resolution of the simulated twin stars with liquid crystal adaptive correction[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, 37(4): 785-788.
曹召良,穆全全,胡立发,等.模拟双星的液晶自适应校正分辨[J]. *光子学报*, 2008, 37(4): 785-788.
- [10] SHI Jun-sheng, YUN Li-jun, YANG Jian, *et al.* Accuracy of colorimetric characterization and effect of black point for CRT monitor[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, 27(2): 371-376.
石俊生,云利军,杨健,等.阴极射线管显示器特性化准确度及黑点的影响[J]. *光学学报*, 2007, 27(2): 371-376.
- [11] HE P, SHI J S, HUANG X Q, *et al.* Investigation on color shifts for different gamma of display system in CIECAM02-based uniform color space [C]//Proceedings of the 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering. Wuhan: IEEE, 2008, 6: 30-33.

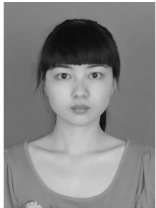
Application for Visual Estimating Gamma of Computer Display on Internet

LI Qiong, SHI Jun-sheng, ZHANG Zi-yang

(Color & Image Vision Laboratory, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

Abstract: Using the self-developed web-based gamma estimation software, experiments of visual estimating gamma are carried out on CRTs and LCDs through internet in three different view environments of dark, dim and office conditioning. The experimental results show that; 1) Estimation deviation of different subjects is less than 0.13 on CRTs, and less than 0.20 on LCDs respectively; 2) Compared with measured results, average error of estimated gamma is less than 0.07 on CRTs, and less than 0.17 on LCDs respectively; 3) Viewing environments do not effect results of visual estimating gamma; 4) Viewing angle has great influence on estimated gamma of LCDs; 5) The “luminance” and “contrast” setting of display does not effect result of visual estimating gamma.

Key words: Visual optics; Computer display; Gamma; Human vision system



LI Qiong was born in 1982. She is currently pursuing the M. S. degree in optical engineering at Yunnan Normal University. Her research interests focus on human visual characteristics and its application in image technology.



SHI Jun-sheng was born in 1961 and received his Ph. D. degree in optical engineering from Beijing Institute of Technology in 2005. Now he is a professor at Yunnan Normal University and his current research interests focus on color appearance models, the color management systems, characteristics of the human visual system and application for color imaging.