

主观评价 JPEG 与 JPEG2000 标准的 彩色图像最佳压缩比的实验研究

李琼 石俊生 毛小群

(云南师范大学颜色与图像视觉实验室, 昆明 650092)

摘要 研究压缩图像在显示器上质量主观评价方法,为实现 Internet 上图像质量主观评价奠定基础。研究包括显示器设置问题;在彩色电视图像质量主观评价 ITU-BT. 500-11 标准的基础上,提出静态压缩图像评价指标;收集了标准彩色测试图像并建立图像库。最后使用 JPEG 与 JPEG2000 两种压缩标准对具有不同性质的 20 景彩色图像进行了 7 种压缩比的有损压缩,并选取 10 人采用成对比较的视觉心理物理学方法,对压缩图像进行主观评价实验。得出了 JPEG 标准下彩色图像最佳压缩比范围为 20:1 ~ 25:1, JPEG2000 范围为 25:1 ~ 30:1,同时实验结果表明,可以通过视觉的方法对不同 LCD 显示器进行设置,并达到一个大致相同的设置效果。

关键词 主观评价 图像压缩 最佳压缩比 JPEG JPEG2000

中图法分类号: TN911.73 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2010)07-1042-05

Experimental Study of Subjective Evaluation on Optimal Compression Ratio of JPEG and JPEG2000

LI Qiong, SHI Junsheng, MAO Xiaoqun

(Color and Image Visual Laboratory of Yunnan Normal University, Kunming 650092)

Abstract Subjective evaluation of compressed image quality on computer displays was studied, in order to realize quality evaluation of compressed images on the Internet. The relative studies include: to set-up displays, to put forward assessment scales for static compressed images based on the standard of subjective assessment of quality for color TV pictures, and to collect color images and establish a database for subjective evaluation. As an example for testing above studies, by using a psychophysical method of pairwise comparison, subjective evaluation experiments on optimal compression ratio of JPEG and JPEG2000 were conducted on displays for the images, which were from JPEG and lossy JPEG2000 with seven compression ratios. Ten subjects took part in the experiments, and 280 color images for 20 scenes with different contents were used. The experimental results showed that optimal compression ratio range of JPEG is from 20:1 to 25:1, and optimal compression ratio range of JPEG2000 is from 25:1 to 30:1. The experiments indicated that the display set-up by human eyes can achieve consistency for subjective evaluation of image quality on displays.

Keywords subjective evaluation, image compression, the optimal compression ratio, JPEG, JPEG2000

0 引言

图像压缩是图像工程中最重要、最关键的技术之一,而压缩图像质量评价是发展和检验压缩算法

时的一个关键环节。图像质量评价方法可分为主观评价和客观评价两大类,目前研究主要集中在客观评价^[1-3],大多采用统计方法,如峰值信噪比(PSNR)或均方误差(MSE)等。统计方法存在着与视觉评价不一致和视觉知觉属性没有对应关系等缺

基金项目:国家自然科学基金项目(60668001)

收稿日期:2008-10-14;改回日期:2009-01-18

第一作者简介:李琼(1982—),女。云南师范大学光学工程专业在读硕士研究生。主要研究方向为人眼视觉特性及其在图像技术中的应用。E-mail: ll_qq16@sina.com

点,基于人眼视觉特性(HVS)的客观评价受到越来越多的关注,但是,无论是统计方法,还是基于HVS方法,最终还需要用主观评价来检验。所以说,主观评价又是发展和检验客观评价的一个关键环节。

相对客观评价,主观评价的研究相对较少,可利用参考的资料较少。现有的主观评价大部分是针对专业领域,如遥感图像^[4]、医学图像^[5]、安全领域^[6]等,也有针对普通彩色图像压缩质量的研究^[7],但是在评价过程中,存在着评价图像和评价人员较少、评价指标模糊等问题。

基于以上事实,本文以普遍使用的显示器上评价 JPEG 与 JPEG2000 的最佳压缩比为例,建立压缩图像质量视觉评价指标和方法、视觉设置显示器及环境要求,提供了收集的标准图像库和 JPEG 与 JPEG2000 两种标准压缩图像。目的是为 Internet 上开展图像压缩研究工作提供一个统计的标准。

1 主观评价指标

主观评价是直接利用观察者对被测系统图像的主观反应来确定系统性能的一种测试。一种典型的主观评价方法和指标为国际电信联盟制定的 ITU-BT. 500-11 标准^[8],该标准主要是针对彩色电视图像质量主观评价而制定,对电视图像传输过程中的损伤、质量等方面评价进行指导,具体方法有:双刺激连续质量评分法(DSCQS法)、双刺激损伤标度法(DSIS)、同时双刺激连续评价法(SDSCE)等。

由于标准中的 DSCQS 法特别适用于评价普通图像与用不同方法、不同压缩比压缩后的图像间的感知区别^[9],所以实验在 DSCQS 法的基础上,对评价指标作了一定改进后进行。DSCQS 法规定了从 0~100 这样一个连续的刻度等级来避免量化误差,将它们分成了 5 个等级,与一般的 ITU-R 的 5 点质量刻度相对应。

在图像压缩过程中,随着压缩比的增加,图像质量开始变差,具体表现为图像模糊、边缘失真、色彩变化和振铃效应等,压缩比较大时 JPEG 压缩图像还有明显方块效应。实验选取图像模糊、边缘失真或方块效应、色彩变化这 3 种人眼能最直观分辨的因素作为评价指标。但是在实际压缩图像评价中,实验者对于同一级别的细微差别不能精准评分,所以采用 5 点评分标准。对应各项指标如表 1 所示。

表 1 评价指标描述

Tab. 1 Descriptions for assessment scales

分数	质量标准	指标(边缘失真/图像模糊/方块效应/色彩变化)
5	不察觉图像质量变差(excellent)	不能察觉任何一种指标的变化
4	几乎不察觉图像质量变差(good)	略微察觉一种指标有不明显的变化
3	稍微察觉图像质量变差(fair)	察觉一种或多种指标稍有变化
2	明显察觉图像质量较差(poor)	察觉一种或多种指标有明显的变化
1	察觉图像质量极差(bad)	察觉一种或多种指标的变化程度很严重

2 实验

2.1 实验内容

对标准彩色图像分别使用 JPEG 和 JPEG2000 标准进行 7 种压缩比的压缩,要求实验者根据给定的评价标准,以原图为参考对压缩图像的质量进行评价。所要寻找的图像压缩的最佳压缩比,即在该压缩比的情况下,人眼刚好察觉不到质量变化。

2.2 实验条件

除了图像本身质量以外,许多因素会影响显示器上图像的感知效果^[10],例如观察环境、显示器设置等。因此,在实验之前,必须对显示器进行合理的设置,使同一张图像能在不同显示器上有相同的显示效果。对于环境的设置,参考国际标准化组织制定的 ISO3664:2000 标准^[11]。该标准给出了彩色显示器显示图像的理想环境设置。下面是实验相关配置。

1) 实验者 10 名(7 男 3 女)实验者年龄均为 20~30 岁,有正常(或矫正后)视力和正常分辨色彩的能力。他们都是从事颜色与图像技术专业的硕士研究生,但没有评价图像质量的经验。

2) 实验图像 收集了包括 Lena, Fruit 等彩色标准测试图像 20 景^[12],如图 1 所示。图像包含了色彩、细节、噪声等特征,内容上包含了肖像、丰富细节的自然景、近景及远景的建筑等各种信息,图像大小 512 × 512 像素。使用软件 JPEG IMAGER 和 Michael 发布的 JasPer(1.900.1 版本)^[13]分别进行 JPEG 与 JPEG2000 的有损压缩。采用 10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1, 35:1 和 40:1 等 7 种压缩比,共产

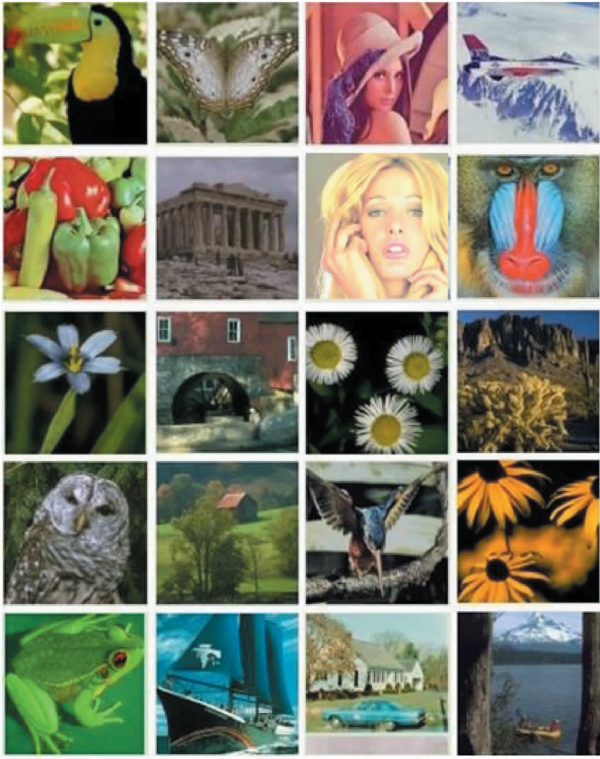


图 1 主观评价测试图像

Fig. 1 Images for subjective assessment

生 280 幅评价图像。

3) 实验器材 两台 LCD 显示器分别为清华同方 17 英寸和 LG 1719S 17 英寸。

4) 实验环境 实验在暗室环境下进行,实验者和显示器屏幕的距离为 60 cm,屏幕背景设置为黑色,图像置于显示屏中央,对应的视角为 6.7° 。

5) 显示器设置

(1) 在设置显示器之前,需将显示器开机预热 2 h。显示器设置为频率 60 Hz,分辨率 1280×1024 像素,色温 D65。由于 gamma 对图像显示效果有很大影响^[8],使用 Adobe Gamma 软件对 gamma 进行校正,统一校正为 2.2。

(2) 显示器黑点和最大亮度的设置。通过调节显示器上的“亮度”和“对比度”按钮进行。CRT 显示器通常将“对比度”设置为最大,来获得最大色域,但是实验发现,有些 LCD 显示器在“对比度”设置最大时观察图片会丢失一些亮度信息。因此,对 LCD 的具体设置方法参考 Owlcroft 公司的显示器设置^[14],改进后分为 4 个步骤:①将“对比度”调节到最小;②显示灰度均匀渐变的马赫带,相邻条带的数字驱动量差为 16;③调节“亮度”按钮使灰度条带拥有丰富细腻的阶调变化层

次,尤其要注意分辨颜色较深的那部分条纹;④显示彩色均匀渐变的条带(相邻条带的数字驱动量差为 16),调整“对比度”按钮,使各种颜色的条带都能分辨阶调变化层次。当显示器设置好之后,在实验过程中不能进行调整。以上设置结果称作显示器最佳设置。

2.3 评价过程

实验发现,实验者对图片的熟悉程度、对指标的理解程度很大程度上影响到主观分数的稳定性。因此在实验开始前,除了要向实验者详细讲解评价过程、指标、顺序以及作评分示范外,还需要实验者对评价图像及其压缩效果有一定的熟悉度。

实验采取逐次双目的方式,每次向实验者展示 2 张图像,其中一幅是参考图像(质量为 100%),另外一幅是经过一定比例压缩后的图像,要求实验者对第 2 幅图像的质量进行评价。由于 LCD 有视角各向异性和视角范围较小的弱点,即在离开垂直于显示板法线方向观察时,对比度明显下降,视角大时还会发生灰度和彩色反转的现象。因此将参考图像和压缩图像交叠置于显示器中心位置,实验者以图像中心为中心、垂直于显示板法线的方向进行观察,在实验过程中使用快捷键在参考图像和压缩图像间来回切换,进行对比。

在视觉实验中,实验者会由于实验多次重复而出现疲劳误差、习惯误差、期望误差等情况。为了减小这些误差,在实验过程中采取实验者控制图像显示、实验组织者记录成绩的方式。图像较多,无法在 30 min 内完成的测试,可以分两次完成。

2.4 数据处理及实验结果

1) 显示器黑点最大亮度设置

5 名实验者分别对两台 LCD 显示器进行设置,并用屏幕亮度计测量设置后黑点亮度和最大亮度。从实验结果可以看出,清华同方 LCD 黑点亮度在 $0.30 \sim 0.32 \text{ cd/m}^2$,最大亮度在 $100.5 \sim 124.4 \text{ cd/m}^2$ 范围;LG LCD 黑点在 $0.61 \sim 0.65 \text{ cd/m}^2$,最大亮度在 $99.7 \sim 120.50 \text{ cd/m}^2$ 范围。不同实验者对同一台显示器的黑点设置基本相同,而且对不同显示器黑点设置差别也很小,都在 0.7 cd/m^2 以下,最大亮度都在 $100 \sim 125 \text{ cd/m}^2$ 之间。虽然不同的实验者对同一台显示器以及不同显示器的最大亮度设置有差距,实验发现,这些差距对评价图像没有影响。表 2 列出了 5 名实验者对清华同方 LCD 显示器的设置及测量结果。

表 2 清华同方 LCD 设置结果

Tab.2 The setup of QingHuaTongFang LCD

数 据	实 验 者				
	1	2	3	4	5
亮度/%	67	57	46	59	82
对比度/%	63	55	53	69	82
黑点/(cd/m ²)	0.30	0.30	0.30	0.31	0.32
白点/(cd/m ²)	108.3	103.5	100.5	110.2	124.4

2) JPEG 和 JPEG2000 不同压缩比与视觉评价关系

由于本文讨论的是不同压缩比与图像质量的关

系,所以将 7 个压缩比作为统计内容来进行分析。分别在两台显示器进行主观评价实验,视觉评价 JPEG 和 JPEG2000 不同压缩比结果如表 3 所示。“平均值”表示的是在各压缩比下,10 名实验者对 20 景的压缩图像主观评价的平均分,分值越大,图像效果越好。对于大部分图像而言, JPEG2000 压缩效果会好于 JPEG,但是对于某些细节丰富的图像, JPEG2000 压缩图像画面模糊,细节损失严重,使得压缩图像与原图的差别反而比 JPEG 压缩后的要大,主观评价结果差于 JPEG。取 95%的置信度计算得到在各压缩比下,主观评分的 95%置信区间。

表 3 主观评价 JPEG 和 JPEG2000 压缩结果

Tab.3 Subjective assessment results of JPEG and JPEG2000 compression

压缩标准		压 缩 比							
		10:1	15:1	20:1	25:1	30:1	35:1	40:1	
LCD1	JPEG	平均值	4.87	4.57	4.25	3.77	3.29	2.98	2.63
	JPEG	标准差	0.13	0.22	0.42	0.51	0.6	0.4	0.45
	JPEG	置信区间	[4.78,4.95]	[4.42,4.72]	[3.98,4.52]	[3.43,4.10]	[2.90,3.68]	[2.73,3.24]	[2.33,2.92]
	JPEG2000	平均值	4.89	4.78	4.44	4.21	3.76	3.47	3.11
	JPEG2000	标准差	0.11	0.14	0.25	0.3	0.36	0.31	0.48
	JPEG2000	置信区间	[4.82,4.96]	[4.69,4.87]	[4.28,4.61]	[4.01,4.40]	[3.52,4.00]	[3.27,3.67]	[2.79,3.42]
LCD2	JPEG	平均值	4.90	4.48	4.25	3.69	3.29	2.93	2.53
	JPEG	标准差	0.14	0.46	0.33	0.41	0.23	0.18	0.11
	JPEG	置信区间	[4.81,4.99]	[4.17,4.78]	[4.03,4.46]	[3.42,3.96]	[3.13,3.44]	[2.81,3.04]	[2.46,2.59]
	JPEG2000	平均值	4.98	4.73	4.35	4.09	3.85	3.32	3.05
	JPEG2000	标准差	0.04	0.11	0.12	0.16	0.23	0.18	0.34
	JPEG2000	置信区间	[4.95,5]	[4.66,4.79]	[4.27,4.42]	[3.99,4.19]	[3.69,4.00]	[2.20,3.44]	[2.83,3.27]

图 2 显示的是分别使用 JPEG 与 JPEG2000 进行压缩,在不同压缩比时对应的主观评分。图中数据是对 20 景图像取平均值得到。

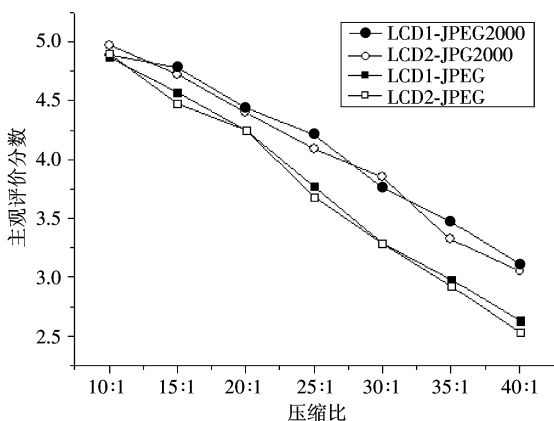


图 2 两台 LCD 上压缩图像主观评价结果

Fig.2 Subjective assessment results of compressed images on two LCDs

选择主观评价分数为 4 分(略微觉察一种指标有不明显的变化)的压缩效果作为人眼可以接受的最佳压缩效果,由图 2 中可以看出:1) 在两台显示器的评价结果基本一致,说明显示器在最佳设置条件下,显示器对压缩图像质量主观评价影响不大; 2) JPEG 的最佳压缩范围为 20:1 ~ 25:1,而 JPEG2000 的最佳压缩范围为 25:1 ~ 30:1。

3 结 论

本文通过视觉设置了 LCD 显示器,用视觉心理学方法中的成对比较法,对 JPEG 与 JPEG2000 两种压缩标准 7 种压缩比有损压缩图像进行了实验,对 10 人具有不同性质的 20 幅彩色图像的压缩图像进行实验,实验结果表明:1) 可以通过视觉的方法,对不同 LCD 显示器进行设置,并达到一个大

致相同的设置效果。不同实验者在设置 LCD 显示器时,“对比度”设置结果通常不会达到可取值范围的 100%;2)在视觉设置的不同 LCD 显示器上进行主观评价实验,能得到相同的结论;3)JPEG 的最佳压缩范围为 20:1 ~ 25:1,而 JPEG2000 的最佳压缩范围为 25:1 ~ 30:1。

对于连接在 Internet 上的不同显示器上,视觉设置的方法在暗室中能够得到较好的结果,为图像质量主观评价奠定了基础。但是在 Internet 上进行图像质量主观评价,还必须考虑设备的多样性、环境的复杂性等因素,各种因素对结果的影响以及结果准确度的控制仍需要进一步的研究。

参考文献 (References)

- [1] Wang Z, Bovik A C, Sheikh H R, et al. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(4): 600-612.
- [2] Huang Xiaoqiao, Shi Junsheng, Yang Jian, et al. Study on color image quality evaluation by MSE and PSNR based on color difference[J]. Acta Photonica Sinica, 2007, 36(Supl): 295-298. [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, 36(Supl): 295-298.]
- [3] Cadik M, Slavik P. Evaluation of two principal approaches to objective image quality assessment[C]//Proceedings of the 8th International Conference on Information Visualisation. Washington DC: IEEE Computer Society, 2004: 513-518.
- [4] Zhai Liang, Tang Xinming, Li Lin, et al. Subjective quality assessment for compressed remote sensing images based on fuzzy comprehensive evaluation method [J]. Geography and Geo-Information Science, 2007, 23(3): 24-27. [翟亮,唐新明,李霖,等. 基于模糊综合评判方法的遥感影像压缩主观质量评价[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(3): 24-27.]
- [5] Saffor A, Ramli A R B, Ng K H, et al. Objective and subjective evaluation of compressed computed tomography (CT) images[J]. The Internet Journal of Radiology, 2002, 2(2): 1-7.
- [6] Klima M, Pata P, Fliegel K, et al. Subjective image quality evaluation in security image system[C]//Proceedings of the 39th Annual IEEE Carnahan Conference on Security Technology. Las Palmas: IEEE Press, 2005: 19-22.
- [7] Van Dijk A M, Martens J B. Subjective quality assessment of compressed images[J]. Signal Processing, 1997, 3(58): 235-252.
- [8] ITU-R Recommendation BT. 500- 11. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures[S].
- [9] Jaroslav Dusek. Human vision models of image quality evaluation for JPEG2000 compression designed in Matlab[C]//Proceedings of the MATLAB 2004 Conference. Prague: IEEE Press, 2004, (1-2): 105-108.
- [10] Roufs A J, Goossens M J. The effect of gamma on perceived image quality [C]//International Display Research Conference. New York: IEEE Press, 1988: 27-31.
- [11] ISO 3664: 2000. Viewing Conditions-Graphic Technology and Photography[S].
- [12] Computer Vision Group. CVG-UGR Image Database [DB/OL]. (2007- 6- 20) [2009- 01- 18]. <http://decsai. ugr. es/cvg/dbimagenes>.
- [13] Michael D. Adams. JasPer Software Reference. Manual [EB/OL]. (2001-8-31) [2009-01-18]. <http://www.ece.uvic.ca/~mdadams/jasper/>.
- [14] The Owlcroft Company. Adjusting Your Monitor for Optimum Viewing [EB/OL]. (2006- 2- 9) [2009- 01- 18]. <http://owlcroft.com/monfix.shtml>.