

立体图像质量的主观感知评价研究

朱江英, 郁梅*, 陈芬, 李福翠

(宁波大学 信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 立体图像质量评价方法可分为主观质量评价方法和客观质量评价方法两大类, 文中重点论述了立体图像的主观质量评价方法, 介绍了针对人眼视觉系统的心理物理学特性而设计的主观感知评价方法, 并分析了不同类型的失真对立体感知的影响, 最后对立体图像主观质量评价技术的发展进行了展望.

关键词: 立体图像质量评价; 主观感知评价; 立体感知

中图分类号: TG156

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2015) 01-0035-07

立体图像质量评价在立体图像-视频系统中具有十分重要的意义, 它不仅能评判立体图像-视频系统中处理算法的优劣, 还能优化和设计算法, 提高立体图像-视频处理系统的效率. 随着多媒体技术和通信技术的迅速发展, 立体图像/视频技术以各种形式进入人们的生活, 不仅给人们带来身临其境的视觉享受, 还激起了人们对外界事物的兴趣和认知. 但其在采集、编码压缩传输以及显示等环节都会产生相应的失真^[1-2], 且其数据量是平面图像数据量的2倍以上, 因此建立有效的立体图像质量评价机制具有重要意义^[3-5]. 但是诸多因素都会影响立体图像质量评价, 如图像的自然性、立体感、舒适度、视觉经验以及左右视点间的遮挡暴露与竞争等因素, 这些都需要通过主观实验去发现或验证它们对立体主观感知的影响. 所以立体图像主观质量评价的研究是必不可少的^[6-10].

图像质量评价的目标是利用计算机模拟人类对图像的主观感受, 自动评价图像质量, 并优化各种立体图像和视频系统^[11]. 立体图像质量评价方法包含主观质量评价方法和客观质量评价方法. 主观质量评价是让参与的观察者按事先规定的评价标准对他们所看到的立体图像按自己感受到视觉程度进行评分, 其结果最符合人眼对立体图像质量的主观感知特性, 所以得到的数据比较可靠.

客观质量评价是通过数学模型等方法设计出相应的客观模型, 它需要依赖主观质量评价实验才能得到符合主观感知的结果^[12].

由于人是多媒体信息的最终接收者, 图像所包含的信息最终也将由人来分析、识别和理解, 因而人的主观质量评价是最合理、最具有说服力的. 所以, 对立体图像质量的主观感知评价的研究是必不可缺的.

1 主观感知质量评价实验测试方法

立体图像质量的主观感知实验系统框基本流程如下: 首先选择合适的测试环境和测试立体图像库, 并利用前向投影立体显示设备显示立体图像; 其次选择相对应的评分标准和合适的测试人员, 令其观看立体图像, 并根据评分准则对立体图像质量做出评判; 最后对所有测试人员的评价分值进行分析与处理. 为确保主观实验结果的可复现性, 目前国际标准化组织已制定相应的主观实验测试方案, 如 ITU-R BT.500^[13]、ITU-R P.910^[14]、及 ITU-R P.911^[15]等方案应用平面视频, ITU-R BT.1438^[16]方案应用与立体视频.

常见的测试方案有以下5种:

(1) DSIS (Double-Stimulus Impairment Scale)^[13]

方法: 测试序列成对播放, 只重复1遍, 且与提供的

收稿日期: 2013-04-09.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(61171163, 61271270); 浙江省大学生科技创新训练计划(新苗人才计划项目 2011R405054, A00162100400).

第一作者: 朱江英(1987-), 女, 浙江绍兴人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 信号与信息处理. E-mail: 245781468@qq.com

*通信作者: 郁梅(1968-), 女, 江苏无锡人, 博士/教授, 主要研究方向: 视频通信及图像处理. E-mail: yumei@nbu.edu.cn

原始序列进行比较. 视频序列播放时间为 10 s, 播放模式可参考图 1, 其中, T1 为参考序列, 时间为 10 s; T2 为灰色背景, 时间为 3 s; T3 为测试序列, 时间为 10 s; T4 为灰色背景和评分环节. 评分时采用 5 分制. 评分制还有 9 分制和 11 分制两类, 5 分制是最常见的, 9 分制比 5 分制更精细, 如想要得到更精细的分数, 可用 11 分制.

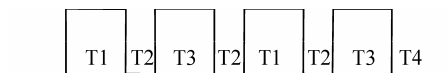


图 1 DSIS 和 DSCQS 测试方法的操作流程

(2) DSCQS (Double-Stimulus Continuous Quality-Scale)^[13]方法: 与 DSIS 的播放模式相同, 但它需要采用优良中差和极差的 5 分制对参考和测试序列分别评分. 在数据分析阶段, 要把每个等级的分数映射到区间[0,100]上. 该方法只需考虑参考和失真序列的相对质量差异.

(3) SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation)^[13]方法: 有别于前面的 2 个方案, 它不需要参考序列, 含多个连续的质量评分环节. 评分等级与 DSCQS 方法类似. 在具体的主观实验中, 根据具体的应用选用某一种测试方法得到测试者的原始数据, 并做相应的分析及处理.

(4) ACR (Absolute Category Rating)^[14-15]方法: 无需参考序列, 其测试方法的播放顺序是每当播放完测试序列(10 s), 都会给出一段时间让测试者对其进行评分(<10 s), 因此属于单刺激测试方法.

(5) SAMVIQ (Subjective Assessment Methodology for Video Quality)^[17]方法: DSCQS 方法的派生, 采用 5 分制, 分制区间[0,100]. 与 DSCQS 有所不同, 它是任何序列可以在任何时刻被重复播放和评分, 并不只是向测试人员播放 1 对序列. 测试序列中有显式的和隐式的参考序列. 因此, 它对质量波动范围较大具有更有效的评价.

上述 5 种测试方法的区别见表 1, 并可根据具体的应用选取适合的测试方法.

2 立体图像主观质量评价方法

2.1 各类失真类型对立体图像主观质量的影响

为深入挖掘影响主观质量的因素及获得定量的数据, 文献[9]按照 ITU-R BT.500 主观实验标准, 采用 DSCQS 方法, 从 Mobile3DTV^[18]、MPEG^[19]

表 1 5 种主观实验测试方法的比较

实验方法	DSIS	DSCQS	SSCQE	ACR	SAMVIQ
参考图像	显式参考	隐式参考	无参考	无参考	显式参考/隐式参考
对比方法	双刺激	双刺激	单刺激	单刺激	多刺激
Moment of rating	Retro-spective	Retro-spective	Retro-spective	Retro-spective	Retrospective(可多次)
评分尺度	5 级失真尺度	5 分制	5 分制	5 分制(9/11 分制)	5 分制
评分尺度	10 s	10 s	1~20 min	10 s	最大 15 s

组织提供的多视点视频测试序列中选取 12 幅彩色立体图像, 建立 1 个 5 种常见失真影响下的失真立体图像所组成的对称立体图像库, 即对参考立体图像左右视点采用相同的失真强度进行处理. 其 5 种失真包括: (1)高斯模糊失真: 经过高斯滤波后得到的最常见失真类型, 主要影响图像的边缘和低频信息; (2)高斯白噪声: 采集端由于曝光等因素, 引起比较普遍的失真; (3) JPEG 压缩失真: 由基于 DCT 变换的图像压缩所导致, 体现为块效应形式; (4) JPEG2000 压缩失真: JPEG2000 标准利用小波变换稀疏表征图像信息, 在静态图像编码中性能最佳, 其失真主要表现为振铃效应; (5) H.264 压缩失真: H.264 采用整数 DCT 变换以及去块滤波技术, 主要影响图像边缘和高频信息.

实验结果如图 2 所示. 图 2(a)为高斯模糊失真, 立体图像的 DMOS 值(Difference of Mean Opinion Score)随着模糊失真参数 σ_B 增大而增大, 这是由于 σ_B 的增大导致立体图像高频信息和纹理细节丢失得越多; 图 2(b)为高斯白噪声失真, 立体图像的 DMOS 值随着随机噪声的标准差 σ_N 增大而增大, 这是由于 σ_N 的增大导致立体图像中引入的差错越多; 图 2(c)为 JPEG 压缩失真, 立体图像的 DMOS 值随着压缩参数 Q 增大而出现最初急剧下降但随后下降逐渐变缓的趋势; 图 2(d)为 JPEG2000 压缩失真, 立体图像 DMOS 值随着压缩比特率 R_{BR} 增大而出现最初急剧下降但随后下降逐渐变缓的趋势; 图 2(e)为 H.264 压缩失真, 立体图像 DMOS 值随着量化参数值 R_{QP} 增大出现了由最初的缓慢增大到随后的急剧增大. 由此可见, 主观实验所得的评价数据能够真实地反映立体图像受到失真影响后的视觉质量的变化趋势, 从而反映了建立的测试立体图像

库是合理有效的。

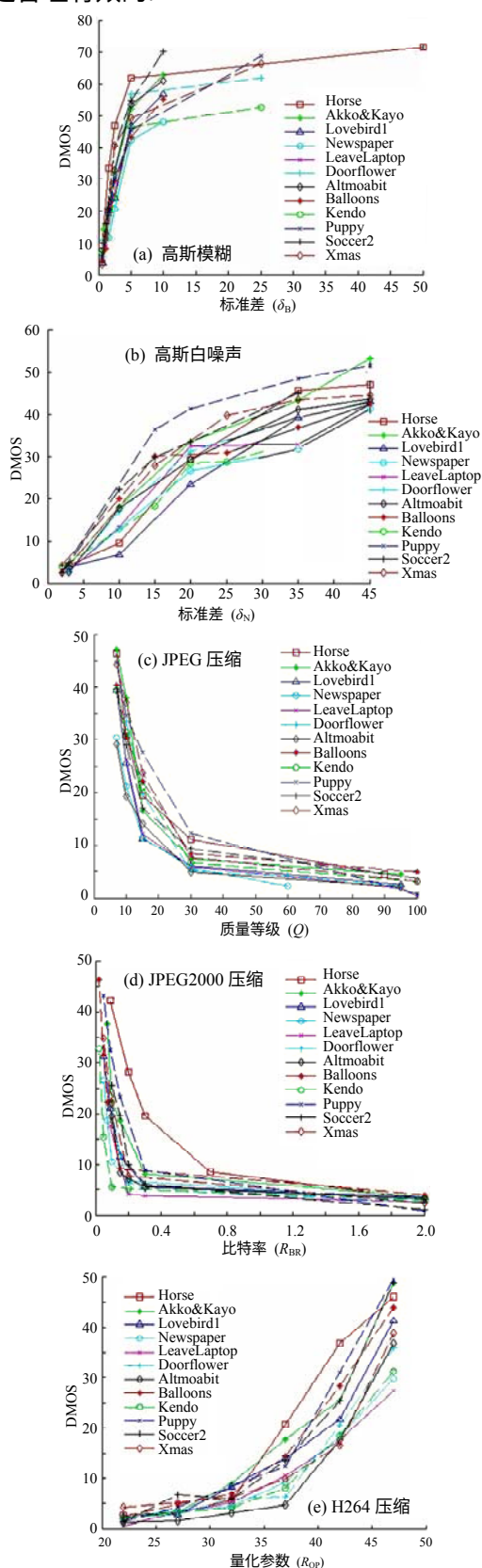


图 2 对称立体图像数据库的实验结果^[9]

由于上述对称立体图像数据库中左右视点受到相同失真类型及程度的影响, 而非对称的立体图像数据库则由左右视点受到不同失真程度影响的立体图像而构建. 文献[20]从 Middlebury^[21]提供的立体图像集中挑选 10 对立体图像, 对右视点进行 4 种失真处理: 高斯模糊失真、高斯白噪声、JPEG 压缩和 JPEG2000 压缩失真, 并采用了 DSCQS 方法实验来建立非对称的立体图像数据库(图 3).

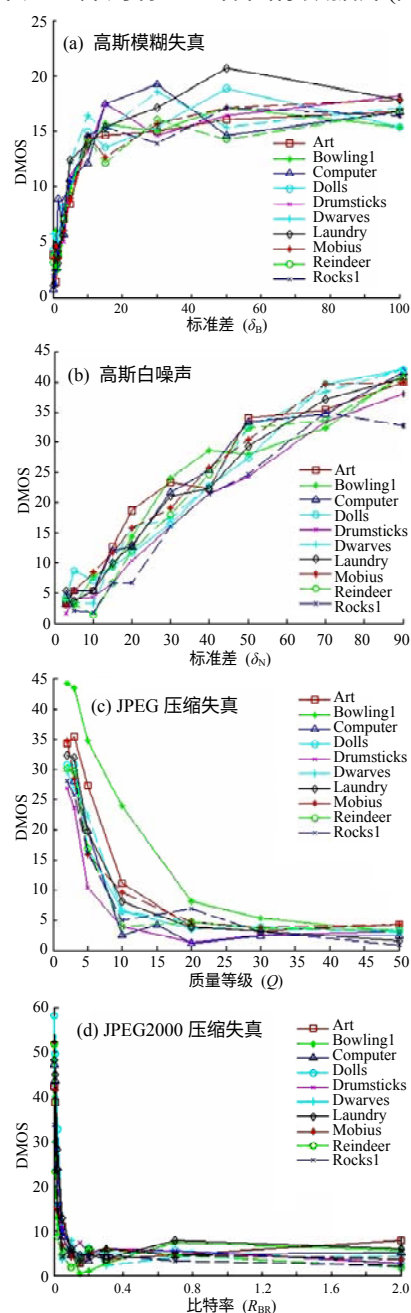


图 3 非对称失真立体图像数据库的实验结果^[20]

从图 2 和图 3 可明显看出, 对称和非对称立体

图像数据库存在一定异同, 2 个立体图像库的立体图像视觉质量不同, 所选图像不同, 其视差也存在差异, 非对称立体图像库中参考立体图像采集时的相机间距较大, 而对称立体图像库中的参考立体图像是由间距为 50~65 mm 相机采集得到的. 以下为 2 个数据库在 4 种失真影响下的差异:

(1) 高斯模糊失真: 对称和非对称立体图像 DMOS 随 σ_B 增大由最初的急剧增大到随后缓慢增大, 当 σ_B 超过 10 个像素时, 其 DMOS 只在一个固定范围浮动, 对称立体图像在 60 上下浮动, 而非对称立体图像在 18 上下浮动. 但在 DMOS 随着 σ_B 增大到稳定值之前, 对称立体图像对应的 DMOS 增长速率是非对称立体图像的 3 倍, 主要原由是由双眼抑制作用及双眼融合作用所致.

(2) 高斯白噪声失真: 对称和非对称立体图像 DMOS 基本上都随 σ_N 增大呈现线性增大趋势. 对称立体图像 DMOS 增大速率是非对称立体图像的 2 倍, 因高斯白噪声是一种加性噪声, 加入到对称立体图像中的噪声量是非对称立体图像的 2 倍.

(3) JPEG 压缩: 对称和非对称立体图像 DMOS 都随 Q 的增大而出现减小, 减小趋势由剧烈到缓慢, 最终维持在某个特定范围内. 当 JPEG 压缩质量 $Q > 30$ 时, 对称立体图像 DMOS 维持在 10 左右. 而 JPEG 压缩质量 $Q > 20$ 时, 非对称立体图像 DMOS 维持在 5 左右. 在立体图像 DMOS 随着 Q 增大而减小到稳定值之前, 对称立体图像对应 DMOS 下降速率比非对称立体图像慢.

(4) JPEG2000 压缩失真: 对称和非对称立体图像 DMOS 都随着 R_{BR} 增大而下降, 下降趋势由急剧到逐渐缓慢, 最终维持在某个特定的范围内. 当 R_{BR} 超过 0.3 bpp 时, 对称立体图像视觉质量 DMOS 基本上不再改变并在 8 上下波动. 而非对称立体图像是在 R_{BR} 超过 0.1 bpp 时, 其 DMOS 基本上维持在 5 左右. 在 DMOS 随着 R_{BR} 增大而下降到稳定值前, 对称立体图像下降速率比非对称立体图像慢.

2.2 低通滤波对非对称压缩立体图像的影响

研究还发现观察者对不同失真类型的评分存在偏好. 为具体研究权重偏好对立体图像质量的影响, 文献[22]研究了低通滤波对非对称压缩立体图像的影响. 先对右视点进行 JPEG 压缩, 再对压缩后的右视点图像进行高斯滤波. 实验发现模糊

失真对立体图像质量的影响较小; 其次, 研究表明在某个范围内, 高斯模糊能改善经 JPEG 压缩后的立体图像感知质量, 且这种改善效果与图像内容和纹理相关. 这为今后提高压缩后的立体图像质量提供了依据.

2.3 块效应和模糊失真对立体图像质量的影响

加拿大 CRC 实验室对非对称编码中的图像和深度质量评价展开了研究^[7]. Stelmach 等人^[23]先对立体图像质量与形成立体图像的 2 个视点质量的相关性做了初步探索性实验, 结果发现当两视点的质量存在一定差异时, 立体图像质量约为两视点质量的均值; 当两视点质量都相似时, 立体图像质量会低于两视点质量的均值, 这是受人眼竞争而引起的. 此后, Tam 等人^[24]研究了块效应和模糊引起立体图像失真对主观感知质量的影响, 结果如图 4 所示, 图中主观质量等级越小表示图像质量越好, 字母 L 和 R 分别为左右视点, 两者的垂直间隔为非对称的程度, 黑色柱状图为感知到的立体图像质量. 结果表明, 当原图像是高斯滤波失真时, 立体图像的主观感知取决于双目中质量较好的视点; 而当原图像是受块效应失真时, 立体图像的主观感知评价大约是左右视点主观质量的平均值.

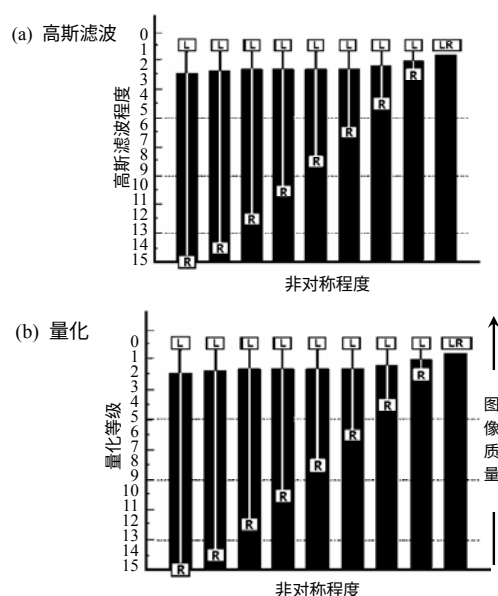


图 4 模糊失真和块效应对立体图像质量的影响^[24]

2.4 空域分辨率对图像感知质量、深度感知以及清晰度的影响

Stelmach 等人^[25]展开了时空分辨率对图像感

知质量、深度感知以及清晰度影响的研究。对于左视点图像其分辨率不变,而右视点图像经过空间低通滤波器处理降低其分辨率。测试图像分为立体图像和非立体图像(即零视差图像)。实验结果表明:(1)垂直和水平分辨率具有相同的影响;(2)对于立体图像,空域滤波对图像感知质量、深度和清晰度的影响大致保持在一定范围内,即空间滤波对立体图像主观感知影响较小;(3)深度感知不受空域滤波器的影响;(4)立体图像清晰度的下降相对于非立体图像的下降要小得多。总之,立体图像的感知清晰度和深度质量在经过空间滤波处理后的所受影响比非立体图像的小。

经实验证明,低通滤波得到的图像其主观质量评价与基于匹配准则的清晰度心理物理学数据相一致。即当1个视点已是一定的模糊失真时,用空域滤波来调节另1个视点模糊失真程度,使得人眼观看到的立体图像感知与参考的立体图像相匹配。如图5所示,纵轴100表示标准的模糊程度,数字越高表示模糊越大。虚线表示立体感知模糊,是每个视点模糊的平均值。图中所有数据点都位于虚线上方,表明了人眼视觉系统对清晰度高的视点赋予了较大的权值。

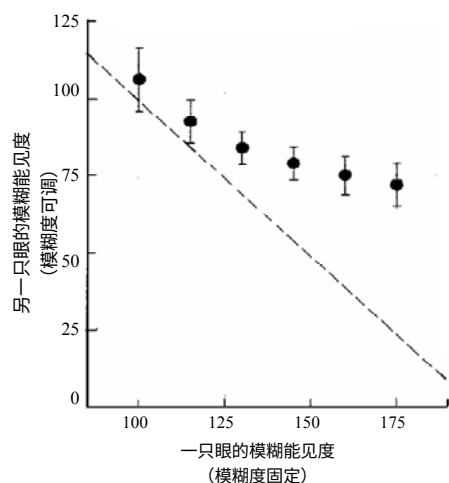


图5 调节匹配感知清晰度所得的结果^[25]

2.5 立体掩蔽效应对立体图像的影响

根据心理学研究发现,掩蔽效应存在于立体视觉中^[26]。Wang等人^[27]也在立体图像质量感知实验中验证了掩蔽效应的存在。而Meegan等人^[28]提出一种在确保主观质量不受影响下,通过利用人眼立体视觉系统的特性去除冗余,来提高编码效

率的算法。但以上研究主要在立体视觉掩蔽效应的定性分析和应用上,并没有具体深入。事实上,对于不同失真类型人眼的立体视觉掩蔽效应临界值是不同的。因此,如何设计相应的实验方案来正确地检测该临界值并应用,都是研究难点及重点。

Wang等人^[27]通过主观实验手段获得相应的视觉阈值,用于定量研究立体视觉掩蔽效应的临界值。主要目的是为测得非对称编码中的立体掩蔽效应值,主要工作是在左视点图像质量不变下,调节右视点图像质量的临界变化步长来改变立体图像质量,到人眼视觉恰可感知到立体图像质量发生变化时的步长值,即所求的JND(Just Noticeable Difference)值。实验发现JND值大小与立体图像内容和左视点质量相关。在低质量段($R_{PSNR} < 35$ dB)和高质量段($R_{PSNR} > 38$ dB)时,它的变化比较平坦;但在中质量段时,JND值变化随着左视点质量变化而比较剧烈。因而,在立体图像编码中,可利用左右视点图像视觉阈值特性,提高压缩性能^[29]。

由于对立体掩蔽效应机理认识存在不足,目前还无法直接得到各种失真对立体掩蔽效应的影响情况,但可用主观感知实验对其进行统计分析。周俊明等人^[30]以立体图像Art为例进行分析,对Art的左视点图像保持不变,而右视点经过4种失真类型处理,分别是高斯模糊程度为100,高斯白噪声强度为20,JPEG压缩质量系数为10,JPEG2000压缩码率为0.05 bpp,得到4幅图像的DMOS值都接近于20。再将4幅图像相同位置区域进行局部放大,最后进行主观实验观察,发现受高斯模糊失真的右视点图像画面非常模糊,图像轮廓无法辨认;受高斯白噪声失真的右视点图像画面有明显的失真,但图像轮廓清晰;受JPEG压缩失真的右视点图像有明显的块效应失真,但图像轮廓清晰可见;而受JPEG2000压缩失真的右视点图像画面有明显模糊,但模糊程度没有高斯模糊失真严重,图像轮廓也可辨认,但没有高斯白噪声和JPEG压缩清晰。分析表明,在这4种失真中人眼的立体掩蔽效应由强到弱的顺序为高斯模糊、JPEG2000压缩、高斯白噪声和JPEG压缩。

此外,Zhao等^[5]认为建立立体图像JND模型要考虑一些独特的双眼视觉特性,如双目融合和双目抑制等,因此,提出一种双目JND(也称BJND)

模型,它以心理实验为基础,通过模拟一对立体图像中非对称噪声的双目视觉特性,来衡量双眼视觉立体图像的感知失真阈值。为此,他们设计了2个非对称失真的主观实验来研究双目视觉特性对立体图像质量的影响:一是研究亮度掩蔽效应和双目融合噪声对可见阈值的影响;二是研究视觉敏感度对可察觉阈值的影响。结果表明,BJND值随着周围边缘强度的增大几乎呈线性提升,但随着背景亮度的增加呈相反状态。

除上述研究外,其他学者也从不同角度来研究分析影响立体图像质量的因素,如Kim等人^[31]研究视觉疲劳对立体图像质量的影响。Lambooij等人^[32]研究相机间距、场景变换及各类失真等影响因素,指出立体图像质量评价与左右视点图像各自的质量评价和深度感知评价有关。总之,通过上述主观实验使我们定性地认识影响立体图像质量的因素及这些因素对立体图像质量的定量关系,为建立立体图像客观质量评价模型提供了依据。

3 立体图像主观质量评价方法展望

主观质量评价已是目前视频图像质量评价研究的重点,虽上述研究分析了影响立体图像质量的一些因素,但立体图像质量评价问题还没有从根本上得到解决。目前一些感知实验还处于探索阶段,仍有以下一些问题值得深入研究和探索:

(1) 对人眼视觉心理学和生理学的研究,有助于人们深入了解人类视觉系统特性,这对于设计立体图像主观质量评价实验并在此基础上建立有效的客观质量评价模型具有重要的指导意义。

(2) 深入研究影响立体图像主观感知的因素种类、影响方式及其相互作用。影响立体图像主观感知的因素众多,双眼视觉较单眼视觉还存在着立体掩蔽效应、双目竞争等双目特性,这些研究能为今后的质量评价研究提供先决条件。

(3) 建立更完备的立体图像数据库。从不同角度和各类影响因素出发,能使数据结果更具可靠性和实用性,从而为立体图像质量客观评价模型的建立及其性能评价奠定基础。

(4) 立体视频质量评价的研究。通过对立体图像质量评价的研究,能够过渡到对立体视频质量的研究。

总之,立体图像质量评价是立体图像视频处理的研究前提。随着立体图像质量评价算法的不断成熟,立体图像视频评价算法的研究将具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] Xing L Y, You J Y, Ebrahimi T, et al. Assessment of stereoscopic crosstalk perception[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2012, 14(2):4033-4036.
- [2] Shao F, Jiang G Y, Yu M, et al. Asymmetric coding of multi-view video plus depth based 3-D video for view rendering[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2012, 14(1):157-167.
- [3] Vetro A, Wiegand T, Sullivan G J. Overview of the stereo and multiview video coding extensions of the H.264/MPEG-4 AVC standard[J]. Proceedings of the IEEE, 2011, 99(4):626-642.
- [4] Smolic A, Kauff P, Knorr S. Three-dimensional video postproduction and processing[J]. Proceedings of the IEEE, 2011, 99(4):643-656.
- [5] Zhao Y, Chen Z, Zhu C, et al. Binocular just-noticeable-difference model for stereoscopic images[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2011, 18(1):19-22.
- [6] Anonymity. Mobile 3DTV Video Impairment Database [EB/OL]. [2012-01-22]. <http://sp.cs.tut.fi/mobile3dtv/impaired-videos/>.
- [7] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, ITU-T SG16 Q.6. Image and depth quality of asymmetrically coded stereoscopic video for 3D-TV[C]. W094, 23rd Meeting: San Jose, California, USA, 2007:21-27.
- [8] 王旭. 交互式立体视频系统中的图像质量分析方法研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2010.
- [9] Zhou J, Jiang G, Mao X, et al. Subjective quality analyses of stereoscopic images in 3DTV system[C]. IEEE Visual Communications and Image Processing (VCIP), Taiwan, 2011:1-4.
- [10] Anonymity. Mobile 3DTV video impairment database [EB/OL]. [2012-05-08]. <http://sp.cs.tut.fi/mobile3dtv/impaired-videos/>.
- [11] Wang X, Kwong S, Zhang Y. Considering binocular spatial sensitivity in stereoscopic image quality assessment[C]. Visual Communications and Image Processing (VCIP), Taiwan, 2011:1-4.
- [12] 蒋刚毅, 黄大江, 王旭, 等. 图像质量评价方法研究进展[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(1):219-226.
- [13] ITU-R. Methodology for the subjective assessment of the

- quality of television pictures[S], 2002.
- [14] ITU-T. Subjective video quality assessment methods for multimedia applications (Recommendation P.910)[S], 1999.
- [15] ITU-T. Subjective video quality assessment methods for multimedia applications (Recommendation P.911)[S], 1999.
- [16] ITU. Subjective assessment of stereoscopic television pictures[S], 2000.
- [17] Blin J L. New quality evaluation method suited to multimedia context: Samviq[C]. The 2nd Int Workshop on Video Processing and Quality Metrics, 2006:6.
- [18] Anonymity. Mobile 3DTV content delivery optimization over DVB-H system[EB/OL]. [2012-09-12]. <http://sp.cs.tut.fi/mobile3dtv/impaired-videos/>.
- [19] Anonymity. The Moving Picture Experts Group [EB/OL]. [2012-11-15]. <http://mpeg.chiariglione.org/>.
- [20] Wang X, Yu M, Yang Y, et al. Research on subjective stereoscopic image quality assessment[C]. Proceedings of SPIE, 2009, 7255:18-22.
- [21] Anonymity. Middlebury Stereo Datasets[EB/OL]. [2012-10-08]. <http://vision.middlebury.edu/stereo/>.
- [22] Wang X, Yu M, Yang Y, et al. Influence of low-pass filtering on perceived quality of asymmetrically coded stereoscopic images[C]. Int Conf on Future Generation Communication and Networking (FGCN2009), Korea: Jeju Island, 2009:10-12.
- [23] Stelmach L, Tam W. Stereoscopic image coding: Effect of disparate image-quality in left- and right-eye views[J]. Signal Processing: Image Communication, 1998, 14(1/2): 111-117.
- [24] Tam W, Stelmach L, Meegan D, et al. Bandwidth reduction for stereoscopic video signals[C]. Proc of SPIE, 2000, 3957:33-40.
- [25] Stelmach L B, Tam W J. Stereo image quality: Effects of mixed spatio-temporal resolution[J]. IEEE Trans on CSVT, 2000, 10(2):188-193.
- [26] Julesz B. Foundations of cyclopean perception[M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1971:121.
- [27] Wang X, Jiang G, Zhou J, et al. Visibility threshold of compressed stereoscopic image: Effects of asymmetrical coding[J]. The Imaging Science Journal, 2013, 61(2):172-182.
- [28] Meegan D V, Stelmach L B, Tam W J. Unequal weighting of monocular inputs in binocular combination: Implications for the compression of stereoscopic imagery[J]. Journal of Experimental Psychology: Applied, 2001, 7(2): 143-153.
- [29] Shao F, Jiang G, Yu M, et al. A novel rate control technique for asymmetric-quality stereoscopic video[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2011, 57(4): 1823-1829.
- [30] 周俊明, 郁梅, 蒋刚毅. 利用奇异值分解法的立体图像客观质量评价模型[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2011, 23(5):870-877.
- [31] Kim D, Sohn K. Visual fatigue prediction for stereoscopic image[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2011, 21(2):231-236.
- [32] Lambooij M, Ijsselstein W, Bouwhuis D G, et al. Evaluation of stereoscopic images: Beyond 2D quality[J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2011, 57(2):432-444.

Subjective Perception Assessment of Stereoscopic Image Quality: Study

ZHU Jiang-ying, YU Mei*, CHEN Fen, LI Fu-cui

(College of Information Science and Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Stereoscopic image quality assessment (IQA) includes subjective and objective evaluation methods. In this paper, the subjective stereoscopic IQA methods are mainly dealt with. Several mainstream subjective evaluation methods are discussed, in which the psychophysical characteristics of human visual system are considered. The influences of various kinds of distortions on perceived quality of stereoscopic images are also analyzed. Finally, the outlook of subjective stereoscopic IQA is envisioned.

Key words: stereoscopic images quality assessment; subjective perception evaluation; stereoscopic perception

(责任编辑 章践立)