

无参考图像质量评价方法的设计原则

安雪晶¹, 田媛^{2,3}

(1. 辽宁机电职业技术学院, 辽宁 丹东, 118002;

2. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

3. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要:对于无法获得参考图像的图像处理系统,无参考(NR)图像质量评价具有重要意义。讨论了NR图像质量评价的基本问题,介绍了NR图像质量评价方法的基本原理,重点描述了基于块效应、图像模糊和交互神经进化的NR图像质量评价方法的内容。根据现有的NR图像质量方法都存在针对特定的类型而设计的缺陷,应用模糊测度和模糊积分,结合人类视觉系统(HVS)特性,并考虑盲失真度量遵循量化质量定律,提出了一个全面的NR图像质量评价方法的设计原则。

关键词:图像质量;无参考(NR)像质评价;人类视觉系统(HVS)

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A

Design principle of no-reference image quality evaluation

AN Xue-jing¹, TIAN Yuan^{2,3}

(1. *Liaoning Technological College of Machinery and Electricity, Dandong 118002, China;*

2. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;*

3. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)*

Abstract: The no-reference image quality evaluation is an important method in image processing technologies when the original image can not be obtained. In this paper, the basic problems in no-reference image quality evaluation methods are discussed and several methods based on block effects, image blurs and interactive neural evolution used in no-reference image quality evaluation are explained and analyzed. An overall no-reference image quality evaluation principle is presented in accordance with the shortnesses above mentioned, and it suggests that the evaluation principle should be a synthetical index applying fuzzy measures and fuzzy integrals, incorporating Human Vision System(HVS) characteristics and adhering to the philosophy of quantifying quality by blind distortion measurements.

Key words: image quality; No-reference(NR) image quality evaluation; Human Vision System(HVS)

1 引言

无参考(NR)图像质量评价方法是在没有一个可以进行参考和比对的原始图像的情况下,得出一个与人类视觉系统的视觉感知相一致的质量分数值的方法。

数字图像和视频在获取、压缩、处理、传输和重现的过程中容易产生各种各样的失真,因而,图像质量的评价方法是衡量各种图像处理过程的重要指标^[1]。常见的图像评价都是通过比对处理后图像与原始图像来建立图像质量的评价方法^[2-5],它们的基础是在目标图像和参考图像之间建立视觉差异的评价。这些方法的最大缺陷是当应用系统无法得到参考图像时无法评价图像质量。为此,建立了NR图像质量评价方法(也叫单端或盲质量评价)。

本文对NR图像质量评价方法进行了分析和设计。讨论了图像质量评价的基本问题,介绍了NR图像质量评价方法,提出了一种新型NR图像质量评价方法的设计原则。

2 基本原理

2.1 NR图像质量评价定律

NR图像质量评价的基本思想是度量在获取、处理和重现图像的过程中可能引入的失真^[6]。度量失真的参考图像基于自然图像和视频的统计信息而建立,此种方法最适合于一个给定失真类型或应用的模型,可有效地减少在评价过程中一些不能量化的因素所带来的影响^[7,8]。

2.2 人类视觉系统

视觉是人类最基本的感觉行为,而人类的感知行为不仅包括客观因素还包括主观因素,因而是一个相当复杂的过程,故得到了广泛的关注。当人类感知概念被应用于图像质量评价中时,人类视觉系统的以下特性是极其主要的^[9]:

(1)人类视觉相应更加依赖于光强度的对比度,而不是绝对值。

(2)视觉系统对于所有的刺激不是同样敏感的,刺激的可视性有很多限制。有缺点的光学刺激加上神经的相互作用可以导致一个不均匀频率响应(敏感度),即所知道的对比度敏感度函数。

(3)掩盖是视觉中起决定性的现象,它是指在一个空间或时间复杂背景下,发现一个刺激能力减弱的现象^[10-12]。

2.3 NR图像质量评价的基本特性

NR图像质量评价方法须具有下述特性^[13]:

(1)预测准确度:低误差地正确预测出一幅图像质量的能力。通常,通过与主观评价方法的结果进行比较来决定预测的准确度。

(2)预测单调性:评价分数的单调增长和下降应该与主观质量评价的结果相一致。

(3)预测一致性:度量必须具备相当好的重复性而且与所度量的图像无关。

2.4 NR图像质量评价方法的验证

最基本的验证方法是建立一个图像和视频数据库,库中含有每一个图像和视频序列的主观评价分数。这样的数据库即可以用来评价客观质量度量算法的预测结果。

此外还有单独刺激连续质量评估(SSCQE)和双重刺激连续质量度量(DSCQS),这两种方法都被证实在提供一致的视觉条件和主观任务的情况下,具有可重复的和稳定的结果,并已经被国际电信联盟(ITU)采用为一个国际标准的一部分^[14]。当SSCQE和DSCQS试验被多人所执行时,可以取平均分数来得到平均评价分数(MOS)。分数之间的标准偏差也是有用的,可以度量观察者之间的一致性(相容性)。

3 NR图像质量评价方法

3.1 块效应的NR图像质量评价

该方法^[15]的核心思想是将块图像模拟为一个被纯块信号干扰的无块图像,然后由块效应度量算法来发现和度量块信号的功率。

度量系统如图1所示。系统在水平、垂直两个方向分别度量块效应。

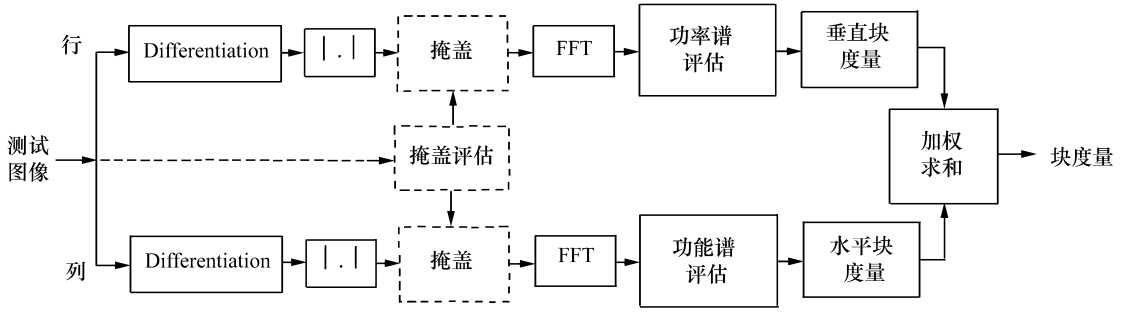


图1 块效应系统的NR图像质量评价

Fig.1 NR image quality evaluation in block effect system

垂直的块度量定义为:

$$M_{Bv} = \frac{8}{7} \left\{ \begin{aligned} &(P[\frac{N}{8}] - P_M[\frac{N}{8}]) + (P[\frac{N}{4}] - P_M[\frac{N}{4}]) \\ &+ (P[\frac{3N}{8}] - P_M[\frac{3N}{8}]) + (P[\frac{N}{2}] - P_M[\frac{N}{2}]) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

其中 $P[l]$ 是第 l 段的功率谱。 $P_M[l]$ 是使用中值滤波得到的平滑功率谱曲线。

相似地,可以得到水平的块度量 M_{Bh} 。最后,测试图像的块度量为:

$$MB = 0.5(M_{Bv} + M_{Bh}) \quad (2)$$

这一方法具有很好的适应性来结合人类视觉系统特性,比如亮度和纹理掩盖效应。在实际应用中可以非常快地实现,因为实际上只需要计算一小部分的功率谱。

3.2 图像模糊的NR图像质量评价

方法[16]关注模糊图像的边缘锐化程度。图像的边缘锐化度是通过灰度曲线的斜坡进行度量的(如图2所示):

$$\tan \alpha = \frac{G}{w}, \quad (3)$$

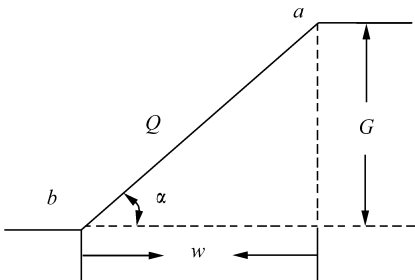


图2 α 的计算图示

Fig.2 Diagram of α calculation

其中 w 是边缘像素 Q 的边扩展宽度, G 是两个像素点 a 和 b 的灰度差值。

当计算所有边缘像素灰度差异的坡度后,其最大值就是度量图像模糊的NR图像评价指标。

3.3 使用交互神经进化方法的NR图像质量评价

通用的进化算法框架如图3所示。

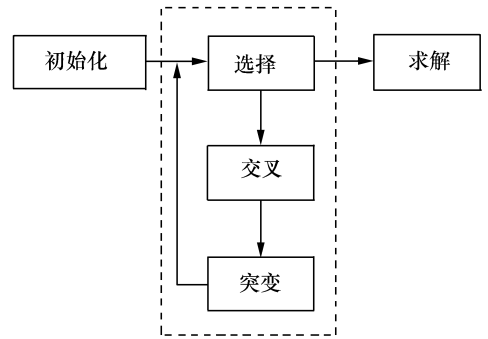


图3 进化算法的通用框架

Fig.3 General frame of evolution algorithm

该方法^[17]使用神经网络来训练图像质量评价方法,同时结合交互神经进化并考虑了人类视觉的特性,所获得的求解方法可以用于不同的图像和视频处理系统中。

3.4 其它NR图像质量评价方法

文献[18]提出通过边缘锐化程度、随机噪声程度、结构性噪声程度3个客观尺度来综合评价

图像质量。对于 JPEG 压缩图像的评价,文献[8]先对 JPEG 图像沿水平线计算差分信号,通过块边缘的平均差分估计块效应,使用图像差分信号的过零点比率确定块的活跃性。然后,结合块效应估计图像的模糊程度,最后在垂直方向做同样处理之后得到 3 个指标,使用非线性回归分析获得最佳参数。在文献[19]中,作者把块化效应作为 2-D 阶跃函数建模,由此直接对 JPEG 压缩图像的 DCT 系数进行计算,实现在 DCT 域中对图像进行质量评价。文献[20]将 JPEG2000 压缩图像的所有边缘点视为两类:“失真”和“非失真”,提出采用主成分分析(PCA)方法来提取给定边缘点的局部特征进行区分,并建立相应的局部失真模型指标。

4 NR 图像质量评价方法的设计原则

以上所介绍的 NR 图像质量评价方法中都存在针对特定的失真类型而设计的缺陷,本文提出了一个全面 NR 图像质量评价方法的设计原则。

首先,一个全面 NR 图像质量评价方法应该结合人类视觉特性来预测复杂图像的质量。目前大多数的 NR 图像质量评价方法都有一个共同的缺陷,即没有引入人类的感知和经验,这使得评价方法不够灵活并与主观评价的结果相偏离。

其次, NR 图像质量评价应通过盲失真度量遵循量化质量这一定律。例如,自然图像不包括块效应,所有在水平和垂直方向上以 8 像素为周

期循环出现的边界不连续现象,都可能是一个由基于压缩技术的块-DCT 所产生的。因此,不同 NR 度量应该针对不同的失真系统特殊地设计。自然图像更加复杂的模型可能提高 NR 度量的效率并使得度量对于不同的失真类型更加具有鲁棒性。

再次,应理解影响图像质量的各因素之间的相互关系并最终推导出一个综合指数,这是很有趣的工作,也很有难度。目前虽然提出了一些新颖的方法,但还没有哪个方法能提出一个综合全面的评价指标,还有很多工作需要做。研究分析表明,也许应用模糊测度和模糊积分来综合各方面的因素^[25~27]是一个好的选择。

5 结论

本文讨论了 NR 质量评价的基本问题,并介绍了现有的一些评价方法。最后,提出了一个全面 NR 图像质量评价方法的设计原则。这个原则认为 NR 图像质量评价方法应该遵循量化质量定律,将失真很好地从“期待”信号中分离出来。成功地建立自然景象的更适合某种失真类型和应用的统计模型将会促进 NR 图像度量算法的成功。将自然景象模型同人类视觉系统模型进行结合也会对 NR 图像质量评价有所帮助。应用模糊测度和模糊积分理论将能更加系统地评价图像的质量。

参考文献:

- [1] JANSSEN T J W M. Understanding image quality[J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Image Proces.*, 2001, 2:7-10.
- [2] Final report from the video quality experts group on the validation of objective models of video quality assessment[Z]. <http://www.vqeg.org>, 2000.
- [3] WANG Z, BLVIK A C. A universal image quality index[J]. *IEEE Sign. Proces. Lett.*, 2002, 9(3):81-84.
- [4] CHEN Y, MENG F. Image quality measurement based on statistics of activity region[J]. *J. Ch. Inst. Eng.*, 2001, 24: 3580-3583.
- [5] WANG A, BOVIK A C, LU L. Why is image quality assessment so difficult. [J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, and Signal Proces.*, 2002, 4:3313-3316.
- [6] WANG Z, SHEIKH H R, BOVIK A C. *Objective Video Quality Assessment*[M]. Handbook of Video Databases Design and Applications, CRC Press, 2003.
- [7] SHEIKH H R, BOVIC A C, CORMACK L, et al. Blind quality assessment for JPEG2000 compressed images[J]. *Proc. IEEE Int. Asilomar Conf. Sign., Syst. Comput.*, 2002, 2:1735-1739.

- [8] WANG Z, SHEIKH H R, BOVIK A C. No-reference perceptual quality assessment of JPEG compressed images[J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Image Proces.*, 2002:477-480.
- [9] WINKLER S. *Digital Video Quality Vision Models and Metrics*[M]. John Wiley & Sons, Inc. USA, 2005.
- [10] 赵辉, 鲍歌堂, 陶卫. 图像测量中自动调焦函数的实验研究与分析[J]. *光学精密工程*, 2004, 12(5):531-536.
ZHAO H, BAO G T, TAO W. Experimental research and analysis of automatic focusing function for imaging measurement [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2004, 12(5):531-536. (in Chinese)
- [11] 叶东, 徐巧玉, 车仁生. 视觉测量系统的相机校准[J]. *光学精密工程*, 2006, 14(5):883-890.
YE D, XU Q Y, CHE R SH. Camera calibration technique for vision measurement system[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(5):884-890. (in Chinese)
- [12] 袁飞, 黄联芬, 姚彦. 基于视觉掩盖效应和奇异值分解的图像质量评测方法[J]. *光学精密工程*, 2008, 16(4):706-713.
YUAN F, HUANG L F, YAO Y. Image quality evaluation based on visual masking effect and singular value decomposition [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2008, 16(4):706-713. (in Chinese)
- [13] DOSSELMANN R, YANG X D. Existing and emerging image quality metrics[J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Elect. Comput. Eng.*, 2005, 1906-1913.
- [14] ITU-R Rec. BT. 500-10, Methodology for the Subjective Assessment of Quality for Television Pictures[Z]. iNS, 2002.
- [15] WANG Z, BOVIK A C, EVANS B L. Blind measurement of blocking artifacts in images[J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Image Proces.*, 2000, 3:981-984.
- [16] WANG X, TIAN B F, LIANG CH. Blind image quality assessment for measuring image blur[C]. *IEEE, 2008 Cong. Image Sig. Proces.*, Hainan, China, 2008, 467-470.
- [17] TSOY Y R, SPITSYN V G, CHERNYAVSKY A V. No-reference image quality assessment through interactive neuroevolution[C]. *GraphiCon'2007, Moscow, Russia*, 2007, 6:23-27.
- [18] LI X. Blind image quality assessment[J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Image Proces.*, 2002, 1:477-480.
- [19] LIU S, BOVIK A C. DCT domain blind measurement of blocking artifacts in DCT-coded images[J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speec. Sig. Proces.*, 2001, 3:1725-1728.
- [20] TONG H H, LI M J, ZHANG H J, et al.. No-reference quality assessment for JPEG2000 compressed image processing [J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Image Proces.*, 2004, 5:3539-3542.
- [21] WANG Z Y, XIAO W. No-reference digital image quality evaluation based on perceptual masking[J]. *Computer Appl.*, 2006, 26(12):2838-2840.
- [22] SHEIKH H R, BOVIK A C, CORMACK L. No-reference quality assessment using natural scene statistics: JPEG2000 [J]. *IEEE Trans. Image Proces.*, 2005, 14(11):1918-1927.
- [23] HUITAL L. A training-based no-reference image quality assessment algorithm[J]. *Proc. IEEE Int. Conf. Image Proces.*, 2004, 5:2973-2976.
- [24] CAMPISI P, CARLI M, GIUNTA G. Blind quality assessment system for multimedia communications using tracing watermarking[J]. *IEEE Trans. Signal Proces.*, 2003, 51(4):996-1002.
- [25] RUTA D, GABRYS B. An overview of classifier fusion methods[J]. *Compu. Info. Systems*, 2000, 7(1):1-10.
- [26] ZANG D L, GUO C M, WU C X. Development of fuzzy integral theory[J]. *Fuzzy Sys. Math.*, 2003, 17(4):1-10.
- [27] 张俊杰, 操晶晶, 贡力. 微型零件图像测量清晰度算法的选择与综合评价[J]. *光学精密工程*, 2008, 16(3):543-550.
ZHANG J J, CAO J J, GONG L. Selection and synthesis evaluation of image measurement definition algorithm for miniature parts[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2008, 16(3):543-550. (in Chinese)

作者简介:安雪晶(1972—),女,辽宁丹东人,硕士,副教授,主要研究方向为数字图像处理及图像质量评价。

E-mail:anjing720701@163.com