

一种改进的全参考模糊度比值算法*

陈朝娟, 田玲, 刘笑, 周益民

(电子科技大学 计算机科学与工程学院, 成都 611731)

摘要: 由于图像处理技术的发展,对图像和视频评价提出了更高的要求,而模糊度(blur)指标可以比较准确地反映图像的客观质量。为了提高图像视频客观评价的准确率,针对模糊度进行了研究,提出了一种改进的全参考模糊度比值算法。算法先使用边缘检测得到视频每一帧图像的垂直边缘图,然后计算其模糊度值,再将原始视频和失真视频模糊度值在坐标中标出,一般情况下,有点状、线状和散点分布三种,最后使用三种方案:均值、线性回归和最小包容圆对其分布进行拟合。实验结果表明,这三种方案所得的客观评价结果和主观评价价值均有较好的吻合度。

关键词: 模糊度; 全参考; 客观评价

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)09-2872-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.09.080

Improved algorithm based on full reference blur ratio

CHEN Chao-juan, TIAN Ling, LIU Xiao, ZHOU Yi-min

(School of Computer & Engineering, University of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: Due to the development of the image processing technology, it made higher requests for image and video evaluation, and blur metric could reflect the objective quality of image and video more accurately. In order to improve the accuracy of objective evaluation of image and video, this paper studied the blur and proposed an improved algorithm based on full reference blur ratio. It first used edge detection algorithm to get the vertical edge image and calculate blur value of every frame of video, then marked the blur value in the coordinate of the original and distortion video, as usual, there were three kinds of distributions: dot, line and scatter, at last, used three solutions to match the distributions: slope of mean, linear regression and minimum enclosing circle, the result of experiment shows that these three kinds of solutions can give higher reference between subjective evaluation and objective evaluation of image and video.

Key words: blur; full reference; objective evaluation

随着通信技术的发展,网络已经逐步融入了人们的日常生活中。人们可以通过网络媒体获得更多的图像和视频资源,而其质量评价对用户而言有着很重要的作用,图像和视频质量评价方法研究已经成为了数字图像视频处理研究领域的热点。

视频评估主要有主观评价和客观评价两种方法。主观评价即观测者对图片和视频的样集评分,然后使用相关计算方法对分值进行处理,得出最后的主观评价结果,该结果最接近实际分值。然而由于主观评价对测试群众、测试环境和操作过程有着较高要求,并且代价昂贵,故在实际操作中主要采用客观评价。根据计算过程中对原视频的参考程度,客观质量评价方法可以分为全参考、部分参考和无参考等评价方式。研究者提出了很多优秀的视频质量客观评价指标或算法,如 SSIM^[1]、PSNR^[2]、MSE^[3]、SNR^[4]、VSNR^[5]、VIF^[6]、IFC^[7]等。这些算法大多都可以比较准确地计算图像质量,但是随着视频质量的提高,人们对质量评价的准确性要求也越来越高,以适应更为广泛的用户市场。

图像和视频的模糊是由其高频区域信息丢失引起,可以反映细节的变化程度。基于模糊度的质量评价算法众多,比较典

型的有 Marziliano 等人^[8]提出的基于边缘检测的实时模糊度算法,该算法计算复杂度低,且性能独立于图像内容。文献[9]提出的 JNB 模型可以较好地计算图像模糊度,但是它在图像有不均匀显著性内容时相关性不高^[10]。而 CPBD^[10]模型虽然改进了 JNB 模型,但是其主要在高斯模糊和 JPEG2000 压缩模糊上有较好的性能,有一定的局限性。本文提出了一种改进的全参考模糊度比值算法。

1 Blur 原始算法

图像模糊度反映了图像的细节变化,可以比较真实地反映图像质量。在图像和视频信息的获取、传输、存储、显示,以及编解码和压缩算法的处理过程中,都可能会引起模糊失真现象。图像模糊的种类很多,包括自然模糊、运动模糊和噪声模糊,以及编解码和压缩算法引起的信息损失而引起的模糊。

2002 年,Marziliano 等人^[8]提出一种无参考感知模糊度算法,不需要原始图像的信息,可以采用边缘检测方法得到失真图像的 blur 值。无参考感知 blur 算法流程为:a)采用边缘检测(如 Sobel 过滤)找到在图像的垂直边缘;b)扫描图像的每一行,

收稿日期: 2012-11-06; **修回日期:** 2012-12-27 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(61103111);四川省科技厅资助项目(2011JY0083,2011HH0037)

作者简介: 陈朝娟(1987-),女,重庆綦江人,硕士研究生,主要研究方向为视频图像处理(Celia_Chen@foxmail.com);田玲(1981-),女,讲师,博士,主要研究方向为视频图像处理;刘笑(1989-),男,硕士研究生,主要研究方向为视频图像处理;周益民(1981-),男,副教授,博士,主要研究方向为视频图像处理。

像素对应到边缘位置,边缘的开始和结束位置被定义为最靠近边缘的局部极值位置,边缘宽度即起始和结束位置之间的距离,并标志为该边缘位置的 blur 指标;c) 整幅图像的 blur 指标即所有边缘位置的 blur 值的平均值。算法 1 描述了整个 blur 计算的整体流程,算法 2 描述了垂直边缘的边缘宽度的查找过程。

算法 1

- 找到图像的垂直边缘图。
- 初始化变量,图像 blur 值 $\text{totalBM} = 0$ 、垂直边缘的数量 $\text{countEdges} = 0$ 、垂直边缘的宽度 $\text{edgeWidth} = 0$ 。
- 读入当前像素,判断当前像素是否是最后一个像素,若是,则算法结束,图像的 blur 值为 $\text{totalBM}/\text{countEdges}$ 。若不是,继续下一步。
- 判断当前位置是否是垂直边缘,若是,继续下一步;若不是,则处理下一个像素,并跳转到 a)。
- 找到垂直边缘的起点 start 和终点 end 位置,查找过程由算法 2 给出。
- 计算该垂直边缘的 blur 值(即边缘宽度, edgeWidth),并计算 $\text{totalBM} = \text{totalBM} + \text{edgeWidth}$,并将 countEdges 加 1。
- 处理下一个像素,并跳转到 c)。

算法 2

- 初始化变量垂直边缘起点 start 、终点 end , p_0 为函数传递值, p_{cur} 为当前像素。
- 将 p_{cur} 置为 p_0 。
- 读入当前像素,判断该像素是否是第一个像素,若是,则用 start 保存,然后跳转到 d);若不是,则将 p_{cur} 减 1,然后跳转到 c)。
- 再将 p_{cur} 重置为 p_0 。
- 读入当前像素,判断该像素是否是最后一个像素,若是,则用 end 保存,然后返回结果;若不是,则将 p_{cur} 加 1,然后跳转到 e)。

图 1 描述了 city 图像的 blur metric 计算过程。图 1(a) 为原始图像,取自 bus 序列第 38 帧,通过 HM2.2 采用 QP-38 进行编码;图 1(b) 为通过 Sobel 边缘检测后的图像;图 1(c) 中采用不同的颜色标出了极值点,红色表示突然变化,蓝色表示递增方向改变,绿色表示平稳变化(见电子版);图 1(d) 表示边缘宽度,黑色表示此处没有边界,越白表示此处重叠的边界越多;图 1(e) 和 (f) 是按照边界重叠次数来拆分原始图像,重叠 1 次及以下定义为模糊的,否则是清晰的。将背景色定义为黑色,图 1(e) 为清晰内容的点,图 1(f) 为模糊内容的点。

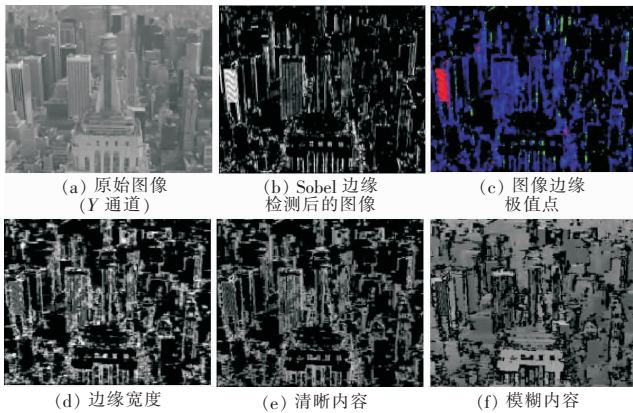


图 1 Blur 的计算过程

2 全参考模糊度比值算法

2.1 算法过程

Blur 算法是一种无参考的算法,图像的 blur 指标可以比较真实地反映图像的主观质量。本文在基于 blur 算法的基础上,改进了 blur 比值模型,提出了全参考的 blur 比值算法,使其计算结果更加稳定,并且可扩展性较好。该算法计算过程如下:

- 计算原始图像和失真图像所有帧的 blur 值,由此得到

很多的 blur 值对。例如,原始视频是由 300 帧组成,此时就可得到 300 个 blur 值对。

b) 在坐标中标出每一对 blur 值的位置 (x, y) , x 表示失真图像的 blur 值, y 表示原始图像的 blur 值,通过实验仿真得到其分布形式主要有三种,如图 2 所示。

- 用一条线拟合所有的点,拟合方案将在 2.2 节中讨论。

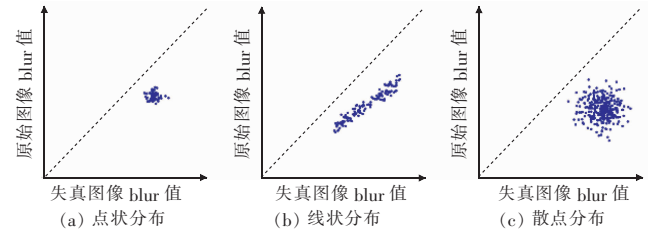


图 2 三种分布类型

2.2 计算模型

曲线拟合即用连续曲线近似地刻画或比拟平面上离散点组所表示的坐标之间的函数关系,本文提出了三种拟合方案并对其效果进行了评估:

a) 均值法。它是传统统计学中的经典方法,该方法的优点是受随机因素的影响较小,且计算简单。其计算过程如下:一个点的斜率即同时通过原点和该点的直线的斜率,如 BO (blur original) 和 BD (blur distorted) 的比值即为斜率。先计算每个点的斜率,所有斜率的均值即为 blur 比值结果,其计算如式(1):

$$\text{BR} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{BO}_i / \text{BD}_i \quad (1)$$

b) 线性回归法。其在统计学中研究较多且在实际中应用较广,该方法更容易确定由估计产生的统计特性。该模型用一条过原点的直线来拟合这些点,然后取这条直线的斜率作为 blur 比值。其中直线最后的确定标准是使得 dist 值最小, dist 表示各点到直线垂直距离的平方和,其计算如式(2):

$$\text{dist} = \sum_{i=1}^n (\text{BO}_i - k \times \text{BD}_i)^2 \quad (2)$$

Blur 比值的最终结果可通过最小二乘法得到式(3):

$$\text{BR} = \left(\sum_{i=1}^n \text{BO}_i \times \text{BD}_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n \text{BD}_i^2 \right) \quad (3)$$

c) 最小包容圆,即半径最小且能包含所有散点的圆,在计算机图形学中应用较广,主要用于进行圆度误差评定。该模型可以分为三步:(a) 找到最小包容圆;(b) 找出圆心,设其为 (P_x, P_y) ;(c) 在圆心的基础上计算 blur 比值结果。其计算如式(4), k_1 取值 0.2, k_2 取值 0.8:

$$\text{BR} = k_1 \left(\frac{P_y}{P_x} \right)^2 + k_2 \frac{P_y}{P_x} \quad (4)$$

2.3 模型分析

该算法整体计算流程如图 3 所示。本文通过图中的各个步骤计算出了模糊度比值的评价结果,并将其与标准化后的用户打分进行比较,如图 4 所示,上述三种方案所得出的 BR 均与标准化后的 MOS 有很强的线性关系。

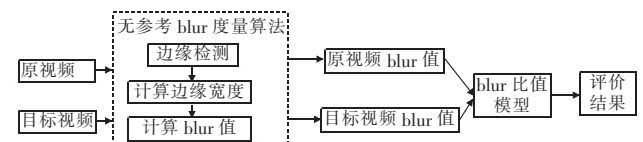


图 3 算法系统图

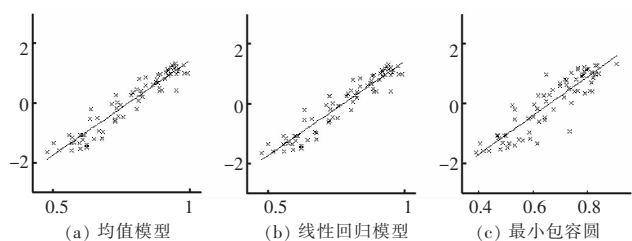


图 4 BR 与标准化后的 MOS 对比

3 仿真测试与分析

3.1 经典指标图表

本文采用了 11 种目前比较经典的视频质量评价指标进行比较,这些指标主要用于评估单帧图像失真程度,本文取所有帧度量值的平均值作为该序列的评价值。然后将各个评价值与标准化分值进行比较,并用一次函数(带截距)进行拟合,最后得出的性能比较结果如表 1 所示。表 1 中,斜率和截距可由简单的线性回归公式得到,Pearson 相关系数、Kendall 秩相关系数、 R^2 均用来衡量客观计算结果和主观评价结果的线性关系。该系数绝对值越大,相关性越强,相关系数越接近于 1 或 -1,相关度越强,相关系数越接近于 0,相关性越弱。

表 1 经典指标性能比较

方案	截距	斜率	Pearson 相关系数	Kendall 秩相关系数	R^2	均方差
Blockiness	-7.0418	7.8629	0.7495	0.6423	0.5618	0.3962
IFC	-1.7442	0.3280	0.8783	0.7492	0.7714	0.2067
MSE	0.4287	-0.0033	-0.6251	-0.6399	0.3907	0.5509
MS-SSIM	-13.6319	14.2025	0.7545	0.7057	0.5692	0.3895
NQM	-2.2894	0.1297	0.8577	0.6904	0.7356	0.2391
PSNR	-4.3643	0.1439	0.8283	0.6409	0.6860	0.2839
SNR	-3.4288	0.1445	0.8393	0.6594	0.7045	0.26718
SSIM	-7.3513	7.9810	0.7250	0.6109	0.52565	0.4289
VIF	-2.1354	4.0834	0.8961	0.7178	0.8030	0.1781
VIFP	-2.3285	4.5987	0.8641	0.6740	0.7466	0.2291
VSNR	-2.5863	0.1001	0.8415	0.6783	0.7081	0.2639

3.2 算法测试

本文选取了通用的 10 个 CIF 视频序列(352×288)进行测试。为了获取主观评分结果,笔者组织了 16 名志愿者,包括课题组中的全部成员 6 名(教师 2 名,研究生 4 名)和另外 10 名研究生。视频源为标准测试序列,采用基于 H.264/AVC 标准的 x264 编码器,分别以量化步长为 4 连续 P-帧编码方式生成的 164 组失真图像。主观评价界面如图 5 所示,然后将评分结果采用了 VQEG 的五级评分制。主观质量评分的过程在 2012 年 3~4 月期间完成。

为了将打分结果进行标准化,假定对于每个测试者,其评价标准是不变的,即具有相同分布,据此可得分数标准化公式:

$$Z_{score} = (S - \mu_s) / \sigma_s \quad (5)$$

其中: Z_{score} 为标准化分数; S 为主观打分结果; μ_s 为主观打分结果的期望值; σ_s 为主观打分结果的标准差。主观打分结果和标准化后的分数对应如图 6 所示。



图 5 主观评价界面

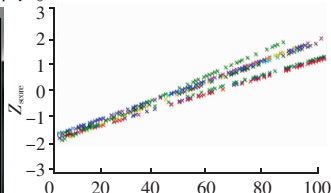


图 6 MOS 和 Z_{score} 对应图

本文测试这三种模型的相关性能,将其与标准化后的主观打分结果进行比较,得到相关对比结果如表 2 所示,效果最好的均值方案的相关系数 R^2 值高达 0.9106,即使使用效果最差的最小包容圆方案, R^2 值仍达到 0.7994。

表 2 模型性能分析结果

方案	截距	斜率	Pearson 相关系数	R^2	时间复杂度	额外空间复杂度
均值模型	-4.9370	6.3616	0.9543	0.9106	$O(N)$	$O(1)$
线性回归模型	-4.8817	6.3049	0.9538	0.9098	$O(N)$	$O(1)$
最小包容圆	-4.3110	6.5048	0.8941	0.7994	$O(N)$	$O(N)$

表 2 中, N 表示视频图像帧数,不包括 blur metric 计算过程中的时间复杂度。

4 结束语

本文讨论了传统的图像视频评价方法和 blur 评价算法,并在此基础上改进了基于全参考的模糊度比值算法。在该算法中,本文提出了三种计算方案,均可以用于图像的视频评价。为了验证该模型的性能,邀请了 16 名志愿者对视频进行主观打分,并传统评价方法进行比较,实验结果表明,模糊度比值模型和主观评价结果的吻合度更高。

参考文献:

- [1] BROOK A C, ZHAO Xiao-nan, PAPPAS T N. Structural similarity quality metrics in a coding context: exploring the space of realistic distortions[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2008, 17(8): 1261-1273.
- [2] HUYNH T Q, GHANBARI M. Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment[J]. Electronics Letters, 2008, 44(13): 800-801.
- [3] WANG Zhou, BOVIK A C. Mean squared error: love it or leave it-a new look at signal fidelity measures[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2009, 26(1): 98-117.
- [4] CHOMA M, SARUNIC M, YANG Chang-huei, et al. Sensitivity advantage of swept source and Fourier domain optical coherence tomography[J]. Optics Express, 2003, 11(18): 2183-2189.
- [5] CHANDLER D M, HEMAMI S S. VSNR: a wavelet-based visual signal-to-noise ratio for natural images[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2007, 16(9): 2284-2298.
- [6] SHEIKH H R, BOVIK A C. Image information and visual quality[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2006, 15(2): 430-444.
- [7] SHEIKH H R, BOVIK A C, VECINANA G D E. An information fidelity criterion for image quality assessment using natural scene statistics[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2005, 14(12): 2117-2128.
- [8] MARZILIANO P, DUFAUX F, WINKLER S T, et al. A no-reference perceptual blur metric[C]//Proc of International Conference on Image Processing. 2002: 57-60.
- [9] FERZLI R, KARAM L J. A no-reference objective image sharpness metric based on the notion of just noticeable blur (JNB)[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2009, 18(4): 717-728.
- [10] NARVEKAR N D, KARAM L J. A no-reference image blur metric based on the cumulative probability of blur detection (CPBD)[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2011, 20(9): 2678-2683.