

图象质量评价的发展

陆杰¹, 赵忠旭²

(1. 同济大学电子信息工程学院, 上海 200092; 2. 朗讯科技光网络有限公司, 上海 200233)

摘要: 图象质量评价的研究已成为图象信息工程的基础技术之一。对目前一些典型的数字图象质量评价方法进行了简要综述, 并着重介绍了一种基于视觉兴趣的图象质量评价方法, 指出了图象质量评价研究可能发展的方向。

关键词: 图象质量评价; 视觉感知; 视觉兴趣; 图象传输

Quality Assessment of Digital Images

LU Jie¹, ZHAO Zhongxu²

(1. Electronic and Information Engineering Institute, Tongji University, Shanghai 200092;

2. Lucent Technologies Optical Network Co., Ltd., Shanghai 200233)

【Abstract】 Research on quality assessment of digital images is meaningful for the image processing projects. In this paper, some typical methods on image quality assessment are briefly reviewed, and a new method based on visual interests is introduced. At last, some possible development directions are given for the image quality assessment research.

【Key words】 Quality assessment of images; Visual perception; Visual interests; Image transmission

在图象通信过程中, 将图象传输到接收端, 要经过采集、传输、处理、记录等过程, 所有这些技术的优劣都会影响到图象质量。图象质量的含义主要包括两个方面: 图象的逼真度和图象的可懂度。

为了对图象通信的某些环节进行合理评估, 图象质量评价的研究已成为图象信息工程的基础技术之一。多少年来, 人们希望能够找出图象逼真度和可懂度的定量测量方法, 作为评价图象和设计图象系统的依据, 但目前人们对人类视觉特性仍没有充分理解, 特别是对人眼视觉心理特性还难以找出定量的描述方法, 因此图象质量评价还有待深入研究。

1 传统图象质量评价方法

在传统的图象质量评价方法中, 有代表性的方法主要有两种: 客观评价和主观评价。

1.1 图象的客观质量评价方法

客观评价是用恢复图象偏离原始图象的误差来衡量恢复图象的质量, 源于数据传输过程中均方信噪比的思想。最常用的有均方误差(MSE)和峰值信噪比(PSNR)。MSE的表达式为:

$$MSE = \frac{\sum_{0 \leq i < M} \sum_{0 \leq j < N} (f_{ij} - \hat{f}_{ij})^2}{M \times N} \quad (1)$$

其中 $\{f_{ij}\}$, $\{\hat{f}_{ij}\}$ 分别表示原始图象和恢复图象, M 、 N 分别表示图象的高与宽。而PSNR本质上与MSE相同, 其表达式为:

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{256 \times 256}{MSE} \quad (2)$$

(1)式和(2)式看起来直观、严格, 但用它们所求得的结果常与人们主观视觉效果不一致^[1]。这是因为均方误差和峰值信噪比是从总体上反映原始图象和恢复图象的差别, 并不

能反映少数象点有较大灰度差别和较多象点有较小灰度差别等各种情况。显然对图象中各个象点同样对待, 不能反映人眼的视觉特性。

1.2 图象的主观质量评价方法

主观评价方法就是让观察者根据一些事先规定的评价尺度或自己的经验, 对测试图象按视觉效果提出质量判断, 并给出质量分数, 对所有观察者给出的分数进行加权平均, 所得的结果即为图象的主观质量评价。

主观评价主要有两种度量尺度^[2], 即绝对尺度和相对尺度, 如表1所示。这种测量方法虽然较好地反映出了图象的直观质量, 但无法应用数学模型对其进行描述; 从工程应用的角度, 过于费时费力, 所以在实际应用中, 图象的主观质量评价方法受到了严重限制, 甚至根本不适合于某些应用场合, 如图象传输等领域。

表1 主观质量测量评分

级别	绝对测量尺度	相对测量尺度
1	很好	一群中最好的
2	较好	好于该群中平均水平的
3	一般	该群中平均水平
4	较差	差于该群中平均水平的
5	很差	该群中最差的

2 图象质量评价的新方法

图象最终是供人看的, 因此合理评价图象质量的方法应充分遵循人眼的视觉特性(HVS)。随着多媒体数据压缩技术的发展, 图象质量评价方法的研究也进入了一个新阶段, 即

作者简介: 陆杰(1963~), 男, 讲师, 主研方向: 智能仪器, 测控系统, 图象与信息处理; 赵忠旭, 高工

收稿日期: 2000-04-13

从以往物理意义上简单的误差统计方法转为结合人眼视觉特性的误差统计方法。大量的研究表明,基于HVS的测量方法优于没有考虑HVS的测量方法^[4]。从图象质量评价的研究进展来看,目前新的测量方法主要分为两类:基于视觉感知的测量方法和基于视觉兴趣的测量方法。

2.1 基于视觉感知的图象质量评价方法

图象降质对人眼视觉的影响是由人眼视觉系统的灵敏度决定的,而视觉灵敏度是由人眼的视觉细胞决定的。此外,人眼视觉系统的灵敏度还受到图象局部空间频率的影响,大量实验结果证明影响象素误差可视度的因素是误差周围的局部区域环境,而不是整个图象的背景环境^[4]。

根据上述视觉特性,人们建立了各种HVS模型,用以评价图象的质量。最典型的HVS模型如图1,它模拟了视觉感知的3个显著特性,即:视觉非线性特性(Weber定律)、视觉敏感带通和视觉多通道及掩蔽效应。

HVS模型

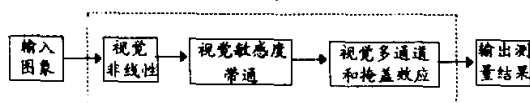


图1 典型的HVS模型

基于刚辨差(JND Just Notice Difference)的视觉感知测量方法是较早的也是较成功的方法之一。该方法根据人眼分辨亮度差异的能力与背景亮度有关而达到对图象质量定量测量的目的。在宽阔的常用背景亮度变化范围内,人眼的JND为常数;当背景亮度较弱或较强时,人眼的JND增大,即人眼的分辨能力减弱。文献[4]针对图象的方块效应提出了一种感知测量模型。通过调整边缘幅度、边缘长度、背景亮度以及背景活跃度4个参数,测出边缘损伤的视觉敏感度。文献[5]提出了基于误差分割的测量方法,根据视觉感知差异将图象损伤分为3类:表示边缘的误差、表示奇异性的误差和除此之外的剩余误差。研究表明人眼的感知具有方向性和多尺度特性,文献[6]的方法是:首先对图象进行子带分解,然后分别对不同频率成分的子带进行屏蔽。文献[7]在考虑人眼视觉所具有的亮度屏蔽和空间频率屏蔽特性的基础上,给出了一种感知测量方法,在整个屏蔽过程中体现出了人眼视觉所具有的非线性特性。

由上可知,目前的感知测量方法较多地考虑了人眼视觉的生理特性,而对人眼视觉的心理特性却研究得较少。

2.2 基于视觉兴趣的图象质量评价方法

基于图象内容的编码技术^[8]启示了人们对基于视觉兴趣的图象质量评价方法的研究。从视觉心理学角度,视觉是一种积极的感受行为,不仅与生理因素有关,还在相当大的程度上取决于心理因素。人们在观察和理解图象时往往会不自觉地对其中某些区域产生兴趣,这些区域被称为“感兴趣区(ROI, Region of Interest)”。整幅图象的视觉质量往往取决于ROI的质量,而不感兴趣区的降质有时不易觉察。现实生活中人们由于文化背景、周围环境以及情绪的影响,对同一幅图象的评价会产生较大偏差,但是对于图象中关注的区域却具有共性,它们集中传递了整幅图象所要表达的大部

分客观信息。文献[10]提出了一种基于视觉兴趣的图象质量评价方法:通过对图象中不同区域的加权突出人眼对ROI的兴趣程度。近似认为人眼对ROI的兴趣程度与其面积成正比。

设测试图象中只有一个感兴趣区 A_1 ,其面积为 S_1 ,不感兴趣区 A_2 的面积为 S_2 ,图象的总面积为 $S=S_1+S_2$,测量公式为:

$$IMSE = \frac{1}{S} \left[\lambda_1 \sum_{(i,j) \in A_1} (f_i - f_{ij})^2 + \lambda_2 \sum_{(i,j) \in A_2} (f_i - f_{ij})^2 \right] \quad (3)$$

其中: λ_1 、 λ_2 分别为 A_1 和 A_2 的加权值,并满足 $\lambda_1 S_1 + \lambda_2 S_2 = S$,加权值越大,表示人眼对该区的兴趣程度越大。 λ_1 、 λ_2 的构造(如图2)如下:

$$\lambda_2 = 1 - \frac{2k}{S} \sqrt{S_1(S - S_1)} \quad (4)$$

$$\lambda_1 = \frac{S}{S_1} (1 - \lambda_2) + \lambda_2 \quad (5)$$

其中 $k \in [0,1]$ 为调整因子,它反映了人眼对不感兴趣区或感兴趣区的重视程度。由上式可看出,当 $S_1=0$, $\lambda_1=1$ 或 $S_2=0$, $\lambda_2=1$ 时, $IMSE$ 退化为 MSE ,因此传统客观质量评价方法是该方法的特例。实验结果证明,该方法能较好地与人眼的主观视觉相符。

基于视觉兴趣的测量方法为图象质量评价开辟了一条新路,但目前该方法还只是处于初期研究阶段,仍有许多问题有待深入研究,例如,图象中感兴趣区如何确定;如果测试图象中包含多个感兴趣区,则如何确定这些区域的兴趣权重等。

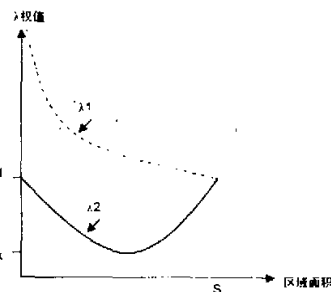


图2 兴趣权重

3 结束语

图象质量的正确评价对于整体图象信息工程的发展具有十分重要的意义,我们认为未来图象质量评价的发展方向可能有如下几个:

(1)对人眼视觉特性,特别是视觉心理特性进行深入研究,并结合先进的图象分析和图象理解知识,创建更加符合人眼视觉特性的HVS模型;

(2)对彩色图象和视频序列图象提出相应的质量评价方法。

可以相信,随着多媒体信息技术的高速发展,对图象质量评价的研究将越来越受到人们的重视。

(下转第49页)

TID	Age	NumCars
1	23	1
2	25	1
3	29	2
4	33	2
5	38	2

Interval	Attribute
20-29	A
30-39	B

Rules	Support	confidence
NumCars=1 $\Rightarrow$ Age = 20 ~ 29	40%	100%
Age = 30 ~ 39 $\Rightarrow$ NumCars=2	40%	100%

(g) 部分规则

图 1 关联规则发现图

交易数据库 (图 1(a)) 含有两个属性: 年龄和拥有的汽车数。对年龄采用一维序数间隔划分: 项目 A 表示 Age=20~29, 项目 B 表示 Age=30~39 (图 1(b))。对拥有的汽车数采用名义划分, C: NumCars=1, D: NumCars=2, 可得到划分表 1(c) 并可表示为布尔型关联规则的发现问题 (图 1(d))。图 1(e) 是交易数据库的 Galois 格, 而图 1(f) 是 Galois 格中的频繁概念, 由此可得到图 1(g) 中的规则。

3 结论

关联规则的研究工作主要集中在算法发现方面。本文主要研究了多值属性关联规则和形式概念分析之间的关系, 指出多值属性关联规则的最大频繁项目集由最大频繁闭合项目集唯一确定, 并讨论了多值属性转化为布尔型关联规则时属性划分的方法。

参考文献

- 1 Agrawal R, Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules. In: Proceeding of the 20th International Conference on Very Large Databases, Santiago, Chile, 1994-09: 487-499
- 2 Park J S, Chen M, Yu P S. Using a Hash Based Method with Transaction Trimming for Mining Association Rules. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 1997, 19(5)
- 3 Srikant R, Agrawal R. Mining Quantitative Association Rules in Large Relational Tables. In: Proceedings of the ACM SIGMOD Conference on Management of Data, 1996-06
- 4 Gunopulos D, Mannila H, Saluja S. Discovering All the Most Specific Sentences by Randomized Algorithms. In: Intl. Conf. on Database Theory, 1997-01
- 5 Dehaene L, De Raedt L. Mining Association Rules in Multiple Relations. In Proceeding of the Seventh International Workshop on Inductive Logic Programming, Volume 1297 of Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer-verlag, 1997: 125-132
- 6 Wille R. Concept Lattices and Conceptual Knowledge Systems. Computer and Mathematics with Applications, 1992, 23: 493-515
- 7 Ganter B, Wille R. Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations. Springer-Verlag, 1999

(a) 项目表

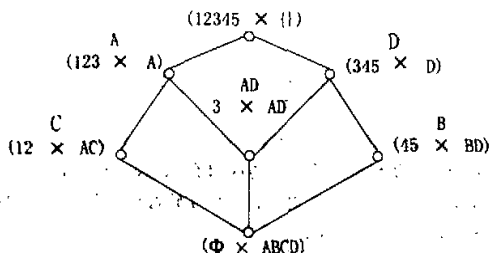
TID	Age	NumCars
1	A	C
2	A	C
3	A	D
4	B	D
5	B	D

(b) 年龄划分

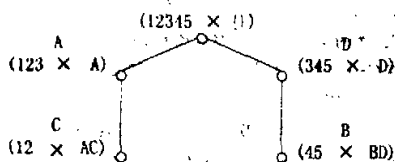
TID	Age		NumCars	
	A	B	C	D
1	×		×	
2	×			
3	×		×	×
4		×		×
5		×	×	×

(c) 划分后项目表

(d) 映射后项目表



(e) 概念的 Galois 格



(f) 频繁概念的 Galois 格

***** (上接第 5 页) *****

参考文献

- 1 Van Dijk A M. Subjective Quality Assessment of Compressed Images. Signal Processing, 1997, 58:235-252
- 2 魏波刚. 图像质量评价方法的历史、现状和未来. 中国图像图形学报, 1998, 3(5): 236-239
- 3 Eskicioglu A M. Image Quality Measures and Their Performance. IEEE Trans. Comm., 1995, 43(12): 2959-2965
- 4 Karunasekera S A. A Distortion Measure for Blocking Artifacts in Image Based on Human Visual Sensitivity. IEEE Trans. IP, 1995, 4(6): 713-724
- 5 Xu Wen. Picture Quality Evaluation Based on Error Segmentation. SPIE, 1994, 2308: 1454-1465
- 6 Jayant N J. Signal Compression Based on Models of Human Perception. Proc. IEEE, 1993, 81: 1385-1422
- 7 周建勋. 一种图像质量的感知测量方法. 中国图像图形学报, 1998, 3(3): 260-264
- 8 Talluri R A. Robust, Scalable, Object-based Video Compression Technique for Very Low Bit-rate Coding. IEEE Trans. Circ. Syst. Video Tech., 1997, 7(1): 225-233
- 9 汪孔桥. 一种结合人脸检测的静止小波图像编码方法. 电子学报, 1998, 26(4): 88-90
- 10 汪孔桥. 一种基于视觉兴趣性的图像质量评价方法. 中国图像图形学报, 2000(4): 23-26