

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 **6**
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年6月 第17卷 第6期(总第194期)

目次

综述

人脸图像的年龄估计技术研究 王先梅, 梁玲燕, 王志良, 胡四泉(603)

图像统计模型参数估计中的期望最大值算法 李旭超(619)

图像处理和编码

鲁棒的梯度驱动图像修复算法 叶学义, 王靖, 赵知劲, 陈华华(630)

快速去块效应的线性规划方法 金剑秋, 刘春晓, 王勋, 章志勇(636)

DWT-SVD 域全盲自嵌入鲁棒量化水印算法 叶天语(644)

Mean-shift 滤波和直方图增强的图像弱边缘提取 冀峰, 高新波, 谢松云(651)

图像分析和识别

梯度点对约束的结构化车道检测 王永忠, 王晓云, 文成林(657)

多水平外区抑制的轮廓检测 闫超, 张建州(664)

基于局部投影与块 LBP 特征的图像检索 邹彬, 潘志斌, 胡森(671)

图像理解和计算机视觉

视觉陌生度驱动的增量自主式视觉学习算法 瞿心昱, 姚明海, 顾勤龙(678)

霍夫空间中多足球机器人协作目标定位算法 许家铭, 解仑, 王志良, 倪善超(687)

计算机图形学

虚拟 CCD 线阵星载光学传感器内视场拼接 张过, 刘斌, 江万寿(696)

“第八届数字电视与无线多媒体通信国际论坛”会议专栏

追踪盗版者的抗共谋数字指纹 李晓强, 张煌, 赵洋洋, 汪晶晶(702)

LBP 与鉴别模式结合的热红外人脸识别 谢志华, 伍世虔, 方志军(707)

电影中复杂事件的检索与识别 杜吉祥, 郭一兰, 翟传敏(712)

方向特征和网格特征融合的离线签名鉴别 杨丹凤, 吕岳(717)

视觉关注度的立体图像质量评价 张艳, 安平, 张秋闻, 张兆杨(722)

低开销的异构数据交换 赵凯, 赵正德(726)

灵活的多视点视频编码预测结构 张艳, 蔡灿辉(730)

跨层反馈在无线视频自适应编码中的应用 王垚中, 郑世宝, 张重阳, 刘勃(736)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健

月刊(1996 年创刊)

第 17 卷 第 6 期

2012 年 6 月 16 日出版

主管单位 中国科学院
主 办 中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所
主 编 李小文
编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会
北京 9718 信箱 邮编 100101
电子信箱:jig@irsa.ac.cn
电话:010-64807995 010-82614429
网 址:www.cjig.cn
印刷装订 北京北林印刷厂
广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号
总 发 行 北京报刊发行局
订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
(中国国际书店)
(北京 399 信箱 邮编 100044)

Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Institute of Remote Sensing Application,
CAS China Society of Image and Graphics
Institute of Applied Physics and Computational
Mathematics
Chief editor LI Xiaowen
Editor, Publisher Editorial and Publishing Board
of Journal of Image and Graphics
(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)
E-mail:jig@irsa.ac.cn
Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers
and Journals
Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading Corporation
(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)
Printed by Beijing Beilin Printing House

ISSN 1006-8961 CN11-3758/TB CODE ZTTFXZ 国内邮发代号: 82-831 国外发行代号: M1406 国内定价: 45.00 元

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 6 June 2012

Contents

Review

- Age estimation by facial image: a survey Wang Xianmei, Liang Lingyan, Wang Zhiliang, Hu Siqian(603)
Expectation maximization method for parameter estimation of image statistical model Li Xuchao(619)

Image Processing and Coding

- Robust gradient driving image inpainting method Ye Xueyi, Wang Jing, Zhao Zhijing, Chen Huahua(630)
Fast image de-blocking by linear programming Jin Jianqiu, Liu Chunxiao, Wang Xun, Zhang Zhiyong(636)
Perfectly blind self-embedding robust quantization-based watermarking scheme in DWT-SVD domain Ye Tianyu(644)
Weak edge detection using Mean-shift filtering and histogram enhancement Ji Feng, Gao Xinbo, Xie Songyun(651)

Image Analysis and Recognition

- Gradient-pair constraint for structure lane detection Wang Yongzhong, Wang Xiaoyun, Wen Chenglin(657)
Contour detection based on multilevel inhibition Yan Chao, Zhang Jianzhou(664)
Image retrieval method based on local projection and block LBP feature Zou Bin, Pan Zhibin, Hu Sen(671)

Image Understanding and Computer Vision

- Visual novelty driven incremental and autonomous visual learning algorithm Qu Xinyu, Yao Minghai, Gu Qinlong(678)
Target localization algorithm for cooperative multi-soccer robots based on Hough space
..... Xu Jiaming, Xie Lun, Wang Zhiliang, Ni Shanchao(687)

Computer Graphics

- Inner FOV stitching algorithm of spaceborne optical sensor based on the virtual CCD line
..... Zhang Guo, Liu Bin, Jiang Wangshou(696)

Special Issue of the IFIC' 2011

- Anti-collusion fingerprinting scheme capable of tracing pirate Li Xiaoqiang, Zhang Huang, Zhao Yangyang, Wang Jingjing(702)
Infrared face recognition using LBP and discrimination patterns Xie Zhihua, Wu Shiqian, Fang Zhijun(707)
Recognize and retrieval complex events in real movies Du Jixiang, Guo Yilan, Zhai Chuanmin(712)
Off-line signature verification based on combination of direction feature and grid feature Yang Danfeng, Lv Yue(717)
Stereo image quality assessment based on visual attention Zhang Yan, An Ping, Zhang Qiuwen, Zhang Zhaoyang(722)
Low overhead of heterogeneous data exchange Zhao Kai, Zhao Zhengde(726)
Flexible prediction structure for multi-view video coding Zhang Yan, Cai Canhui(730)
Cross-layer feedback based adaptive coding for wireless video transmission
..... Wang Yaozhong, Zheng Shibao, Zhang Chongyang, Liu Bo(736)

中图分类号: TN919.82 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2012)06-0722-04

论文引用格式: 张艳, 安平, 张秋闻, 张兆杨. 视觉关注度的立体图像质量评价[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(6): 722-725.

视觉关注度的立体图像质量评价

张艳^{1,2}, 安平^{1,3}, 张秋闻¹, 张兆杨^{1,3}

1. 上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072;
2. 安徽财经大学计算机科学与技术系, 蚌埠 230030;
3. 新型显示技术及应用集成教育部重点实验室, 上海 200072

摘要: 立体图像质量评价对立体视频技术的发展起着非常重要的作用。常用的 PSNR(峰值信噪比)方法不能反映人类视觉感知特性,也不能直接应用到立体图像质量评价中。针对人类视觉对立体图像深度感知和重点关注感兴趣区的特点,提出基于纹理图和深度图感兴趣区的质量评价方法。首先对纹理图和对应的深度图利用视觉关注度提取工具提取感兴趣区,然后在评价的过程中对各感兴趣区根据感兴趣程度分配基于像素的权重系数,最后将权重系数应用在立体图像的各个区域中进行评价。实验结果表明该方法得到的立体图像质量客观评价结果与主观评价结果之间具有更好的一致性,符合人眼视觉系统感知特性。

关键词: 视觉关注度;立体图像质量评价;深度感知;感兴趣区

Stereo image quality assessment based on visual attention

Zhang Yan^{1,2}, An Ping^{1,3}, Zhang Qiuwen¹, Zhang Zhaoyang^{1,3}

1. School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China;
2. Department of Computer Science and Technology, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu 230030, China;
3. Key Laboratory of Advanced Displays and System Application, Shanghai 200072, China

Abstract: Stereo image quality assessment is important to the stereo video technologies. Traditional PSNR does not reflect the characteristics of human visual perception and can not be directly apply to the stereo image quality assessment. According to the human visual system of depth perception and focusing on regions of interest (ROI) to stereo image, a new assessing method based on the ROI of texture and depth map is proposed. First, extracting the ROI of texture image and the corresponding depth map. Then, allocating the weighting factors according to the degree of interesting. Finally, assessing the stereo image by applying the weighting factors to the various regions. Experimental results show that this method is consistent with the subjective judgments and can effectively reflect human visual perception characteristics.

Key words: visual attention; stereo image quality assessment; depth perception; region of interest (ROI)

0 引言

立体图像作为一种能够提供立体感的新型图像技术,已成为3D立体研究的重要方向,而如何评价

立体图像质量是当前研究的难点。传统的2D图像评价方法PSNR(峰值信噪比)不能直接应用到立体图像质量评价中,若对立体图像的几路图像直接进行平均则不能反映人类的视觉感知,甚至与人类的视觉感知相悖,立体图像是由两路或多路单路图像

收稿日期:2011-09-22;修回日期:2011-11-25

基金项目:国家自然科学基金重点项目(60832003);上海市科委重点项目基金(10510500500);国家自然科学基金面上项目(61172096);上海市青年启明星计划(11QA1402400);安徽高等学校省级自然科学基金项目(KJ2011Z008)

第一作者简介:张艳(1979—),女,上海大学通信与信息工程学院博士研究生,主要研究方向为立体视频质量评价。E-mail:zhangyan101@shu.edu.cn

融合而成的具有深度感的图像,人类视觉系统所关注的显著区域也称为感兴趣区,通常人眼对感兴趣区的关注度要比非感兴趣区的高,对立体感强的地方要比弱的地方关注度更高。

对于单路图像中感兴趣区的质量评价,已提出较多方法,主要利用凸显图分析得到图像的显著区,进而根据图像区域的显著度分配权重系数,得到加权的评价方法^[1-2]。文献[3]提出基于感兴趣区的带有权重系数的方法,对感兴趣区的权重系数进行探讨,认为人眼对感兴趣区的兴趣程度与其面积成反比。然而,在提取感兴趣区的面积时很难保证其准确性。立体图像与单路图像相比是带有深度感知的即立体感,目前对立体图像感兴趣区质量的评价方法尚很稀少。

纹理加深度表示方法是传统的立体彩色图像表示格式的一种扩展,主要应用于 3DTV (3D television) 和 FTV (free viewpoint television) 来描述相同场景的不同内容,其中彩色纹理图包含如色彩和场景的表面结构之类的纹理细节,深度图包含与摄像机位置相关的场景内对象的每个像素的深度值,反映对立体图像的深度感知。本文利用视觉关注度提取工具提取纹理图和对应的深度图的感兴趣区,按各区域像素个数计算权重因子,提出基于视觉关注度的立体图像质量评价方法。

1 视觉关注度的提取

视觉关注度的提取分为主观和客观两种方法,主观方法借助于眼动仪,观测者通过眼动仪观看视频或者图像时目光停留的位置和时间来划分感兴趣区,得到感兴趣区的停留时间和各个测试者注视感兴趣区的统计情况。这种方法必须借助于人力且不能马上给出结果,因此人们将注意力集中到客观方法上。客观方法中比较典型的是用 Itti 模型得到参考图像的显著区域^[4],Walther 在 Itti 模型基础上研制了 SaliencyToolbox 工具包^[5],实现对显著区域按人类感知进行有顺序地提取,得到一组显著性逐渐下降的感兴趣区图像,是一种自底向上的视觉关注模式。

2 基于视觉关注度的立体图像质量评价

深度图可以反映立体图像的深度感知,人们在

观看立体图像时,往往十分关注有深度感知的感兴趣区,因此结合深度图的感兴趣区对立体图像进行评价。首先对立体图像两路图像的纹理图和深度图用 SaliencyToolbox 工具包提取关注区域,接着对关注区域作如下分类操作:找出共同感兴趣区、不同于深度图的纹理图感兴趣区、不同于纹理图的深度图感兴趣区和非感兴趣区;然后对每个区域分配基于像素的权重因子并进行加权的质量评价;最后对左右两路图像结果进行平均得到基于视觉关注度的立体图像质量。图 1 用本文方法实现左路图像质量评价的流程。

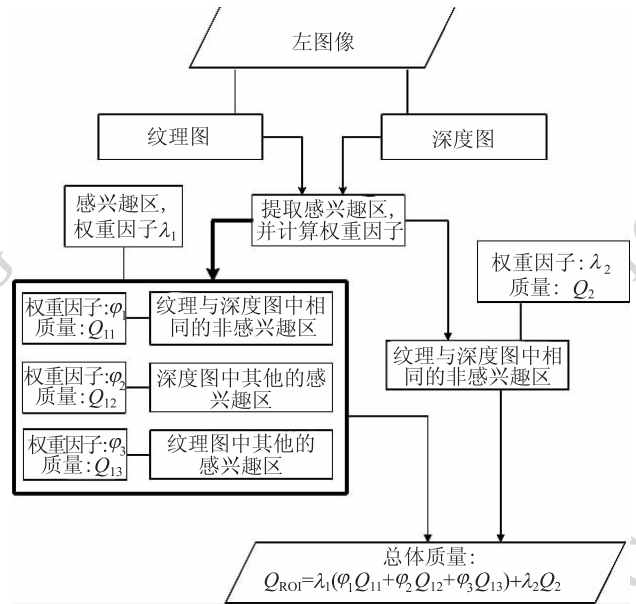


图 1 本文方法流程

Fig. 1 The framework of proposed method

2.1 提取感兴趣区域

深度图可以通过深度相机和深度估计算法从纹理图数据中获取,深度相机价格昂贵且深度检测距离较小,现阶段主要通过深度估计算法获取深度信息。MPEG 提出的深度估计参考软件 (DERS) 采用立体匹配估计算法获取深度数据^[6],文中用到的深度图通过 DERS5.1 获取。

用 SaliencyToolbox 工具包对纹理图和对应的深度图提取感兴趣区域,根据图中显著度值由大到小的顺序依次找到感兴趣区域的位置,图 2 所示是以立体图像的左图像为例的感兴趣区域全部查找后的结果,各标注区域间所标出的线段用来查找显著区时指示显著度的先后顺序(较粗的为起始线段)。

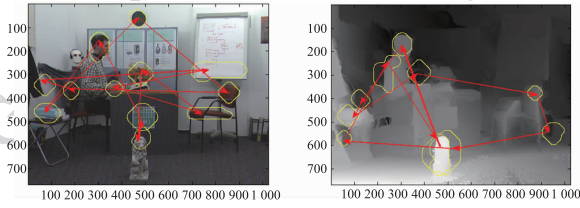


图2 提取立体图像纹理图及其对应的深度图感兴趣区
Fig.2 Extracting the ROI of texture map and the corresponding depth map for stereo image

2.2 对感兴趣区分配权重因子

当人们观看一幅图像时,会对其中的某些区域感兴趣,感兴趣区的质量对图像的整体质量起着非常重要的作用。本文在提取立体图像的感兴趣区时,将纹理图划分为感兴趣区和非感兴趣区。这里纹理图的感兴趣区是纹理图和深度图感兴趣区的总和;非感兴趣区为纹理与深度图中相同的非感兴趣区。

若感兴趣区质量为 Q_1 , 权重因子为 λ_1 , 非感兴趣区质量为 Q_2 , 权重因子为 λ_2 , 图像的质量以 Q_{ROI} 表示, 则

$$Q_{ROI} = \lambda_1 Q_1 + \lambda_2 Q_2 \quad (1)$$

权重因子 λ_1 和 λ_2 , 在文献[3]中是由区域面积计算的, 但是由于感兴趣区域不规则, 面积难于确定, 故提出用像素个数来计算的方法。若感兴趣区像素个数为 P_1 , 非感兴趣区像素个数为 P_2 , 图像分辨率为 $M \times N$, 则

$$\lambda_1 = 1 - \frac{P_1}{M \times N}, \lambda_2 = 1 - \frac{P_2}{M \times N} \quad (2)$$

$$P_1 + P_2 = M \times N, \lambda_1 + \lambda_2 = 1$$

对于感兴趣区的组成为3部分: 纹理与深度图中相同的感兴趣区、深度图中其他感兴趣区、纹理图中其他部分感兴趣区。在观看立体图像时, 人们首先关注的是有深度感的感兴趣区, 其次才是其他的感兴趣区, 因此我们将感兴趣区重新划分, 即令纹理与深度图中相同的感兴趣区为重要感兴趣区, 其他两部分为非重要感兴趣区。若对应的像素个数分别为 P_{11} 、 P'_{11} ; 权重系数为 φ_1 、 φ'_1 , 则有

$$P_{11} + P'_{11} = P_1 \quad (3)$$

$$\varphi_1 + \varphi'_1 = 1$$

参照式(2)计算得

$$\varphi_1 = 1 - \frac{P_{11}}{P_{11} + P_{12} + P_{13}} \quad (4)$$

$$\varphi'_1 = 1 - \frac{P_{12} + P_{13}}{P_{11} + P_{12} + P_{13}} \quad (5)$$

若深度图中其他感兴趣区、纹理图中其他部分感兴趣区对应的像素个数分别为 P_{12} 、 P_{13} ; 权重系数为 φ_2 、 φ_3 , 那么 $P_{12} + P_{13} = P'_{11}$, $\varphi_2 + \varphi_3 = \varphi'_1$ 。

参照式(2)计算得

$$\varphi_2 = \left(1 - \frac{P_{12} + P_{13}}{P_{11} + P_{12} + P_{13}}\right) \left(1 - \frac{P_{12}}{P_{12} + P_{13}}\right) \quad (6)$$

$$\varphi_3 = \left(1 - \frac{P_{12} + P_{13}}{P_{11} + P_{12} + P_{13}}\right) \left(1 - \frac{P_{13}}{P_{12} + P_{13}}\right) \quad (7)$$

则图像的总质量为

$$Q_{ROI} = \lambda_1 Q_1 + \lambda_2 Q_2 = \lambda_1 (\varphi_1 Q_{11} + \varphi_2 Q_{12} + \varphi_3 Q_{13}) + \lambda_2 Q_2 \quad (8)$$

上述是以立体图像的左路图像为例, 立体图像的右路图像质量同样方法计算得到, 立体图像质量为左右视点图像质量的平均值。

3 实验结果与分析

为评估本文提出方法的性能, 用 MPEG 提供的立体测试序列“Book_arrival”^[7] 和“Lovebird1”^[8] 进行测试。对两个序列分别进行失真处理即加噪和量化, 目的是测试在两种不同失真情况下, 传统 PSNR 结果相同时, 其图像的主观质量是否相同, 再用主观结果来验证本文方法的有效性。

图3(a)(b)为对“Book_arrival”施加噪声和用 JMVC8.2 方法进行量化; 图3(c)(d)为对“Lovebird1”施加噪声和用 JMVC8.2 方法进行量化。由于“Book_arrival”比“Lovebird1”序列的视差大, 因此在截取立体图像时显示在2维显示器上的重影相对较多。

首先, 用传统的 PSNR 对4组图像对进行计算; 然后, 用本文方法按式(8)计算4组图像对的感兴趣区域的质量, 并以 $PSNR_{ROI}$ 表示 Q_{ROI} , 即

$$PSNR_{ROI} = \lambda_1 \times PSNR_1 + \lambda_2 \times PSNR_2 = \lambda_1 (\varphi_1 \times PSNR_{11} + \varphi_2 \times PSNR_{12} + \varphi_3 \times PSNR_{13}) + \lambda_2 \times PSNR_2 \quad (9)$$

对4对立体图像进行主观实验, 采用19寸 SuperD 立体显示器。6个测试者参加了本次测试, 对立体图像的整体质量(纹理质量+深度)打分, 测试等级分为5级, 即5[优]、4[良]、3[中]、2[次]、1[劣], 测试者所在位置为其最佳观测位置。为了客观地分析传统 PSNR 方法和本文方法与主观方法

的一致性程度,用 Pearson 相关系数(PCC)^[9]来衡量传统方法和本文方法与主观测试结果的一致性程度。Pearson 相关系数是区间 $[-1,1]$ 上的值,其绝对值越接近于1,表明主客观评价间的相关性越好。测试所得平均分(MOS)、传统 PSNR、PSNR_{ROI}及 PCC 计算结果如表1所示。

表1 质量评价结果
Table 1 Quality evaluation results

	图3				PCC
	(a)	(b)	(c)	(d)	
MOS	3.87	3.41	3.5	2.5	—
传统 PSNR/dB	29.02	29.91	27.97	28.36	0.291 8
PSNR _{ROI} /dB	29.47	27.37	28.00	26.11	0.944 0

从表1中可以看出,两个序列中用传统对图像量化的 PSNR 方法得到的结果要稍高于加噪得到的结果,但由图3各图中立体图像及其左图像局部放大图来看其主观观察效果恰恰相反。表1中的 PCC



图3 测试立体图像及左图像局部放大区域
Fig.3 The tested stereo images and the zoomed regions for the left image

计算结果表明本文方法的 PCC 远比传统 PSNR 方法的更接近于1,其评价结果更能准确反映视觉感知。

4 结论

针对立体图像具有深度感知的特点,提出基于立体图像视觉关注度的质量评价方法,对纹理图和深度图分别提取感兴趣区,在评价的过程中,根据感兴趣区的感知程度分配权重因子,从而得到一种与人类视觉感知有较好一致性的立体图像质量评价方法。下一步工作将从改进感兴趣区的提取算法和降低评价复杂度入手,使之提取的感兴趣区更加符合人类视觉感知的同时使评价过程简化。

参考文献(References)

- [1] Feng X, Liu T, Yang D, et al. Saliency inspired full-reference quality metrics for packet-loss-impaired video [J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2011, 57(1): 81-88.
- [2] Tong Y B, Konik H, Cheikh F A, et al. Full reference image quality assessment based on saliency map analysis [J]. Journal of Imaging Science and Technology, 2010, 54(3): 030503(1-14).
- [3] Wang K Q, Shen L S, Xing X. A quality assessment method of image based on visual interests [J]. Journal of Image and Graphics, 2000, 5(4): 300-303. [汪孔桥,沈兰荪,邢昕.一种基于视觉兴趣性的图像质量评价方法[J].中国图象图形学报, 2000, 5(4): 300-303.]
- [4] Itti L, Koch C, Niebur E. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(11): 1254-1259.
- [5] Walther D, Koch C. Modeling attention to salient proto-objects [J]. Neural Networks, 2006, 19: 1395-1407.
- [6] Masayuki T, Toshiaki F, Kazuyoshi S. MPEG-M14888 Multi-view Depth Map of Rena and Akko & Kayo [S]. Shenzhen, China: ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 2007.
- [7] Feldmann I, Mueller M, Zilly F, et al. MPEG-M15413 HHI Test Material for 3D Video [S]. Archamps, France: ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 2008.
- [8] Ho Y S, Lee E K, Lee C. MPEG-M15419 Multiview Video Test Sequence and Camera Parameters [S]. Archamps, France: ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 2008.
- [9] Chikkerur S, Sundaram V, Reisslein M, et al. Objective video quality assessment methods: a classification, review, and performance comparison [J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2011, 57(02): 165-182.