基于图像感兴趣区域的图像压缩方法

孔玲君[1,2]，孙叶维[1]
（1. 上海理工大学，上海 200093；2. 上海出版印刷高等专科学校，上海 200093）

摘要：目的 提出一种基于图像感兴趣区域的图像压缩方式，实现在减少图像存储空间时图像失真少的效果。**方法** 采用眼动仪提取图像感兴趣区域，制作压缩掩码对图像进行分区压缩，非感兴趣区域采用DCT算法进行压缩，而感兴趣区域不做任何压缩处理直接保留原样。**结果** 主客观评价实验表明：压缩后的图像失真较少，视觉观察效果好，且压缩后所占存储空间减半，方法简便，压缩效率高。**结论** 结合眼动仪提取感兴趣区域的压缩方法优于基于Itti视觉模型的压缩方法，适合压缩多种类型的图像，具有较好的实用性。

关键词： 感兴趣区域；视觉注意模型；图像压缩
中图分类号： TS801.3　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1001-3563(2015)19-0103-07

Color Image Compression Method Based on Visual Region of Interest

KONG Ling-jun[1,2], *SUN Ye-wei*[1]
(1. University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;
2. Shanghahi Publishing and Printing College, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: We proposed a new image compression method based on region of interest, in order to reduce the storage space of image and lower the distortion of image. The eye tracker was used to extract image regions of interest, and then partition compression of image was conducted by making a compression mask. The background area was compressed using DCT algorithm, while the area of interest was kept as original without any compression. Subjective and objective evaluation results showed that the compressed images had little distortion and good observation effect, and the storage space was reduced by half. The method was simple and the compression efficiency was high. In conclusion, the compression method based on extracting region of interest through eye tracker was superior to the compression method based on Itti visual model. This method has a good practicality and can be used to compress many types of images.

KEY WORDS: region of interest; vision attention model; image compression

随着数字图像采集设备的不断进步与发展，数字图像的分辨率和文件存储空间不断提高，图像压缩的方式仍将是数字图像处理的主要研究内容之一。为了平衡图像压缩质量和压缩效率，人们一直在寻找一种具有实用性且符合人眼视觉特性的压缩方法。

图像压缩是通过减少图像中的冗余信息，即图像数据之间的相关性来达到压缩的效果。压缩方式主要分有损和无损压缩，有损压缩常应用于图像传输以提高传输效率，无损压缩则是在进行精密的图像复制时使用。其中，有损压缩使用较为广泛，主要有预测、量化、变换编码等。最近几年来，已有研究人员开展了基于图像感兴趣区域（ROI）的图像压缩方法研究。2006年，吴红梅[1]提出将ROI的编码思想应用到分形图像压缩编码方法中。2008年，付勇[2]提出利用边缘点灰度强度自适应分割法确定阈值，实现图像的ROI提取，并最终通过SPITH编码实现基于ROI的图像压缩。这里采

收稿日期： 2015-03-06
作者简介： 孔玲君（1972—），女，浙江人，博士，上海理工大学副教授，主要研究方向为图文信息处理与色彩再现、数字印刷及质量评价等。

用眼动技术，基于眼动数据提取图像的感兴趣区域，结合变换编码开展图像压缩方法的研究。

1 基于图像感兴趣区域的压缩方法

1.1 图像感兴趣区域提取方法

在图像感兴趣区域提取方面，目前已有许多经典方法，如通过视觉注意模型、网络神经算法、图像特征提取、眼动仪提取等。2012年，李业伟[3]提出了一种基于Itti视觉注意模型的改进ROI提取算法，将提取的视觉特征变成颜色、亮度和边缘，并引入线性融合方法进行特征图融合。同年，陈再良[4]提出了一种基于眼动仪数据的ROI提取方法。

1.1.1 基于Itti视觉模型提取图像感兴趣区域

Itti-Koch模型是目前运用最多的一种视觉注意模型，许多感兴趣区域的提取方式都是基于该模型改进而成的。该模型是Itti等[5]于1998年基于Treisman的特征整合理论和Koch的生物学架构提出的。Itti-Koch视觉注意模型的原理：首先，从原图像中提取亮度、颜色、方向等3种特征，其中，亮度1种，颜色2种（RG，BY），方向4种（0°，45°，90°和135°）；其次，建立8级高斯金字塔对图像进行不断的向下采样，运用不同等级间的高斯差决定中央周边差，从而生成特征显著图，一共42张特征显著图；最后分析融合生成1张特征显著图。Itti视觉模型流程见图1。

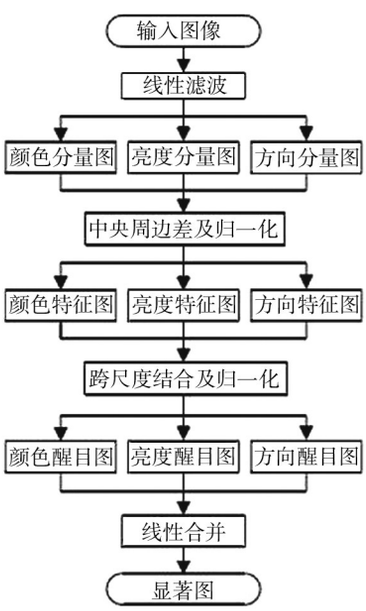

图1 Itti模型生成显著图流程

Fig.1 Itti model-the process of producing significant image

1.1.2 基于眼动仪的图像感兴趣区域提取

眼动仪是一款通过红外线捕捉眼睛角膜、瞳孔反射的台式眼动追踪系统，可精准地测量和记录人眼在处理视觉信息时的不同轨迹特征[6]。可测量的数据包括凝视事件持续时间、注视顺序、注视焦点位置、凝视点个数等，且可得到图像的热点图、轨迹图、注视视频等将提取结果可视化的信息特征图。然而，眼动仪提取的数据是零散的注视焦点，不能组成完整的感兴趣区域图。

注视焦点为图像中给人眼兴趣度最高点的位置，注视焦点的分布图就是图像局部区域内密度最高的点。核密度估计算法，通过综合考虑其他注视点对某注视点的距离影响程度，得出对于任意注视点的近似密度。这里采用对提取的每个注视点进行二维高斯分布模拟处理的方法，叠加所有注视焦点对领域的影响程度，使得注视点的影响区域化，从而得到图像的感兴趣区域。叠加的高斯分布越多，最终的像素值也就越大，反映到显著图中就是越亮的区域对应原来注视点密集的区域[4]。所用二维高斯分布函数为：

$$g(x,y)=\frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

式中：$g(x,y)$为注视点对周围领域的影响程度；(x_0,y_0)为注视点的坐标；σ为高斯分布的方差参数[4]。在反复试验测试下，为了得到较为理想的显著图效果，将σ定为8。

1.2 压缩掩码生成

获得图像显著图后，要实现基于感兴趣区域的编码必须先产生感兴趣区域（ROI）掩码。ROI掩码是基于眼动仪获得的图像显著图而创建。在创建ROI掩码的过程中，为了使得掩码中每个点像素值的位置与原图中的像素一一对应，设定掩码尺寸时应注意与原图尺寸保持一致。同时，针对不同类型图像所具有的感兴趣特征不同，根据所获得的高斯显著图的灰度阶级设定阈值时，其阈值也各不相同，大部分图像感兴趣区域的灰度阶级设定在240~255范围内，可通过不同阈值尝试找出最佳阈值，在阈值范围内的图像内容视为感兴趣区域，在阈值之外的图像内容则为背景区域，即非感兴趣区域。阈值选定后，根据式（2）生成二值压缩掩码。

$$M(x,y)=\begin{cases}1 & \text{感兴趣区域}\\ 0 & \text{背景区域}\end{cases} \quad (2)$$

1.3 基于DCT的图像压缩

由于图像的感兴趣区域占图像总面积较少，为

了使压缩后的图像仍保持较好的视觉效果,并平衡压缩效率与压缩质量的关系,采取图像感兴趣区域、压缩图像背景区域的方法减少图像存储空间,以较快的速度得到高质量的解压缩图像。

在DCT编码时,首先根据压缩掩码,判断所需压缩对象,即背景区域,将背景区域分成8像素×8像素的块,然后对8像素×8像素的块逐一进行DCT变换。接着对变换后的图像设定量化掩模进行量化,需保留的系数设定为1,需量化的系数设定为0。由于DCT变换后的频域图像中大部分能量都集中在左上角,因此,量化掩模中设定图像左上角10个系数为保留系数,其余则为量化系数,以此消除各个块像素间的相关性,达到压缩目的。之后,将量化后的小波系数采用熵编码器进行编码处理,最后输出图像的压缩数据。解码过程是编码的逆过程。DCT图像压缩编码流程见图2。

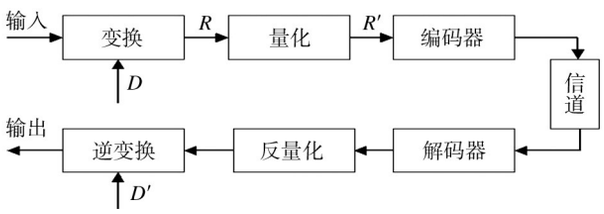

图2　DCT图像压缩编码流程

Fig.2 The flow chart of DCT image compression coding

图2中,D为二维正交变换,D'为二维正交逆变换,R为变换域中的变换系数,R'为量化后的变换系数。

设$f(x,y)$为$M\times N$的数字图像矩阵,二维DCT定义为:

$$F(x,y)=\frac{2}{\sqrt{MN}}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}c(u)c(v)f(u,v)\cos\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\cos\frac{(2y+1)v\pi}{2N} \tag{3}$$

式中:$c(u)=\begin{cases}\frac{1}{\sqrt{2}} & u=0\\ 1 & \text{其他}\end{cases}$;$c(v)=\begin{cases}\frac{1}{\sqrt{2}} & v=0\\ 1 & \text{其他}\end{cases}$;

$x,u=0,1,2,\cdots,M-1$;$y,v=0,1,2,\cdots,N-1$。

逆二维DCT变换为:

$$f(x,y)=\frac{2}{\sqrt{MN}}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}c(u)c(v)F(u,v)\cos\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\cos\frac{(2y+1)v\pi}{2N} \tag{4}$$

2　试验设计

2.1　显著图提取实验

分别采用基于Itti视觉注意模型和眼动仪开展图像的显著图提取实验。选择柯达图像库中的10幅图像,包括人物肖像、自然风景、动物和小目标物体等图像作为实验对象。

2.1.1　眼动仪实验

基于眼动仪提取显著图实验采用Acer V173显示器、Tobii X120眼动仪及Tobii Studio插件作为测试环境。由12名标准观察者(6男6女)依次观察图像,观察距离为75 cm,每幅图的播放时间为6 s。实验结束后,保存所有与感兴趣区域有关的数据信息,包括注视点的个数、注视时间、注视焦点坐标等。

对得到的数据进行筛选,通过对数据有效性的检验,发现2位观察者的眼动有效数据低于60%,因此,不采用其眼动数据,最终得到10份有效眼动数据。利用眼动数据中的注视焦点坐标(包括x和y列),通过二维高斯分布处理,最终得到10幅实验图像的显著图,其中的6幅图像见图3。

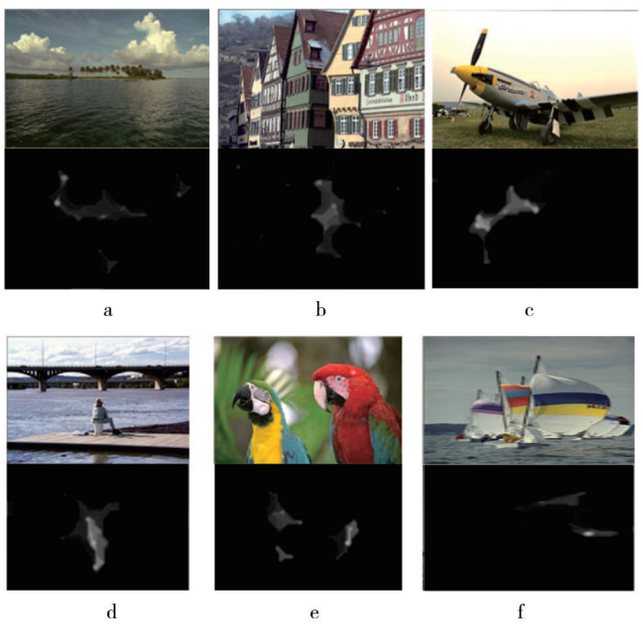

图3　图像对应的高斯显著图

Fig.3 Results of relative Gauss significant figures for the images

2.1.2　Itti视觉注意模型试验

根据Itti视觉注意模型流程,通过Matlab软件仿真实验,融合每幅图像的颜色、亮度和方向等3张显著图,最终得到10幅显著图,其中的3幅图像见图4。

2.2　图像压缩与解压缩实验

分别根据基于Itti视觉注意模型提取的显著图和基于眼动数据提取的显著图,生成各自对应的ROI压缩掩码,然后,分别通过各自的ROI压缩掩码对同1幅图像的背景区域实施DCT编码压缩,图像感兴趣区域

a b c

图4 图像对应的显著图

Fig.4 Results of relative significant figures for images

则保持原样，最终10幅实验图像得到20幅压缩图像。

为了更直观地了解压缩后的图像效果，将经过DCT编码的压缩图像解码，对解码后的图像，即解压缩图像进行主观评价。主观评价实验由标准观察人员在与眼动仪实验一样的环境条件下，对解压缩图像的失真明显程度按很好、好、一般、较差和差等5个等级进行评定。压缩前后图像的效果对比见图5。

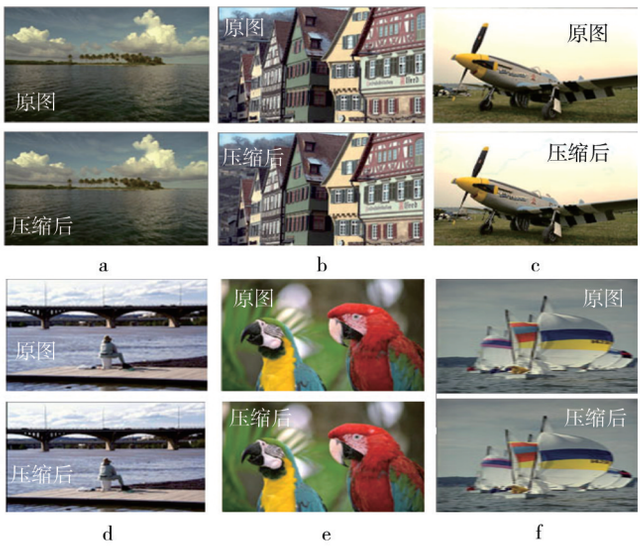

图5 压缩前后对比

Fig.5 Contrast of images before and after compression

通过主观视觉观察，可以发现2幅图的变化不是很明显，压缩后所造成的模糊感在可接受范围内。

3 结果与分析

为了检验提出图像压缩方法的有效性，了解压缩图像的逼真度，采用主观和客观评价相结合的方式对压缩图像开展评价。

3.1 压缩图像大小

2种方法得到的最终压缩图像大小见表1。由表1可知，基于眼动仪压缩方法所得到的解压缩图像大小几乎都小于基于Itti视觉模型压缩得到的图像。

表1 2种方法最终压缩图像大小

Tab.1 Size of the final compressed images by the 2 methods

kb

实验图	图像大小		
	原图	Itti模型的方法	眼动仪方法
海洋	129.0	54.8	51.4
帽子	101.0	44.9	41.6
建筑物	207.0	95.6	93.8
鹦鹉	99.5	44.5	39.2
飞机	101.0	46.3	41.7
黑衣女人	163.0	71.1	66.2
红帽女人	119.0	50.0	47.4
帆船	102.0	44.5	38.2
渔者	117.0	56.7	51.4
玩具	115.0	57.2	52.3

3.2 主观评价

对基于Itti视觉注意模型、眼动仪和传统DCT编码得到的解压缩图像进行主观评价。

在暗室中，通过Acer V173显示器，将原图与采用不同方法压缩得到的图像并列展示给若干观察人员，让其对重建图像中噪声的明显程度进行评定，评定等级标准见表2。解压缩图像效果的主观质量评价结果见表3。

表2 主观评价标准

Tab.2 Standard of subjective evaluation

等级	分值	描述
很好	5	几乎感觉不到失真
好	4	感觉到失真，但影响不大
一般	3	有点失真，干扰作用尚可接受
较差	2	失真，干扰程度开始不可接受
差	1	有很大失真，有明显不可接受的干扰部分

由表3可知，基于眼动仪的压缩方法得到的最终图像效果在主观视觉上优于传统DCT算法及基于Itti视觉模型的感兴趣区域图像压缩方法。

3.3 客观评价

为了客观评价图像压缩处理对图像质量的影响效果，采用峰值信噪比作为经压缩后还原图像质量的评价指标。峰值信噪比PSNR值(dB)为衡量图像失真或是噪声水平提供了客观标准，PSNR值越大，则图像失真越少，反之则PSNR值趋于0。在正常情况下，

表3　主观评价结果

Tab.3 Results of subjective evaluation

实验用	DCT算法	Itti模型方法	眼动仪方法
海洋	3	3	4
帽子	3	3	4
建筑物	3	4	5
鹦鹉	3	3	4
飞机	3	3	4
黑衣女人	3	4	4
红帽女人	3	3	4
帆船	3	3	5
渔者	3	4	5
玩具	3	3	4

PSNR值的普遍基准为30 dB，30 dB以下的图像失真较为明显。在图像压缩中，典型的峰值信噪比值在30~40 dB之间，其值愈高愈好。峰值信噪比PSNR值（r_{PSNR}）的计算公式为：

$$r_{PSNR}=10\log\frac{255^2}{r_{MSE}} \tag{5}$$

式中：r_{MSE}为原始图像和压缩后图像的均方误差MSE（Mean Square Error），其表达式为：

$$r_{MSE}=\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left[f(x,y)-g(x,y)\right]^2 \tag{6}$$

由于传统DCT压缩编码只能对灰度图像进行压缩，因此为了数据的可比性，将压缩后的彩色图像及原图像转换为灰度图像后再进行峰值信噪比的计算。与主观评价一样，对采用传统DCT编码、基于Itti视觉模型的感兴趣区域图像压缩方法和提出的方法，压缩得到的复原图像效果进行客观质量评价，结果见表4。

表4　客观评价结果

Tab.4 Results of objective evaluation

实验图	峰值信噪比		
	DCT算法	Itti模型方法	眼动仪方法
海洋	27.4936	36.6803	38.4778
帽子	20.0968	38.3257	38.7231
建筑物	23.9706	32.1377	33.2277
鹦鹉	33.0353	38.9369	42.5497
飞机	29.5461	32.2794	34.9803
黑衣女人	25.9674	35.9587	32.9928
红帽女人	31.5631	37.6605	38.4584
帆船	30.5998	36.7844	37.4707
渔者	25.6884	33.8180	34.3619
玩具	26.1568	34.0071	35.0566

由表4可知，提出的基于眼动仪提取ROI的图像压缩方法所得到的解压缩图像的峰值信噪比，高于传统DCT编码及基于Itti视觉注意模型的图像压缩方法，得到的最终压缩图像质量优于传统DCT和基于Itti视觉注意模型的图像压缩方法。

与文献[1—2]的实验结果进行对比发现，采用文献[1]中基于ROI的分形图像压缩编码得到的图像峰值信噪比在23~28 dB，文献[2]提出的基于感兴趣区域的图像压缩方法得到的图像峰值信噪比大部分在30~32 dB。这2种方法得到的峰值信噪比都低于提出的基于眼动仪方法得到的峰值信噪比，且所用到的算法也较为复杂。由此可见，提出的方法具有一定的优越性。

4　结语

通过眼动仪捕捉到最初感兴趣区域内注视焦点的数据，经过高斯分布函数得到图像的显著图，提取到更为准确的图像感兴趣区域。根据显著图的灰度阶生成压缩掩码，实现基于感兴趣区域的图像压缩仿真。为了体现方法的优越性，将采用眼动仪方法与传统DCT和基于Itti视觉注意模型方法得到的解压缩图像，通过主观和客观评价方式对比发现，对于多张不同种类的图像，采用眼动仪方法得到的解压缩图像效果在主观评价上都处于较好的等级，而在客观评价中所有压缩得到的图像信噪比都在30 dB以上，部分图像超过35 dB，失真度少，压缩率高，压缩图像质量好。提出的基于感兴趣区域的图像压缩方法得到的压缩图像效果更符合人眼的视觉特性，且在方法上也较为简单、效率高。

参考文献：

[1] 吴红梅，陈继荣. 基于ROI的分形图像压缩编码[J]. 计算机仿真，2006，10(23)：206—208.
WU Hong-mei，CHEN Ji-rong. Fractal Image Compression Coding Based on ROI[J]. Computer Simulation，2006，10(23)：206—208.

[2] 付勇. 基于感兴趣区域的图像编码技术研究[D]. 重庆：重庆大学，2008.
FU Yong. Coding Technology Research Based on the Image of Interest[D]. Chongqing：Chongqing University，2008.

[3] 李业伟. 基于感兴趣区域的图像处理算法研究[D]. 济南：山东师范大学，2012.

LI Ye-wei. Research of Image Processing Algorithm Based on Region of Interest[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2012.

[4] 陈再良. 图像感兴趣区域提取方法研究[D]. 长沙:中南大学,2012.
CHEN Zai-liang. Research on Region of Interest Extraction [D]. Changsha:Central South University,2012.

[5] 陈再良. 视觉注意模型在显著图生成中德使用性评估[J]. 计算机工程, 2012,38(7):160—162.
CHEN Zai-liang. Applicability Evaluation on Visual Attention Model in Saliency Map Generation[J]. Computer Engineering,2012,38(7):160—162.

[6] 张丽川,李宏汀,葛列众. Tobii眼动仪在人机交互中的应用[J]. 人类工效学,2009,15(6):67—69.
ZHANG Li-chuan, LI Hong-ting, GE Lie-zhong. Application of Tobii Eye Movement Instrument in Human Computer Interaction[J]. Human Ergonomics ,2009,15(6):67—69.

[7] 王岩. 视觉注意模型的研究与应用[D]. 上海:上海交通大学,2012.
WANG Yan. Research and Application of Visual Attention Model[D]. Shanghai:Shanghai Jiao Tong University,2012.

[8] 林行. 基于零树小波的静止图像压缩算法的研究[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2014.
LING Xing. A Study of Skill Image Compression and Coding Algorithm Based on Zero-tree Wavelet[D]. Shenyang: Shenyang University of Technology,2014.

[9] 袁建亮. 基于JPEG2000的感兴趣区域图像压缩方法研究[D]. 天津:天津师范大学,2014.
YUAN Jian-liang. A Study of Image Compression Method of the Region of Interest Based on JEPG2000[D]. Tianjin:Tianjin Normal University,2014.

[10] 黄庆. 无链表SPIHT图像压缩编码改进算法研究[D]. 南昌:南昌大学,2013.
HUANG Qing. Research on the Listless Improved SPIHT Based Image Compression Coding Algorithm[D]. Nanchang: Nanchang University,2013.

[11] 任崇广. 基于JPEG2000的ROI编码技术研究与应用[D]. 上海:同济大学,2008.
RENG Chong-guang. Research and Application on ROI Image Coding Based on JPEG2000 Standard[D]. Shanghai: Tongji University,2008.

[12] 王晓红,章婷. 一种基于视觉感兴趣区域的彩色图像增强方法[J]. 包装工程,2014,35(2):84—87.
WANG Xiao-hong, ZHANG Ting. Color Image Enhancement Based on Visual Region of Interest[J]. Packaging Engineering, 2014,35(2):84—87.

[13] 储昭辉. 图像压缩编码方法综述[J]. 电脑知识与技术, 2009,6(5):4785—4790.
CHU Zhao-hui. Summarization of Image Compression Methodology[J]. Computer Knowledge and Technology, 2009, 6 (5):4785—4790.

[14] 翟超. 基于感兴趣区域的图像压缩技术的研究[D]. 长春:长春理工大学,2008.
DI Chao. Study on Image Compression Technology Based on Region-of-Interest[D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology,2008.

[15] 胡胜雄. 基于视觉注意模型的图像检索[D]. 重庆:重庆大学,2012.
HU Sheng-xiong. Image Retrieval Based On Visual Attention Model[D]. Chongqing:Chongqing University,2012.

[16] 何琦. 视觉选择性注意模型的研究[D]. 成都:电子科技大学,2012.
HE Qi. Study on the Model of Visual Selective Attention[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China,2012.

[17] 陈晓雷. 基于感兴趣区域的图像编码和传输研究[D]. 兰州:兰州大学,2006.
CHEN Xiao-lie. The Study on the ROI-Based Image Coding and Transmission[D]. Lanzhou:Lanzhou University,2006.

[18] 高晶,吴育峰,孙伟,等. 基于感兴趣区域的图像目标提取方法[J]. 微电子学与计算机,2013,30(12):36—40.
GAO Jing, WU Yu-feng, SUN Wei, et al. Image Target Extraction Method Based on ROI[J]. Microelectronics and Computer,2013,30(12):36—40.

[19] 李琳. 基于感兴趣区域的图像情感特征提取算法研究[J]. 太原科技大学学报,2009,30(12):447—451.
LI Ling. Study on Extraction Algorithm for Image Emotional Characteristics Based on Region of Interest[J]. Journal of Taiyuan University of Science and Technology, 2009, 30(12): 447—451.

[20] 乔慧. 基于感兴趣区域的小波图像压缩算法[J]. 纺织高校基础科学学报,2004,17(6):151—154.
QIAO Hui. Wavelet Image Compression Algorithm Based on ROI[J]. Basic Sciences Journal of Textile Universities, 2004, 17(6):151—154.

[21] 王晓芳,邱书波,张绪光. 基于小波变换的ROI图像压缩改进算法研究[J]. 计算机工程与科学,2010(32):84—86.
WANG Xiao-fang, QIU Shu-bo, ZHANG Xu-guang. A Study of the Improved Algorithm of ROI Image Compression Based on Wavelet Transform[J]. Computer Engineer and Science, 2010(32):84—86.

[22] 郑伟,崔跃利,王芳. 基于小波变换的图像压缩编码研究综述[J]. 通信技术,2008,41(2):83—85.
ZHEN Wei, CUI Yue-li, WANG Fang. A Review of Image Compression Coding Based on Wavelet Transform[J]. Communications Technology,2008,41(2):83—85.

[23] 刘敬. 基于小波变换的图像压缩算法研究[D]. 重庆:重庆大学,2012.

LIU Jing.The Research on Image Compression Coding Algorithm Based on Wavelet Transform[D]. Chongqing:Chongqing University,2012.

[24] 王艳平,邹艺方.基于整数小波变换的实时图像压缩编码算法[J].通信技术,2009,42(6):141—143.
WANG Yan-ping,ZOU Yi-fang. A Real-Time Image Compression Coding algorithm Based on Integer Wavelet Transform[J]. Communications Technology,2009,42(6):141—143.

[25] 陈嘉威.视觉注意计算模型的研究及其应用[D].厦门:厦门大学,2009.
CHEN Jia-wei. Research and Application on Computational Model of Visual Attention[D]. Xiamen: Xiamen University, 2009.

[26] 陈礼.视觉注意模型的研究及其在ROI图像压缩上的应用[D].重庆:重庆大学,2008.
CHEN Li. Research on Vision Attention Model and Its Implement in ROI Image Compression[D]. Chongqing: Chongqing University,2008.

[27] 陈辉.基于感兴趣区的图像分区压缩算法研究[D].天津:天津理工大学,2006.
CHEN Hui. Research on Region of Interest Coding Algorithm [D]. Tianjin:Tianjin University of Technology,2006.

[28] 顾海明.基于小波变换的图像压缩编码研究[D].青岛:青岛科技大学,2009.
GU Hai-ming. Research into Image Compression and Coding Based on Wavelet Transform[D]. Qingdao:Qingdao University of Science and Technology,2009.

[29] 张立保,王珂.一种基于感兴趣区的小波图像编码算法[J].计算机工程与应用,2003(4):22—25.
ZHANG Li-bao, WANG Ke. A New Wavelet Image Coding Algorithm Based Regions of Interest[J]. Computer engineering and Application,2003(4):22—25.

[30] HUANG Chao-bing,LIU Quan,YU Sheng-sheng. Regions of Interest Extraction From Color Image based on Visual Saliency [J]. J Supercomput, 2011,58:20—33.

[31] 张杰.自底向上的视觉显著区域自动提取技术研究[D].济南:山东大学,2012.
ZHANG Jie. Research of Salient Regions Detection Based on Bottom-Up Visual Attention Model[D]. Jinan:Shandong Normal University,2012.

[32] 韩海田.基于视觉注意机制的静态图像压缩方法研究[D].天津:河北工业大学,2012.
HAN Hai-tian. Still Image Compression Method Base on Visual Attention Mechanism[D]. Tianjin: Hebei University of Technology,2012.

(上接第67页)

分析比较[J].包装工程,2012,33(17):63—67.
ZHOU Ying-hong, GUO Ren-hong, LI Min. Comparison of Two Edgewise Crush Test Methods of Corrugated Paperboard [J]. Packaging Engineering,2012,33(17):63—67.

[11] 夏华贞.瓦楞纸板耐破强度的检验分析[J].中国包装,2012(7):39—43.
XIA Hua-zhen. Inspection and Research on Bursting Strength of the Corrugated Paper Board[J]. China Packaging,2012(7):39—43.

[12] GB/T 450—2008,纸和纸板-试样的采取及试样纵横向、正反面的测定[S].
GB/T 450—2008, Paper and Board-sampling for Testing and Identification of Machine and Cross Direction, Wire Side and Felt Side[S].

[13] GB/T 10739—2002,纸浆、纸和纸板-试样处理和试验的标准大气[S].
GB/T 10739—2002, Paper, Board and Pulps Standard Atmosphere for Conditioning and Felt Side[S].

[14] GB/T 6546—1998,瓦楞纸板边压强度的测定法[S].
GB/T 6546—1998, Corrugated Fiberboard Determination of Edgewise Crush Resistance[S].

[15] GB/T 1539—2007,纸板耐破度的测定[S].
GB/T 1539—2007, Paperboard Determination of Bursting Strength[S].