

## 红外图像压缩质量评价研究

高旭辉,董 怡,祁 蒙  
(华北光电技术研究所,北京 100015)

**摘 要:** 红外图像作为一种特殊图像,为了更好地传输和存储,有时候必须进行压缩。传统的均方误差(MSE)的图像质量客观评价方法,有时评价结果与人们的主观视觉不一致。为此提出一种建立在人眼视觉模型(HVS)基础之上的边缘均方误差评价方法,更能有效地反映出图像压缩失真在视觉上的感知。通过快速傅里叶变换(FFT)、离散余弦变换(DCT)、哈尔变换(HARR)、小波变换(WT)、哈达马变换等算法,对图像进行编解码后的效果进行了评价,证实了基于人眼视觉特性的误差统计方法对压缩图像进行像质评价较为令人满意。

**关键词:** 红外图像;图像压缩;图像质量评价;人眼视觉

**中图分类号:** TP751.1      **文献标识码:** A

## Quality Evaluation of Impressed Infrared Images

GAO Xu-hui, DONG Yi, QI Meng  
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

**Abstract:** As a kind of special images, infrared images have to be compressed for proper transfer and storage. The traditional method, which is based on MSE to objectively evaluate the quality of impressed images, sometimes cannot conform to effect of human vision perception. Edge mean square error is defined according to human vision system and provides a better evaluation result conforming to human vision. Different thermal image compression algorithms are described. It is improved that edge mean square error is more reasonable to evaluate the images.

**Key words:** infrared image; image compression; image quality evaluation; human vision

### 1 引 言

在红外热图像的传输和存储中,受到传输能力和存储器空间的限制,需要对红外图像进行适当的压缩和解压缩处理,即对红外图像进行编解码。近年来,图像编码技术发展迅速,但图像的客观质量评价方法却仍在沿用传统的统计误差或信噪比的方法。这类方法虽然简单、易于实现,但它没有考虑人眼视觉及心理感受,与观察者的主观感受存在一定差异;另一方面,主观图像质量评价方法易受观察者知识背景、情绪以及疲劳程度等因素的影响,所得到的结果往往偏差较大。因此在图像压缩算法的研究中,寻找既客观又能适应人眼感知的图像质量评价方法变得重要起来。

### 2 基于变换的红外图像压缩

现有的实时图像压缩系统大多采用了基于变换的图像编码方法。所谓变换编码是指通过可逆的线

性变换将图像映射到一组变换系数,然后将这些系数量化和编码<sup>[1]</sup>。由于多数自然界中图像变换得到的系数值都很小,所以这些系数可以被较粗的量化甚至完全忽略到而只产生很少的失真。图1为一个典型的变换编码流程图。编码部分由4个部分组成:分解子图像、变换、量化和编码。一幅 $N \times N$ 的图像先被分解成尺寸为 $n \times n$ 的子图像;通过对子图像的变换得到 $(N/n)$ 个 $n \times n$ 的变换系数。变换的目的是去除像素之间的相关性或将尽可能多的信息集中到尽可能少的变换系数上。在粗糙的量化携带信息最少的系数之后,最后是对其余的变换系数进行二进制信息编码。

作者简介:高旭辉(1980-),男,本科,主要从事图像处理,红外整机设计和光电系统设计方面的工程应用研究工作。E-mail:gaoxuhui2004@126.com

收稿日期:2008-09-04

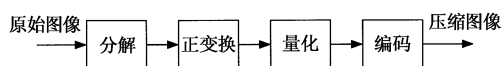


图1 典型的变换编码流程图

### 3 常用的图像质量评价准则

为了描述编码图像相对于原始图像的偏离程度,我们需要有压缩图像的质量评价方法,一般称之为保真度准则。常用的准则可分为客观保真度准则和主观保真度准则。

#### 3.1 客观保真度准则<sup>[2]</sup>

当所损失的信息量可用编码输入图与解码输出图的函数表示时,我们说它是基于客观保真度的。最常用的一个准则是输入图与输出图之间的均方误差。令 $f(x,y)$ 代表输入图, $g(x,y)$ 代表对 $f(x,y)$ 先压缩又解压缩后得到的 $f(x,y)$ 近似,如果输入输出图像尺寸均为 $M \times N$ ,这样 $f(x,y)$ 与 $g(x,y)$ 之间的均方误差MSE为<sup>[6]</sup>:

$$\text{MSE} = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [g(x,y) - f(x,y)]^2 \quad (1)$$

另一个客观保真度准则称为输入图与输出图之间的信噪比,实际使用中常将SNR归一化并用分贝表示:

$$\text{SNR} = 10 \lg \left[ \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [g(x,y) - f(x,y)]^2} \right] \quad (2)$$

#### 3.2 主观保真度准则<sup>[3]</sup>

由于很多解压图像是供人看的,在这种情况下,用主观的方法来评价图像的质量值得重视。一种常用的方法是对一组(一般不低于超过20个)有经验的观察者展示压缩过的图像并将他们对该图像的评价综合平均起来得到一个统计的结果。评价可以按照某种绝对的尺度进行,表1给出了一种对图像质量进行绝对评价的尺度。

表1 图像质量评价尺度

评分	评价	说明
5	优	丝毫看不出图像质量变坏
4	良	能看出图像质量变坏但并不妨碍观看
3	中	清楚地看出图像质量变坏,对观看稍有妨碍
2	差	对观看有妨碍
1	极差	非常严重地妨碍观看

在对红外压缩图像的质量评价过程中,主观方法由于受观察者知识背景、心理和疲劳程度影响,难以对图像进行准确评价,且过程繁琐、费时费力;而客观方法得到的结果有时与人们主观视觉效果不一致。这是因为均方误差是从总体上反映原始图像和复原图像的差别,并不能反映局部像元有较大灰度差别和较多像元有较小灰度差别等各种情况。对图像中所有像元同样对待,这显然不能反映人眼的视

觉特性。图像最终是供人看的,因此合理评价图像质量的方法应充分遵循人眼的视觉特性(HVS)。

### 4 基于人眼视觉特性的图像质量评价准则

由于HVS的复杂性,目前还不能用清晰的函数进行表达。一个较为成熟的HVS理论框架如图2所示,该模型体现了视觉感知的三大特性<sup>[4]</sup>:幅度非线性衰减、视觉敏感度带通、视觉检测,它们是与图像质量相关的主要特性。考虑到视觉心理生理学实验的影响,其表达式中也应该有这样的校正因子,它负责调节计算时的某些阈值和参数。

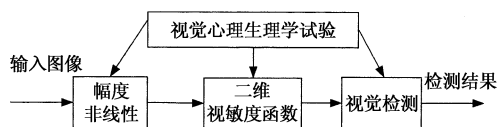


图2 人眼视觉模型

同其他因素相比,图像细节与图像感知质量有最高的相关系数<sup>[5]</sup>,细节是图像感知质量的主要指标,为观察者提供最基本和最重要的图像信息。因此在不增加编码总量的条件下,对图像边缘和轮廓进行相对精细的编码,而对其他部分进行相对粗糙的编码,这样就可以提高图像质量。换个角度说,如果一幅压缩图像与原始图像相比,边缘信息丢失较小,那么就可以说这幅压缩图像具有较好的图像质量。

因此本文提出了一种基于人眼视觉特征的图像质量评价方法,它以压缩后图像细节信息的保留多少进行压缩图像的质量评价。图3所示为该图像评价准则——边缘均方误差的计算框图。

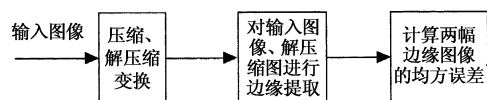


图3 边缘均方误差计算框图

首先,要得到压缩后的图像。解压缩分为解码、反变换和合并三个步骤。解压缩步骤和压缩步骤是一一对应的:解码对应编码,反变换对应正变换,合并对应分解,只有量化是不可逆的,所以没有对应的相反步骤。

其次,要得到图像的边缘信息。常见的边缘算子有索贝尔算子、拉普拉斯算子等,它们都可以通过计算图像中各点灰度值的变化提取图像的边缘。对原图像和解压缩图像进行索贝尔算子运算,得到两幅边缘图像。

最后,将得到的两幅边缘图像按公式(1)计算均方误差,根据误差的数值大小衡量图像的保真程度,误差值越小说明该方法的保真度越高,误差值越大保真度越低。

对图像边缘信息的损失情况进行评价,既符合人眼对细节感知敏感从而决定图像感知质量的习惯,同时也保证了评价方法的客观性。该图像评价

准则的适应性需要通过试验进行进一步的验证。

### 5 实验与结果

实验分为客观评价试验和主观评价试验两部分。

客观评价试验是用  $320 \times 256$  元探测器热像仪采集图像作为研究对象,分别利用快速傅里叶变换(FFT)、离散余弦变换(DCT)、哈尔变换(HARR)、小波变换(WT)和哈达马变换进行图像压缩处理,对复原图像按照不同压缩方法和压缩比分别计算其均方误差和边缘均方误差<sup>[2,6]</sup>。要说明的是,为了只比较不同图像变换对压缩结果的影响,我们没有对变换后的系数进行编码(如霍夫曼编码、游程编码),只是将不同变换后小于一定阈值的系数置为零。

主观评价试验是选取9名有正常或经校正有正常视力、色觉,并具有一定图像和红外热成像知识的人员,按照主观保真度评价准则对压缩图像效果进行评判。由于不同变化变换编码方法的仅在细节上有细微的差异,若按主观保真度准则打分则分数会很接近。因此我们按图像质量排序的方法来验证主观评测与边缘均方误差的一致性。

表2、表3为按照不同压缩方法和压缩比(1:2, 1:4, 1:8)计算的均方误差和边缘均方误差,表4为9名观察者对压缩效果的综合排序结果。图4为分别利用五种变换对原始图像按1:8压缩比进行编解码的图像比较结果。

表2 均方误差值

压缩比	FFT	DCT	HARR	WT	HT
1:2	125.1	51.60	13.60	13.89	83647
1:4	419.2	230.9	182.7	173.4	148101
1:8	895.3	518.8	558.9	499.2	187214

表3 边缘均方误差值

压缩比	FFT	DCT	HARR	WT	HT
1:2	7.050	4.379	1.343	1.343	65.19
1:4	16.62	11.23	7.309	6.714	72.74
1:8	27.77	20.22	14.11	12.19	74.13

表4 五种变换的效果排序

变换编码方法	好—————>差				
	WT	HARR 变换	DCT	FFT	HT
细节还原情况	最好	较好	一般	次一般	差

从以上试验结果我们可以得出以下结论:

(1)无论是均方误差还是边缘均方误差,随着压缩比的增大,误差值增大。

(2)在大多数情况下,属于子带编码的HAAR变换和多层小波变换的误差值要小于属于正交编码的傅里叶变换和离散余弦变换的误差值,这和子带

编码具有更好的频率收缩性的性质是相一致的。

(3)在压缩比为1:8时,均方误差值DCT小于HAAR变换,而边缘均方误差值DCT大于HAAR变换,但HAAR变换压缩过的图像提供的图像细节信息明显多于DCT压缩过图像。

(4)说明红外压缩的图像质量评价方法应从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,边缘均方误差评价方法与人眼视觉特征相一致。

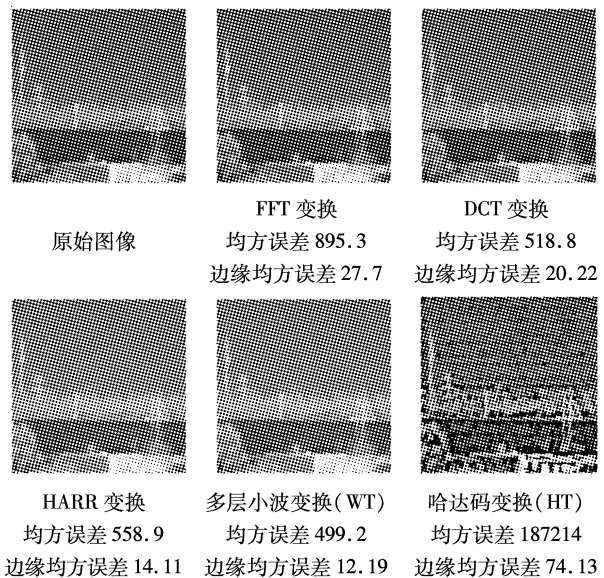


图4 利用FFT、DCT、HARR变换、WT及HT后的图像效果对比

### 6 结束语

红外压缩图像质量的客观评价直接影响着红外图像压缩算法的选取,基于边缘均方误差的图像评价方法,不仅保持了客观评价方法的优点,而且也克服了均方误差有时会与实际图像质量脱节的缺陷,并且使得评价结果与人眼视觉特性相统一。

### 参考文献:

- [1] David Salomon. 数据压缩原理与应用[M]. 吴乐南,等译. 第2版. 北京:电子工业出版社,2003:50-54.
- [2] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京:清华大学出版社,2000:204-206.
- [3] Dijk A M, Martens J B. Subjective quality assessment of compressed images [J]. Signal Processing, 1997, 58(3): 235-252.
- [4] Saghi J A, Cheatham P S, Habibi H. Image quality measure based on a human visual system model [J]. Optical Engineering, 1989, 28(7): 813-818.
- [5] 石俊生,金伟其,王岭雪. 视觉评价夜视彩色融合图像质量的实验研究[J]. 红外与毫米波学报,2005,24(3):237-239.
- [6] 冉启文,谭立英. 小波分析与分数傅里叶变换及应用[M]. 北京:国防工业出版社,2002:124-129.