

# 基于 DCT 的 JPEG 图像压缩的研究

马媛媛, 杨 峰, 信 科, 焦方超

(山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250014)

**摘 要:**随着信息技术的快速发展,为了加快存储和传输图像的速度,提出一种基于离散余弦变换的图像压缩算法。分别从编码中 DCT 变换、量化以及熵编码三个原理过程及其功能进行详细论述,以 MATLAB7.0 为平台对系统进行仿真实验,其方法简单、速度快且误差小。从实验结果中观察经过此算法压缩后的图像无失真现象,而且处理图像的速度得到了很大的提高,既能保证有较高的压缩比,又能保证良好的图像质量,从而实现了图像的快速传输,在日常生活中得到了广泛的应用与发展。

**关键词:**JPEG;离散余弦变换;MATLAB;图像压缩

**中图分类号:**TP391.9

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2011)08-0133-04

## Research of JPEG Image Compression Based on DCT

MA Yuan-yuan, YANG Feng, XIN Ke, JIAO Fang-chao

(College of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

**Abstract:** With the rapid development of information technology, in order to accelerate the speed of image storage and transmission, it paper proposes a method image compression algorithm based on discrete cosine transform. Respectively discuss from the encoding DCT transform, quantification and entropy coding three principles process and its function in detail. By MATLAB7.0 as a platform for system simulation experiment, the method is simple, fast and little error. From the experiment results in observing after this algorithm compressed image doesn't have distortion, and image speed of treatment is improved. It can guarantee higher compression ratio, and good image quality, thus realize image rapid transmission. It has been extensively applied and developed in daily life.

**Key words:** JPEG; discrete cosine transform; MATLAB; image compression

## 0 引 言

图像压缩编码在数字图像处理中占有重要的地位,将图像压缩的主要目的就在于减小图像的存储容量,以利于信息的保存和传输。此外,它还有利于某些特征的提取,以提高模式识别等的效率<sup>[1]</sup>。从数学分析的角度看,图像压缩实际上就是将二维像素矩阵变换为一个在统计上尽可能不关联的数据集合。

图像压缩按照压缩过程中是否有信息的损失以及解压后与原始图像是否有误差可以分为无损压缩和有损压缩两大类。无损压缩是指不损失图像质量的压缩,它是对文件的存储方式进行优化,采用某种算法表示重复的数据信息,文件可以完全还原,不会影响文件内容<sup>[2]</sup>。一般来说,由于无损压缩只是删除了图像数据中的冗余信息,可以准确地恢复原始图像,所以不可能达到很高的压缩比。有损压缩是指损失图像质量的

压缩,它将不相干的信息也删除了,因此解压时只能将原始图像进行近似的还原,它的高压缩比是以牺牲图像质量为代价的。

## 1 JPEG 静止图像压缩的基本原理

JPEG 提出的 JPEG 标准是为连续色调图像的压缩提供的公共标准。连续色调图像并不局限于单色调(黑白)图像,该标准可适用于各种多媒体存储和通信应用所使用的灰度图像、摄影图像及静止视频压缩文件<sup>[3]</sup>。

JPEG 标准还提出:

①必须将图像质量控制在可视保真度高的范围内,同时编码器可被参数化,允许设置压缩或质量水平。

②压缩标准可以应用于任何一类连续色调数字图像,并不应受到维数、颜色、画面尺寸、内容和色调的限制。

③压缩标准必须从完全无损到有损范围内可选,以适应不同的存储 CPU 和显示要求。

图像压缩编码方法从压缩编码算法原理上可以分

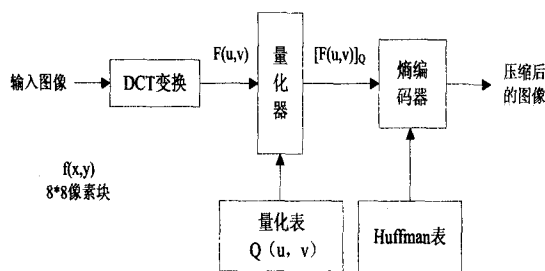
收稿日期:2011-01-06;修回日期:2011-04-10

基金项目:山东省自然科学基金(ZR2010FM021)

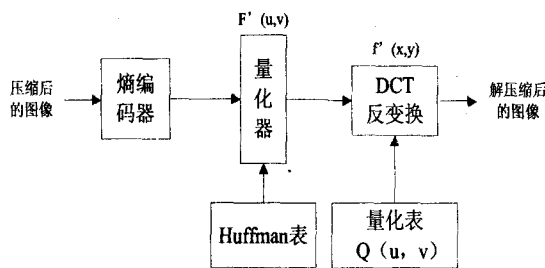
作者简介:马媛媛(1986-),女(回族),硕士研究生,研究方向为图像处理;杨 峰,教授,研究方向为数字通信与信息安全。

为无损压缩编码、有损压缩编码、混合编码方法。而文中介绍的 JPEG 标准就是一种混合编码方法,既有无损的压缩编码又有有损的压缩编码。有损压缩方法是以 DCT 变换为基础的压缩方法,其压缩率比较高,是 JPEG 标准的基础。无损压缩方法又称预测压缩方法,是以二维 DPCM 为基础的压缩方式,解码后能完全精确地恢复原图像采样值,其压缩比低于有损压缩方法<sup>[4]</sup>。

从图 1 中注意到图中的编码器负责降低输入图像的编码、像素间和心理视觉冗余。在编码处理的第一阶段,离散余弦变换器将输入图像变换成一种(通常不可见的)格式,以便减少像素间的冗余。在第二阶段,量化器根据预定义的保真度准则来减少映射变换器输出的精确性,以便试图去除心理视觉冗余数据。这种操作是不可逆的,当进行无损压缩时,则必须将其忽略<sup>[5]</sup>。在第三个即最后一个处理阶段,熵编码器根据所用的码字对量化器输出和离散余弦变换输出创建码字(减少编码冗余)。



(a) JPEG 编码框图



(b) JPEG 解码框图

图 1 基于 DCT 的 JPEG 编/解码原理框图

### 1.1 DCT 变换

输入端把原始图像分成  $8 \times 8$  像素块(Block)之后进行 DCT 变换,目的是去除图像数据的空间冗余,并实现能量集中。DCT 变换常常被认为是图像/视频变换编码的最佳变换之一。DCT 变换是一种空间变换,它的最大特点是对于一般的图像都能够将像素块的能量集中于少数低频 DCT 系数上,这样就可能只编码和传输少数系数而不严重影响图像质量<sup>[6]</sup>。DCT 不能直接对图像产生压缩作用,但对图像的能量具有很好的集中效果,为压缩打下了基础。二维的 DCT 变换是 JPEG 算法的主要部分,其核心思想是利用 DCT 对数

据信息强度集中的特性将数据中视觉上容易觉察的部分与不容易觉察的部分进行分离,由此达到压缩的目的。

正变换的表达式为:

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

其中  $u = 0, 1, \dots, M-1; v = 0, 1, \dots, N-1$

反变换的表达式为:

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

其中  $x = 0, 1, \dots, M-1; y = 0, 1, \dots, N-1$ 。

式中

$$c(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{M}}, & u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{M}}, & u = 1, 2, \dots, M-1 \end{cases}$$

$$c(v) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}}, & v = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & v = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

### 1.2 量化

JPEG 是一种利用了量化的图像有损压缩。JPEG 的编码过程对原始的图像数据作离散余弦变换,然后对离散结果进行量化并作熵编码<sup>[7]</sup>。JPEG 算法的第二步是量化处理,这里 DCT 输出利用同维数的整数矩阵进行点状处理,基本 JPEG 的“损耗”特性就是由量化过程产生的。通过剔除图像中的不必要的信息,量化完成 JPEG 主要压缩部分<sup>[8]</sup>。因为图像在特定位置通常会由较低空间频率改变,并且人类倾向于忽略高空间频率改变,所以量化可以过滤掉很多这类因素。在量化过程中,系数量化过程可通过选择合适的量化因子完成,量化值越高,系数就越接近零。量化损耗是由于它的值总是要取整而造成的,这也是量化因子越大,丢失的信息就越多原因。因此,图像质量可以通

表 1 默认的 JPEG 标准化数组

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

过量化位数的选择加以控制。

JPEG 的色度量表与亮度量表不尽相同(见表1和表2)。从量化表中可以看出各变换系数的量化间隔是不一样的<sup>[9]</sup>。对于低频分量,量化间隔小,量化误差也会较小,对于高频分量,因为它只影响图像的细节,从整体上看它没有低频分量那么重要,因此量化间隔较大。量化处理是造成压缩编码信息失真的关键因素之一,在 JPEG 解码,需要进行逆量化,使用到的矩阵与编码时完全相同。

表2 JPEG 的 zigzag 系数排列顺序

0	1	5	6	14	15	27	28
2	4	7	13	16	26	29	42
3	8	12	17	25	30	41	43
9	11	18	24	31	40	44	53
10	19	23	32	39	45	52	54
20	22	33	38	46	51	55	60
21	34	37	47	50	56	59	61
35	36	48	49	57	58	62	63

### 1.3 熵编码

DCT 最后处理的步骤是熵编码,目的是在统计特征基础上通过对量化 DCT 系数进一步压缩,得到额外的无损压缩<sup>[10]</sup>。根据信息论的原理,可以找到最佳数据压缩编码的方法,数据压缩的理论极限是信息熵。如果在编码过程中不损失信息量,即要求保持信息熵,则这种编码叫做熵编码。在编码之前,需要把二维变换的变换系数矩阵转换为一维序列。这样做的目的是为后续的熵编码做准备,即之字形扫描<sup>[11]</sup>。熵编码将之字形量化系数序列转换成中间符号序列,然后将这些符号转换成没有外部确定边界的数据流,即最终编码后的图像数据流文件。JPEG 的基本系统的熵编码采纳了平均压缩比最高的编码哈夫曼编码,其理论依据是变字长编码理论<sup>[12]</sup>。在变字长编码中,编码器的编码输出码字是长度不等的码字,按照编码输入信息符号出现的统计概率,给输出码字分配不同的字长,出现概率极高的分配较短的码字,反之出现概率较低的则分配较长的码字,从而得到较好的压缩效果。

## 2 仿真实现

根据上面所述的 JPEG 压缩编码算法,要将一幅灰度图像进行压缩编码,首先把图像分成  $8 \times 8$  的像素块,分块进行 DCT 变换后,根据 JPEG 标准量表对变换系数进行量化,再对直流系数(DC)进行预测编码,对交流系数(AC)进行 zigzag 扫描和可变长编码,然后根据标准的 Huffman 码表进行熵编码,输出压缩图像的比特序列,实现了图像的压缩。

DCT 变换的特点是变换后图像大部分能量集中在左上角,因为左上角反应原图像低频部分数据,右下角反应原图像高频部分数据,而图像的能量通常集中在低频部分。因此 DCT 变换后,只保留 DCT 系数矩阵最左上角的 10 个系数,然后对每个图像块利用这 10 个系数进行 DCT 反变换来重构图像。示例代码如下。

图2显示的是整个算法的处理过程。

```

I=imread('cameraman.tif');
I=im2double(I);
T=dctmtx(8);
imshow(log(abs(T)),[]);
colormap(jet(64));colorbar;
B=blkproc(I,[8 8],'P1 * x * P2',T,T);
mask=[1 1 1 1 0 0 0 0
      1 1 1 0 0 0 0 0
      1 1 0 0 0 0 0 0
      1 0 0 0 0 0 0 0
      0 0 0 0 0 0 0 0
      0 0 0 0 0 0 0 0
      0 0 0 0 0 0 0 0
      0 0 0 0 0 0 0 0];
B2=blkproc(B,[8 8],P1.*x',mask);
I2=blkproc(B2,[8 8],P1.*x.*P2',T',T);
subplot(1,2,1);imshow(I);title('原始图像');
subplot(1,2,2);imshow(I2);title('压缩后的图像');

```

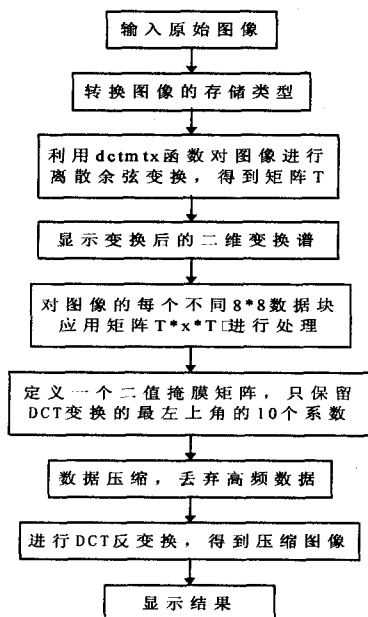


图2 基于DCT变换矩阵算法的处理过程

图3显示的是经过DCT变换后的二维变换谱,其分辨率相对较低。从图4、图5可以看出,压缩后的图像与原始图像几乎没有什么差别,示例中的程序取了10个DCT系数,占DCT系数个数的15%。将原始图像和压缩后的图像比较后发现,在抛弃85%的DCT系数后,压缩后的图像没有明显的失真,质量比较令人

满意,而且在处理图像的过程中可以体会到其速度得到很大的提高。当然,采用这种方法来实现压缩算法时,还可以通过修改 mask 变量中的 DCT 系数来得到更好的实验效果。

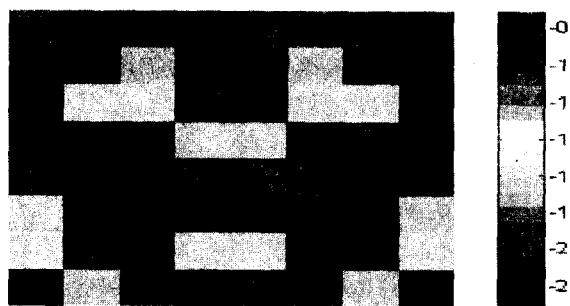


图3 利用 dctmtx 变换后的二维变换谱



图4 原始图像



图5 压缩后的图像

### 3 结束语

文中首先对图像的压缩编码进行了详细的介绍,并对 JPEG 压缩标准做了系统的描述和分析。以 MATLAB7.0 为平台对图像进行处理,实验过程中发现,在视觉、效果不受到严重损失的情况下,静止图像压缩算法 JPEG 可达到 15 到 20 的压缩比,如果不考虑

图像质量问题的话可达到 40:1 甚至更高。也正是因为 JPEG 超强的图像压缩能力,使其得到了广泛的应用和发展。在今后的学习研究中还会对文中所提出的算法进行改进,以得到占据存储空间更小、传输速率更高的方法。

文中作者创新点:提出一种基于 DCT 的图像压缩算法,它是通过只保留 DCT 系数中的低频部分即能量集中处对每个图像块进行处理,大大地提高了图像处理过程的复杂度。

### 参考文献:

- [1] 吉建华,高旭腾.基于小波变换的 JPEG2000 图像篡改检测[J].微计算机信息,2010(17):189-191.
- [2] 勤中鑫.数字图像信息处理[M].北京:国防工业出版社,2003.
- [3] 罗倩玲.JPEG 编码技术与矢量量化编码方法比较[J].电子测量技术,2005(4):35-37.
- [4] 卢佩新,赵国安.基于终端-服务器模式的扫描仪图像获取技术[J].计算机技术与发展,2010,20(3):28-31.
- [5] 余松煜,张文军,孙军.现代图像信息压缩技术[M].北京:科学出版社,1998.
- [6] 张巧芳,李光耀,丁美林,等.基于单幅图像的三维浏览图生成算法[J].计算机技术与发展,2010,20(1):22-24.
- [7] 赵珊,赵倩.基于 DCT 系数的 JPEG 图像检索算法[J].计算机工程,2010,36(19):190-192.
- [8] 朱艳秋.一种基于二维 DCT 的分形图像压缩编码[J].中国图像图形学报,1997(7):486-487.
- [9] Stark J. A Neural Network to Compute the Hutchinson Metric in Fractal Image Processing[J]. IEEE Trans Neural Network, 1991(1):156-158.
- [10] Bohme R, Westfeld A. Breaking cauchy model-based JPEG steganography with first order statistics[C]//9th European Symposium on Research in Computer Security. [s. l.]: [s. n.], 2004:125-140.
- [11] Sim D G, Kim H K, Park R H. Fast Texture Description and Retrieval of DCT-based Compressed Images[J]. Electronics Letters, 2001, 37(1):18-19.
- [12] Popescu D C, Dimca A, Yan Hong. A nonlinear model for fractal image coding[J]. IEEE Trans. Image Process, 1997, 6(3):372-382.

(上接第 132 页)

- [7] 王书宇,李龙澍,汪群山.改进的协同进化遗传算法在机器博弈中的应用[J].计算机技术与发展,2008,18(12):4-7.
- [8] 熊敏,刘玉树.基于协同进化遗传算法的地域选取方法[J].计算机技术与发展,2006,16(6):174-176.
- [9] 郑启富,苏国栋,沈晓丽.多变异遗传算法优化生物脱硫反应动力学模型参数[J].化学反应工程与工艺,2007,23

(6):525-530.

- [10] 顾坚,陈丰秋,戴擎铤,等.遗传算法在复杂反应动力学模型参数估算中的应用[J].高校化学工程学报,1999,13(4):346-351.
- [11] 邹丽珊,郑金华.基于共享存储器的共同进化算法[J].湘潭大学自然科学学报,2002,24(2):29-33.