

基于 DCT 快速变换的图像压缩编码算法

张爱华, 常康康

(南京邮电大学理学院, 江苏南京 210023)

摘要:在 JPEG 标准中, 基于图像压缩的有损压缩算法中的离散余弦变换(DCT), 应用于很多图像压缩场合, 并且在实际操作中, 能获得较高的压缩比, 同时压缩后的图像与原始图像的视觉效果基本相同, 因此得到了广泛应用。为了达到提高图像质量的目的, 文中提出了一个基于二维离散余弦变换(DCT)的图像压缩改进算法, 该算法通过设置量化系数来控制图像压缩数组的大小。同时, 在图像压缩部分利用 DCT 快速算法。仿真实验结果表明: 该算法进一步提高了图像的峰值信噪比(PSNR)和主观视觉质量。

关键词:图像压缩; 离散余弦变换; 峰值信噪比; 快速傅里叶变换

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)07-0092-03

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.07.023

A Fast Image Compression Coding Algorithm Based on DCT

ZHANG Ai-hua, CHANG Kang-kang

(College of Science, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210023, China)

Abstract: In the JPEG standard, the Discrete Cosine Transform (DCT) in lossy compression algorithm based on image compression, is applied in many image compression fields, and in actual operation, can obtain higher compression ratio, the visual effect of compressed images is basically same to the original image, therefore has been widely applied. In order to achieve the objective of improving image quality, a fast image compression coding algorithm based on two dimensional DCT is proposed in this paper. In the proposed algorithm, the compressed image data array is limited to a certain length by setting a quantization coefficient, meanwhile a fast DCT algorithm is used in the image compression process. The simulation result shows this algorithm can improve the PSNR and subjective visual quality for image further.

Key words: image compression; discrete cosine transform; PSNR; fast Fourier transform

1 概述

1.1 图像压缩简介

由于图像包含有很大的数据量, 如不进行压缩, 将对有限的传输能力和存储资源带来严峻的挑战, 而图像压缩就是解决这个问题主要方法之一。那么, 何为图像压缩呢? 压缩就是指将图像中的冗余信息去掉, 从而减小数据的存储空间。也只有去掉这些冗余信息, 才能对图像进行有效的压缩。图像压缩中数据冗余通常有以下三种:

(1) 编码冗余: 编码冗余指图像中平均每个像素所用的容量大于该图像的信息熵, 即图像中存在冗余信息, 这种冗余为编码冗余。存在编码冗余的原因在

于各个灰度值在图像中出现的频率不一样。如果把出现频率少的灰度值用较多的位数表示, 而出现频率较多的灰度值用较少的位数表示, 就能有效地减少这种冗余;

(2) 几何冗余: 由于图像的相邻像素之间存在灰度值相似或相等的情况出现, 可通过某种变换去掉其相关性, 减少冗余, 对图像进行压缩。这种冗余又称为空间冗余或像素相关冗余;

(3) 心理视觉冗余: 因为人眼不能对所有的视觉信息有同样的敏感度, 而相对于不重要的信息产生心理视觉冗余。通常人们对亮度信息感应度高, 对颜色相对感觉不敏感。同时, 去掉颜色信息后, 图像质量也

收稿日期: 2013-09-12

修回日期: 2013-12-21

网络出版时间: 2014-04-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61372125)

作者简介: 张爱华(1969-), 女, 山西广灵人, 副教授, 研究方向为非线性分析及拓扑动力系统; 常康康(1986-), 男, 河南襄城人, 硕士研究生, 研究方向为非线性分析。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140424.0818.058.html>

没有明显降低,但数据量却大大减少。

正是图像数据中存在的这些冗余信息,为图像压缩提供了依据。图像压缩的目的就是在保持图像的前提下减少各种冗余信息,用尽可能少的数据来表示图像。

1.2 图像压缩编码方法

目前,图像压缩有很多种编码方法,根据编码过程中是否有信息的损耗,可以分为无失真编码和限失真编码两类。无失真编码是指压缩前后无数据损失的技术,但是该方法不能达到很高的压缩比。无失真编码的压缩原理为:利用图像的统计特性,对图像数据中出现次数多的字符以短字节编码,出现次数少的字符以长字节编码。限失真技术是指在保证图像质量的前提下,最大限度地压缩图像,解压图像和原图像看起来很相像,但是其数据量已经发生变化。以下简单介绍几种编码方法:

(1) 预测编码^[1]:由于图像的像素之间存在一定的相关性,这种相关性使得图像数据中保存有相当高的信息冗余。在预测编码中对数据进行编码的处理并不是像素本身的取样值,而是实际值与预测值之间的差值;

(2) 变换编码^[2]:先对图像进行某种正交变换,经过变换后用变换系数代替原来的数据,然后进行编码。在图像压缩中,经常使用的变换编码有:离散余弦变换(DCT)、Walsh-Hadamard 变换(WHT)、Karhunen-Loeve 变换(KTL)等;

(3) 统计编码:利用信息码字出现概率的分布特征进行编码,寻找与码字长度的最佳匹配。经常使用的统计编码有:行程编码、算术编码、Huffman 编码等。

而在图像压缩中,通常采用限失真编码方法,在保证一定视觉效果的前提下,去掉一些对人眼不敏感的信息从而提高压缩比。

1.3 图像压缩评价标准

对图像压缩方法的评价,通常从以下几个方面来衡量某一方法的优劣^[3]。

(1) 编码复杂度:主要包含编码算法、运算时间和运算量等。一个好的压缩方法应做到易于操作、结构简单、运算量小、运算时间短,以较低的系统要求实现高质量的图像压缩编码。

(2) 解码复杂度:主要通过解码的时间来衡量,在对图像解码时,没有必要关心其编码过程,只需在最少的时间内得到解码图像,因此,对于运动序列图像,它的实时快捷性有更为重要的体现。

(3) 重构图像质量:主要包括可懂度和逼真度两个方面。对他的评价通常分为主观评价和客观评价。主观评价主要是指观察者依据已知的判别标准,根据

自己的感觉对恢复后的图像进行打分,然后得出一个总的评价结果。而客观评价是对待评估的图像进行运算,得到一个唯一的数学量作为测量结果,一般用以下指标进行评价。

· 峰值信噪比(Peak Signal to Noise Ratio)。

PSNR =

$$10 * \log_{10} \left(\frac{f_{\max}^2 \cdot MN}{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [f(x, y) - f'(x, y)]^2} \right)$$

其中, f_{\max} 为图像灰度的最大值。

· 均方误差。

$$\delta^2 = \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [f(x, y) - f'(x, y)]^2}{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [f(x, y)]^2}$$

其中, $f(x, y)$ 是大小为 $M \times N$ 的原始图像; $f'(x, y)$ 为恢复图像。

· 压缩比。

$$c = \frac{n}{n_d}$$

其中, n 为原始图像的总数据量; n_d 为压缩后的图像数据量。

(4) 适用范围:每一种图像编码算法并不是对所有图像压缩都有效,而是有相应的适用范围。通常,大多数图像压缩算法具有较广的适用范围,只是一些特定的编码算法具有较窄的适用范围。

事实上,一个好的压缩方法都满足以上标准,但它应该是各个标准的一个折中。好的压缩算法应该做到易于实现、算法简单、编码和解码快、具有高压缩比、有较好的图像压缩质量等。

2 离散余弦变换(DCT)

离散余弦变换(DCT)是应用广泛的正交变换方法^[4-5]。它常被认为是对语音和图像信号进行变换的最佳方法。但 DCT 方法在高压缩比时,其方块效应明显^[6-7],正因为在有些高存储量的图像信息压缩、低码率的图像通信中,DCT 方法暴露出质量不高的缺点,因此一些研究人员不断对此方法进行改进^[8-12]。而文中正是基于这点不足,提出了一种基于 DCT 传统方法的改进算法,该算法通过设置量化系数来控制图像压缩数组的大小。同时,在图像压缩部分利用 DCT 快速算法。实验结果显示该算法提高了图像的峰值信噪比(PSNR)和主观视觉质量。

下面给出数字图像 DCT 的定义:

为了同时减弱或去除图像像素之间的相关性,首先将图像从空间域变换到频率域。设 $\{x(m, n)\}$ 是具有 M 行、 N 列的一个矩阵,平面空间的 DCT 表达式为:

$$Y(k,l)=\frac{2}{\sqrt{MN}}c(k)c(l)\cdot$$
$$\sum_{m=0}^M\sum_{n=0}^Nx(m,n)\cos\frac{(2m+1)k\pi}{2M}\cos\frac{(2n+1)l\pi}{2N}$$

其中, $k=0,1,\cdots,M-1;l=0,1,\cdots,N-1$ 。

而它的反变换为

$$x(m,n)=\frac{2}{\sqrt{MN}}\sum_{m=0}^M\sum_{n=0}^Nc(k)c(l)Y(k,$$
$$l)\cos\frac{(2m+1)k\pi}{2M}\cos\frac{(2n+1)l\pi}{2N}$$

其中, $m=0,1,\cdots,M-1;n=0,1,\cdots,N-1$ 。

首先把压缩图像分割为一定的 8×8 子块,再对每个 8×8 的子块进行 DCT 变换。设 $x(m,n)$ 是任一个 8×8 的子块,则子块的 DCT 为

$$Y(k,l)=\frac{1}{4}c(k)c(l)\cdot$$
$$\sum_{m=0}^7\sum_{n=0}^7x(m,n)\cos\frac{(2m+1)k\pi}{16}\cos\frac{(2n+1)l\pi}{16}$$

其中, $k=0,1,\cdots,7;l=0,1,\cdots,7$ 。

$$c(k),c(l)=\begin{cases}\frac{1}{\sqrt{2}}, & \text{当 } k,l=0 \text{ 时;} \\ 1, & \text{当 } k,l \text{ 为其他时}\end{cases}$$

经 DCT 变换后,对每个子块的 DCT 系数 $Y(k,l)^{[13]}$ 进行量化处理,设 $Q(k,l)$ 是量化步长,根据视觉的效应, $Q(k,l)$ 对不同频率 (k,l) 的量化步长是不同的,进行四舍五入取整,其量化结果为:

$$Y_Q(k,l)=\text{round}\left(\frac{Y(k,l)}{Q(k,l)}\right)$$

在进行编码时,对于直流系数,取相邻图像之间的差值进行预测编码,保存其差,然后将量化后的交流系数转换成“Z”形序列,进行熵编码,这样完成了图像的压缩与解压过程。其中 Q_p 是量化步长 $Q(k,l)$ 中的调节因子, $Q(k,l)$ 的步长随 Q_p 的改变而改变,因而 Q_p 的大小可控制压缩比的质量。在固定码流时, Q_p 成为 DCT 编码的控制因子。其编码和解码的框图如图 1 所示。

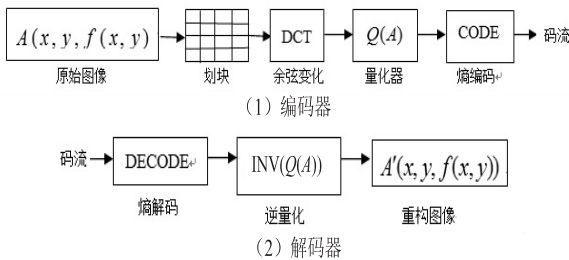


图 1 JPEG 标准的构成

3 基于 DCT 变换的图像压缩算法的改进

在低压缩比的条件下,通过对 DCT 传统算法的改

进,可以提高图像质量,具体改进方法如下:

步骤一:首先将测试图像分成 8×8 像素块,对每块进行二维正向离散余弦变换,即用变换矩阵乘以像素块。

步骤二:在进行 DCT 变换的过程中,通过设置量化系数来控制图像压缩大小,一般 DCT 系数中,只有约 10% 的数据非零(典型为 7~16 个),文中采用的数据为 8 以下的数据进行量化。

步骤三:在基本 DCT 变换中,通常使用一个量化表对 64 个 DCT 系数进行量化,计算量比较大。为了提高速度,不再使用量化表对全部 DC 和 AC 系数进行量化,而是只取前面几个非零系数进行量化,其他的 AC 系数直接作为 0 处理,这样可减少计算量。

步骤四:对量化后的非零区域的数据进行编码,在此采用基于 FFT 的快速算法^[14-15](快速傅里叶变换)。

4 实验仿真及其结果

采用 512×512 的 Lena 灰度图像进行试验,把峰值信噪比(PSNR)作为图像重构质量的比较标准,其定义如下:

$$\text{PSNR}=10\log(255^2/\text{MSE})$$

其中,MSE 为重建图像的均方误差,定义如下:

$$\text{MSE}=\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^M\sum_{j=1}^N(f(i,j)-\hat{f}(i,j))^2$$

其中, N 和 M 是图像的长和宽; $f(i,j)$ 和 $\hat{f}(i,j)$ 分别为原图像和恢复图像的灰度值。

在文中,使用系数的多少(实际上是压缩比的大小)由参数决定^[16]。在进行图像压缩中,不同量化系数对应的解码图像如图 2 所示。



图 2 不同量化系数对应的解码图像

不同量化系数下的 PSNR(dB) 见表 1。

5 结束语

利用 DCT 快速算法进行图像压缩,通过量化系数

2)文中对当前操作的像素点与背景在 HSV 颜色空间下的差异由该像素点及其周围四邻域像素点与背景模型在 HSV 颜色空间的差值加权平均求得,从而更准确地检测出运动目标。

参考文献:

[1] Li Y, Gong P, Sasagawa T. Integrated shadow removal based on photogrammetry and image analysis[J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(18): 3911-3929.

[2] Tsai V J D. A comparative study on shadow compensation of color aerial images in invariant color models[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2006, 44(6): 1661-1671.

[3] Yao J, Zhang Z. Hierarchical shadow detection for color aerial images[J]. CVIU, 2006, 102(1): 60-69.

[4] Gu Xiaodong, Yu D, Zhang Liming. Image shadow removal using pulse coupled neural network[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2005, 16(3): 692-698.

[5] 张媛. 步态识别中的几个关键技术的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.

[6] 余孟泽, 刘正熙, 骆键, 等. 融合纹理特征和阴影属性的阴影检测方法[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(10): 3431-3434.

(上接第 94 页)

和设置自适应量化截断阈值来控制压缩数据的大小。该方法能很好地简化图像数据的压缩和编码。实验结果表明,在明显改善了图像主观质量的同时,也显著提高了峰值信噪比,但文中方法不适用于高比特率下的图像压缩。

表 1 512×512 Lena 图像的实验数据

量化系数	Bit rate	JPEG	Improved-JPEG	EZ-DCT	文中结果
2	0.25	31.60	32.30	32.25	51.837
4	0.50	34.90	35.90	36.00	44.074
6	0.75	36.60	38.10	38.06	40.421
8	1.00	37.90	39.60	39.62	38.334

参考文献:

[1] 陈廷标, 夏良正. 数字图像处理[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.

[2] 周炯梁, 丁晓明. 信源编码原理[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.

[3] 胡栋. 静止图像编码的基本方法与国际标准[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2003.

[4] Chen Wen-Hsiung, Smith C, Fralick S. A fast computational algorithm for the discrete cosine transform[J]. IEEE Transactions on Communications, 1977, 25(9): 1004-1009.

[5] Narasimha M J, Peterson A M. On the computation of the dis-

[7] 魏岩, 涂铮铮, 郑爱华, 等. 结合 RGB 颜色特征和纹理特征的消影算法[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(10): 72-74.

[8] 陈柏生, 陈锻生. 基于归一化 RGB 彩色模型的运动阴影检测[J]. 计算机应用, 2006, 26(8): 1879-1881.

[9] 吴岳洲, 熊运余, 周磊, 等. 基于 HSV 颜色空间检测与 Gabor 筛选器的阴影检测[J]. 光电子·激光, 2009, 20(12): 1626-1630.

[10] 侯宏录, 李宁鸟, 刘迪迪, 等. 智能视频监控中运动目标检测的研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(2): 49-52.

[11] 朱明早, 罗大庸, 曹倩霞. 帧间差分与背景差分相融合的运动目标检测算法[J]. 计算机测量与控制, 2005, 13(3): 215-217.

[12] 赵红雨, 吴乐华, 史燕军, 等. 基于 HSV 颜色空间的运动目标检测方法[J]. 现代电子技术, 2013, 36(12): 45-48.

[13] Zhao Ming, Bu Jiajun, Chen Chun. Robust background subtraction in HSV color space[J]. Proceedings of International Society for Optical Engineering: Multimedia Systems and Applications, 2002, 4861: 325-332.

[14] 李媛, 张艳珠, 渠彪, 等. HSV 空间特征和纹理特征的阴影检测算法研究[J]. 沈阳理工大学学报, 2012, 34(4): 11-15.

crete cosine transform[J]. IEEE Transactions on Communications, 1978, 26(6): 934-936.

[6] 余青山, 苏宏业, 董利达, 等. 一种基于 DCT 域的自适应块效应消除算法[J]. 信息与控制, 2008, 37(2): 202-209.

[7] 赵蔚, 郭树旭. DCT 压缩域图像数据处理[J]. 吉林大学自然科学学报, 2001, 10(4): 64-68.

[8] Jacquin A E. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1992, 1(1): 18-30.

[9] Barnsley M F, Sloan A D. A better way to compress image[J]. Byte Magazine, 1988(1): 215-223.

[10] 张爱华, 杨培, 盛飞, 等. 基于快速分形的 DCT 补偿图像压缩编码算法[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(5): 153-156.

[11] 纪秀花. 适于低码率图像编码的 DCT 快速算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(10): 1355-1359.

[12] 张爱华, 盛飞, 杨培, 等. 基于相似比的快速分形编码算法[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(11): 176-178.

[13] 陈守吉, 张立明. 分形与图像压缩[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 1998.

[14] 张德丰. 详解 MATLAB 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.

[15] 姚敏. 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[16] 王晓丹, 吴崇明. 基于 MATLAB 的系统分析与设计-图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000.

基于DCT快速变换的图像压缩编码算法

作者：[张爱华](#)，[常康康](#)，[ZHANG Ai-hua](#)，[CHANG Kang-kang](#)

作者单位：[南京邮电大学 理学院, 江苏 南京, 210023](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：[2014\(7\)](#)

参考文献(16条)

1. [陈廷标;夏良正](#) [数字图像处理](#) 1996

2. [周炯梁;丁晓明](#) [信源编码原理](#) 1996

3. [胡栋](#) [静止图像编码的基本方法与国际标准](#) 2003

4. [Chen Wen-Hsiung;Smith C;Fralick S](#) [A fast computational algorithm for the discrete cosine transform](#) 1977(09)

5. [Narasimha M J;Peterson A M](#) [On the computation of the discrete cosine transform](#) 1978(06)

6. [余青山;苏宏业;董利达](#) [一种基于DCT域的自适应块效应消除算法](#) 2008(02)

7. [赵蔚;郭树旭](#) [DCT压缩域图像数据处理](#) 2001(04)

8. [Jacquin A E](#) [Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations](#) 1992(01)

9. [Barnsley M F;Sloan A D](#) [A better way to compress image](#) 1988(01)

10. [张爱华;杨培;盛飞](#) [基于快速分形的DCT补偿图像压缩编码算法](#) 2012(05)

11. [纪秀花](#) [适于低码率图像编码的DCT快速算法](#) 2004(10)

12. [张爱华;盛飞;杨培](#) [基于相似比的快速分形编码算法](#) 2012(11)

13. [陈守吉;张立明](#) [分形与图像压缩](#) 1998

14. [张德丰](#) [详解MATLAB数字图像处理](#) 2010

15. [姚敏](#) [数字图像处理](#) 2006

16. [王晓丹;吴崇明](#) [基于MATLAB的系统分析与设计-图像处理](#) 2000

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201407023.aspx