

卫星解码数字图像块效应计算机后处理方法

何 斌, 郝志航

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要: 分块余弦变换(BDCT)已经被广泛应用于国际图像压缩标准并取得了良好的效果。然而,在有损图像处理中都存在着块效应问题。为了消除卫星数字图像块效应,这里结合卫星图像的特点,在文献[4]的DCT后处理方法基础上进行改进,提出一种改进的解码图像块效应后处理方法。此方法不仅可以减少卫星图像块效应和提高图像质量,而且减少了DCT块效应后处理时间,提高了解码图像后处理效率。具有广泛的应用性。

关键词: 块离散余弦变换; 解码图像; 卫星图像; 图像后处理

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

1 引 言

现在普遍采用变换图像编码技术实现图像压缩。多数国际图像压缩标准如: JPEG, MPEG等都建议采用块离散余弦变换(BDCT)作为主要压缩技术。由于BDCT编码技术在高码率情况下才具有较好的解码图像质量,因此卫星数字图像编码普遍采用此技术。然而BDCT方法存在着不足之处,就是在解码图像中出现块边界退化现象,即解码图像的块效应。对于普通图像,此现象出现在低码率解码图像中。在高分辨力卫星数字图像中,由于边缘轮廓特征较多,图像边缘像素值变化大,BDCT的高频分量出现概率高等特点,因此高码率(如: 1-1.5bbp)的卫星解码图像也出现块效应现象。

为了解决BDCT压缩图像引起的块效应问题,文献[1-3]提出各种后处理方法,如:滤波方法,最大后验概率法,迭代处理方法等,这些方法都基于这样的思想:在解码图像中识别出块边界引起的高频分量,然后将其滤掉,以便减少块效应提高解码图像质量。这些技术的关键问题是检测图像块自身边缘和块边界的方法。换句话说,因为解码图像边缘和块边界都产生高频分量,在后处

理技术中,先在解码图像中建立原图像边缘影像,然后应用自适应滤波器,对不含边缘区域进行滤波处理。由此可知,块效应后处理技术很大程度取决于采用的边缘检测方案。[4]提出应用DCT消除块效应的后处理方法。我们在[4]的基础上进行改进,并对卫星数字图像进行了计算机仿真实验,PSNR值改善0.3-0.5dB。提高了卫星解码图像质量。

2 解码图像 DCT 后处理

2.1 基本思想

相邻均匀块定义: 在该块中任意两相邻像素值差小于块边界像素值差,即块中所有高频分量低于两相邻块合并后的高频分量。

DCT后处理方法主要运用两相邻块均匀块中,全局频率特性与每个均匀块局部频率特性相似性,检测块边界频率特性。

基本思想: 应用DCT描述局部和全局频率特性,推导出不同大小两相邻均匀块DCT频率系数之间的关系。通过把相邻两均匀块的DCT系数与连接块DCT系数比较,就可以检测出由块边界引起的频率分量,然后消除这些高频分量,达到减少块效应的目的。

2.2 DCT 后处理方法

如图 1 所示,在块 u_1 或 v_1 中应用 N 点 DCT 估计局部频率分量,并且在 u_1 与 v_1 连接块 w_1 中同样运用 DCT 估计全局频率分量。图 1 示意两个相邻块含有块边界和边缘。由于 u_1 和 v_1 代表平滑区域,通过比较 w_1 与 u_1 和 v_1 的 DCT 频率系数,可以检测块效应引起的高频分量。

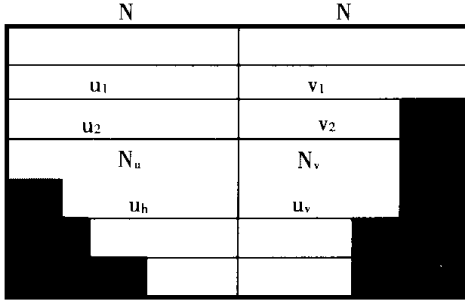


Fig. 1 Two adjacent blocks with blocking artifact and edge

让我们考虑 u_2 和 v_2 的情况。由于 v_2 包含一个边缘, w_2 的 DCT 包含边缘和块边界的高频分量,这种情况通过两步实现检测。第一步,以块边界为起点求均匀块 u_h 和 v_h ; 第二步,通过对 u_h 和 v_h 以及 w_h 进行 DCT 运算,并检测频率系数。如果 w_h 含有高于 u_h 和 v_h 高频分量,因为均匀块不含有由块边界产生的频率分量,那么我们认为这些分量为块效应引起的。

2.3 相邻均匀块的确定及相互关系

依据相邻均匀块定义, u_h, v_h 的确定有如下关系:

$$u_h(m) = u(m + N - N_u) \quad m = 0, 1, \dots, N_u - 1 \quad (1)$$

$$v_h(n) = v(n) \quad n = 0, 1, \dots, N_v - 1 \quad (2)$$

式中,

$$\begin{aligned} |u_h(m+1) - u_h(m)| &< |v(0) - u(N-1)| \quad m = 0, 1, \dots, N_u - 2 \\ |v_h(n+1) - v_h(n)| &< |v(0) - u(N-1)| \quad n = 0, 1, \dots, N_v - 2 \end{aligned}$$

在 (1)(2) 中, u, v 是大小为 N 的两相邻块, u_h 和 v_h 表示两相邻均匀块,用 w_h 表示 u_h 和 v_h 的连接块,

$$w_h(l) = \begin{cases} u_h(l) & 0 \leq l < N_u \\ v_h(l - N_u) & N_u \leq l < N_w - 1 \end{cases} \quad (3)$$

其中: $N_w = N_u + N_v$

如令 U, V, W 为 u_h, v_h, w_h 的 DCT, 那么有

$$U(k) = \alpha(N_u, k) \sum_{m=0}^{N_u-1} u_h(m) \cos \left[\frac{\pi(2m+1)k}{2N_u} \right] \quad (4)$$

$$V(k) = \alpha(N_v, k) \sum_{n=0}^{N_v-1} v_h(n) \cos \left[\frac{\pi(2n+1)k}{2N_v} \right] \quad (5)$$

$$W(k) = \alpha(N_w, k) \sum_{l=0}^{N_w-1} w_h(l) \cos \left[\frac{\pi(2l+1)k}{2N_w} \right] \quad (6)$$

$$\text{其中, } \alpha(s, k) = \begin{cases} \frac{1}{s}, & k = 0 \\ \frac{2}{s}, & \text{其他} \end{cases}$$

将 (4)(5) 代入 (6) 可得:

$$\begin{aligned} w(k_w(z)) &= \alpha(N_w, k_w(z)) \cdot \\ &\left\{ \sum_{m=0}^{N_u-1} u_h(m) \cos \left[\frac{\pi(2m+1)k_u(z)}{2N_u} \right] + \right. \\ &\left. \cos(k_v \pi) \sum_{n=0}^{N_v-1} v_h(n) \cos \left[\frac{\pi(2n+1)k_v(z)}{2N_v} \right] \right\} \end{aligned}$$

其中, $k_u(z) = \frac{N_u}{C(N_u, N_v)} z, k_v(z) = \frac{N_v}{C(N_u, N_v)} z, k_w(z) = \frac{N_w}{C(N_u, N_v)} z, z = 0, 1, \dots, C(N_u, N_v) N_u, N_v$ 最大公约数。

由 (4) - (7) 可知, W 在一定条件下可以表示为 U, V 的线性组合形式, 这种关系可以检测全局和局部频率分量的相似形。

2.4 块效应频率分量确定及消除

依据 (4)(5) 可以分别确定两相邻均匀块最高非零频率系数位置 z_u, z_v , 定义 W 的高频系数位置为

$$z_w = \max(z_u, z_v) \quad (8)$$

确定 $k_w(z_w)$ 的位置, 由 (7) 求出 $W(k_w(z_w))$ 值。

因为全局频率分量的位置不高于局部频率分量的位置, 所以可以得出如下结果:

(1) 如果 $W(k_w(z_w))$ 为零并且以后皆为零, 那么无块效应出现;

(2) 如果 $W(k_w(z_w))$ 为非零, 那么以后的分量是有块效应引起。

由上述结果显然可知, 消除块效应就是将全局频率分量中的 $W(k_w(z_w))$ 置为零。

3 图像的块效应后处理实现方法

3.1 卫星图像编解码的特点

卫星相机多数采用推扫或面阵 CCD 成像采

集图像,且对图像保真度有一定的要求。因此卫星数字图像编解码图像除了具有一般图像的特性外还具有自身的特点:

(1) 为了满足图像保真度要求,卫星图像的编码码率较高,因此解码图像块效应引起图像退化比低编码码率的解码图像更弱;

(2) 卫星图像的空间几何分辨力一般为 1m 或几 m,图像像素值变化梯度远大于普通图像,因此 DCT 的高频分量较多;

(3) 卫星数字图像数据量大,解码图像处理的时间长。

3.2 处理方法的改进

依据卫星数字图像上述特点,结合[4]提出的 DCT 消除块效应的后处理方法,提出较为适合卫星数字图像消减块效应的快速处理方法。

[4]提出的方法,要求对相邻的 DCT 块进行全扫描,同时求出 u_h, v_h 。由于卫星图像编码码率较高,因此应该首先检测判别明显块效应较弱或无块效应高频分量的块边界,这样即可以提高解码图像的处理效率,又可以避免丢失有用的边缘信息。为此进行如下改进:

根据卫星图像保真度的要求,选择阈值 ϵ 对两相邻 DCT 块做如下运算:

$$|v(i, 0) - u(i, N - 1)| \leq \epsilon, i = 0, 1, \dots, 7 \quad (9)$$

式中 i 表示两相邻 DCT 的行(或列)。

对两相邻 DCT 块水平和垂直方向的块边界像素值进行(9)的检测判别如下:

(1) 如果对于 $i = j$, (9) 式成立,那么两相邻块的第 j 水平(或垂直) u, v 块不用块效应处理;

(2) 如果对 $i = 0, 1, 2, \dots, 7$, (9) 式都成立,那么这两相邻块解码边界块不用块效应处理;

(3) 对于(9)不成立的相邻 DCT 块或 u, v 块,进行 DCT 后处理操作。

3.3 卫星数字图像块效应的后处理方法

对于采用 JPEG 标准编解码的 $N \times M$ 块卫星数字图像后处理方法如下:

(1) 从给定 8×8 DCT 编码的解码 $8N \times 8M$ 图像中,从左至右从上至下分别提取水平方向和垂直方向的两个相邻的 8×8 DCT 块;

(2) 从两相邻水平(或垂直) 8×8 DCT 块抽取 8 像元的 u, v 如图 1 所示;

(3) 由(9)检测判别不用进行块效应处理,返回(2),否则继续(4);

(4) 由(1)(2)分别求出 u_h, v_h ;

(5) 如果 N_u 或 N_v 是 1, 转到(8), 否则继续;

(6) 对 u_h, v_h 的 N_u, N_v 点进行 DCT 运算,并且由(4) - (8) 求 $k_w(z_w)$;

(7) 对 w_h 的 N_w 点进行 DCT 运算,对高于 $k_w(z_w)$ 位置的高频系数置零,然后对修改后的 W 进行 IDCT 运算,并修改 w_h 值;

(8) 提取下面两相邻块,返回(2)。

4 解码图像块效应后处理实验

用 MATLAB 语言实现后处理仿真实验。下面给出了编码码率 1.09bpp 的解码图像图 2, 图 3 为处理后图像。处理前的 PSNR 29.767dB, 处理后的 PSNR 30.102dB。



Fig. 2 Decoded satellite image



Fig. 3 The image processed by proposed algorithm

5 结 论

结合卫星数字图像的特点及 DCT 块效应后

处理方法, 提出适合卫星图像消除块效应提高图像质量的处理方法。通过仿真实验证明, 可以使解码图像的 PSNR 提高 0.3–0.5dB。并且这种方法的处理效率高于原来的 DCT 后处理方法。

参考文献:

- [1] Avril C, Nguyen-trong T. Linear filtering for reducing blocking effects in orthogonal transform image coding[J]. J. Electron. Imaging, 1992, 1(4):183–191.
- [2] Ramamurthi B, Gersho A. Nonlinear space-variant post-processing of block coded images[J]. IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, 1986, 34(10):1258–1268.
- [3] Kuo C J, Hsieh R J. Adaptive post processor for block encoded images[J]. IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., 1995, 5(8):298–304.
- [4] Peak Hoon, Kim Rin-Chui, Lee Sang-Uk. A DCT-based spatially adaptive post processing technique to reduce the blocking artifact in transform coded images[J]. IEEE Trans. Image Processing, 2000, 10(1):36–41.

Computer post-processing method for blocking-artifact in satellite decoded images

HE Bin, HAO Zhi-hang

(*Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China*)

Abstract: BDCT has been widely used for International Standard of image compression and achieved effective result. However, there exists blocking-artifact problem in loss decoded image processing. In order to reduce satellite image blocking-artifact, the improved blocking-artifact post-processing algorithm based on DCT post-processing method[4] has been proposed, according to the characteristic of the satellite image. The algorithm can not only reduce the blocking-artifact and improve the image quality, but can also save the post-processing time for DCT blocking-artifact and improve the efficiency. This algorithm is extensively useful.

Key words: BDCT; decoded image; satellite image; image post processing

作者简介: 何 斌(1961–), 男, 河北乐亭人。1990年毕业于北京理工大学研究生院, 获硕士学位, 现在中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主要从事卫星遥感数字图像编解码算法研究以及 DSP 应用。