

文章编号: 0258-7025(2009)Supplement 1-0290-03

基于频域信息的边界方向快速检测方法

张荣福 马玲官 张 军

(上海理工大学光学与电子信息工程学院, 上海 200093)

摘要 边界检测方法可根据处理方法包括空域和频域。但空域处理运算量较大, 尤对压缩的图像信息来说, 要经过频域-空域-频域的处理过程, 其计算量太大以至于无法满足视频信息实时处理的需要。对此, 频域处理就显得尤为重要, 离散余弦变换具有计算量小、正交性、固定实基函数等特点而在图像处理和压缩中得到广泛应用。基于图像块频域系数和空域图像特征之间的对应关系, 提出一种快速频域估计边界特性的方法。该方法仅根据压缩后的 $F(1,0)$ 和 $F(0,1)$ 两个低频交流系数, 判别图像块内的边界方向。

关键词 图像处理; 边界检测; 频域; 离散余弦变换

中图分类号 TP391 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL200936s1.0290

A Method of Fast Edge Direction Detection Based on Low-Frequency Coefficients

Zhang Rongfu Ma Lingguan Zhang Jun

(Optical & Electronic Information Engineering College, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract Edge detection can be used both in spatial and frequency information. However, the calculation complexity detection in spatial domain is much greater than that in frequency domain. To compressed image, it is more obvious because the processing should include two parts: frequency to spatial and spatial to frequency. So it cannot satisfy the dealing-in-time for video. Discrete cosine transform (DCT) is widely used in image processing and compression for its characteristics of low calculation complexity, orthogonality and fixed primary function. Based on the relation between DCT coefficients and spatial information, a fast edge detection method is proposed. In the method, main edge direction is detected by using only two low frequency coefficients $F(1,0)$ and $F(0,1)$.

Key words image processing; edge detection; frequency domain; discrete cosine transform (DCT)

1 引言

边界检测是数字图像处理、图像分析和识别领域中重要的课题, 图像的边界对应着图像强度突变的地方, 图像灰度变化的速率即图像的梯度函数将在这些过渡边界上存在最大值。因此, 边界检测可以看作是图像处理的关键, 广泛应用于轮廓、特征的提取、纹理分析等领域, 所以在图像识别和分析中物体边界的检测和提取技术一直深受人们的重视和关注^[1~4]。在图像分析过程中, 已经涌现大量的边界检测算法, 常用的算法有一阶微分边界检测和二阶微分边界检测。边界有方向和幅度两个特性。一般认为沿边界方向的灰度变化比较平缓, 而垂直于边界方向的灰度变化剧烈。

对压缩图像来说, 如果用空域方法检测边界信息, 则需要经过频域-空域-频域的处理过程, 其计算量太大以至于无法满足视频信息实时处理的需要。因此频域直接处理方法的研究就显得非常重要。对于很多图像压缩标准, 都是将图像进行分块后再进行离散余弦变换(DCT)。本文主要提出利用 DCT 变换后两个低频分量估计局部区域边界的主要走向。首先介绍离散余弦变换, 然后局部边界走向的检测方法, 最后进行实验。

2 离散余弦变换

图像变换包括傅里叶变换、余弦变换、卡-洛变换等等, 其中离散余弦变换具有计算量小、正交性、

固定实基函数等特点而在图像处理 and 压缩中得到广泛应用。

对 $N \times N$ 图像块, 以 $p(i, j) (i, j = 0, 1, \dots,$

$N - 1)$ 代表图像块内位于 (i, j) 象素的值, $F(u, v) (u, v = 0, 1, \dots, N - 1)$ 是二维 DCT 变换系数, 那么 DCT 和离散余弦逆变换(IDCT)分别为

$$F(u, v) = \frac{2}{N} C(u) C(v) \sum_{i=0}^{N-1} \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2N} \sum_{j=0}^{N-1} p(i, j) \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N}, \quad (1)$$

$$p(i, j) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \left[C(u) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2N} \right] \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) C(v) \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N}, \quad (2)$$

其中

$$C(k) = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & k = 0 \\ 1, & k = 1, 2, \dots, N - 1 \end{cases}$$

一般情况下, 图像经过 DCT 变换后, $F(0, 0)$ 的值较其他分量的值大得多, 并且 $F(0, 0)$ 的值正比于图像块灰度平均值, 故称之为“直流分量(DC)”; 相应地称其余 $(N^2 - 1)$ 个分量为“交流分量(AC)”。

由 DCT 变换关系式(1)可知, DCT 系数 $F(u, v)$ 是图像块内所有象素的线性组合。以 $F(1, 0)$ 为例, 由变换式(1)得:

$$F(1, 0) = \frac{2C_1 C_0}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} p(i, j) \cos \frac{(2i+1)\pi}{2N} = \frac{2C_1 C_0}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \cos \frac{(2i+1)\pi}{2N} \sum_{j=0}^{N-1} p(i, j), \quad (3)$$

由 $\cos(\pi - \theta) = -\cos \theta$, 上式可展开为

$$F(1, 0) = \frac{2C_1 C_0}{N} \sum_{i=0}^{N/2-1} \left\{ \cos \frac{(2i+1)\pi}{2N} \pi \left[\sum_{j=0}^{N-1} p(i, j) - \sum_{j=0}^{N-1} p(N-1-i, j) \right] \right\}. \quad (4)$$

这说明 $F(1, 0)$ 反映图像块内上下两半的灰度变化的大小。由此可见, 空域图像特征和频域系数之间存在一定的对应关系。参见图 1, 频域各系数反映图像灰度沿某个特定方向变化的频率。其中, $F(0, 0)$ 反映图像块的灰度均值, 而其余被称之为“交流分量”的系数则分别反映了对应频率变化的幅度。所有交流分量的平方和直接反映了图像块的灰度变化剧烈程度。

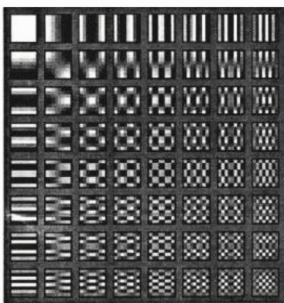


图 1 8×8 图像块的 DCT 变换
Fig. 1 DCT Coefficient of 8×8 block

3 边界方向检测

基于图像块频域系数和空域图像特征之间的对应关系, 文献[5~7]的研究结果表明: 如果图像块内只包含单方向的边界, 那么可利用频域系数判别该

边界的方向、幅度和偏离中心的距离。下面介绍一种频域粗略估计边界特性的方法。该方法根据 $F(1, 0)$ 和 $F(0, 1)$ 两个低频分量的大小关系分为以下几种情形(其中 Th 是阈值, 该值大小的选择直接影响边界估计的结果):

1) 如果 $|F(0, 1)| > Th$ 和 $|F(1, 0)| \leq Th$ 同时成立, 表明图像块灰度沿水平方向变化较大而沿垂直方向变化较小, 所以该图像块内包含近似垂直的边界;

2) 如果 $|F(0, 1)| \leq Th$ 和 $|F(1, 0)| > Th$ 同时成立, 表明图像块灰度沿垂直方向变化较大而沿水平方向变化较小, 所以该图像块内包含近似水平的边界;

3) 如果 $F(0, 1) \times F(1, 0) > Th^2$ 和 $|F(1, 0) - F(0, 1)| < Th$ 都成立, 那么图像块灰度沿水平和垂直方向的变化量都较大而且同为由高到底(或由低到高), 但两个变化量又大体相等。因此, 图像块内存在近似于 45° 的边界;

4) 如果 $F(0, 1) \times F(1, 0) > Th^2$ 而且 $|F(0, 1)| \geq |F(1, 0)| + Th$, 其中前者说明水平和垂直变化相同, 后者则说明水平方向变化小于垂直方向, 所以图像块内的边界介于 90° 和 45° 之间, 因此该边界方向量化为 67.5° ;

5) 如果 $F(0,1) \times F(1,0) > Th^2$, 但 2)、3) 和 4) 都不满足, 表明图像块内有边界存在并且边界的方向介于 0° 和 45° 之间, 因此该方向量化为 22.5° ;

6) 如果 $F(0,1) \times F(1,0) < -Th^2$ 和 $|F(1,0) - F(0,1)| < Th$ 同时成立, 其中前者说明自左至右和自上至下的灰度明暗变化相反, 后者表明二者变化的绝对值近似相等, 所以边界方向是 135° ;

7) 如果 $F(0,1) \times F(1,0) < -Th^2$ 并且 $|F(0,1)| \geq |F(1,0)| + Th$, 后者说明水平方向灰度变化强烈, 所以边界方向介于 90° 和 135° 之间, 故量化为 112.5° ;

8) 如果 $F(0,1) \times F(1,0) < -Th^2$, 但 1)、6) 和 7) 都不满足, 表明图像块边界方向介于 180° 和 135° 之间, 故边界量化为 157.5° ;

如果 1)~8) 都不满足, 那么表明沿任意方向的灰度变化都不大, 因此是一个近似均匀的图像块。

4 实验结果

实验结果如图2所示, 可见该算法较好的反映



图2 Lena原图及实验结果。(a) Lena原图;
(b) 边界方向检测结果

Fig. 2 Lena image and experimental result. (a) Lena image; (b) experiment result

原图的轮廓特征以及局部图像块内边界的方向。

5 结 论

提出一种快速频域估计边界特性的方法。该方法仅根据压缩后的两个低频交流系数, 判别图像块内的边界方向。

参 考 文 献

- 1 Wang Haihong, Zeng Ni, Lu Wei *et al.*. Edge detection of laser imaging radar based on wavelet transform and mathematical morphology[J]. *Chinese J. Lasers*, 2008, **35**(6): 903~906
王海虹, 曾妮, 陆威等. 基于小波变换和数学形态学的激光成像雷达图像边缘检测[J]. *中国激光*, 2008, **35**(6): 903~906
- 2 X. Li, M. Orchard. Novel sequential error-concealment techniques using orientation adaptive interpolation [J]. *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technol.*, 2002, **12**(10): 857~864
- 3 T. Kim, J. Paik. Fast image restoration for reducing block artifacts based on adaptive constrained optimization[J]. *J. Visual Communication and Image Representation*, 1998, **9**(3): 234~242
- 4 Cao Wanpeng, Che Rensheng, Ye Dong. Illumination-independent wavelet scale multiplication edge detection method [J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(10): 1751~1757
曹万鹏, 车仁生, 叶东. 一种照明无关的小波多尺度相乘边缘检测方法[J]. *光学学报*, 2007, **27**(10): 1751~1757
- 5 Wang Gang, Xiao Liang, Jiang Zhijing *et al.*. Sub-pixel multifractal method for image processing application [J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(9): 1345~1349
王刚, 肖亮, 姜志静等. 亚像素多重分形方法在图像处理中的应用[J]. *光学学报*, 2006, **26**(9): 1345~1349
- 6 W. H. Jung, S. L. Hwang. Adaptive image interpolation based on local gradient features [J]. *IEEE Signal Processing Letters*, 2004, **11**(3): 359~362
- 7 S. C. Hyun, K. Kang. A compressed domain scheme for classifying block edge patterns [J]. *IEEE Trans. Image Processing*, 2005, **14**(2): 145~151
- 8 S. W. Lee, Y. M. Kim, S. W. Choi. Fast scene change detection using direct feature extraction from MPEG compressed videos [J]. *IEEE Trans. Multimedia*, 2000, **2**(4): 240~254