

文章编号 1004-924X(1999)06-0108-05

图像编码亚像元位移量的分析

何 斌 郝志航

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘 要 根据 Jussi Lammi 亚像元相对位移量测量方法, 提出一种符合实际应用的改进方法, 采用新的方法用 C 语言在计算机上进行了编程, 实现了判断编码算法的亚像元位移量在计算机上计算分析, 应用于 JPEG 编码, 并与 Jussi Lammi 的方法进行了比较, 得到了一致的结果。

关键词 编程图像分析 压缩 相关

中图分类号 TN919.81 **文献标识码** A

1 引 言

随着空间相机采集数据量的增大, 为了提高数据信息的实时性, 必须不断的提高数据信息传输码率, 因此, 数据图像编码技术已经成为研究的焦点。近几年数字图像编码技术在视频图像传输方面已经取得了很大进展, 但由于视频图像编码对恢复图像质量的评价主要取决于观察者视觉的效果, 所以对图像编码算法的评价基本以视觉主观感觉的权重较大, 而对图像的几何衰减考虑的相对较少。然而, 这一点在测绘空间相机的数字图像编码中就显得比较重要。因为测绘数字图像对图像的几何保真度要求较高, 因此就引出一个问题, 即如何从定量的角度计算和评价一种编码算法, 是否能保证不产生几何衰减或可将几何变化限制在一定范围之内。这个问题 Mikhail 和 Jussi Lammi 等已经针对 JPEG/DCT 编码进行了研究, 并且得到了较好的研究结果。本文在他们工作的基础上, 提出用相关点为基本点, 定量评价数字图像编码算法引起几何衰减的较为实用的方法, 并且用 C 语言在计算机上进行了编程计算实验, 经过与 Jussi Lammi 方法的比较, 得到了一致的结果。

2 数字图像的几何衰减

由于数字图像的几何质量在测绘图像中的重要性, 所以测量摄影对数字图像进行编码压

缩后产生的几何衰减特别关注。由图像编码压缩引起几何衰减主要反映在两方面:

- (1) 辐射质量下降, 引起测量目标不清晰;
- (2) 在行和列方向上存在像元的相对位移;

从总体上考虑, 尽管同一种算法应用于不同的图像可能效果有所不同, 但几何衰减主要与图像压缩的算法有关。由于无损图像编码压缩算法是一对一的图像恢复, 显然不存在解码图像几何质量问题。由此可知, 研究几何质量衰减的定量分析主要是针对有损图像压缩算法。

对于所有的有损图像编码算法, 都会由于编码压缩而引起像素值发生变化, 即引起辐射度质量的变化。同样在全局或局部范围内产生像元相对几何位移。Mikhail 等对基本 DCT 压缩编码进行了研究, 发现在压缩比达到 16:1 时, 测量到目标点相对位移二分之一像元。也就提出了有损数字图像编码算法引起亚像元位移的问题, 这里包含两层意义:

- (1) 有损图像编码引起几何衰减, 不仅在于像素值的变化, 而且有可能引起几何相对位置的变化;
- (2) 引起几何衰减与选择的编码算法以及压缩比有关;

显然, 此项研究对于数字图像编码算法及压缩比的选择是有实际应用价值的, 特别对于测绘图像编码处理单元的设计有着直接的实用意义。

3 编码几何衰减计算

数字图像编解码的基本流程如图 1 所示, 数字图像是二维函数 $F(x, y)$, 经过编码算法后, 输出图像压缩数据, 再经过解码恢复数字图像 $F'(x, y)$ 。

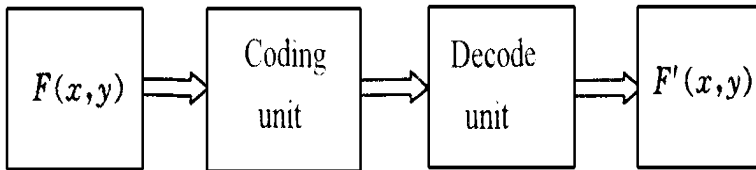


Fig. 1 Coding and decoding process of the digital image

3.1 像素值变化的评价方法

由上可知, 原数字图像 $F(x, y)$ 与恢复数字图像 $F'(x, y)$ 像素值的不同, 可用函数值的差来表示, 即 $\Delta F = F(x, y) - F'(x, y)$, 因此现在广泛采用峰值信噪比 (PSNR) 来计算像素值的变化情况。

$$PSNR = 10 \log \left[\frac{255^2}{(F(x, y) - F'(x, y))^2} \right] \quad (1)$$

由 (1) 式可知 PSNR 只能反映原图像与恢复图像对应点像素值的均方差值情况, 而不能反映图像内部特征是否发生相对几何位移变化, 因此, 数字图像亚像元的变化情况无法由 PSNR 给出。为此 Jussi Lammi 等从测量摄影的角度, 采用测量学的方法给出了估计数字图像亚像元位移量的方法。

3.2 图像特征测量法

Jussi 对亚像元位移的计算主要采用计算机辅助放大人工反复测量的方法。基本步骤如

下:

- (1) 选择具有线性特征的测试数字图像;
- (2) 分别在原图像和不同压缩比的恢复图像上, 选择容易产生像元位移的线性特征集合;
- (3) 借助图像放大软件及出图设备, 分别对原图像和不同压缩比恢复图像的线性特征进行反复测量, 得出精确的 x, y 值;
- (4) 分别计算出各图像线性特征集的平均线性特征;
- (5) 计算线性特征与平均线性特征像元的几何位置均方差 δ_0, δ_i (0 表示原图像 i 表示不同压缩比图像);
- (6) 分别比较 δ_0 和 δ_i , 得出在不同压缩比下的亚像元的相对位移量;

Jussi Lammi 应用上述方法对 JPEG 编码进行了测量和计算, 给出了 JPEG 编码在几种不同压缩比的情况下, 亚像元相对位移量, 并得出 JPEG 编码在压缩比小于 10: 1 时, 基本不产生相对亚像元位移。

尽管上述方法取得了良好的效果, 但此方法有如下缺点:

- (1) 因测量工具不同而影响最后结果;
- (2) 用有限和特定的图像特征, 评价编码算法对整个图像的编码效果, 将产生一定的误差;
- (3) 由于人工操作太多, 难于用软件实现, 因此效率低; 因此这种方法只限于针对性研究, 实际应用比较困难。

4 亚像元位移量估计改进方法及计算机编程图像实验

4.1 基本思想

由 3 可知, 亚像元相对位移量估计的中心思想是: 在原图像中先选定一个标准参考点, 然后在对应的解码图像上计算并确定与参考点相同或最相似点, 通过两点几何位置的差值, 给出亚像元相对位移量。尽管经过有损编码恢复图像与原图像对应的各点像素值, 都有可能发生变化, 而且每个参考点与恢复图像上的点已经不在一一对应, 但是局部图像的密度分布和像元之间的相关性依然保留, 因此在恢复图像不出现较大失真的情况下同原图像相近。依据编码的这一性质, 可以充分利用数字图像的像素值分布密度和像元之间的相关性, 应用统计试验法, 计算出亚像元相对位移量的均方值和最大值, 达到评价编码算法的目的。

4.2 亚像元相对位移量估计方法及计算机编程图像实验

4.2.1 数学表示形式

设原图像函数为 $F(x_i, y_i)$, 恢复图像函数 $F(x_i, y_i)$ (x_i, y_i 为正整数), 原图像上任取一参考点 (x_r, y_r) , 以 (x_r, y_r) 为中心, 取一个子域 D ; 对应的恢复图像上取子域 D , 那么对于点 (x_r, y_r) 的互相关系数 C 为:

$$C = \frac{\sum_{i,j} (F(x_i, y_j) - \bar{F})(F(x_i, y_j) - \bar{F})}{\sqrt{\sum_{i,j} (F(x_i, y_j) - \bar{F})^2} \sqrt{\sum_{i,j} (F(x_i, y_j) - \bar{F})^2}} \quad (2)$$

C 越接近于 1, 两个子域的相关性越好, 像元相对位移量越小。两个子域的密度中心 (x_c, y_c)

为:

$$X_c = \frac{\sum_{i,j} x_i F(x_i, y_j)}{\sum_{i,j} (x_i F(x_i, y_j) + y_j F(x_i, y_j))} \quad (3)$$

$$Y_c = \frac{\sum_{i,j} y_j F(x_i, y_j)}{\sum_{i,j} (x_i F(x_i, y_j) + y_j F(x_i, y_j))} \quad (4)$$

亚像元相对位移量为 (X_c, Y_c) , (X_c, Y_c) 两点的差值 d_k :

$$d_k = \sqrt{(X_c - X_c)^2 + (Y_c - Y_c)^2} \quad (5)$$

4.2.2 计算机编程实现估计方法的步骤

设原数字图像的尺寸为 $W \times H$, 那么亚像元相对位移量的估计方法如下:

- (1) 在 $[0, W], [0, H]$ 上产生均匀分布的随机数并计算出正整数坐标 (x_r, y_r) ;
- (2) 依据编码算法的具体情况确定子域窗口尺寸(大于 3×3);
- (3) 以 (x_r, y_r) 为中心, 构造原数字图像子域窗口, 由 (3) (4) 式计算子域密度分布中心 (X_c, Y_c) (X_c, Y_c 为实数);
- (4) 以恢复图像上的相应点 (x_r, y_r) 为初始点, x, y 轴为搜索方向, 在小于子域的范围, 由 (2) 式迭代计算, 寻找互相关系数最大的子域 D ;
- (5) 运用 (2) 式计算 D 的密度分布中心 (X_c, Y_c) ;
- (6) 由 (5) 式可得 d_k , ($k = S$ 样本总数), S 取值原则是保证各子域之和的覆盖面积大于图像面积的 $2/3$;

$$(7) \text{ 亚像元相对位移量的均方值 } d = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{k=1}^s d^2 k}, d_{\max} = \max\{d_k, k = 1, 2, \dots, s\};$$

如果对多幅数字图像进行上述估计, 就可以比较准确的评价编码算法引起的亚像元相对位移量数值, 达到选择高几何保真度编码算法的目的。

4.2.3 在计算机上对 JPEG 编码的应用实验

JPEG 的编码图像单元块 8×8 , 子域选为 8×8 , 运用顺序模式, 分别用压缩比 7:1, 15:1 进行编码, 评价结果如表 1。

Table 1 Comparison of sub-pixel related shifting pixel value

| CR | type | JussiLam mi s method | New method |
|-------|------|----------------------|------------|
| 7: 1 | Max | 0. 1 | 0. 1 |
| | Rmse | 0. 01 | 0. 0099 |
| 15: 1 | Max | 0. 40 | 0. 38 |
| | Rmse | 0. 02 | 0. 0198 |

5 结 论

改进方法可以方便的对任何图像编码算法进行评价, 并且具有多次重复验证的特点, 符

合实际图像处理应用需要。

参 考 文 献

- 1 Jussi L, Tapani S. Image compression by the JPEG algorithm. *Photogrammetric Engineering & Remote sensing*. 1996, 61(10): 1261 ~ 1266
- 2 Mikhail E M, et al. Detection and sub-pixel location of photogrammetric targets in digital images. *Photogrammetria*, 1993, 39(3): 63 ~ 83
- 3 Gray R M. Vector quantization. *IEEE ASSP Magazine*, 1984, 1(2): 4 ~ 29
- 4 Nasrabadi N M. King R A. Image coding using vector quantization: a review. *IEEE Trans Commun*, 1988, 36(8): 957 ~ 971

Analysis of Mapping Digital Coding Sub-pixel Shift

HE Bin, HAO Zhi-Hang

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

Abstract

According to Jussi Lammi's sub-pixel related shift measurement method, the novel method based on the sub-pixel shifting measuring method was proposed. The method was verified to fit practical application. The sub-pixel shift result from coding algorithm was estimated efficiently by new method and computed on C language program. This method was applied to JPEG algorithm and compared with Jussi Lammi's method, the identical results had gotten.

Key Words: Programming image analysis, Compression, Correlation

何 斌 男, 副研究员, 1990 年北京理工大学研究生毕业, 获硕士学位, 现在中科院长春光机所工作, 主要研究方向实时数字图像处理。