

文章编号: 2096-1618(2017)06-0609-04

一种改进的基于边缘加强超分辨率算法

陈光拓¹, 孙洋¹, 杜雨滔¹, 杨学博²

(1. 成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 电子科技大学, 四川 成都 611731)

摘要: 图像在采集传输过程中会产生退化, 退化主要分为视觉效果退化以及分辨率的退化。提出一种改进边缘加强的超分辨率算法, 对图像进行边缘估计以及自适应预加重插值, 利用小波方法处理生成文章中的算法得到的图像, 使得加强后的图像获得较好的视觉效果, 同时使加强后的图像的 PSNR 以及 MSE 优于其他此类算法。不仅使得图像更加接近于原图像, 还要消除因为插值导致低通带来的后果, 使图像更加清晰, 所以增加了梯度值的比较。从主观评价、客观评价 (PSNR、MSE、梯度) 验证了算法确实有更好的性能。

关键词: 超分辨率; 小波; 边缘估计; 边缘加强

中图分类号: TN911.73

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2017.06.007

图像处理领域范围广泛, 算法也是层出不穷。改善视觉效果是其主要目的之一。由于视频图像的采集以及传输过程中会出现退化, 超分辨率算法是改善退化方法之一^[1]。超分辨率算法有最大后验法 (MAP), 以及由 Sauer 和 Allebach 提出的凸集投影法 (POCS)。但是此类算法是基于多幅图像的处理方法; 基于学习的方法是用于处理固定的一类图像; 基于亚像元方法是由软件硬件协同的办法; 基于小波算法的超分辨率算法的提出很好地增强了单幅图像处理效果^[2]。但是无论什么算法对于图像的超分辨率重建是一个病态问题, 即利用相关像素点恢复其他未知像素点的值, 无论哪一种算法都会导致高频信息的损失, 所以对图像处理尽量增强其细节成分使其更加清晰。

1 超分辨率算法

图像的退化可以表示为^[3]。

$$Y = A \cdot B + N \quad (1)$$

Y 表示为退化后的图像矩阵, A 为使得图像降低视觉效果退化的矩阵, B 为使得图像分辨率降低的矩阵, N 为加性噪声。 B 矩阵相当于是一个低通滤波器, 使得图像失真。

图像的插值方法有最邻近插值法 (nearest interpolation)、双线性插值法 (bilinear interpolation)、双三次插值 (bicubic interpolation) 以及小波等方式。

2 本文算法

本文算法分为下面 3 个阶段, 第一个阶段为图像

的插值以及预处理, 第二部分为小波变换整理以及逆变换^[4]。第三部分为调整阶段。算法框架如图 1 所示。

- (1) 图像通过差值以及预处理模块得到预加重的超分辨率的图像, 图像中有过多的细节信息。
- (2) 再通过小波变化得到 (HH HL LH) 较高频的几个图像。
- (3) 通过这几个图像以及原图像 (LL) 经过小波反变换得到超分辨率图像。
- (4) 最后通过反伽玛校正得到本文的超分辨率增强的图像。

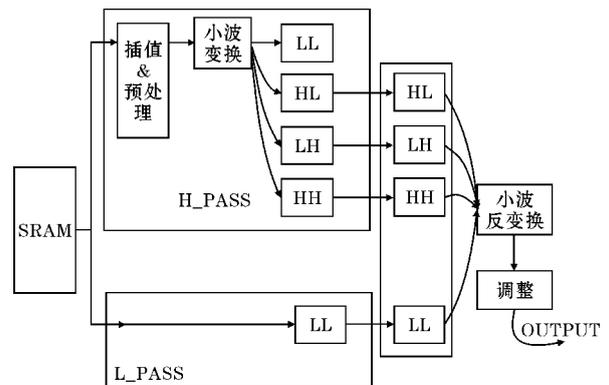


图1 算法框架图

2.1 图像的插值以及预处理

$$D_{edge} = \begin{cases} 1 & |D_{max}(i) - D_{min}(i)| > t \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad D(i) \in D_a(i) \quad (2)$$

利用式(2)进行边界估计。将图像分为边缘区、过渡区以及平滑区, 分别对这 3 个区域进行相对应的运算^[5]。

当 D_{edge} 为 0 时, 说明该像素点属于平滑区; 当

$D_{\max}(i)$ 为该像素点的值又 D_{edge} 为 1, 则说明该像素点处于边缘区; 当 $D_{\max}(i)$ 非该点像素值, D_{edge} 又为 1, 则说明该像素点处于过渡区, 如图 2 所示。

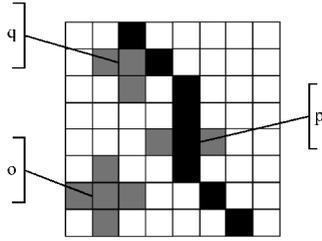


图 2 区域示意图

图中 q 代表的是过渡区, p 代表的是边缘区域而 o 代表的是平滑区。平滑区的高频分量较小, 边缘区的高频成分较多。

根据 sobel 算法思想得到边缘加强函数。利用所在的不同区域得到每个区域不同插值的值^[6]。利用边缘加强函数(式 3), 得到图像的细节图像部分。

$$E_{\text{edge}}(i, j) = \left(\begin{array}{l} (f(i+1, j) - f(i, j))^2 + \\ (f(i, j+1) - f(i, j))^2 + \\ (f(i-1, j) - f(i, j))^2 + \\ (f(i, j-1) - f(i, j))^2 + \end{array} \right)^{1/2} \quad (3)$$

最后利用边缘自适应加重的图像进行非线性插值。插值的核函数公式为

$$L = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ \frac{a \sin(\pi x) \sin(\pi x a)}{\pi^2 x^2} & 0 < |x| < a \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

用插值核函数来插值运算得到经过插值 & 预处理的图像。

$$D_H = \frac{1}{k_a} \sum_{b \in \Omega} (f(b) + \lambda_i E_{\text{edge}}) L(\|a - b\|_1) \quad (5)$$

L 为插值核函数, D_H 为高分辨率图像, a 为原图像的坐标位置, b 为插值以后的函数的坐标位置, E 为增强高频信息的成分。以此得到预处理图像。

这种插值的方式更细腻, 可以很好地还原超分辨率的图像, 但是其细节成分也有很大部分丢失。单纯利用这种方法提高超分辨率图像质量的能力有限, 所以需要添加高频细节成分。主要包括预加重时候自适应加强的部分以及下面介绍的小波变换, 也加入了更多的细节成分。

2.2 小波变换以及反变换

二维小波变换可以将图像分为几个不同频域的图像, 最低频率图像 LL, 最高频率 HH, 最后将 4 个频域中的低频图像利用原图像替换掉, 由于图像中仍旧保留较高频率的信息, 可以增强算法的信息量^[7]。

二维小波变换是通过将图像的行列进行一维小波

变换得到的。

$$WT_f(a_0^j, kb_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \varphi_{j,k}^*(t) dt = \langle f, \varphi_{j,k} \rangle \quad (6)$$

$$A \|f\|^2 \leq \sum_j \sum_k |\langle f, \varphi_{j,k} \rangle|^2 \leq B \|f\|^2 \quad (7)$$

$$f(t) = \frac{1}{A} \sum_j \sum_k WT_f(a_0^j, kb_0) \tilde{\varphi}_{j,k} \quad (8)$$

离散小波变换可以表示为公式(6)、(7)、(8), b_0 为离散化的平移因子, a_0 为离散化的尺度因子。小波分解后的图像重构需要满足公式的要求。图像就可以反变换为原图像。

这里利用 LL 低频部分利用原图像代替, 可以更好地增加图像的信息。所以将插值以及预处理后的图像进行反变换分成 4 个不同频域的图像, 再与原图像反变换。最后通过矫正得到超分辨率还原后的图像。

具体实现步骤:

步骤 1 图像插值以及预处理, 通过对图像的边缘划分, 以及对不同的区域(平滑区、过渡区、边缘区)做自适应相应的加权。

步骤 2 通过插值核函数对其插值, 得到预加重后的插值图像。

步骤 3 在经过小波变换得到(HH、HL、LH、HH) 4 个不同频率分量的图像。

步骤 4 利用较高频率的部分(HL、LH、HH)与原图像做反变换(原图像(LL)、HL、LH、HH)得到超分辨率图像。

步骤 5 最后通过反伽玛校正得到本文算法中最终的超分辨率图像。

3 图像评估

图像的质量可以分为几个方面: 如图像的逼真度, 逼真的程度以及偏差, 偏差越大说明图像质量越差。除此还有图像的可懂性, 即最终的感官要能对其分辨, 知道图像表达的内容。因此给出两种评价方法。第一种利用主观评价方式, 可以直观地看出图像的优劣, 但由于主观因素太强, 不适合定量的比较。所以第二种方法是利用客观方法包括均方差(MSE)以及峰值信噪比(PNSR)。除此之外本文算法优势是加强了边缘, 使处理后的图像更加清晰, 采用梯度这一参数来确定优势所在。虽然梯度大的图像未必更加接近超分辨率应有效果的图像, 只能说明其边缘较为突出, 但是在 MSE 以及 PNSR 这两个参数的约束下, 可以得出: 得到的图像不仅与超分辨率图像应有的效果接近而且边缘也更加明显。这也很好地说明该算法更好地解决由于插值过程中导致图像边缘更加圆滑、图像更加模糊的弊端^[8]。

将双线性插值、文献[4]算法及文献[5]中的算法

与本文提出算法进行主观比较,并利用均方差以及峰值信噪比进行客观比较。在 AMD A6-3430MX 处理器 4GB 内存平台采用 Matlab2014 完成算法实现。

图 3 为原始图像以及文献[4]方法得到的图像,可以从图中看出文献[4]方法得到的图像比较平滑,细节并不突出,不能很好得到其细节。



图 3 原图像及经过文献[4]算法的图像

图 4 为改进的算法,可以看到图中边缘比图 3 更清晰。图 5 为再次经过改进的最终算法,更加清晰,比起前两种方法更好地恢复了图像的细节成分,使得所得到的超分辨率图像有良好的视觉效果。



图 4 AIW 算法处理图像



图 5 文中算法处理的图像

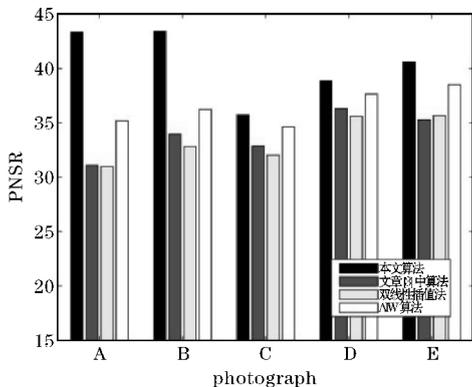


图 6 PSNR 对比图

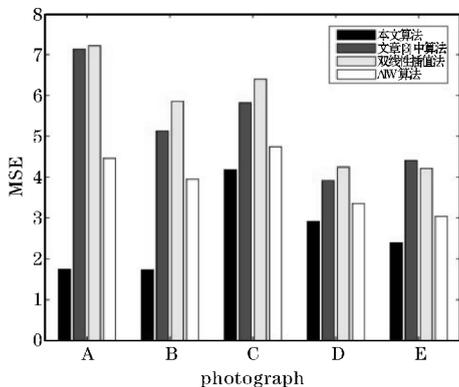


图 7 MSE 对比图

从实验结果(图 6、7)分析可以得出,本文的算法得到了较好的 PSNR 以及 MSE。A、B、C、D、E 5 幅图像中本文的算法比其他算法 PSNR 较高,同时 MSE 较低,说明了本文的算法确实得到了较好的效果。利用双线性插值法得到的图像虽然算法简单、实现起来较为方便,但是可见结果却是几种算法中最差的,文章中的算法得到的结果比双线性插值好一些。AIW 算法有了较明显的提升,本文算法提升更大。

综上所述,主观角度来看本文算法有更加清晰的细节,同时有较好的视觉效果。客观角度上本文算法得到了较好的结果。

由于插值算法可以看作一个低通滤波器,使得高频分量被滤掉。

可以看出邻近差值与双线性插值两个算法,由双线性插值于增加其细腻程度使梯度值降低,但是从 MSE、PSNR 对比邻近差值的效果要弱于双线性插值的效果,但是图像的清晰程度变低,使图像模糊。可以说双线性插值是牺牲了图像的细节情况使图像更接近采样前的图像。

由于本文的图像经过增强、小波算法使图像中有用的信息更加充裕,图像更加清晰,所以除了 MSE 以及 PSNR 参数添加了梯度的参数验证其高频成分,从图 7 可以看出本文算法的梯度值大于其他方法。

又由于本文算法 PSNR、MSE 优于其他几种方法,图像更加接近超分辨率的图像。同时由于本文的梯度值较大也说明本文保留了更多的细节成分,所以本文得到了更加清晰的图像。

4 结束语

主要介绍并比较了一些超分辨率算法,并且分析得到一种新的基于小波运算的超分辨率算法。

根据原有小波超分辨率算法,经过图像的预处理,利用分块化的方式得到图像的边缘区、过渡区及平滑区,分别对其自适应处理,得到预增强的图像。再利用小波运算,利用原图像作为小波域中的 LL 部分增加了图像的信息。以此更好地解决了图像由于插值过程中的低通特性,使图像清晰程度有所增强,更加接近图像本身应有的细节。经验证本文在单幅图像处理的结果较为理想,在工程应用中有很广阔的前景。

对比几种不同插值方法的 PSNR、MSE。除此之外由于本文优点为增加其细节,抵消掉因为插值导致低通带来的后果,使其更加清晰。所以增加了梯度值的比较,在图像更加趋近于超分辨率应有的图像效果以外使图像更加清晰。

参考文献:

[1] 钟宝江,陆志芳,季家欢. 图像插值技术综述

[J]. 数据采集与处理,2016,31(6).

[2] 刘刚,戴明. 基于区域分割自适应的超分辨率算法[J]. 微电子学与计算机,2012,29(1),76-79.

[3] 汤晓莉,韩睿,郭若杉. 基于边缘指导的快速动态超分辨率算法[J]. 微电子学与计算机,2016,10:167-172.

[4] P. B. Chopade Image super resolution Scheme based on wavelet transform and its performance analysis [C]. International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA2015).

[5] 詹曙,方琪. 边缘增强的多字典学习图像超分辨率重建算法[J]. 光电工程,2016,43(4):40-47.

[6] 赵阳,李国林,谢翔,等. 一种邻域嵌入超分辨率算法[J]. 微电子学与计算机,2017,34(2):10-14.

[7] 华书娜,王培康,朱高. 基于聚类和高斯过程回归的超分辨率重建[J]. 微电子学与计算机,2012,29(10):26-29.

[8] Yasutaka Matsuo. Wavelet domain image super-resolution from digital cinema to ultrahigh definition television by dividing noise component [C] Visual Communications & Image Processing,2012:1-6.

An Improved Super Resolution Algorithm based on Edge Enhancement

CHEN Guang-tuo¹, SUN Yang¹, DU Yu-ming¹, YANG Xue-bo²

(1. College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: During the process of image acquisition, the image will be degraded. The degradation can be divided into visual degradation and resolution degradation. We propose an improved super-resolution algorithm for edge enhancement in this paper, we firstly make edge estimation for image and then have adaptive pre-weighting interpolation, the wavelet method is used to deal with the image generated by the algorithm lastly. The enhanced image can obtain better visual effect, and the PSNR and MSE of the enhanced image are superior to other algorithms. This paper not only needs to make the image closer to the original image, but also eliminates the consequence of low pass caused by interpolation and makes the image clearer. So adding the comparison of gradient values. From subjective evaluation, objective evaluation (PSNR, MSE, gradient), it is proved that the algorithm has better performance.

Keywords: super resolution; wavelet; edge enhancement; interpolation