

# 一种改进的超分辨率算法

王明佳

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033.)

**摘要:** 利用多帧低分辨率图像重建一幅高分辨率图像成为迫切需要解决的难题, 传统基于插值的超分辨率算法的发展受到了限制。本文基于重建方法, 根据低分辨率图像帧间运动参数, 提出了合理的权重分配算法。实验结果表明, 图像超分辨率重建取得了良好效果。

**关键词:** 超分辨率; 图像处理; 最大后验概率

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.3788/OMEI 20102710.0073

## An Improved Super-resolution Reconstruction Algorithm

WANG Ming-Jia

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** To reconstruct a super-resolution (HR) image by a series of low-resolution (LR) image has become a problem recently, traditional method based on the interpolation has been restricted. A super-resolution reconstruction algorithm is proposed in this paper, which makes certain the power coefficient according to the moving parameter between LR images. Experiments demonstrate that image reconstruction by this method get a better result in comparison with the traditional method.

**Keywords:** super-resolution; image processing; maximum posteriori

## 1 引言

在图像采集与处理过程中, 许多因素会导致图

像分辨率下降, 主要表现为模糊、变形和噪声。要获得高分辨率图像, 最直接的方法是采用高级光学系统和提高图像传感器的分辨率, 但由于传感器和

光学系统制造工艺和成本的限制,在一般场合中难以得到使用。另一方面,成像系统受其传感器阵列密度限制,目前已经接近极限。解决该问题的有效途径是采用基于信号处理的软件方法提高图像的空间分辨率,即超分辨率图像重建,其核心思想是用时间带宽换取空间分辨率,实现时间分辨率向空间分辨率的转换,利用一帧或者多帧低分辨率图像,通过相应算法来获得一幅清晰的高分辨率图像。重建后的超分辨率图像在视觉效果上超过任何一帧低分辨率图像,超分辨率意味着图像具有高像素密度,可以提供更多的细节。这种方法的优点是不涉及硬件,成本低,是一种比较经济的方案。

随着现代技术的发展,许多场合都迫切需要超分辨率图像,例如遥感卫星拍摄地面图像,受距离限制图像分辨率较低,为提高图像分辨率需要采用超分辨率技术;医学成像领域,超分辨率图像能够产生更多重要的细节信息,辅助医生做出正确诊断;交通管理领域,超分辨率技术可以对车牌号码更加清楚地识别;此外,超分辨率技术在互联网图像传输中的图像复原方面也有着重要的作用。以上应用表明,迫切需要对超分辨率技术进行深入研究。

超分辨率技术是由 Tsai 和 Huang<sup>[1]</sup>在 1984 年提出的,至今已出现多种超分辨率算法。目前,图像超分辨率研究可分为 3 个主要范畴:基于插值、基于重建和基于学习的方法。其中,基于重建方法的研究最广泛,这类方法假定超分辨率图像在适当的变形、平移和下采样及噪声共同作用下,利用多帧低分辨率图像作为数据一致性约束,并结合图像先验知识进行求解。基于重建的方法主要包括迭代反向投影法 (IBP)、最大后验概率方法 (MAP)、凸集投影法 (POCS) 和正则化法。其中最大后验概率方法是目前应用比较成功的方法,该方法的实现过程包括两大部分:配准和重建,配准是获得当前帧低分辨率 (LR) 图像与参考帧低分辨率图像之间的亚像素精度的相对运动;重建是利用先验知识,对超分辨率图像优化求解。

## 2 超分辨率系统模型

对于同一幅图像可以认为,低分辨率图像是由高分辨率图像经过旋转平移运动、模糊处理、下采样抽点等一系列变换得到的,以上变换从数学角度可以用矩阵变换表示。低分辨率图像与高分辨率图像之间的矩阵变换如公式 (1) 所示:

$$y_k = DB_j M_{k,j} z + n_j, 1 \leq j, k \leq p \quad (1)$$

式中:  $P$  为图像序列帧数,  $z$  为待求的超分辨率图像;  $y_k$  为第  $k$  帧观察到的低分辨率图像,  $n_j$  为第  $k$  帧低分辨率图像中附加的噪声,  $M_{k,j}$  为第  $k$  帧和第  $j$  帧低分辨率图像的运动矩阵,  $B_j$  为模糊矩阵,  $D$  为下采样矩阵。

根据式 (1), 求解超分辨率的过程可以分解成以下几个步骤: (1) 精确求取低分辨率图像之间平移、旋转、缩放运动矢量, 并使用插值方法近似获得高分辨率图像的运动矢量; (2) 获得低分辨率图像的模糊矩阵矢量; (3) 求取低分辨率图像的下采样矩阵; (4) 获取噪声矩阵。

## 3 配 准

运动估计和配准是超分辨率重建中的一个重要环节, 只有精确求出图像之间的运动偏移量, 才能保证后续图像重建的可靠性。由于 LR 图像序列中各帧图像采集的时间不同, 图像之间发生不同形式的运动, 采用二维运动模型, 确定表征图像帧间的平移、旋转和变焦运动, 这种图像之间的运动关系可表征为:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} = s \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_j \\ Y_j \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中,  $(X_i, Y_i)$  和  $(X_j, Y_j)$  是在时间  $t_i$  和  $t_j$  时两帧图像的坐标,  $(\Delta X, \Delta Y)$  是在参考帧图像坐标系下测得的平移矢量,  $\theta$  表示两帧图像的旋转角度,  $s$  是变焦系数。通过带入  $N$  个匹配的特征点可以得到一个线性方程<sup>[3]</sup>, 通过求解线性方程组可以求取 4 个未知量  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $s$  和  $\theta$ 。为精确求取图像帧间运动量, 初步计算配准参数之后, 根据运动参数将图像划分

为9个区域,求取两帧图像之间每个子区域的运动参数,从而提高图像间的配准精度。

## 4 图像重建算法

### 4.1 最大后验概率方法 (MAP)

LR 图像的全集表示为  $y=[y_1^T, y_2^T, \dots, y_p^T]^T$ , 假定观测 LR 图像为  $y$ , 通过 MAP 方法最终实现的高分辨率图像为  $z$ , 这个预测值可以表示为:

$$\hat{z}=\arg \max _{p}(z / y) \quad (3)$$

应用贝叶斯定律,公式(3)可以转化为:

$$\hat{z}=\arg \max _{p} \frac{p(z / y) p(z)}{p(y)} \quad (4)$$

式中  $p(y)$  是常数,可以认为 LR 图像之间相互独立,得到公式 (5):

$$\hat{z}=\arg \max _{p}\left[\sum_k \log p\left(y_k / z\right)+\log p(z)\right] \quad (5)$$

我们假定噪声为零均值的高斯白噪声,最大后验概率可以表示为:

$$\hat{z}=\arg \max _{p}\left\{\sum_k\left[\left\|y_k-A_k z\right\|^2+\lambda I(z)\right]\right\} \quad (6)$$

式 (6) 中,  $\sum_k\left\|y_k-A_k z\right\|^2$  是数据信任度,由系统的噪声统计量确定,  $\lambda I(z)$  由图像的先验知识确定。

### 4.2 权重系数分配

$N$  帧 LR 图像重建超分辨率图像,选取不同图像作为参考帧图像,不同图像重建赋予权重系数,重建图像结果明显不同。按照公式 (2),计算两帧图像的旋转和变焦系数  $s_{ij}$  和  $\theta_{ij}$ 。

$$\gamma_i=\sum_{j=1}^{n-1} s_{ij}+\theta_{ij} \quad (7)$$

式 (7) 中,  $1/\gamma_i$  表示第  $i$  帧图像的差异系数,利用公式 (8) 进行归一化,获得图像重建的权重分配系数  $w(z)$ 。

$$w(z)=\frac{1 / \gamma_i}{\sum_{i=1}^n\left(1 / \gamma_i\right)} \quad (8)$$

对公式 (8) 权重分配系数进行分析,当该图像

与其它帧图像旋转角度越小、变焦程度越小时,该图像更逼近原始图像,则认为该幅 LR 图像重建的可靠性越高,该幅 LR 图像在超分辨率重建时获得的权重系数越大。

## 5 实验

为了验证本文方法的图像重建效果,采用下面一组图像处理数据进行比较分析。图 1 中,(a)为原始图像,(b)为下采样图像序列中的一幅图像,(c)是利用 GMRF 方法进行重建的图像,(d)为利用本文方法进行超分辨率重建的图像。



图 1 超分辨率重建效果图

通过比较图 1 中的图像可以看出,经过数据下采样后,LR 图像数据变得模糊;采用 GMRF 方法 LR 图像重建,图像马赛克现象得到缓解;利用本文方法重建后的图像,细节更清晰。

## 6 结论

本文采用最大后验概率算法进行超分辨率图像重建,提出根据图像变异程度不同赋予不同权重系数。通过与传统 GMRF 图像重建算法进行比较,结果证明利用本文超分辨率重建算法得到的图像细节更加清晰,变换后的图像更接近图像的原始面貌。

## 参考文献

- [1] TSAI R Y, HUANG T S. Multiframe image restoration and registration[J]. *Advances in Computer Vision and Image Processing*, 1984(1): 317-339.
- [2] Zhang Liangpei, Zhang Hongyan. A super-resolution reconstruction algorithm for surveillance images [J]. *Signal Processing*, 2010: 848-859.
- [3] 钟平, 于前洋, 金光. 基于特征点匹配技术的运动估计及补偿方法[J]. *光电子·激光*, 2004, 15(1): 73-77.
- [4] 浦剑, 张军平, 黄华. 超分辨率算法研究综述[J]. *山东大学学报*, 2009, 39(1): 1-6, 67.
- [5] 喻继业, 吴炜, 滕奇志, 等. 基于图像类推的遥感图像超分辨率技术[J]. *计算机应用*, 2010, 30(1): 61-64, 67.

作者简介: 王明佳 (1976-), 男, 汉族, 黑龙江铁力人, 博士, 副研究员, 2006年于中科院长春光机所获得博士学位, 从事图像处理与目标跟踪研究。E-mail: wmjstar@163.com

## 《中国光学与应用光学》征稿启事

《中国光学与应用光学》, 双月刊, A4开本; 刊号: ISSN 1674-2915 /CN22-1389/O4; 国内外公开发行业; 邮发代号: 国内12-140, 国外BM6782。

★中国科技核心期刊

★中国光学学会光电技术专业委员会会刊

★中国学术期刊 (光盘版) 源期刊

报道内容: 基础光学、发光理论与发光技术、光谱学与光谱技术、激光与激光技术、集成光学与器件、纤维光学与器件、光通信、薄膜光学与技术、光电子技术与器件、信息光学、新型光学材料、光学工艺、现代光学仪器与光学测试、光学在其他领域的应用等。

发稿类型: 学术价值显著、实验数据完整的原创性论文; 研究前景广阔, 具有实用、推广价值的技术报告; 有创新意识, 能够反映当前先进水平的阶段性研究简报; 对当前学科领域的研究热点和前沿问题的专题报告; 以及综合评述国内外光学技术研究现状、发展动态和未来发展趋势的综述性论文。

特别关注: 本刊目前已和美国光学学会 (OSA) 达成合作意向, 将于近期与其合作办刊。因此, 本刊将优先发表用英文撰写的内容新颖、可读性强的学术论文。

欢迎投稿、荐稿, 洽谈合作。

主管单位: 中国科学院

主办单位: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

编辑出版: 《中国光学与应用光学》编辑部

投稿网址: <http://chineseoptics.net.cn>

邮件地址: [chineseoptics@ciomp.ac.cn](mailto:chineseoptics@ciomp.ac.cn)

[gxyygx2007@126.com](mailto:gxyygx2007@126.com)

联系电话: 0431-86176852; 0431-84627061

传 真: 0431-84613409

编辑部地址: 长春市东南湖大路3888号 (130033)