

## ◎工程与应用◎

# 基于BP神经网络的遥感图像超分辨率重建

丁海勇<sup>1,2</sup>, 卞正富<sup>1</sup>DING Hai-yong<sup>1,2</sup>, BIAN Zheng-fu<sup>1</sup>

1.中国矿业大学 环测学院,江苏 徐州 221008

2.山东农业大学 信息学院,山东 泰安 271018

1.School of Environment and Spatial Informatics of CUMT, Xuzhou, Jiangsu 221008, China

2.College of Information, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China

E-mail: hyongd@163.com

DING Hai-yong, BIAN Zheng-fu. Remote sensed image super-resolution reconstruction based on BP neural network. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(1): 171-172.

**Abstract:** A BP neural network is used to reconstruct a high spatial resolution remote sensed image from low spatial resolution images sequences. The procedure was introduced and the algorithm was verified by means of the experiment datum.

**Key words:** neural network; super-resolution; remote sense; interpolation

**摘要:**介绍了一种利用BP神经网络由低空间分辨率遥感图像序列重建得到一幅较高空间分辨率图像的算法。给出了重建过程,并且通过实验数据对算法进行了验证。

**关键词:**神经网络;超分辨率;遥感;插值

**文章编号:**1002-8331(2008)01-0171-02 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP751

## 1 引言

超分辨率重建是指由一系列低分辨率图像,利用一定的算法重建出一幅较高分辨率图像的技术。由于现有的光学传感器的限制,以及大气扰动、图像传输噪声等方面的影响,所获得的图像中存在着混叠、模糊的现象,使得图像的分分辨率较低<sup>[1-3]</sup>。但是,实际应用中需要较高空间分辨率的图像,如军事侦察、交通管理、车牌号码识别、土地利用管理的方面。现有的技术条件下,光学传感器的分辨率提高不大,并且价格昂贵不易实现,因此,人们提出了利用已有的同一场景的低分辨率图像序列来得到高分辨率图像的超分辨率重建技术。利用多帧图像序列进行超分辨率重建,要求在多帧图像中存在互补性信息,才能使重建后图像的质量超过每一帧低分辨率图像的质量。

Tsai 和 Huang 在 1984 年首先提出了超分辨率重建的概念<sup>[4]</sup>,并给出了基于频率域的超分辨率重建算法。此后的 20 年中,超分辨率重建技术有了较快的发展,形成了频率域、空间域的两个不同类型的重建算法。频率域算法建立在图像整体平移的基础上,对局部的平移变换不易表达,并且不能附加各种先验信息。这些缺点的存在限制了它的发展。空间域重建算法易于附加先验信息,求解方式较为灵活,易于处理局部的平移、旋转等方面的优点,得到了快速的发展,提出了许多有效的算法,如迭代后向映射算法、凸集投影算法、最大后验概率算法、极大

似然算法、共轭梯度迭代算法、基于概率论和集合论的算法等<sup>[5-8]</sup>。近年来,神经网络技术也被发展用来进行数字图像处理,取得了较好的效果<sup>[9-14]</sup>,本文利用BP神经网络结合双立方插值方法对遥感图像的超分辨率重建进行了研究,实验结果表明该方法具有较好的效果。

## 2 超分辨率重建模型和神经网络结构

### 2.1 超分辨率模型

超分辨率重建的数学模型可以表述为:设  $y_k(k=1, \dots, p)$  为  $p$  幅观测到的低分辨率图像,  $x$  为待重建的高分辨率图像。 $y_k$  是由  $x$  经过欠采样、模糊、附加噪声等过程得到的,即

$$y_k = H_k x + n_k, k=1, \dots, p \quad (1)$$

其中  $H_k$  表示图像质量退化过程,  $n_k$  为附加噪声。

由  $p$  幅低分辨率图像来估计高分辨率图像  $x$  的过程是一个病态问题,需要估计出图像间的相对位移、旋转角度等参数。实验中可以先设定各种参数以形成低分辨率图像序列,然后设计重建算法来得到高分辨率图像。对于实际观测到的低分辨率图像序列,可采用其中一幅图像作为基准图像,求出其他图像相对于该图像的运动参数,然后利用参数实现图像的配准,最后超分辨率重建得到高空间分辨率的图像。

**基金项目:**江苏省社会发展基金(No.BS2003010);国家教育部新世纪人才支持计划(the New Century Excellent Talent Foundation from MOE of China under Grant No.NCET-04-0487)。

**作者简介:**丁海勇(1974-),男,讲师,博士研究生,研究方向:遥感图像处理;卞正富(1965-),汉,教授,博士生导师,研究方向:矿区土地复垦与生态重建,遥感图像处理。

### 2.2 神经网络结构

神经网络的研究工作始于 20 世纪 40 年代 Warren McCulloch 等人的工作,他们证明了人工神经网络可以计算任何算术和逻辑函数。经过数十年的发展,不同的神经网络模型和算法被提出,如感知器模型、BP 网络模型、Hopfield 网络等。近十几年来,神经网络在图像处理领域有了较大的发展,如用于图像分类、图像插值、子像元分类等。BP 神经网络是研究得较多并且应用最为广泛的一种神经网络,一个三层网络的结构如图 1 所示。

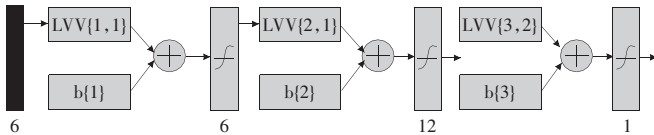


图 1 三层 BP 神经网络结构图

多层网络中某一层多输出成为下一层多输入,即  $a^{m+1} = f^{m+1}(W^{m+1}a^m + b^m), m=0, 1, \dots$  (2)

### 3 重建算法和实验分析

本文采用徐州市某地的 TM 多光谱图像中的部分子图像作为低分辨率图像序列,选用三层 BP 神经网络来模拟重建过程。先对 TM 图像利用双立方插值算法得到放大后的图像序列,这种放大过程不能称为超分辨率重建,因为图像中的信息量没有增加,像素的空间分辨率没有提高。采用其中一幅图像作为训练目标,其余图像形成的特征向量作为输入向量,如图 2 所示。

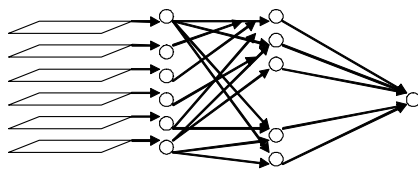


图 2 BP 神经网络输入输出图

BP 神经网络的输入层有六个神经元,中间隐层有 12 个神经元,输出层有一个神经元,表示所获得的重建图像上对应点的像素,计算过程为:

- (1)将 6 幅 TM 图像由整型数据转换为双精度数据格式;
- (2)将变换后的 TM 图像进行双立方插值,得到放大后的图像序列;
- (3)采用 TM1 作为目标图像,所有图像形成的向量作为训练向量;
- (4)设置迭代次数和目标值,将目标向量和训练向量输入网络进行训练;
- (5)利用训练好的网络对所有图像序列形成的向量进行仿真,得到重建后的图像。

实验结果采用均值、标准差、熵、峰值信噪比作为评价指标,作为对比,同时给出双线性插值、双立方插值后图像的均值、标准差、熵和峰值信噪比。峰值信噪比定义为:

$$PSNR = 10 \cdot \lg \frac{255^2}{\frac{1}{MN} \sum \sum [f(i,j) - g(i,j)]^2} \quad (3)$$

图 3 给出的是原始图像中的一帧以及本文方法重建后的图像、双线性插值图像和双立方插值后的图像也给出了。从视觉效果来看,本文提出的方法在图像的局部区域更为清晰。

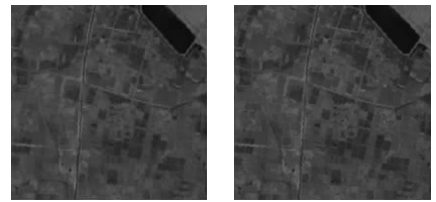


图 3(a)原始图像 图 3(b)双线性插值图像

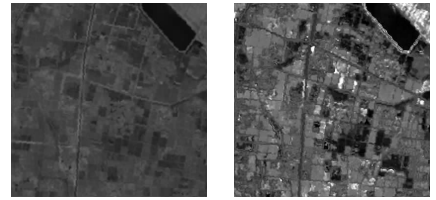


图 3(c)双立方插值图像 图 3(d)超分辨率重建图像

表 1 给出的是 4 幅不同图像的均值、方差、熵、信噪比的比较。重建后的图像的清晰度增加,所含信息量明显增大。而插值方法得到的图像的均值、标准差、熵都没有明显变化,说明图像中的信息没有显著增加。重建后的图像的均值、熵大于原始图像的均值和熵,信噪比略大于原始图像都信噪比。

表 1 重建算法与插值算法效果比较

	均值	标准差	熵	信噪比
原始图像	63.566 2	7.329 5	5.747 2	24.077 0
双线性插值	63.549 6	7.152 9	5.675 2	24.076 2
双立方插值	63.500 0	7.271 3	5.726 0	24.077 4
重建图像	84.841 1	9.741 0	7.081 7	24.200 3

### 4 结论

BP 神经网络在进行超分辨率图像重建方面具有卓越的性能,如可以明显提高重建后图像的信噪比,图像的质量较好。同时也存在着训练时间太长的缺点。训练过程中,目标向量的选取对网络权值对确定有一定的影响,进一步影响了重建后图像的质量。可以选取同一地区的高分辨率的 SPOT 全色图像作为训练目标,来提高重建图像的空间分辨率。

(收稿日期:2007 年 8 月)

### 参考文献:

- [1] 梅安新.遥感导论[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [2] 汤国安,张友顺,刘咏梅,等.遥感数字图像处理[M].北京:科学出版社,2004.
- [3] 徐青,张艳,耿则勋,等.遥感影像融合与分辨率增强技术[M].北京:科学出版社,2007.
- [4] Tsai R T, Huang T S. Multiframe image restoration and registration[J]. Advances in Computer Vision and Image Processing, 1984, 1: 317-319.
- [5] Irani M, Peleg S. Improving resolution by image registration[J]. CVGIP Graph Models Image Process, 1991, 53(3): 231-239.
- [6] Patti A J, Sezan M I, Tekalp A M. Superresolution video reconstruction with arbitrary sampling lattices and nonzero aperture time[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6(8): 1064-1076.
- [7] Schultz R R, Stevenson R L. Extraction of high-resolution frames from video sequences[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1996, 5(6): 996-1011.

(下转 182 页)