

图像恢复

神经网络

图像处理

盲图像

(19)

计算机科学2000Vol 27No. 1

67-68

## 基于神经网络的盲图像恢复

The Restoration of Blind Images Based on Neural Networks

冯久超 黄海东

(西南师范大学物理系 重庆 400715)

TP391.41

**Abstract** Based on the part prior knowledge of the original image, a blind restoration method for the degraded image is presented in this paper. The approach includes two main steps, namely, the estimation of the point spread function of the degraded image and the restoration by using Hopfield neural networks. A cycling procedure is used for the estimation and the restoration in order to obtain the restoration image of the higher quality. The simulation results indicate that the method is effective for the badly degraded image with less quantisation noise.

**Keywords** Image restoration, Hopfield neural networks, Point spread function

## 1 引言

图像恢复是图像处理学中的一个重要领域,其主要目的是利用退化图像的某种先验知识来重建或恢复原图像<sup>[1]</sup>。图像的退化模型可表示为:

$$Y = HX + N \quad (1)$$

其中  $Y$  为退化图像,  $H$  为退化模型的点扩展函数,  $X$  为原始图像,  $N$  为加性高斯白噪声。

针对上面的模型,现有的图像恢复算法<sup>[2]</sup>,大都假设退化系统的点扩展函数是已知的。然而,退化系统往往很复杂,我们无法预先知道退化系统的点扩展函数,因而限制了图像恢复方法的实际运用。为此,本文从退化图像入手,利用退化图像的部分先验知识,进行图像恢复。其主要思想是基于图像的部分先验知识估计点扩展函数,并用 Hopfield 神经网络<sup>[3,4]</sup>进行图像恢复。

## 2 基于神经网络的图像恢复

## 2.1 点扩展函数的估算

设 Hopfield 神经网络中每个神经元之间均相互连接,  $T_{ij}$  为神经元  $i$  与神经元  $j$  之间的连接权 ( $T_{ii} = T_{jj}, T_{ii} = 0$ ), 第  $i$  个神经元的输入为:

$$u_i = \sum_{j=1}^m T_{ij} V_j + I_i \quad (2)$$

其中,  $I_i$  为神经元  $i$  的自偏置量,  $V_i$  是第  $i$  个神经元的输出:

$$V_i = g(u_i) = \begin{cases} V_i + 1 & u_i > 0 \\ V_i - 1 & u_i < 0 \\ V_i & u_i = 0 \end{cases} \quad (3)$$

该网络的能量函数<sup>[5]</sup>为:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j T_{ij} V_i V_j - \sum_i I_i V_i \quad (4)$$

为了利用 Hopfield 网络的能量极小化过程,我们可以把图像恢复定义为有约束的误差函数最小化问题<sup>[3,4]</sup>:

$$E = \frac{1}{2} \|Y - H \hat{X}\|^2 + \frac{1}{2} \Delta \|D(\hat{X})\|^2 \quad (5)$$

式中  $D$  为 Laplace 算子,  $\| \cdot \|$  为二次范数,  $\hat{X}$  为估算图像,  $\Delta$  为常数。由 (4) 式及 (5) 式便可以求出  $T$  及  $I$ , 从而获得恢复图像。不幸的是这种方法的前提是要知道退化系统的点扩展函数,下面将用神经网络来进行估算。

设退化函数的窗口为  $k \times k$ , 则 Hopfield 网络的神经元数目为  $k^2$ , 该网络的能量函数<sup>[5]</sup>为:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^m \left( y_p - \sum_{i=1}^{k^2} x_{p,i} h_i \right)^2 \quad (6)$$

其中  $y_p$  ( $p=1, 2, \dots, m$ ) 为退化图像中的模糊样本,  $x_{p,i}$  为所需知道的第  $i$  个 (共  $m \times k^2$  个) 原图像值。根据 (4) 及 (6) 式可计算出  $T$  和  $I$ , 从而可以估算出点扩展函数。这样估计点扩展函数的步骤为:

- (1) 输入退化图像并置神经元初值;
- (2) 计算  $T$  和  $I$ ;
- (3) 顺序访问各个神经元, 并调整神经元的状态;
- (4) 检查能量函数。如果能量函数的变化小于给定

冯久超 副教授, 主要从事信号和图像处理及通信等方面的研究工作。

的阈值,则停止迭代,否则回到(3)进行下一次迭代。

## 2.2 恢复算法

如果只有退化图像,而没有一点关于原始图像的先验知识,要进行图像恢复几乎是不可能的。一般所了解的原始图像的先验知识有:图像中存在有锐边缘的对比强烈的物体,或图像的一部分真值点等。这里所采用的先验知识是了解一部分图像的原始像素值,在获得一部分退化图像像素值和与之相关的原始图像像素值后,就可以估算出  $H$ ,在此基础上,通过迭代,使恢复图像逼近原图像,其算法步骤为:

- (1)输入退化图像及先验知识;
- (2)选择部分退化图像及其估计值;
- (3)估算点扩展函数;
- (4)计算恢复图像并进行评估;
- (5)若结果不满意又从(2)开始循环,直到满意为止。

其中对恢复图像是通过网络的能量函数进行评估的:

$$E_n = \frac{1}{2} \|Y - H_n X_n\|^2 + \frac{1}{2} \Delta \|D(X_n)\|^2 \quad (7)$$

式中  $H_n$  和  $X_n$  分别是第  $n$  次迭代所估计的退化函数和恢复图像。

## 3 实验结果

本文所采用的原始图像如图1所示,相应的模糊图像是图2,其退化矩阵为:

$$H_1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{bmatrix}$$

图2的 PSNR 是25.86dB。用盲恢复算法得出的结果如图3所示,其 PSNR 是30.23dB。可以看出盲恢复算法不仅在主观上取得了较好的效果,而且客观上(PSNR)也有好的效果。不过,应注意到由于多次迭代对噪声有一定的放大作用<sup>[5]</sup>,所以该算法适用于存在较小噪声的退化图像的恢复。



图1 原始 Barbara 图像



图2 退化 Barbara 图像



图3 被恢复的 Barbara 图像

**结论** 在已知退化图像点扩展函数的情况下,可以把图像恢复视为有约束误差函数的最小化问题。事实上,我们在实际中常常不知道退化图像的点扩展函数,为此,本文基于退化图像的部分原始像素值,利用 Hopfield 神经网络估算退化图像的点扩展函数,并通过多次迭代逼近原始图像。仿真的结果表明对于退化严重而量化噪声较小的图像恢复,这种盲恢复算法是有效的。

## 参考文献

1 徐建华. 图像处理与分析. 科学出版社, 1992

- 2 余英林. 数字图像处理基础. 华南理工大学出版社, 1994
- 3 Hopfield J J. Neural networks and physical systems with energetic collective computational abilities. Proc. Natl Acad. Sci., 1982, 79: 2554~2558
- 4 张立明. 人工神经网络的模型及其应用. 复旦大学出版社, 1992
- 5 Zhou Yi-Tong, et al. Image Restoration Using a Neural Network. IEEE Trans., ASSP, 1988, 36(7): 1141~1151