

# 一个基于知识的边沿提取算法

应 骏 叶秀清 顾伟康

(浙江大学信息与智能系统研究所, 杭州 310027)

**摘要** 描述了神经网络的非线性能力, 提出边沿提取的神经网络应用新算法。在理解 Marr 算子意义的基础上, 将 Marr 特征融入神经网络结构, 提高该算法的整体性能。同时, 对不同边沿提取算法在不同噪声环境下进行比较, 结果表明, 新算法的网络结构具有较强的抗噪声能力, 可以在实际环境的机器人视觉领域得到很好的应用。

**关键词** 边沿提取 神经网络 计算机视觉 Marr 特征

## 0 引言

边沿提取是计算机视觉预处理中重要的一环, 边沿提取的定位准确度和精度直接影响到整个系统的性能好坏。由于在人类视觉中一个物体的边沿缺乏确切的定义, 使得边沿提取存在一定的困难。传统的边沿提取算法均为微分运算。即定义边沿为一次导数超过给定阈值的点或者二次导数的过零点。微分运算势必扩大图象的噪声, 降低图象的信噪比。在如何抑制噪声方面, 传统的做法是增加后处理来达到目的。但这样就增加了系统的复杂度, 降低了通用性和实用性。一种既能提取所有的边沿又能有效抑制噪声的实用算法是许多研究工作追求的目标。

近年来应用较广的神经网络算法, 由于其强大的非线性表示能力, 在模式识别等多方面取得较大的成功。同样, 在边沿提取中神经网络也逐步得到应用。本文利用神经网络的优点, 将传统的算法融合于神经网络的结构中, 提出了一种新的边沿提取算法。该算法强大的抗噪声能力表明其在强噪声的机器视觉应用中可以得到很好地应用。

## 1 Marr 算法分析及基于知识网络构造设想

早在六十年代末就有人假定, 人的视觉系统中

存在多个独立的空间频率调谐通道。在八十年代初, Marr 从神经生理学和心理物理学观点出发, 总结了前人的研究结果, 提出人的视觉前期处理中有多个边沿掩膜和条带掩膜在对图象作卷积。这些掩膜的输出近似于亮度函数的一阶和二阶方向导数。对于阶跃边沿, 变化最剧烈的地方位于其一阶导数的极值点, 或者二阶导数的过零点处。因此 Marr 得出有名的算子: Gaussian 滤波后作 Laplacian 卷积, 即  $(i, j)$  处的边沿点是  $e(i, j)$ , 有

$$e(i, j) = \nabla^2 [G(i, j) * f(i, j)] \\ = [\nabla^2 G(i, j)] * f(i, j)$$

式中,  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$

$$G(i, j) = \sigma^2 \exp \left[ -\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2} \right],$$

$$i, j = -n, \dots, -1, 0, -1, \dots, n;$$

这里只有参数  $\sigma$  可自由选取,  $\sigma$  与中央负值区的宽度(通道宽度  $w$ )有关,  $w = 2\sqrt{2}\sigma, n = 2w$  即边沿点是  $e(i, j)$  值的过零点。我们称  $e(i, j)$  值为 Marr 特征值, 求其值的过程为 Marr 特征提取的过程。

由于边沿不仅应在空间域精确定位, 也应在频域精确定位, 但是二者定位的要求是矛盾的<sup>[1]</sup>。虽然 Marr 和 Hildreth 提出用 Gaussian 限带过滤能使在空间域和频域的定位要求同时得到优化, 但当窗口  $W$  小时, 边沿位置精度高, 但检测出来的细小变化也多, 相应的抗噪声能力差;  $W$  大时, 由于 Gaus-

sian 模糊模板较大,则抗噪声能力强,但细节少,边沿精度不高。一般认为,各个通道(有不同大小的 $\sigma$ ,不同 Marr 特征值)输出的组合,不仅减少了噪声效应,也是计算某些测度,如边沿的模糊性所需要的。

人们利用 Marr 特征的概念构造出的算子取得一定的成效,但同时也遇到诸如抗噪声能力差等问题。许多人提出的解决办法是增加各种后处理过程,加入许多规则和知识来抑制其他非边沿信号。这大大增加了系统的复杂度,降低系统的通用性。我们意识到 Marr 算法本身过零点的求法,由于图象数字化的原因,没有一个统一的算法。根据一维信号的处理经验,一般采用相邻两点的乘积小于某一固定的阈值来决定。然而,由于二维信号的复杂性,相邻两点的取法有多种(图 1,图中只列出两种取法),其结果有很大的不同。

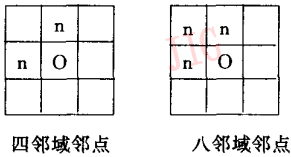


图 1 邻点的取法

我们认为,在应用神经网络来解决边沿提取问题时,应该引入传统算法中优秀的知识及结构,有效地提高网络本身的适应性。利用已有知识,人为融入知识结构可以有效指导人工神经网络的训练,并能大大提高训练的速度和网络收敛性。因此,我们构造新算法时充分考虑了 Marr 算法的结构,并应用了 Marr 特征概念。提出基于知识的网络构造方法。用网络的方法替代 Marr 算法中难以解决的问题:过零点的求法。

## 2 算法结构

新的算法结构框图见图 2 所示,主要为经改造的四层 BP 网络。输出层的结果指示输入矩阵的中心点是否为边沿点。

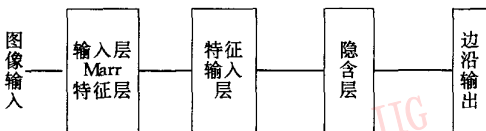


图 2 算法结构框图

特征提取层融入 Marr 算子的特征提取方法。即在考虑网络权值时保留了 Marr 的优秀特性,既保留更多细节信息又不失结构信息。本层的输入是图象

的  $9 \times 9$  象素,输出是  $3 \times 3$  个 Marr 特征值。其中每一特征提取的网络权值设计参考 Marr 算子的效果,对于每一特征输出只设置  $7 \times 7$  大小的感受野的图象象素输入。

特征输入层接受特征提取层的输出,也是对于中心点的八邻域 Marr 特征的输入。八邻域设置包含各种邻点的取法。而具体的求取是利用神经网络的非线性函数的作用来计算各邻点的贡献。

隐含层的设置体现了网络的模式记忆,为了兼顾网络的收敛性和边沿模式记忆容量,一般选取其隐含神经元为 15 个至 20 个左右。

输出层是最后指示输入图象矩阵的中心点是否为边沿点,这也是对前面各层的处理的综合输出。输出神经元的训练目标是将各种情况很好地聚类到两类上。

**网络的训练** 神经网络的训练是网络本身进化的过程,即知识学习和结构优化的过程。因此神经网络的训练过程在算法中所占的位置尤其重要。对于 BP 网络而言,训练的原始图象与教师信号——训练边沿图代表了原始知识集。但是对于实际图象,教师信号的选取有一定难度,容易出现定位不准甚至互相矛盾的教师信号。文献[2]中提出的构造人工教师信号方法较为可取,本文神经网络训练集是随机产生的训练图对(图 3)。

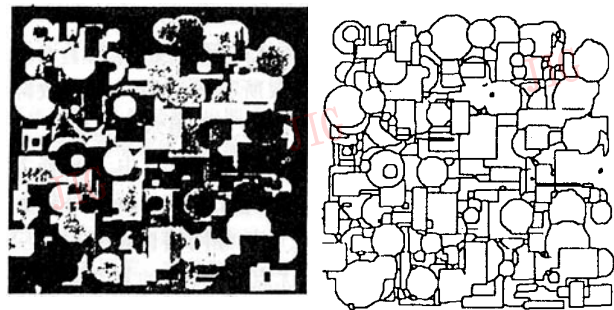


图 3 神经网络训练图对

在训练图对中考虑了多种边沿模型,同时在训练过程中,人为控制边沿点与非边沿点的比例,使得学习过程尽量迅速收敛。在我们的网络中,训练次数达到五千次左右即可获得比较满意的效果。然后对原训练图进行测试。

## 3 实验结果

为了检测所训练的网络的性能,我们对加不同

噪声的图象分别用标准 Marr(窗口大小为  $9 \times 9$ )算子和本文提出的经训练的神经网络算法进行比较(图 4)。由比较结果可以看出随着噪声的增加,原来的标准 Marr 算子提取的边沿变得很差,相应的神

经网络方法则有效地提取了图象的边沿,其算法对噪声的增加不是很敏感。这也体现了神经网络的适应性和优越性。

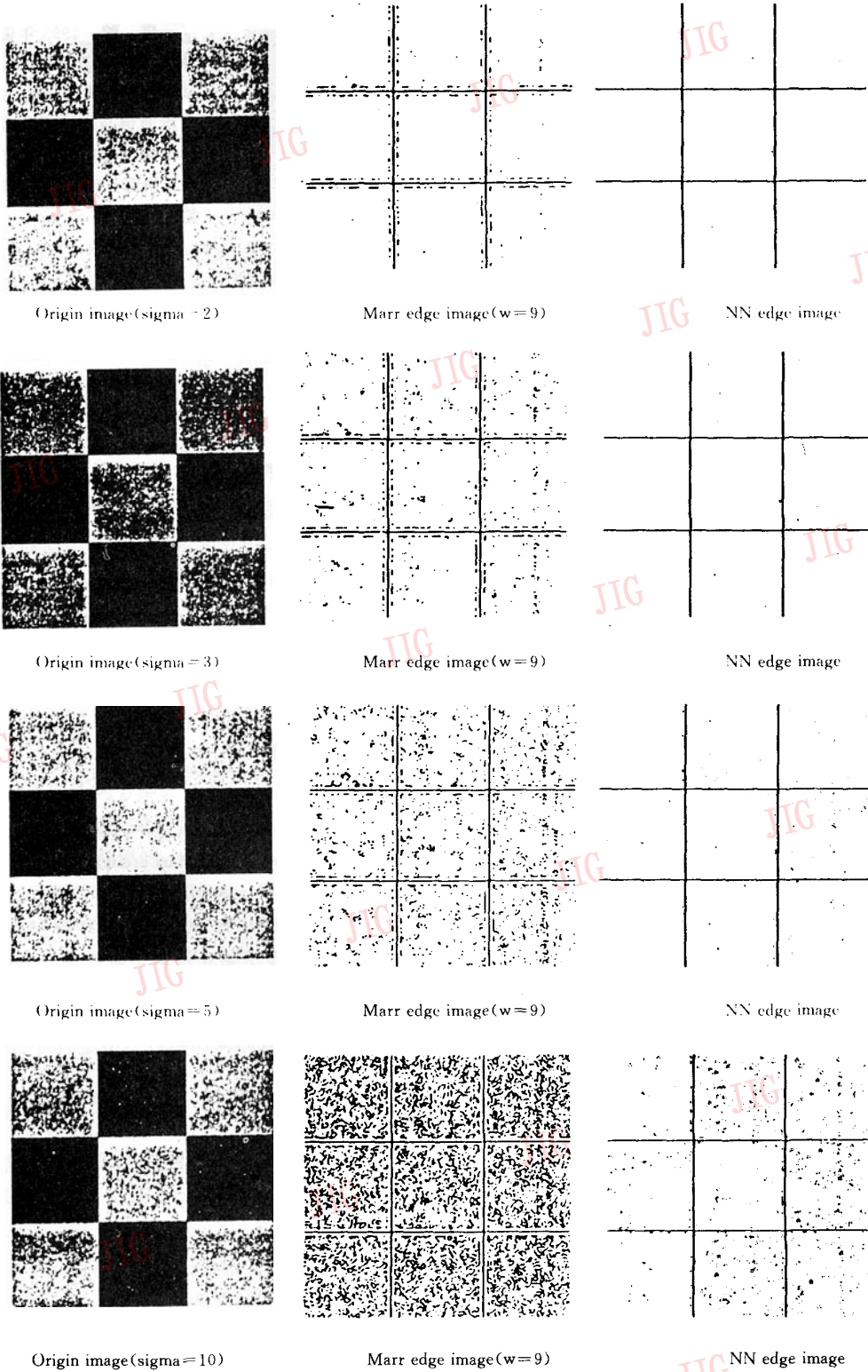


图 4 不同噪声图象边沿提取比较

## 4 结论

神经网络在边沿模型难以确定的图象边沿提取工作中,可以取得一定的成效。本文提出的基于知识的算法模型是在发展 Marr 基本算子的基础上,利用了神经网络强大非线性表示能力而得出的,有较大的直观性。通过实验可以发现,该神经网络具有较强的抗噪声能力。由于现实的机器视觉环境存在较多的噪声,普通的边沿提取在这样的情况下性能变得非常差。根据本文所描述的方法,可以训练出令人满意的实际边沿提取算子。

### 参考文献

- 1 荆仁杰 叶秀清 徐胜荣 陈存椿. 计算机图象处理. 杭州:浙江大学



**叶秀清** 教授,浙江大学智能与信息系统研究所,研究方向为图象处理,计算机视觉。

- 出版社. 1990.
- 2 Marr D, Hildreth E. Theory of edge detection. Proc. Roy. Soc. London B 1980,207:187~217.



**应 骏** 1995年毕业于浙江大学信息与电子工程学系,1995年免试攻读浙江大学智能与信息系统研究所通信与电子系统硕士,1996年春转为直接攻读通信与电子系统博士。研究方向为图象处理,计算机视觉。

**顾伟康** 教授,博士生导师,浙江大学副校长,智能与信息系统研究所,研究方向为模式识别,视觉智能机器人。

## A New Edge Detection Algorithm on the Basis of Knowledge

Ying Jun, Ye Xiuqing, Gu Weikang

(Institute of the Information and Intelligent system, Zhejiang University, HangZhou 310027)

**Abstract** This paper presents the powerful ability of the neural network, and puts forward a new structure of the network in edge detection. On the basis of the understanding of Marr algorithm, the characteristics of Marr are taken great consideration into the structure of the network so as to improve the performance of algorithm. Meanwhile, under different noisy environment, among different algorithms in edge detection, comparative analyses are made to reveal that new method owns the powerful ability of anti-noise, and that more applications are done well in the robot vision.

**Keywords** Edge detection, Neural network, Computer vision, Marr feature