

基于 PCNN 的织物起球图像的分割

祝双武 郝重阳

(西北工业大学电子信息学院, 西安 710072)

摘要 起球图像的分割是织物起球客观评定方法研究的一个重要步骤,同时也是一个非常困难的问题。针对这种图像的分割,提出了一种基于脉冲耦合神经网络(PCNN)的分割方法,该方法是利用织物表面毛球区域与未起球区域灰度强度的不同,根据 PCNN 神经元是否点火来分割毛球图像。通过对 5 种不同起球等级图像进行的分割实验证明,算法是有效的。

关键词 脉冲耦合神经网络 织物起球 图像分割 算法

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2007)07-1230-04

Fabric Pilling Image Segmentation Based on PCNN

ZHU Shuang-wu, HAO Chong-yang

(College of Electronic Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

Abstract Pilling image segmentation is not only an important stage on objective evaluation of fabric pilling but also a difficult problem. A new method of fabric pilling image segmentation based on pulse-couple neural networks (PCNN) is put forward in the paper. According to different gray intensity between the field of pilling and the field of unpilling, feature of fabric pilling are segmented for PCNN cell firing. Five pilling grade test image are segmented with this algorithm, and the validity of this method is proved by experimental results.

Keywords pulse couple neural networks(PCNN), fabric pilling, image segmentation, algorithm

1 引言

织物在使用过程中,由于受到外界的摩擦,表面的纤维茸毛会粘缠在一起而形成小球,称之为起球^[1]。织物起球不仅严重地影响其外观,而且加快了织物的磨损。织物抗起球性能测试,主要在实验室里完成,由专业评定人员把经过起球的实验样本与 5 个不同等级的标准图片进行对照,得出一个起球等级指标^[2]。但这种主观评定方法的可靠性、可重现性较差,因此很多基于图像处理的客观评价方法相继提出^[1-8]。客观评价方法的一个重要步骤是要进行毛球图像的分割。目前采用的分割方法主要有:基于直方图的阈值分割法^[3,4]、基于模板匹配分

割法^[5,6]、频域滤波分割法^[7,8]等。这些分割方法的处理过程往往比较复杂^[2]。

本文提出了一种基于脉冲耦合神经网络(pulse couple neural network, PCNN)的图像分割方法。由于 PCNN 具有相似的神经元同时发生脉冲,能够弥补输入图像的空间不连贯和幅度上的微小变化,因此能够较完整地保留图像中的部分区域信息^[9]。而织物表面的毛球在空间不连续,同时由于毛球突起于织物表面,在光照作用下,毛球区域与背景之间存在灰度的微小变化,因此可以采用基于 PCNN 的图像分割。实验也证明该方法用于织物起球图像分割能获得令人满意的分割效果。

基金项目:陕西省科技厅国际合作资助项目(2004WK-06);陕西省教育厅产业化重点项目(05JC13)

收稿日期:2006-03-02;改回日期:2006-06-02

第一作者简介:祝双武(1971~),男,西安工程大学副教授,现为西北工业大学博士研究生。主要研究方向为图像处理与模式识别。

E-mail: zhushuangwu@263.net

2 PCNN 模型及其原理

PCNN 最初是由 Eckhorn、Johnson 等人根据猫的大脑皮层同步脉冲发放现象而提出的神经元模型^[10,11]。目前它已被成功地用于图像分割^[9,12,13]、图像平滑^[14]、目标识别^[15]等方面。

构成 PCNN 的单个神经元由突触树 (dendritic tree)、链接调制 (linking modulation) 和脉冲发生器 (pulse generator) 3 部分构成 (如图 1 所示)。

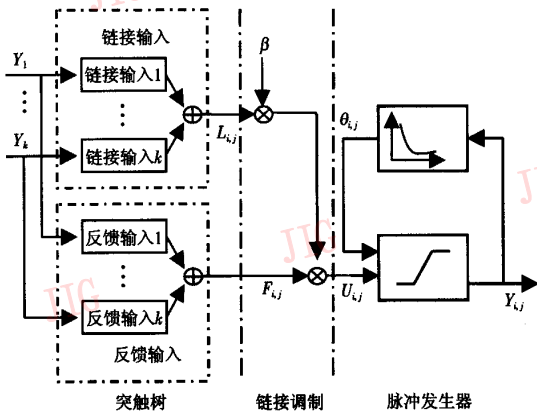


图 1 PCNN 神经元模型
Fig.1 Model for nerve cell

神经元相应的数学方程式如下:

$$F_{i,j}(n) = \exp(-\alpha_F) F_{i,j}(n-1) + V_F \sum_{k,l} m_{i,j,k,l} Y_{i+k,j+l}(n-1) + S_{i,j} \quad (1)$$

$$L_{i,j}(n) = \exp(-\alpha_L) L_{i,j}(n-1) + V_L \sum_{k,l} w_{i,j,k,l} Y_{i+k,j+l}(n-1) \quad (2)$$

$$U_{i,j}(n) = F_{i,j}(n) (1 + \beta L_{i,j}(n)) \quad (3)$$

$$\theta_{i,j}(n) = \exp(-\alpha_\theta) \theta_{i,j}(n-1) + V_\theta Y_{i,j}(n-1) \quad (4)$$

$$Y_{i,j} = \begin{cases} 1 & U_{i,j}(n) \geq \theta_{i,j}(n) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

式中, \$Y_{i+k,j+l}\$ 表示与 \$N_{i,j}\$ 连接的神经元 \$N_{i+k,j+l}\$ 的输出, \$n\$ 为迭代次数, \$\alpha_F\$ (下角 F 代表 feeding, 下同)、\$\alpha_L\$ (下角 L 代表 linking, 下同)、\$\alpha_\theta\$ 为时间衰减常数, \$V_F\$、\$V_L\$、\$V_\theta\$ 为放大系数, \$m_{i,j,k,l}\$ 和 \$w_{i,j,k,l}\$ 表示神经元与其邻域神经元 \$N_{i+k,j+l}\$ 的连接权值, \$\beta\$ 是神经元 \$N_{i,j}\$ 的调制参数。

PCNN 有两种脉冲模式:一种是在无耦合链接的情况下,即 \$\beta=0\$, PCNN 的运行行为是各神经元相互独立运行的组合,每一神经元的运行机理是:在

外部刺激的作用下,将以自然频率发放脉冲,即为自然点火。外部刺激即像素亮度的强度越强,对应神经元的点火频率就越高。因此不同强度输入的神经元将在不同的时刻点火,而相同强度输入的神经元则在同一时刻点火;另一种是在有耦合链接的情况下,即 \$\beta \neq 0\$, 由于 PCNN 中各神经元间的耦合链接,当 \$\beta\$ 越大,耦合链接成分越大,则同步点火的神经元就越多。所以,有耦合链接的 PCNN 其运行机理是:以相似性集群发放同步脉冲,这就意味着具有空间邻近、亮度强度相似性输入的神经元将在同一时刻点火。

由于每个毛球区域的各像素点的灰度值近似,但不相同,因此本文采用的是有耦合链接的 PCNN 脉冲模式。当 PCNN 用于图像分割时,通常神经元与像素点一一对应,归一化的像素值作为外界刺激信号,神经元按一定的方式连接,形成一个单层 2 维的局部连接网络^[11]。运行时,外界刺激信号最强的神经元 \$N_{i,j}\$ 在 \$t\$ 时刻先点火,发放出脉冲,导致与它相邻的神经元 \$N_{p,q}\$ 在这一时刻的内部行为由原来的 \$F_{p,q}\$ 变成 \$F_{p,q} (1 + \beta L_{p,q}(n))\$, 如果 \$F_{p,q} (1 + \beta L_{p,q}(n)) > \theta_{p,q}\$, 则 \$N_{p,q}\$ 就在 \$t\$ 时刻提前发生脉冲。这样相邻的多个神经元就构成了一个神经元集群,该神经元集群像一个巨大的神经元,同步地发放出脉冲。一个神经元集群对应着图像中相同的区域,不同的神经元集群分别对应图像中不同区域。因此由每个神经元产生的脉冲序列 \$Y(n)\$ 就构成一个二值图像序列,从而完成图像的分割。

3 基于 PCNN 的图像分割算法

从前面分析得到,神经元与像素点一一对应, PCNN 图像分割算法,需要首先将归一化的像素点灰度值作为外部刺激输入到网络中;选择邻域的大小,邻域的大小一般选择 \$3 \times 3\$;选择合适的网络参数,文献[13]介绍了一种网络参数自动选定的方法;最后得到不同迭代次数下的脉冲序列 \$Y(n)\$。具体算法步骤如下:

(1) 初始化

① 将归一化的像素灰度值作为外界刺激信号 \$S_{i,j}\$ 输入网络 (\$1 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq N-1\$, 图像的大小为 \$M \times N\$);

② \$F_{i,j}(0) = S_{i,j}, \theta_{i,j}(0) = 0, L_{i,j}(0) = 0\$,

$U_{i,j}(0) = 0, Y_{i,j}(0) = 0;$

③ 设定网络参数 $m_{i,j,k,l}, w_{i,j,k,l}, \beta, V_0, V_F, V_L, \alpha_F, \alpha_L, \alpha_0$ 的值。

(2) 设定迭代次数, 并初始化迭代变量 $n = 1;$

(3) 由式(1) ~ 式(5) 求出每个神经元的反馈输入 $F_{i,j}(n)$, 链接输入 $L_{i,j}(n)$, 内部活动信号 $U_{i,j}(n)$, 动态阈值 $\theta_{i,j}(n)$ 及脉冲输出 $Y_{i,j}(n);$

(4) 改变迭代变量的值, $n = n + 1;$

(5) 若 n 小于设定的迭代次数, 转到步骤 3, 否则执行步骤 6;

(6) 输出的 $Y_{i,j}(n)$, 即为图像分割结果。

4 实验分析

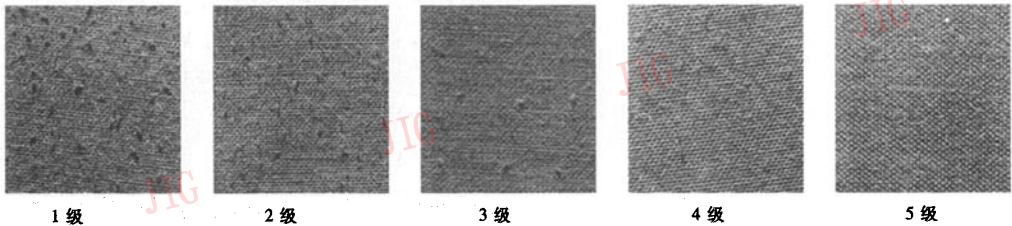
本文的算法是在 Inprise 公司的 Delphi 6 上实现的, 为了验证本算法的正确性, 我们对同一织物的 5 种不起球等级的标准测试图像进行了分割实验。在进行分割之前, 对图像进行了局部直方图均衡化拉伸增强、均值滤波等预处理, 以消除不同图片之间

的照度差异、拉伸图像灰度对比度及消除噪声的影响。分割完毕后, 需要进行面积滤波, 以消除一些小的、非毛球信息的杂点。

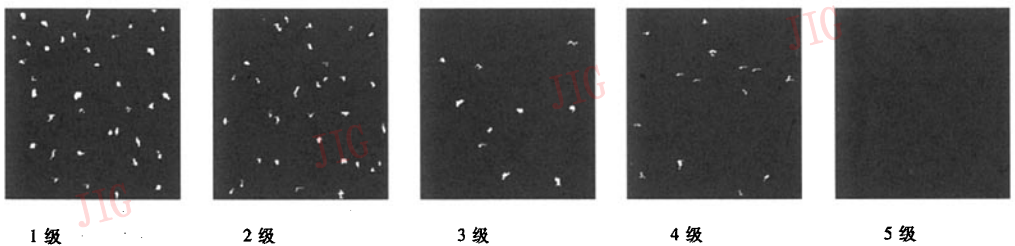
网络参数之间的关系比较复杂, 目前尚无理想的确定方法, 主要根据不同应用目的通过实验来确定。一般认为, 连接权值 $m_{i,j,k,l}, w_{i,j,k,l}$ 随连接神经元之间的距离增加呈指数衰减; 放大系数 V_0 的作用是当神经元在某一时刻点火时, 使动态阈值 $\theta_{i,j}$ 迅速提高, 从而使脉冲发生器停止点火, 因此需要设定一个较高值; 而链接强度 β 决定了 PCNN 的捕获域, β 越大, 同步脉冲发放的区域就越大, 从而影响区域分割的精度; 迭代次数根据分割效果由人工确定。根据多次实验, 最终选定下列一组较为理想的参数: $V_F = 0.1, V_L = 0.2, V_0 = 50, \alpha_F = 0.1, \alpha_L = 0.3,$

$$\alpha_0 = 0.2, m_{i,j,k,l} = w_{i,j,k,l} = \begin{bmatrix} 0.125 & 0.25 & 0.125 \\ 0.25 & 0 & 0.25 \\ 0.125 & 0.25 & 0.125 \end{bmatrix},$$

$\beta = 0.2$ 。图 2(a) 是原图, 图 2(b) 是采用本算法分割的结果, 迭代次数为 4 次。



(a) 5 个不同起球程度的标准测试图像



(b) 本文算法分割结果

图 2 实验结果

Fig. 2 Experimental results

图 3 是采用文献介绍的方法对图 2(a) 中 1 级起球图像进行分割的结果。

通过对图 2(a)、图 2(b) 的对应子图进行比较, 同时对比采用 4 种不同方法对 1 级起球图像分割实验发现, 本文算法在毛球图像信息分割方面, 效果还

是非常好的。分割的正确率可达到 90% 以上。

5 结论

由于 PCNN 是一个单层神经网络, 具有动态阈

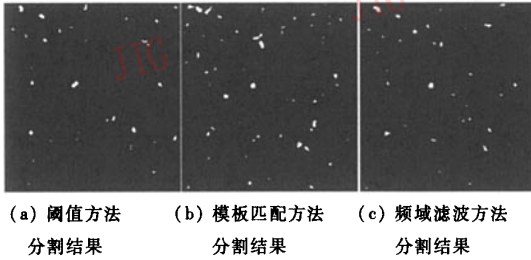


图 3 文献方法分割结果

Fig. 3 Segmentation results by the method in references

值、脉冲耦合、相乘调制、同步发放脉冲等特性,从而使之在进行图像分割时,不仅效果好,而且速度快,如本文对毛球图像进行分割实验的正确率可达 90% 以上。但通过本次应用也发现,PCNN 在满足不同应用目的时,其网络参数及迭代次数如何自动选取的问题,尽管国内外学者做出了很多贡献,但在这方面离迭代次数自动选取还需要深入地研究,以便使 PCNN 能得到更广泛的应用。

参考文献 (References)

- Kang T J, Cho D H. Objective evaluation of fabric pilling using stereovision[J]. Textile Research Journal, 2004, 74(11): 1013 ~ 1017.
- Palmer S, Wang X G. Objective classification of fabric pilling based on the two-dimensional discrete wavelet transform [J]. Textile Research Journal, 2003, 73(8): 713 ~ 720.
- Konda A, Xin L C, Takadera M, *et al.* Evaluation of pilling by computer image analysis[J]. Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 1990, 36(3): 96 ~ 107.
- Hsi H C, Bresee R R, Annis P A. Characterizing fabric pilling by using image-analysis techniques part I : Pill detection and description [J]. Journal of the Textile Institute, 1998, 89(1): 80 ~ 95.
- Wu B. Instrumental evaluation of fabric pilling[J]. Journal of the Textile Institute, 1997, 88(4): 488 ~ 500.
- Xin B J, Hu J L, Yan H J. Objective evaluation of fabric pilling using image analysis techniques[J]. Textile Research Journal, 2002, 72(11): 1057 ~ 1064.
- Abril H C, Millan M S, Torres Y, *et al.* Automatic method based on image analysis for pilling evaluation in fabrics[J]. Optical Engineer, 1998, 37(11): 2937 ~ 2947.
- Abril H C, Millan M S, Torres Y. Objective automatic assessment of pilling in fabrics by image analysis[J]. Optical Engineer, 2000, 39(6): 1477 ~ 1488.
- Kuntimad G, Ranganath H S. Perfect image segmentation using pulse coupled neural networks[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1999, 10(3): 591 ~ 598.
- Eckhorn R, Reiboeck H J, Arndt M, *et al.* Feature linking via synchronization among distributed assemblies: Simulation of results from cat cortex[J]. Neural Computation, 1990, 2(3): 293 ~ 307.
- Johnson J L, Padgett M L. PCNN models and applications[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1999, 10(3): 480 ~ 498.
- Gu X D, Guo S D, Yu D H, *et al.* A new approach for automated image segmentation based on unit linking PCNN [A]. In: Proceedings of 2002 International Conference on Machine Learning and Cybernetics[C], Beijing, 2002: 175 ~ 178.
- Bi Ying-wei, Qiu Tian-shuang. An adaptive image segmentation method based on a simplified PCNN[J]. Acta Electronica Sinica, 2005, 33(4): 647 ~ 650. [毕英伟, 邱天爽. 一种基于简化 PCNN 的自适应图像分割方法 [J]. 电子学报, 2005, 33(4): 647 ~ 650.]
- Ranganath H S, Kuntimad G, Johnson J L. Pulse coupled neural networks for image processing [A]. In: Proceedings of IEEE Southeastcon'95, Visualize the Future[C]; New York, 1995: 37 ~ 43.
- Ranganath H S, Kuntimad G. Object detection using pulse coupled neural networks[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1999, 10(3): 40 ~ 42.