

基于改进 PCNN 与矢量法的输送带边缘检测^①

亢 伧

(宝鸡文理学院 计算机科学系, 宝鸡 721016)

摘 要: 为解决带式输送机输送带边缘难以提取的问题, 提出了一种改进脉冲耦合神经网络(PCNN, Pulse Coupled Neural Network)与数学矢量相结合的输送带边缘检测算法. 针对 PCNN 模型参数较多, 各个参数不易自动选取的缺点, 改进了模型结构, 减少了待定参数;在此基础上利用矢量法寻找输送带边缘. 实验结果表明, 算法具有较强的准确性和有效性.

关键词: 输送带; 耦合脉冲网络; 矢量法; 边缘检测

Conveyor Belt Edge Detection Algorithm Based on the Improved PCNN Model and Vector Method

KANG Kang

(Department of Computer Science, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721016, China)

Abstract: To solve the difficulty of conveyor belt edge detection, an algorithm for detecting conveyor belt edge based improved pulse coupled neural network (PCNN) model and vector method is proposed. There are many structure parameters in PCNN model, and it is difficult to get the adaptive parameters. The model structure was improved, and thus the number of the parameters was reduced. On the basis of this, using vector method to search for conveyor belt edge. Experiments show that the algorithm is reliable and valid.

Key words: conveyor belt; pulse coupled neural network (PCNN); vector method; edge detection

输送带跑偏可引起撒料, 严重时损坏输送带. 而输送带的价格约占输送机整体成本的 30%~50%, 所以输送带跑偏不但影响输送机安全运行, 还会造成重大的经济损失^[1]. 因此, 输送带跑偏检测具有重要意义, 其中, 输送带边缘检测是输送带跑偏检测的重点也是前提条件, 只有准确地找出输送带边缘, 才能为后续工作打下良好的基础. 随着计算机技术的发展, 机器视觉逐渐成为输送带运行状态监测的热点研究方向. Zhu Aichun 等人^[2]提出了基于小波包和 Canny 算子的边缘检测, 采用霍夫变换进行直线检测来提取输送带边缘, 但是实时性较差; Fu Liqin 等人^[3]利用在输送带内埋设电磁感应单元实时监控输送带情况, 发现异常立刻触发 X 光视觉识别单元, 以此来检测输送带跑偏情况, 但是这种方法需要提前在输送带内埋设电磁感应单元, 成本较大; Zhou Lei 等人^[4]提出改进的

Canny 方法, 曹成^[5]提出了结合蚁群和 Canny 的方法, 其用蚁群算法优化最大信息熵获取输送带边缘, 再利用 Canny 算子进行边缘检测, 但是由于矿井下情况复杂, 输送带大小不一, 如何有效的检测输送带边缘仍然是一个重要的研究内容.

由于井下环境恶劣, 容易形成低对比度的输送带灰度图像, 传统的边缘检测方法难以区分输送带与背景. 提出一种基于神经网络的快速分割方法, 首先进行改进 PCNN 的输送带图像分割, 生成二值图像; 然后利用矢量边缘检测法检测输送带边缘; 根据检测到的输送带边缘判断是否跑偏, 是否需要停机处理, 算法流程图如图 1 所示.

1 PCNN 方法及改进

脉冲耦合神经网络(PCNN, Pulse Coupled Neural

^① 基金项目:宝鸡文理学院校级重点项目(ZK14087)

收稿时间:2013-11-23;收到修改稿时间:2014-01-03

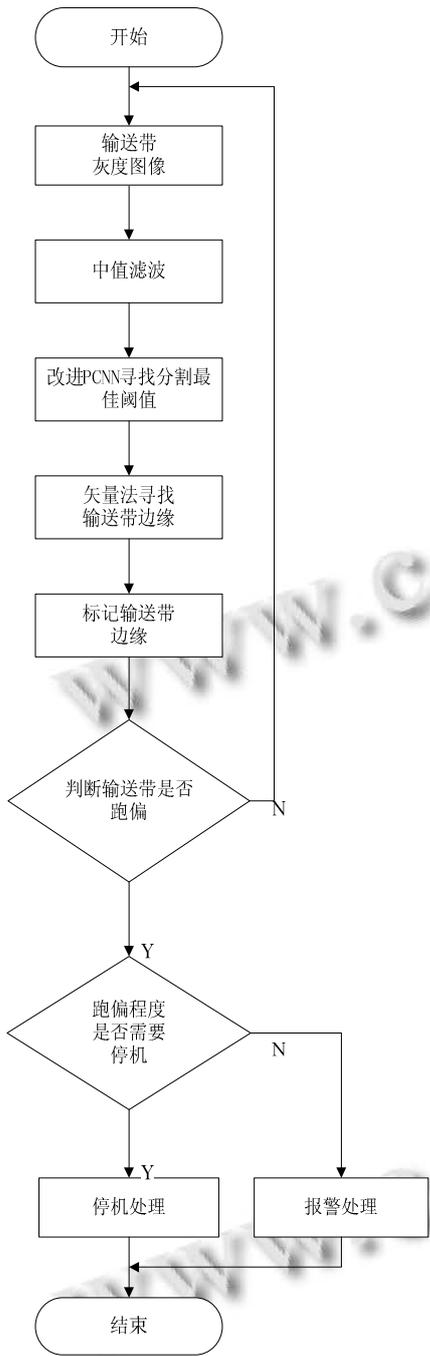


图1

Network)是根据哺乳动物的大脑皮层同步脉冲发放现象而提出的神经元模型。它是由若干个PCNN的神经元互连所构成的反馈型网络,而构成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)三部分构成⁶。与传统神经网络不同,PCNN不经过训练就

可用于图像处理。经典的PCNN在图像去噪^[7,8]、增强^[9,10]、融合^[11,12]、分割^[13,14]等方面都有应用,但其基本模型网络参数较多,参数的选取困难,需要通过不断地人工实验来选择这些参数;另外参数越多,参数之间的关系也就越复杂,越不便于参数的自适应选取,因此需要对PCNN模型进行一些简化。

1.1 PCNN模型及原理

PCNN数学模型的迭代方程为¹⁵:

$$F_{ij}(n) = e^{-\alpha_f} F_{ij}(n-1) + V_f \sum_{k,l} M_{ijkl} Y_{kl}(n-1) + S_{ij} \quad (1)$$

$$L_{ij}(n) = e^{-\alpha_l} L_{ij}(n-1) + V_L \sum_{k,l} W_{ijkl} Y_{kl}(n-1) \quad (2)$$

$$U_{ij}(n) = F_{ij}(n)[1 + \beta L_{ij}(n)] \quad (3)$$

$$\theta_{ij}(n) = e^{-\alpha_\theta} \theta_{ij}(n-1) + V_\theta Y_{ij}(n-1) \quad (4)$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & U_{ij}(n) > \theta_{ij}(n-1) \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

其中,式(1)为反馈输入子系统模型,式(2)为耦合连接子系统模型,式(3)为调制子系统模型,式(4)为点火子系统,式(5)为门限子系统模型,下标*i, j*表示数字图像中的某个像素,*k, l*表示衷心像素的邻域像素,*n*为迭代次数,*Y_{ij}*为神经元*N_{ij}*的输出,*Y_{kl}*为神经元*N_{kl}*的输出并作为神经元*N_{ij}*的输入,*F_{ij}*为反馈输入,*L_{ij}*为连接输入,*U_{ij}*为调制的结果,*θ_{ij}*为神经元的动态阈值,*β*为神经元*N_{ij}*的连接系数,*S_{ij}*为神经元对应像素点的灰度值,*V_f*和*α_f*分别为馈送输入子系统的连接权放大系数和迭代衰减时间常数,*V_L*和*α_L*分别为耦合连接子系统的连接权放大系数和迭代衰减时间常数,*V_θ*和*α_θ*分别为点火子系统的连接权放大系数和迭代衰减时间常数,*M_{ijkl}*和*W_{ijkl}*分别为馈送输入域和耦合连接域中心像素和邻域像素的连接权值矩阵。

将神经元与图像中的每一个像素一一对应,像素的灰度作为神经元的外部激励输入,初始状态设所有的神经元为零,*F*和*L*共同作用于*U*,比较*U*与*θ*,若*U*>*E*,则脉冲发生器启动,神经元点火输出*Y*=1,否则,神经元不点火,输出*Y*=0。重复上述过程,直到所有神经元都至少点火一次为止。

1.2 PCNN简化模型及参数的选取

PCNN经典模型中的每个神经元的输入都含有指数衰减项,其虽然符合人眼对灰度的非线性要求,但是对于以区分目标与背景的图像分割,可不必完全遵照指数规律^[16]。将(1)式改为(6)式,即在反馈输入子系

统中不考虑衰减项与邻域输出的影响, F_{ij} 只接收外部刺激输入 S_{ij} ;将(2)式改为(7)式,即在耦合连接子系统中不考虑衰减项的影响,并且进一步进行简化,省略参数 V_L ,通过参数 W 调整来弥补,用邻域神经元的输出直接加权求和.

$$F_{ij} = S_{ij} \quad (6)$$

$$L_{ij}(n) = \sum_{k,l} W_{ijkl} Y_{kl}(n-1) \quad (7)$$

PCNN模型经过改进后,调制子系统 U 仍由状态相似的神经元的反馈和耦合构成,PCNN的基本性质没有改变.

简化模型中参数只剩下 w_{ijkl} 、 β 、 V_θ 三个参数,大大简化了参数的个数,这些参数的选取方法如下:

1)连接权值 w_{ijkl} ,表示邻域神经元的输出脉冲对中心神经元影响的大小,神经元之间的空间距离越近越容易被其捕获而点火,对中心神经元影响越大.这里按照距离中心像素的距离越近权值越大的原则选取,用邻域神经元与当前神经元欧式距离平方的倒数来计算 w_{ijkl} ,于是邻域窗口内各神经元的链接权值分别为:

$$W_{ijkl} = \left(\frac{1}{\sqrt{(i-k)^2 + (j-l)^2}} \right)^2 \quad (8)$$

$$\text{即:} \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 0.5 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0.5 & 1 & 0.5 \end{bmatrix} \quad (9)$$

2)连接系数 β ,表示当前神经元与邻域神经元的连接强度,它决定了PCNN的捕获域,输送带图像对比度低,灰度分布较均匀,较小的灰度变化就可以引起邻域神经元同步点火.一方面要尽可能从背景区域中把输送带分割开,另一方面尽可能把输送带区域全部捕获,完成输送带边缘的精确检测,故取 $\beta=0.3$.

3)连接权放大系数 V_θ ,放大系数的目的是为了神经元输出一个脉冲,其决定了反馈得到提高的程度,这种程度越高,就能越快的停止发放脉冲,就能避免不相关的神经元点火.所以 V_θ 取一个较大的值,这里取 $V_\theta=100$.

2 矢量法边缘检测

将经过简化的PCNN输送带分割后的二值图像沿高度方向进行投影,计算沿高度方向的像素灰度平均值,得到列均值向量 a_j ,由于在二值图像中,输送带与背景灰度值相反,则在列均值向量 a_j 中一定能体现

输送带的边缘.因此,根据输送带图像的特点,利用列均值向量 a_j 来检测输送带边缘.

对于一幅 $M \times N$ 的数字图像 $f(i, j)$,列均值向量 a_j 的表达式为

$$a_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M f(i, j) \quad (10)$$

列均值向量 a_j 反映了沿宽度方向图像灰度的平均变化趋势.利用函数 a_j 的变化率可以识别出输送带的边缘,经过PCNN分割后的输送带图片,噪声的影响较小,但为了提高识别率,更好的识别输送带边缘,用矢量法对 a_j 进行处理.对 a_j 的处理过程为

- 1) 令 $d(j) = 0, D(j) = 0, j = 1, 2, \dots, N$,根据列均值向量 a_j 计算距离函数 $d(j) = a_j - a_{j-1}, j = 2, 3, \dots, N$;
- 2) 令 $k = 1, j = 1$;
- 3) 如果 $d(j) \cdot d(j-1) > 0$,则根据矢量法可知, j 与 $j-1$ 在同一条线上.令 $D(k) = D(k) + d(j)$,否则令 $k = j$;
- 4) 令 $j = j + 1$ 直到 $j = N$,重复步骤3).

根据函数 $D(k)$ 来寻找输送带的边缘,只需要找出输送带的一条边缘便可以判定输送带是否跑偏,本文选取输送带的左边缘作为判定依据, $D(k), k \in [1, N/2]$ 中的最大值对应输送带的左边缘,最后根据最大值所在直线可以标记出输送带的左边缘.

3 实验分析

为了进一步验证本算法的有效性,选取四张具有代表性的输送带运行图片,如图1所示;将本文算法与改进的Canny算法^[17]、改进的Hough算法^[18]、改进的四叉树Sobel算法^[19]、改进的分水岭算法^[19]做输送带边缘检测对比实验,结果如图2所示.

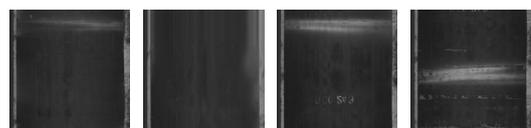
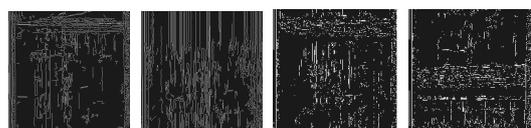


图1 原始图像



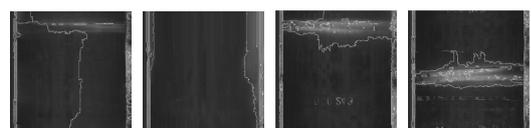
(a) Canny算法^[17]



(b) Hough算法^[18]



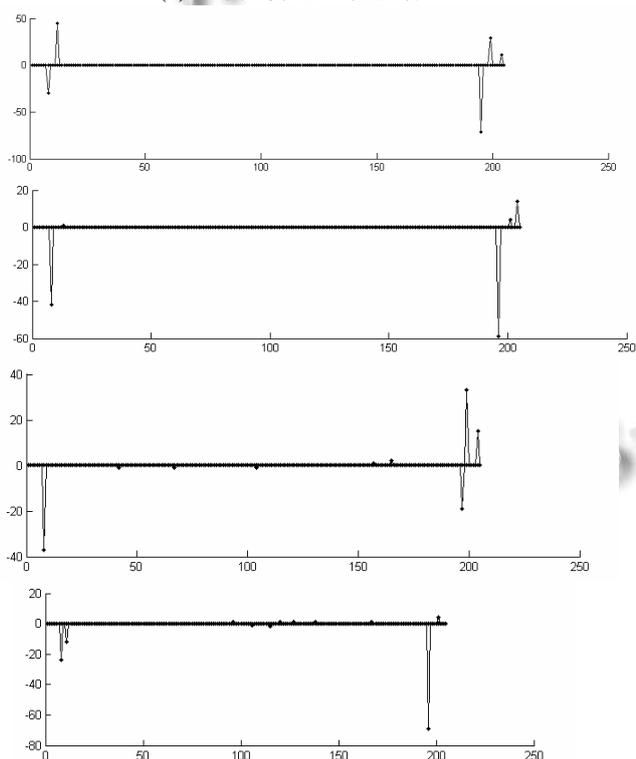
(c) 四叉树Sobel算法^[19]



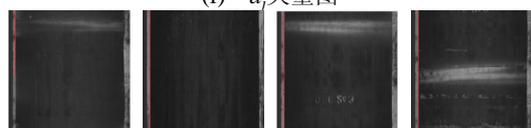
(d) 分水岭算法^[20]



(e) 本文算法二值图像



(f) a_i 矢量图



(g) 本文算法标记的输送带边缘

图2 输送带边缘检测对比

本文算法标记的输送带用红色线标出,从图2中可以看出,本文算法对于输送带边缘的检测最准确,Canny算法完全不能捕捉到输送带的边缘,噪声对其影响非常大;Hough变换在第一张图片中效果较好,但是在第二张中,输送带的纹路对其影响较大;四叉树Sobel算法无关信息含有较多;分水岭算法引入了一些输送带内部像素,不能很好的区分输送带边缘与背景.

4 结论

根据耦合神经网络以及数学相关理论提出了改进的PCNN与矢量相结合的输送带边缘检测算法,简化了PCNN的网络参数,有效的解决了经典PCNN网络参数过多、需要人工选取的缺点,实现了输送带与背景的准确分割,采用矢量法可以快速精准的定位输送带边缘,具有较强的有效性和准确性.

参考文献

- 1 孟佳音,刘佳,梁雪冬.带式输送机输送带跑偏及其调心的探讨.科技创新导报,2012,(9):82.
- 2 Zhu AC, Hua G, Wang YX. The Research on the Detection Method of Belt Deviation by Video in Coal Mine. 2011 International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer. 2011. 430-433.
- 3 Fu LQ, Wu XJ. Visual Monitoring system of Steel-cord Conveyor Belt. Advanced Materials Research, 2012, 472: 2698-2701.
- 4 Zhou L, Hua G, Xu DM, Wu HT. Edge Detection Algorithm for Uneven Lighting Image based on Vision Theory. 2009 International Conference on Computational Intelligence and Natural Computing. 2009. 182-185.
- 5 曹成.矿用带式输送机监控系统研究.淮南:安徽理工大学,2010.
- 6 祝双武,郝重阳.一种基于改进型 PCNN 的织物疵点图像自适应分割方法.电子学报,2012,40(3):611-616.
- 7 宫霄霖,毛瑞全.结合 PCNN 和局部维纳滤波的图像去噪.北京邮电大学学报,2011,34(5):67-70.
- 8 毛瑞全,宫霄霖,刘开华.基于 PCNN 区域分割的图像邻域去噪算法.光电工程,2010,37(2):122-127.
- 9 韩丽娜,耿国华,周明全.PCNN 模型在彩色图像增强中的应用.计算机工程与应用,2012,48(1):5-7.
- 10 何胜宗,刘映杰,马义德,宋文强,邓海波.基于 PCNN 图像因

- 子分解的 X 线医学图像增强.中国图象图形学报,2011, 16(1):21-26.
- 11 杨艳春,党建武,王阳萍.基于提升小波变换与自适应 PCNN 的医学图像融合方法.计算机辅助设计与图形学学报,2012,24(4):494-499.
- 12 李建锋,邹北骥,辛国江,李玲芝,蔡美玲.一种自适应 PCNN 图像融合方法.中南大学学报(自然科学版),2011,42(7): 2004-2010.
- 13 辛国江,邹北骥,李建锋,陈再良,蔡美玲.结合最大方差比准则和 PCNN 模型的图像分割.中国图象图形学报,2011, 16(7):1310-1316.
- 14 邓成锦,聂仁灿,周冬明,赵东风.PCNN 和最大相关准则相结合的图像分割方法.计算机工程与应用,2011,47(14): 177-179.
- 15 邓翔宇,马义德.PCNN 参数自适应设定及其模型的改进.电子学报,2012,40(5):955-964.
- 16 Wei S, Hong Q, Hou MS. Automatic image segmentation based on PCNN with adaptive threshold time constant. Neurocomputing, 2011, 74(9): 1485-1491.
- 17 Yasmin JHJ, Sadiq MM. An improved iterative segmentation algorithm using canny edge detector with iterative median filter for skin lesion border detection. International Journal of Computer Applications, 2012, 50(6): 37-42.
- 18 李明,黄华,夏建刚.基于 Hough 变换的车道检测改进算法研究.计算机工程与设计,2012,33(4):1638-1642.
- 19 何伟刚.基于改进的四叉树 Sobel 算子图像分割研究.计算机仿真,2012,29(4):276-278,308.
- 20 余旺盛,侯志强,王朝英,刘彬,宋灏.基于改进滤波和标记提取的分水岭算法.电子学报,2011,39(4):825-830.