

基于滤波—还原的二维条码识别投影算法

戴 扬, 于盛林

(南京航空航天大学自动化学院 南京 210016)

【摘要】给出了一种基于PDF417二维条码结构特性的算法,该方法设计滤波器滤除噪声部分,再采用点搜索法进一步去除不符合条码边界特点的孤立的点和容易与边界混淆的竖直划痕。对条码图像进行复原,由于基本清除了污染,污染部分找不到复原的种子,不会被恢复。该方法可以去除滤波对有效条码边缘的影响,同时保证图像的可靠恢复。对于恢复后的条码图像采用改进的边缘检测投影方法译码。实验结果表明该方法具有良好的性能,可以降低对条码纠错等级的要求,提高了译码的效率和准确率。

关键词 滤波—还原; 二维条码; PDF417条码; 投影

中图分类号 TP391.41 文献标识码 A

Two Dimensional Bar Codes Decoding Algorithm Based on Projection and Filtering-Restoring Principles

DAI Yang, YU Sheng-lin

(Automation College, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Nanjing 210016)

Abstract The paper presents an algorithm based on PDF417 two dimensional bar codes' structure. It first proposes a filter to eliminate noise, then deals with vertical scratches and those points that do not comply with the bar codes' boundary characteristics by a point-search strategy. Later, during process of restoring the bar coded pictures, the contaminations will not be restored because-their seeds for restoration have been cleaned beforehand. This algorithm features a reliable picture restoration that is free from the negative consequences imposed on the effective bar code edges by filtering. The restored pictures can be decoded by the improved edge-detecting projection method. Experiments have proved that this algorithm improves efficiency and accuracy of the decoding process while demanding a lower error correcting level.

Key words filtering-restoring; two dimensional bar codes; PDF417 bar codes; projection

PDF417二维条形码是一种可以不基于网络连接独立使用的数据传输方式,具有存储信息密度高,容量大,纠错能力强,译码可靠性高等诸多的特点,在数据传输和数据存储领域有很好的应用前景^[1-3]。由于条码主要应用于物流行业,它常常受到不经意的污染。由于条码印制设备的限制,也容易出现条码边缘不平整等打印问题。另外,PDF417条码采用Berlekamp—Massey(BM)算法纠错^[4],PDF417条码的纠错等级对BM算法所需计算量的影响非常大,通常约为 2^{2s} 次(s 为纠错等级0~8)^[5,6]。如果可以消除噪声污染,则不仅可保证纠错码部分被完整读出,同时可以增加正确识别的数据码字的数量,降低所需纠错等级,减少纠错计算量,提高译码效率。所以研究一种快速条码识别方法具有很强的现实意义。

收稿日期: 2003-06-10

作者简介: 戴 扬(1980-),女,硕士,主要从事数字与图像信号处理方向的研究;于盛林(1941-),男,教授,博士生导师,主要从事计算机测控,信号处理,混沌,分形理论及应用方面的研究。

1 PDF417条码译码的关键问题

PDF417条码译码的关键问题是识别条空即黑白部分的边界。文献[7]将投影方法应用于条码识别；文献[8]中提出一种利用边缘投影进行条码检测的方法，其原理是：检测条码图像的水平 and 垂直边缘，然后对边缘分别进行水平和垂直方向的投影，投影的波峰处对应条码的行或列边界。对于没有污染的条码，该方法显示出很好的译码准确性，但是在处理污染条码方面，暴露出一些缺陷：1) 如果条码图像不是绝对水平且形状为工整的矩形，无法保证最初得到的条码符号字符的宽度非常准确。2) 译码过程中需对每一行条码进行边缘投影，求峰值。由于条码每一行高度较小，易受划痕污染影响。图1是一个使用文献[5]方法译码的例子；图2是图1局部放大后的边缘检测图；图3是与图2对应的边缘投影图像。从它们的位置比中对中可以看出，峰值3是由划痕引起的，但它的幅值大于某些有效边界的幅值；峰值4是有效边界，可它被墨点或较粗的污染划痕截断，垂直边缘长度缩短，投影结果减小。从图3可以看出，依据峰值大小的筛选结果是污染造成的边缘峰值3被选中，而条码的有效条空边界4被遗漏，这样的筛选结果必然导致译码错误。



图1 被污染条码示例及其局部放大图

图2 图局部放大后的垂直边缘检测结果

图3 图2的垂直方向边缘投影

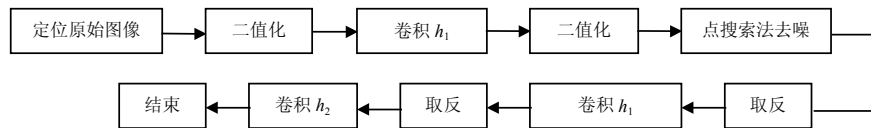


图4 滤波—复原法流程图

2 滤波—复原法基本原理

结合条码的结构特征设计了一系列滤波器以清除污染线条或者墨点，然后采用改进的投影法译码。滤波去噪的一个伴随后果会使条码宽度变窄、边界模糊，因此需要设计相应的图像恢复方法，把已去除污染但发生变形的条码恢复为原始条码图像。图像恢复过程中，污染基本被滤波和点搜索法清除，污染部分找不到复原的种子，不会被恢复，保证了还原后图像的可靠性。对还原后的条码图像，由于噪声被基本清除，逐行处理不需定位各个符号字符，边缘定位也不会受到污染的干扰，基本思路如图4所示。其步骤是：1) 采用Hough变化定位条码边缘，得到条码高度，将其旋转至水平^[8]。2) 图像进行二值化。条码图像的灰度直方图具有明显的双峰结构，采用常用的直方图基于凹度分析的方法(Otsu算法)确定阈值 T ^[9]。3) 分别使用水平投影和垂直投影处理整幅条码图像，检测条码的行数和其所包含符号字符的列数 M ，条码高度除以行数得到行高，记为 H 。4) 条码图像的滤波和复原。由于条码每行高度较小，对其逐行采用垂直投影法很容易受到污染的干扰。根据条码图像中的有效条空都为水平或垂直方向的特点，设计滤波器来滤除污染的线条和墨点。对于单位模块宽度约为4-5像素的图像，选用 3×3 的滤波模板：

$$h_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

该滤波器可以消除宽度较小的划痕，并且使宽度较大的划痕线条变窄或截断。这种清除作用对于非垂直方向的污染效果更好，但对有用信息也会造成一定影响，使条码图像中的有效黑色“条”变窄，左右两边缘

各向内收缩一个像素, 白色“空”变, 两边缘各向外扩张一个像素。滤波器具有线性特征, 易于对图像进行恢复。由于滤波后的条码图像不是完全的二值, 将滤波后的图像做二值化处理:

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & f(x,y) = 0 \\ 1 & f(x,y) \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

在进行复原卷积之前, 为了使污染找不到复原的种子, 需要将污染较彻底地清除干净。由于卷积核 h_1 比较适合清除非竖直方向的污染, 因此在进行复原卷积前还需对残留的近似竖直方向的污染做进一步处理。为保证条码边界不受到除第一次卷积以外的更多的影响, 使用点搜索法, 查找非边界的竖直划痕和孤立的污染点。利用查找表方法, 在八邻域内选择像素和大于6的点, 将其置为1。

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f(x+i,y+j) \geq 6 \\ 0 & \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f(x+i,y+j) < 6 \end{cases} \quad i, j \text{ 不同时为零} \quad (3)$$

对已变窄至一个像素宽的竖直划痕, 满足此条件; 而条空边界上的黑点八邻域内最多只有5个像素为白, 即1。因此条空边界不会受到影响。在实践中发现, 对复原后的图像再使用竖直方向滤波器 h_2 可以更好地规整每行的条码图像, 清除零星的污点, 同时对竖直方向的有效条码没有影响, 从而保证译码效果。

$$h_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

5) 使用改进的竖直投影法检测每行的条码信息。根据求得的行高, 可以定位每行条码, 检测其竖直边缘, 并在竖直方向做投影。检测峰值的算法为: (1) 每行条码投影, 得到向量 $g(m)$ 。(2) 构造一维高斯模板, 采用可编程的向量表达式为:

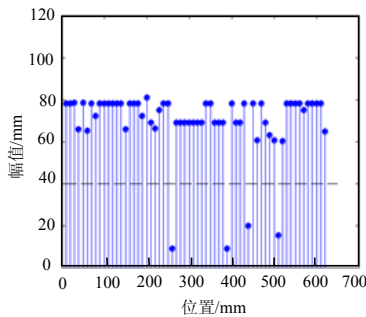
$$w(n+1) = e^{-\frac{1}{2} \left[\alpha \frac{n - \frac{N}{2}}{N/2} \right]^2} \quad 0 \leq n \leq N, \quad \alpha \geq 2 \quad (5)$$

对单位模块约为4-5像素宽的条码图像, N 和 α 的经验值分别为5和2.5。(3) 用高斯模板消除投影噪声:

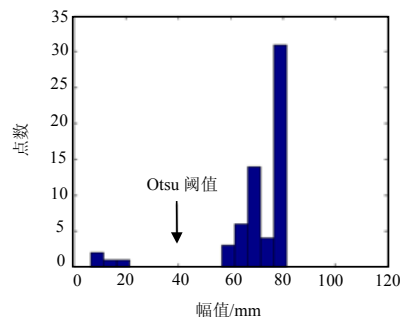
$$p(m+n-1) = g(m) * w(n) \quad (6)$$

(4) 求卷积结果的极值的集合 $extremum(i)$ 。

$$extremum(i) = p(i+1) \quad \{i \mid (dp(i)/di) > 0 \& (dp(i+1)/di) < 0\} \quad (7)$$



a 条码边缘峰值检测图



b a图的峰值柱状分布图

图5 条码边缘峰值检测图

除了设计滤波-还原过程外, 还对文献[8]中提出的边缘投影法做了改进。图5a为一行条码图像的边缘峰值检测图。在逐行检测前采用了滤波-复原法处理图像污染, 此时图像污染已不严重或基本清除, 通过大量试验发现, 极值点幅值的分布基本呈现双峰特性, 如图5b。它适合采用Otsu算法选取一个阈值^[7,9]。鉴于条码图像的规整性, 大量试验证明同一个阈值适用于绝大多数行条码, 因此只需建立一个检错机制, 如果某一行所得条码边缘数 $n \neq 8M + 2$, M 为所得条码所含符号字符列数。则对该行从新选择阈值(终止符为

“71131121”, 包含9个条空边界)。可省去多次排序, 提高译码效率。对信息量较大, 包含符号字符较多的条码图像, 效果较显著。依据峰值检测结果, 求出单位模块宽度 $w = (p_n - p_1) / M$, 其中 p_1, p_n 分别为始末边缘的横坐标, 则条空序列的模块宽度数 N_1, N_2, \dots, N_n 为:

$$N_i = (x_{i+1} - x_i) / w \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

得到各的条空宽度序列后, 检索符号字符对应的码字数据库就以得出其码字, 纠错解码后得到原始信息。

3 计算机实现

图1所示的被污染条码使用未经改进的边缘投影法无法正确译码, 图6为经过滤波一还原法处理后的该条码。图中可以看出, 清除污染的效果较好, 大量的污染被清除, 原始图像得到基本恢复。对图6采用sobel水平和垂直边缘检测算子检测其边缘^[10], 采用radon变换进行边缘投影^[10], 运用改进的滤波一还原边缘投影算法后, 在不使用纠错的情况下就可完全正确译码, 图像的有效信息没有受到破坏。

由于每行条码的宽度较小, 图像呈梯形变形对每行的高度影响不大, 采用逐行投影的检测方法, 同样可以准确译码。图7是一幅上下边缘略微呈现梯形变形的条码, 下面是其译码结果(也是0级纠错)。



图6 用滤波-复原法处理后的图1中被污染条码



图7 略微呈梯形变形的含污染条码译码结果

4 结论

选用100幅污染条码图像对方法进行译码测试, 污染主要为划痕、墨点。实验证明滤波一还原与边缘投影相结合的方法译码正确率为96.6%。即使是重度污染, 2级纠错就可以完全正确译码, 正确率为100%。由此可见该方法性能优越, 能够有效降低条码译码所需的纠错级别, 提高译码效率。

参 考 文 献

- [1] Pavlidis T, Swartz J, Wang Y P. Information encoding with two-dimensional bar codes[J]. IEEE Computer Magazine, 1992, 25: 18-28
- [2] Pavlidis T. A new paper/computer interface: two-dimensional symbologies[J]. IEEE Computer Magazine, 2000, 2: 145-151
- [3] 朱卫东, 张艳树. 二维条码技术与应用[J]. 北方交通大学学报, 1999, 21(3): 372-374
- [4] GB/T 17172-1997, 四一七条码[S].
- [5] 王新梅, 肖国镇. 纠错码——原理与方法[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991
- [6] Blahut R E著. 差错控制码的理论与实践[M]. 徐秉铮, 欧阳景正, 冯贵良译. 广州: 华南理工大学出版社, 1988
- [7] Shellhammer S J, Goren D P, Pavlidis T. Novel signal-processing techniques in barcode scanning[J]. IEEE Robotics & Automation Magazine, 1999, 6(issue 1): 57-65
- [8] 刘宁钟, 杨靖宇. 基于投影算法的二维条码识别[J]. 计算机工程, 2002, 28(9): 32-34
- [9] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Transactions Systems, Man and Cybernetics, 1979, 9: 62-66
- [10] 郎 锐. 数字图像处理学Visual C++实现[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2003