

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 23120081153175

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

嵌入式多二维条码图像识别系统的设计与实现

Design and Implementation of the Embedded 2D Multi-code
Image Identification System

刘 巧 玲

指导教师姓名: 李晓潮 副教授

专 业 名 称: 电路与系统

论文提交日期: 2011 年 月

论文答辩日期: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

近年来,二维条码技术广泛应用于交通运输和生产自动化等领域,它实现了信息的快速、准确获取与传输。利用摄像头拍摄条码图像,然后在嵌入式平台上进行软件解码的条码识读方式,已逐渐取代利用专用设备识读的方式,但是,光照、畸变、背景噪声等因素严重影响条码图像的质量,增加了条码定位的难度。为了提高条码识别的速度和准确率,实现实时识别,本文设计并实现了基于嵌入式平台利用图像处理算法识别多条码的识别系统。

本文的主要工作成果如下:

(1) 设计并实现 DM 码、QR 码识别系统。根据 DM 码、QR 码的符号结构特点,首先提取二值图像中的连通区,计算连通区凸包,合并相互嵌入的连通区以得到 DM 码的条码区域;而在定位 QR 码时,提取图像中的轮廓,再利用角点检测算法找出矩形轮廓,然后利用位置探测图形和定位图形粗略定位条码,最后对边缘点进行直线拟合以精确计算条码区域的第 4 个角点。建立采样网格并标准解码。

(2) 为了最大程度地降低不均匀光照对图像质量的影响,本文首先对图像进行二值化处理,因此,研究并比较 OTSU、Bernsen、实时自适应算法等二值化算法;在嵌入式 DSP 平台上结合 DSP 的特性实现实时自适应二值化算法,以提高实时运行效率。

(3) 针对条码畸变问题,分析了旋转校正模型、仿射变换模型、双线性变换模型、透视变换模型等不同几何校正模型的优缺点及适用范围。在条码识别系统中利用透视变换模型解决条码的旋转与畸变问题。

利用由 ADI 公司型号为 BF548 的 DSP 芯片和 Aptina 公司型号为 MT9M0001C12 的 CMOS 图像传感器芯片组成的 Camelot 平台测试系统性能。经测试,系统的性能和指标接近该领域商用软件的领先水平。

关键字: 二维条码, 图像处理, 二值化, 畸变

ABSTRACT

In recent years, the 2D barcodes have been more and more widely used in the fields of transportation and automatic production; it makes acquiring and transmitting information more quickly and accurately. Capturing the barcode images with digital camera and then decoding them using the software running on embedded platform have been replacing the traditional special hardware, however, the image quality is degraded by the uneven illumination, distortion and background noises, which makes the barcode localization difficult. In order to increase the accuracy and speed, a multi-code recognition system utilizing the image processing algorithms based on embedded platform has been designed and implemented. The contribution may be summarized as:

(1) Design and implement the DM code and QR code recognition system. Based on the characters of the DM code and the QR code, we extract the connected component, compute the convex hull of the connected component, and merge the intersecting connected components to get the DM region. While locating the QR code, we extract the contours, and then detect the corners of the contours to find the rectangles. We locate roughly each QR code region by the finder patterns and timing pattern, and then compute the fourth corner by fitting the best line based on the boundary pixels. At last, we create the sample grids and decode it based on the standard.

(2) In order to eliminate the effect by the uneven illumination, we firstly apply the thresholding algorithm on the image, and implement the real-time adaptive thresholding algorithm based on the DSP feature to speed up.

(3) Analyze and compare the applied domain of the four geometric correction models: rotation correction model, affine transformation, bilinear transformation and perspective transformation. The perspective transformation is utilized in this system to solve the geometric distortion.

Keyword: Two Dimensional Barcode, Image Processing, Thresholding, Distortion

目录

第一章 绪论	1
1.1. 研究背景及意义	1
1.2. 关键技术及研究现状	2
1.2.1. 条码定位技术	2
1.2.2. 二值化技术	4
1.2.3. 几何校正技术	5
1.3. 论文工作及结构安排	6
第二章 二维码相关知识	7
2.1 二维码的产生和发展	7
2.2 QR 码相关知识	7
2.2.1 QR 码符号结构	7
2.2.2 QR 码编码方法	10
2.2.3 QR 码解码模块设计	14
2.3 DM 码相关知识	15
2.3.1 DM 码符号结构	15
2.3.2 DM 码编码方法	16
2.3.3 DM 码解码模块设计	18
第三章 图像预处理技术	19
3.1 二值化	19
3.1.1 全局二值化算法	19
3.1.2 局部二值化算法	21
3.1.3 实时自适应二值化方法	21
3.2 基本概念	23
3.3 QR 码定位技术	25
3.3.1 QR 码图像的特性分析	25
3.3.2 轮廓追踪	26
3.3.3 角点检测	29
3.3.4 条码定位	31
3.3.4.1 寻找寻象图形	31

3.3.4.2 寻找定位图形.....	32
3.3.4.3 粗略计算第 4 点.....	35
3.3.5 精确估计第 4 点.....	36
3.4 DM 条码定位技术.....	39
3.4.1 DM 码图像特性分析.....	39
3.4.2 边缘提取.....	39
3.4.3 连通区提取.....	40
3.4.4 连通区合并.....	42
3.4.5 定位 DM 码.....	44
3.5 几何校正.....	44
3.5.1 空间坐标变换.....	45
3.5.2 灰度级插值.....	46
3.6 本章小结.....	48
第四章 码字提取和解码.....	49
4.1 采样.....	49
4.1.1 确定版本号.....	49
4.1.2 采样.....	50
4.2 QR 码译码.....	51
4.2.1 格式信息译码及编码区去掩模.....	52
4.2.2 提取码字.....	54
4.2.3 译码.....	59
4.3 DM 码解码.....	59
4.3.1 提取码字.....	59
4.3.2 纠错.....	60
4.3.3 译码.....	60
4.4 本章小结.....	61
第五章 嵌入式多条码识别系统.....	62
5.1 系统硬件平台.....	62
5.1.1 Camelot 平台.....	62
5.1.2 DSP 主板.....	63

5.1.3 图像传感器子板.....	64
5.2 图像数据采集.....	65
5.3 灰度化.....	66
5.4 条码识别系统.....	67
5.5 基于 DSP 特性的优化.....	68
5.5.1 配置双缓冲区.....	68
5.5.2 DMA 传输.....	72
5.6 测试结果与分析.....	78
5.6.1 QR 码识别系统测试.....	78
5.6.2 DM 码识别系统测试.....	79
5.7 本章小结.....	82
第六章 总结与展望.....	83
6.1 工作总结.....	83
6.2 工作展望.....	83
参考文献.....	85
硕士期间发表的论文.....	88
致谢.....	89

CONTENTS

1 Introduction.....	1
1.1 The Background and Meaning of Research.....	1
1.2 Key Technologies and Progress.....	2
1.2.1 The Thresholding Technology.....	2
1.2.2 The Barcode Localization Technology.....	4
1.2.3 The Geometric Rectification Technology.....	5
1.3 Mean Research Works.....	6
2 Basis of 2D Barcode.....	7
2.1 Generation and Development of 2D Barcode.....	7
2.2 Basis of QR Code.....	7
2.2.1 The Structure of QR Code.....	7
2.2.2 QR Code Encoding Technology.....	10
2.2.3 QR Code Decoding Technology.....	15
2.3 Basis of DM Code.....	15
2.3.1 The Structure of DM Code.....	15
2.3.2 DM Encoding Technology.....	16
2.3.3 DM Code Decoding Technology.....	18
3 The Digital Image Processing Technology.....	19
3.1 The Thresholding Technology.....	19
3.1.1 The Global Thresholding Algorithm.....	19
3.1.2 The Local Thresholding Algorithm.....	21
3.1.3 The Real-time Adaptive Thresholding Algorithm.....	21
3.2 Basis Conception.....	23
3.3 The QR Code Localization Technology.....	25
3.3.1 The Analysis of the QR Code Image.....	25
3.3.2 The Contour Tracing Algorithm.....	26
3.3.3 The Corner Detection Algorithm.....	29
3.3.4 QR Code Localization.....	31
3.3.4.1 Finding the Finder Pattern.....	31
3.3.4.2 Finding the Timing Pattern.....	32
3.3.4.3 Rough Computation of the Fourth Corner.....	35
3.3.5 Precise Computation of the Fourth Corner.....	36
3.4 The DM Localization Technology.....	39
3.4.1 The Analysis of the DM Code Image.....	39
3.4.2 The Edge Detection.....	39

3.4.3 The Connection Region Extraction.....	40
3.4.4 The Connection Region Mergence.....	42
3.4.5 The DM Code Localization.....	44
3.5 The Geometric Rectification.....	44
3.5.1 Coordinate Transformation.....	45
3.5.2 Gray Value Interpolation.....	46
3.6 Conclusion.....	48
4 Extraction the Codewords and Decode.....	49
4.1 Sampling.....	49
4.1.1 Determine the Version.....	49
4.1.2 Create Sampling Grid.....	50
4.2 QR Code Decoding.....	51
4.2.1 Decode the Format Information and Unmasking.....	52
4.2.2 Extraction the Codewords.....	54
4.2.3 Decoding.....	59
4.3 DM Code Decoding.....	59
4.3.1 Extraction Codewords.....	59
4.3.2 Error Correction.....	60
4.3.3 Decoding.....	60
4.4 Conclusion.....	61
5 The System of Embedded Multi-Code Recognition.....	62
5.1 The Hardware Platform.....	62
5.1.1 The Main DSP Board.....	63
5.1.2 The Image Sensor Board.....	64
5.2 Image Data Acquisition.....	65
5.3 The Graying.....	66
5.4 The Recognition System	67
5.5 Optimization Based on DSP.....	68
5.5.1 Configuration the Double Buffer.....	68
5.5.2 DMA.....	72
5.6 Test and Analysis.....	78
5.6.1 The QR Code System Test.....	78
5.6.2 The DM Code System Test.....	79
5.7 Conclusion.....	82
6 Summary and Future Work.....	83
6.1 Summary.....	83

6.2 Future Work.....	83
References.....	85
Published Paper List and Patent Application.....	88
Acknowledge.....	89

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1.1. 研究背景及意义

条码是一种可印制的机器语言，以“0”“1”表示编码的特定组合，以规则排列的图形符号来表示数据，它具有输入效率高、可靠性强、成本低、易于制作、易于操作、灵活实用等优点。自 20 世纪中叶以来，条码技术迅速发展并广泛应用，它是集光、机、电和计算机技术为一体的高新技术，是将数据进行自动采集并输入计算机的重要方法和手段，它解决了计算机应用中数据采集的“瓶颈”，实现了信息的快速、准确获取与传输，是信息管理系统和管理自动化的基础[1]。经过几十年的不断发展，条码技术的应用领域逐渐扩展渗透到商业、工业、交通运输业、邮电通信业、医疗卫生、安全检查、标证管理以及军事装备等国民经济的各个行业中[2]。二维条码是条码技术发展中的一个重要阶段，它除了弥补一维码信息容量低的不足，还具有密度高、可靠性高、可表示文字和图像、保密性强、使用成本低廉等优点。与其它自动识别技术的比较中，二维条码在信息载体的成本、信息量、保密性、抗污染和抗干扰及标准化等方面具有明显的优势，有着良好的推广应用前景[3]。因此，二维条码作为一种全新的信息存储、传递和识别技术，自其诞生之日起就受到世界各国的广泛关注。

在二维条码国际标准研究方面上，二维条码技术国际标准化组织 ISO 与国际电工委员会 IEC 成立的第 1 联合委员会 JTC1 的第 31 分委会，即自动识别与数据采集技术分委会（ISO/IEC/JTC1/SC31）目前已完成 PDF417（最新标准：ISO/IEC 15438-2006），QR Code（最新标准：ISO/IEC 18004-2006），Maxi Code（最新标准：ISO/IEC 16023-2000），Data Matrix（最新标准：ISO/IEC 16022-2006）等二维条码码制标准的制定。我国物品编码中心已于 2003 年 3 月制定完成了二维条码标准体系，在消化国外相关技术资料的基础上制定了 3 个二维条码的国家标准：GB/T 17172-1997《四一七条码》，GB/T 18284-2000《快速响应矩阵》与《汉信码》国家标准[4]。

二维条码识读是通过获取载体上的 2D 条码的图像信息，译码得到二维条码符号承载信息的全过程。二维条码图像采集与处理有两种方式[5]，一种为扫描式，一种为摄像式。扫描式系统把识读、解码程序嵌入到专用硬件设备中，扫描式技术只能识读一维条码和行列式二维条码，如 PDF417 码；摄像式技术识读方式即可识读行列式条码，也可识读矩阵式条码，如 QR 码、DM 码，其基本原理是通过光学透镜成像在半导体传感器上，再通过模拟/数字转

化技术（传统的 CCD 技术）或直接数字化技术（CMOS 技术）输出图像数据，经图像处理，最终完成译码。从长远发展的角度看，摄像方式在条码采集应用中将是一个必然的趋势。

近年来，嵌入式技术发展迅速，微处理器、摄像头性价比大幅提高，利用带有摄像头的嵌入式平台拍摄条码图像并进行软件解码的技术，已逐渐取代利用价格昂贵的、专用的扫描设备进行解码的技术[6]。利用嵌入式平台识别图像中条码不仅可以把解码后的数据实时上传给上位机 PC 机，本身还可以存储数据，作为便携式数据采集器。将嵌入式开发平台的概念引入到图像条码识别系统中，解决了图像条码识别系统的可移植性问题，使开发与移植工作能够达到开发时间上的可控与开发质量上的可控[7]。因此研究在嵌入式平台下的二维条码解码技术有着深远的意义。

然而，在实际环境中利用嵌入式平台所拍摄的条码图像时，图像质量常会因各种干扰而有所降低[8]，如不均匀光照、对比度低、噪声、旋转、复杂背景及拍摄角度等。因此，条码识别是一个耗费资源且计算复杂的过程[9]。国内外学者针对不同种类的码型已展开研究，有学者基于扫描法[10]或投影法[11]提出针对单条码图像的解决方案，而实际应用中图像可能含多条码；也有学者提出通过较复杂算法[12][13]，多次遍历图像，识别图像中的所有条码，但是考虑到嵌入式平台资源的有限性，此类算法也不利于实时应用；有学者提出基于手机平台利用 Java 言的开发[14]。而国内对一维码和 PDF417 码研究较多，对 DM 和 QR 的研究相对较少，这些研究又主要是针对简单背景下单条码图像提出解决方案[15-20]，且只考虑条码的旋转问题而没有考虑到畸变问题，故适用性不强。

基于上述背景，本文以当前广泛使用的 DM 码与 QR 码为研究对象，通过分析现有的基于图像处理方式自动识别 2D 码的技术与方案，提出在复杂光照情况下，基于 ADI 的 Blackfin DSP 平台实现多条码的实时解码处理，并针对 DSP 的特性进行了有效的优化，最后取得了完善的功能和稳定的性能。

1.2. 关键技术及研究现状

在条码识别系统设计时需要多种数字图像处理技术相配合以提高识别的正确率。其中涉及到的关键技术主要有条码定位技术、二值化技术、畸变校正技术等。下面将分别介绍这三种技术及其研究现状。

1.2.1. 条码定位技术

在输入图像中，条码仅是图像的一部分，在识别条码前首先要定位条码。条码定位的目

标是要找出图像中所有可能的条码区域，因此定位算法要稳定、可靠，不受噪声、畸变、旋转等影响。一般来讲，由于光照、旋转和图像背景的干扰，从图像中定位出条码不仅耗费时间，而且运算复杂[9]，但条码区域又具有区别于图像其它区域的特征，如特殊的纹理性、较强的梯度性、特征点等，而且每种条码本身的都具有独特的标志，如 DM 码的“L”型外框，QR 码的位置探测图形。因此，根据条码的特征，国内外学者对条码的定位检测技术进行了大量的有益研究。

QR 码标准中提到一种定位方法，利用位置探测图形的特殊比例关系在图像中寻找位置探测图形，然后再寻找校正图形，再直接对位置探测图形和校正图形间的数据模块、校正图形间的数据模块采样。但是大部分学者并不采用这种方式，而是通过先定位出条码所在的大致区域，然后再精确计算 4 个顶点的方式定位条码，这种方法的优势在于定位出 4 个顶点之后，后续处理的计算量将不依赖于图像大小，只与条码的大小有关[10]。

有学者采用投影技术[11]，首先计算图像的水平投影直方图与垂直投影直方图，根据两个直方图峰值的交点计算码所处的区域，再利用最小二乘法拟合边缘直线，由四条边缘线的交点精确计算出条码的 4 个顶点。当图像中含有多个条码时，投影直方图峰值并不能准确反映每个条码的区域，但是文中通过对边缘点进行直线拟合，从而精确计算顶点的方法很有价值，这种方式计算量不大，且精确性比直接采用扫描的方法高。文献[9][28][29]利用码的梯度特性，合并具有相同梯度特性的相邻区域，从而定位出大致条码区域，根据该区域再精确计算码的 4 个角点，这种方法适用于大多数图像，且也能应用于含多条码的图像，但单一梯度特征有时会把一些强边缘的区域，如表格等，误判为条码[30]。统计模式识别的方法也常用于条码定位[31-32]，文献[31]采用 SURF 算法提取图像中条码的特征点，训练非线性的 SVM 分类器，然后利用此分类器检测条码区域。文献[32]采用 AdaBoost 分类器算法通过选择码的特征点来定位条码区域，然后再精确定位条码的 4 个顶点。形态学方法也是条码定位的常用手段[13][33]，如文献[13]首先利用边缘检测、膨胀、剪切等技术提取图像中码所在的区域，再利用直线检测方法精确拟合区域的四条边，从而获得码的四个角点，但由于其只利用水平边缘检测算子，这使得定位的成功率严重依赖与条码的方向。文献[12]首先用 Constraint-Run-Length 算法（CRLA）找出图像中的块，然后再依据 QR 码的位置探测图形判断出条码所在的块，用边缘检测算法提取条码所在块的边缘，最后用 8 条不同方向的扫描线寻找码的 4 个顶点。文献[34-35]采用基于轮廓的定位算法，文献[34]首先利用 Canny 边缘检测算子提取码的边缘，以减少误判和计算量，再利用轮廓追踪算法寻找 QR 条码的位置探测图像，然后在轮廓中寻找矩形，从而定位出条码的 3 个顶点，最后通过两次透视变换计算出码的第 4 个顶点，文献

[35]利用轮廓追踪技术追踪 DM 码的轮廓，再对轮廓进行角点检测以找出 DM 的实“L”形边，然后用中心画圆法找出虚“L”边，引用轮廓追踪算可以提高运算速度速度，减少内存消耗。

1.2.2. 二值化技术

拍摄图像时，光照对图像的质量产生很大的影响，如果光照均匀，那么图像则较清晰；如果光照不足则使条码的黑白模块对比度不足；光照不均匀，将会为图像带来大量噪声。因此，为了降低光照对图像质量的影响，先对图像进行二值化处理，增强条码的对比度，突出条码的黑白模块特征。

图像的二值化技术就是根据阈值将一幅多个灰度级的图像转化为只有两个灰度级的图像，以便于数据的压缩、特征的突出以及图形的识别。在二值化方面，国内外许多学者对此做了相关研究。二值化方法可以分为两大类：全局阈值法和局部阈值法。

全局阈值算法为整幅图像计算一个阈值。比较有代表性的算法有直方图法[21]、OTSU[22]、迭代阈值法[23]、Kittler[24]等。直方图法计算图像的灰度直方图，由于图像中目标区域和背景区域的灰度差别很大，因而灰度直方图呈现出双峰，那么双峰间的谷点值就是阈值，但由于直方图是各灰度级像素统计，如果没有图像其它方面的知识，只靠直方图进行分割是不可靠的[21]。OTSU 算法基于两组间最佳分类而决定阈值，它将直方图在某一阈值处分割成两组，一组对应于背景，一组对应于目标，当两组的组内方差最小、组间方差最大时，这个阈值为最佳阈值。但当图像中目标只占图像的一小部分时，此方法的效果较差。迭代阈值法主要根据逐渐逼近的原理，在灰度特征上对图像进行阈值选取，它有易理解实现、处理效果较好的优点。Kittler 算法依据最小错误准则函数计算阈值 T ，阈值 T 应使最小错误准则函数的值最小。但全局阈值法使用单一阈值对整幅图像进行二值化，对于光照不均匀或是背景十分复杂的图像效果不佳。

局部阈值算法为图像中每个像素计算合适的阈值。Bernsen 算法[25]是局部阈值的典型算法。它通过定义考察点的邻域，并由邻域计算模板来实现考察点灰度与邻域的比较，它较适合解决光照不均匀问题，但其速度慢，且易产生伪影，给图像带来大量干扰。Wellner[26]于 1993 年提出一种简单快速的自适应局部阈值算法，它的基本思想是以当前像素点为基准点，计算一个长为 s 的滑动窗口内像素的均值，以此均值的一定百分比作为当前像素点的阈值。Derek Bradley 和 Gerhand Roth 对 Wellner 算法进行了进一步扩充和完善[27]，他采用 $s*s$ 的矩形窗口代替原长 s 的滑动窗口，矩形窗口考虑到所有方向上光线对当前像素点的影响，因此产生的阈值更可靠，文章还引入积分图像快速计算窗口内均值，改进后的 Wellner 算法具有

易实现、可靠性强、速度快等优点。

1.2.3. 几何校正技术

图像中的条码有多种出现形式，如正放、旋转、畸变等，因此，条码译码前需要规则化条码的形态，将旋转或畸变的条码变换成正放的规则形状的条码。目前完成条码几何形状变换的主要方式有：

(1) 基于点运算的旋转校正

这种方式需要首先计算出条码的旋转角度，再根据旋转角度利用点运算旋转条码至水平位置。文献[15][19][36][37]采用 Hough 变换计算出条码的边界直线，Hough 变换的基本思想是利用图像空间和参数空间的点-线对偶性，把空间图像的直线检测转换到参数空间的点检测，根据边界直线的斜率计算出条码的旋转角度，Hough 变换的优点是受噪声和曲线的间断影响较小，但它计算量大，且比较耗费存储空间；文献[17][18]根据三个位置探测图形之间的位置关系，直接计算出符号的旋转角度，然后进行旋转校正；文献[11]利用最小二乘法拟合出条码边缘直线，根据拟合出的边缘直线的斜率计算条码的旋转角度，与 Hough 变换相比而言，最小二乘法受噪声影响较大，但它效率较高、占用空间少。总体而言，先计算倾斜角度再旋转的方式，只能处理旋转问题而不能纠正条码的形变。

下面三种校正方式都是根据两幅图像的一些已知对应点对（又称控制点对，一般取两幅图像的顶点作为控制点对），建立起函数关系式，将失真图像的坐标系 (x',y') 变换到标准图像坐标系 (x,y) ，从而实现失真图像按标准的几何形状校正。

(2) 基于仿射变换模型的校正方式

文献[9][16]采用 6 参数的仿射变换模型校正技术，这种模型可以把平行四边形变换为矩形，同时也能解决旋转问题。但实际图像中条码的形变不一定是平行四边形，常常是任意四边形，因此，此模型不能完全满足应用需要。

(3) 基于透视变换模型的校正方式

文献[10][28][34][38][39]采用透视变换模型校正技术，这种模型可以把一般四边形变换成矩形，同时处理旋转问题。仿射变换可以认为是透视变换的一个特例，透视变换模型更能全面的体现图像的各种失真情况，因此，透视变换模型比仿射变换模型更具有一般性。

(4) 基于双线性模型的校正方式

文献[32][40]采用双线性模型，双线性模型可以处理平行四边形的任意形变。这种模型可以用来处理较复杂的变形，但它所需的控制点对也相应增加，运算时间及复杂度也相应增加。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库