

摄像头阅卷系统关键技术的分析与应用^①

吴柏雄 (江门中医药学校 广东 江门 529000)

摘要: 在分析各类图像阅卷系统的基础上,阐述了摄像头阅卷系统中需要解决的关键技术问题有:对光照不均的图像处理,透视变形图像的校正处理。提出对图像进行二值化处理时采用局部平均阈值解决光照不均匀的问题;采用的基于矩形角点几何变换的畸变图像校正算法,分两步完成图像的倾斜校正和透视校正,并给出了变换公式。实践表明系统中采用的算法处理速度快、畸变图像校正效果好,图像识别率高,达到实用要求。

关键词: 畸变校正;透视变形;图像二值化;摄像头阅卷

Key Techniques of Camera-Based Information-Card Scoring System and Its Application

WU Bai-Xiong

(Jiangmen Traditional Chinese medicine school, Jiangmen 529000, China)

Abstract: In analyzing the various types of image-based scoring system, the key techniques of camera-based information-card scoring system are given: uneven illumination of the image processing, lens distortion correction image processing. This paper proposes binarization image processing with the local average threshold to solve the problem of uneven illumination. It uses rectangular corner-based geometric aberration transform image correction algorithm, which include two steps to complete the correction skew distortion and perspective distortion. It also gives the transformation formula. Practice shows that this method performs well, and meets the functional requirements.

Keywords: distortion correction; perspective distortion; image binarization; camera-based information-card scoring

随着各级教育在校人数的增加,教师阅卷的工作量也不断的增加。目前各科试卷中选择题的比重很大,人工阅卷工作非常繁重,并且容易出现人为错误,也无法对阅卷结果进行统计分析。为了提高阅卷的质量和效率,并且获取更多有用的信息,需要开发一种使用方便、价格低廉的阅卷系统。

1 系统简介

阅卷系统的基本思路是,把答题卡以图像的形式输入到计算机中,通过对图像的处理和识别得到答题卡上的各种相关信息,经过处理后输出详细的成绩和统计报告,从而形成一个完整的阅卷系统。

阅卷系统的关键技术是答题卡图像处理和识别。

阅卷系统图像处理和识别部分包括三个方面:答题卡定位、答题卡图像分割和信息识别。答题卡定位的任务是给出图像中答题卡的位置;答题卡图像分割的主要任务是将定位后的答题卡区域中的信息分割出来;信息识别的任务是将分割出的答案信息识别出来,并与正确答案进行比较,然后给出答题成绩。

根据答题卡图像输入设备的不同,分别有摄像头阅卷系统、扫描仪阅卷系统和数码相机阅卷系统三种类型。

1.1 摄像头阅卷系统简介

摄像头阅卷系统是通过摄像头输入答题卡图像进行阅卷的。目前有关摄像头阅卷系统的报道基本上是关于图像处理的预处理部分,对于进一步的处理和最

① 收稿时间:2009-05-27

后如何完成答题卡的识别评分等都很少介绍。如陕西高育鹏基于图像识别的阅卷系统的设计,介绍了检测阈值预估的模式匹配算法^[1]。江苏桑一梅介绍了摄像头阅卷系统中的图像预处理算法,对答题卡图像预处理过程中的图像灰度化、二值化、光学畸变校正和图像偏斜纠正等步骤进行了描述^[2]。

1.2 其它阅卷系统简介

1.2.1 扫描仪阅卷系统

扫描仪阅卷系统是通过高速扫描仪扫描输入答题卡图像进行阅卷的,是较为理想的企业级的解决方案。国内外在这方面的研究也很多。如河北宋峥介绍的自动化扫描阅卷系统通过扫描仪输入试卷,然后进行图像处理自动完成客观题的阅卷^[3]。湖北王红玉介绍的计算机网上阅卷即扫描图像识别系统,是通过高速扫描仪将全体考生的答卷(答题卡)扫描为电子图像,将客观题图像通过计算机识别并给出客观题成绩,主观题图像提交给后台网上阅卷系统,阅卷员通过终端计算机从网上给主观题答卷进行打分^[4]。

1.2.2 数码相机阅卷系统

数码相机阅卷系统是通过数码相机拍摄输入答题卡图像进行阅卷的。由于使用数码相机采集输入图像的速度较慢,数码相机阅卷系统的研究不多。高伟介绍了用数码相机实现电子阅卷的操作过程^[5]。集美大学王丰研究了以数码相机或复印机作为图像数据输入设备采集答题卡图像,再经过软件处理、识别,实现客观题答题卡的信息识别^[6]。

2 系统关键技术与解决方案

在三种阅卷系统中,数码相机阅卷系统由于操作不方便,阅卷速度慢,没有实用价值,相关的研究报道较少。随着高速扫描仪的出现,扫描仪阅卷系统成为企业级的阅卷系统的新选择,而带有自动进纸器的高档扫描仪使得自动阅卷成为可能。但是个人购买数千元的高档扫描仪并不实际,所以成本只要一百多元的摄像头阅卷系统是个人用户的首选。

2.1 摄像头阅卷系统的问题

因为摄像头具有视频特性,每秒能输入 25 张图像,所以摄像头阅卷系统是速度最快的阅卷系统,而且不需要保存图像文件,在实时性上有巨大的优势,但也是技术难度最大的,因为相对其它阅卷系统增加了三个技术难题:

2.1.1 对光照不均的图像处理

因为扫描仪和数码相机都带有照明部件,它们输入的图像不存在光照不均的问题,而摄像头阅卷系统必须适应各种使用环境,光照条件随时都会变化,一定要处理好光照不均的图像。

2.1.2 对图像大小不一的处理

因为扫描仪和数码相机都是固定拍摄距离,它们输入的所有图像大小相同,不存在图像大小不一的问题,而摄像头阅卷系统使用时是很多答题卡叠放在一起的,上面的答题卡距离摄像头较近得到的图像大,下面的答题卡距离摄像头较远得到的图像小。

2.1.3 对透视变形图像的处理

扫描仪输入的图像不存在图像透视变形的问题,只有图像的倾斜,而摄像头阅卷系统使用时,摄像头放置在支架上,有可能存在摄像头与答题卡平面不完全平行,得到的答题卡图像不仅仅会发生倾斜,还会发生透视变形。

2.2 摄像头阅卷系统解决方案

摄像头阅卷系统阅卷评分的过程是,通过摄像头获得答题卡图像,经过图像处理和识别得到答题卡的填涂信息,然后根据标准答案进行评分,最后把相关信息存入数据库。答题卡图像的处理和识别的过程输入的是图像,输出的是数据,图像的处理和识别的具体过程如图 1 所示:



图 1 图像的处理和识别过程

- ① 从摄像头输入答题卡图像,即原始图像 Y;
- ② 原图 Y 经过灰度化处理保存为灰度化图像 G;
- ③ 灰度化图像 G 经过二值化处理和角点检测得到答题卡图像的四个角点坐标后,利用图像的四个角点坐标对灰度化图像 G 进行图像校正与归一化处理,得到校正图 Z;
- ④ 对校正图 Z 进行分割识别得到答题卡的答案信息,并把相关信息存入数据库;

⑤ 最后将答题卡信息与标准答案对比判别给出成绩, 并存入数据库。

经过这些处理就完成了一张答题卡的阅卷评分的过程, 重复①至⑤的步骤, 就可以完成其它答题卡的阅卷评分。

阅卷系统中需要解决的主要问题有: ①对光照不均的处理; ②图像大小不一的处理; ③对透视变形图像的处理; ④选择快速的图像处理算法。最关键的是图像的角点检测、图像的校正与归一化处理, 对阅卷的成败起决定性的影响。下面具体分析相关的处理方法。

2.2.1 彩色图像的灰度化处理

从摄像头获取的答题卡图像为彩色图像, 由于彩色图像数据量大, 计算量也相应庞大, 可以将彩色图像转换成灰度图再进行处理。图像灰度化就是把彩色位图的 R、G、B 三个分量转换成一个合适的、相等的值。常用的灰度化处理有三种: 最大值法、平均值法和加权平均值法。实验表明, 使用加权平均值法的灰度化处理获得的图像效果最好。加权平均值法是从 RGB 取各自的权值相加作为灰度图的亮度, 加权平均值法的公式(1)如下:

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \quad (1)$$

2.2.2 灰度图像的二值化处理

二值化就是通过设定阈值将灰度图像分成两部分: 大于阈值的像素为白色和小于阈值的像素为黑色, 这样就将灰度图转换成了黑白图像。现有的阈值选取技术可以分为全局的和局部的阈值选取方法。全局的阈值选取是指根据整幅图像确定一个阈值。局部阈值选取方法是指将图像划分为若干子图像, 根据每个子图像确定相应的阈值。为了解决光照不均匀的问题, 对图像进行二值化处理时采用局部平均阈值, 在各个局部区域计算其灰度的平均值作为阈值, 在不同的区域阈值会做相应的调整, 这样也解决了光照不均匀的问题, 同时在光照明暗变化时也能自动调整阈值的大小^[7]。

2.2.3 图像的角点检测

图像的角点检测是系统的关键之一, 如果角点检测失败或错误, 必然造成后续处理的失败或错误。在系统中既要考虑角点检测的准确性, 还要兼顾到处理的实时性。基于 Harris 多尺度角点检测主要是针对块状图案的角点检测, 能够准确获得块状图案的角点, 但是对于线条图案的角点检测不理想^[8]。基于 Hough

变换的角点检测主要是针对线条图案的角点检测, 能够准确获得线条相交的交点^[9], 缺点是 Hough 变换处理速度较慢。

基于模板的角点检测方法主要用于简单图像的角点检测。利用模板进行角点检测的原理是: 确定一个给定的 $n \times n$ 模板与图像中所有 $n \times n$ 区域的相关性和相似性^[10]。在答题卡图像表格的四个角的特征十分明显, 位于图像的四个边角位置, 使用基于模板的角点检测方法并且结合角点的位置特性, 进行模板匹配检索时分别限定搜索范围, 可以快速获得准确的角点坐标。

2.2.4 图像的校正与归一化处理

通过图像的角点检测获得答题卡图像的四个角点的坐标后, 利用这四个角点的坐标对图像进行校正。分析倾斜变形和透视变形, 发现它们都可以用原始图像坐标与畸变图像坐标之间的关系来描述。因此消除畸变恢复原图像的问题就转化为, 从畸变图像和原始图像两坐标之间关系求得无失真的图像问题^[11]。

系统中采用的基于矩形角点几何变换的畸变图像校正算法, 分两步进行: 第一步实现图像的左边和下边的校正, 即完成倾斜校正; 第二步实现图像的上边和右边的校正, 即完成透视校正与归一化处理得到校正图 Z。如图 2 所示是图像的校正与归一化处理的过程。

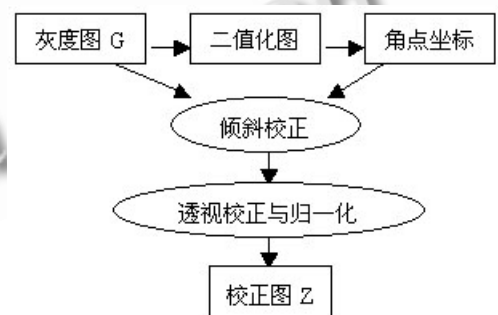


图 2 图像的校正与归一化处理过程

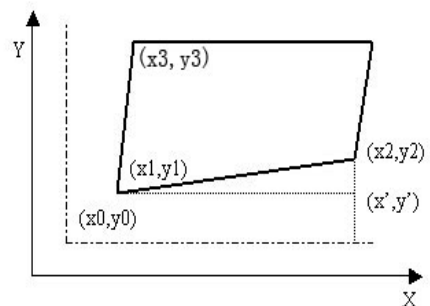


图 3 图像的第一步倾斜校正坐标

第一步倾斜校正处理的坐标变换如图 3 所示, 图中四边形表示畸变图像。根据水平边的斜率对像素位置进行校正, 取四边形底边最低像素为基准点, 作一条水平直线为基准底边。对于图像中任意像素(x, y), 校正后的坐标为(x', y')。

变换公式(2)就是对图像进行倾斜校正的坐标变换公式^[2], 其中(x1,y1)、(x2,y2)和(x3,y3)是通过角点检测所得的三个角点坐标。在进行坐标变换计算前, 要注意实际图像如果没有倾斜的处理, 即公式中分母为 0 的情况。

$$\begin{cases} x' = x + (y - y1)(x1 - x3)/(y3 - y1) \\ y' = y + (x - x1)(y1 - y2)/(x2 - x1) \end{cases} \quad (2)$$

如果有透视变形的图像, 还需要进行第二步透视变形校正的坐标变换。第二步透视变形校正处理的坐标变换如图 4 所示, 设图像下边两个端点像素的坐标为(x1, y1)和(x2, y2), 上边两个端点像素的坐标为(x3, y3)和(x4, y4)。在做第二步校正处理的时候, 可以同时同时进行图像归一化的处理工作, 就是对图像进行按比例的缩放操作, 把图像缩放到与标准模板一样的大小。

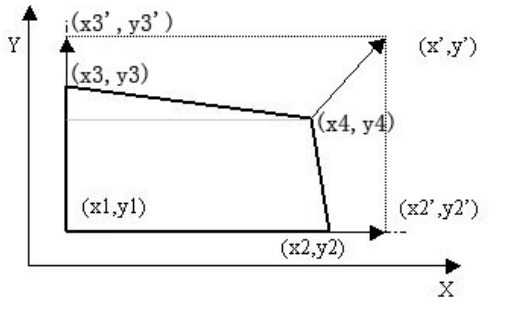


图 4 图像的第二步透视变形校正坐标

对于图像中任意像素点(x, y), 设校正后的坐标为(x', y'), 任一像素点(x, y)的第二步透视变形校正变换公式(3)如下:

$$\begin{cases} x' = x1 + \frac{(x - x1)(x2 + \frac{(x4 - x2)(y - y2)}{y4 - y2})}{x3' - x1} \\ y' = y1 + \frac{(y - y1)(y3 + \frac{(y4 - y3)(x - x3)}{x4 - x3})}{y2' - y1} \end{cases} \quad (3)$$

公式(3)中(x1, y1)、(x2, y2)、(x3, y3)和(x4, y4)是原图像四个角点坐标经过第一步倾斜校正公式(2)计算所得; x3' 和 y2' 是标准模板的宽度和

高度。在进行坐标变换计算前, 同样要注意实际图像如果没有透视变形的处理, 即公式中分母为 0 的情况。

2.2.5 图像的分割识别

答题卡的灰度图像 G 经过图像的校正与归一化处理后得到归一化图像 Z, 然后参照标准模板对图像进行分割识别。通过分析答题卡图像中各题的坐标情况, 每个信息点都有固定的坐标位置, 这样图像的分割就是以模板图像的坐标进行分割。计算每个信息点区域的平均灰度值与邻域空白点的平均灰度值, 获得每个信息点有关信息并存入数据库。

3 系统应用

如图 5 所示是摄像头阅卷操作图。摄像头放置在支架上, 有可能存在摄像头与答题卡平面不完全平行, 得到的答题卡图像会发生透视变形; 其次, 在摄像头阅卷操作过程中更换答题卡一定会有答题卡图像的倾斜; 此外, 放在上面的答题卡离摄像头较近, 得到的答题卡图像较大, 放在下面的答题卡离摄像头较远, 得到的答题卡图像较小, 即答题卡图像大小不一。因此, 摄像头阅卷要解决的问题有: 图像的倾斜变形、透视变形和图像大小的归一化。



图 5 摄像头阅卷操作图



图 6 畸变图像

阅卷时, 从摄像头输入答题卡图像进行相关处理。

如图 6 所示是一张存在倾斜变形和透视变形的答题卡图像,完成图像的灰度化、二值化和角点检查后,分两步完成图像的校正。

首先利用公式(2)经过第一步倾斜校正处理后,得到倾斜校正后的图像,如图 7 所示,该图像还存在透视变形。



图 7 第一步倾斜校正后图像

然后利用公式(3)经过第二步透视变形校正和图像归一化处理,得到完全校正的图像,如图 8 所示。



图 8 完全校正的图像

得到校正的答题卡图像后,就可以进行分割识别,完成阅卷评分。实验证明,该系统的阅卷处理速度快,识别率高。

参考文献

- 1 高育鹏,杨俊,何广军.基于图像识别的自动阅卷系统研究.现代电子技术,2006,29(22):119-120,127.
- 2 桑一梅.摄像头阅卷系统图像预处理算法研究.电脑知识与技术(学术交流),2006,(35):115,131.
- 3 宋峥峥.自动化扫描阅卷系统的研究与实现[硕士学位论文].保定:华北电力大学,2008.
- 4 王红玉.基于网上阅卷的 OMR 扫描图像识别系统的设计与实现[硕士学位论文].武汉:武汉理工大学,2007.
- 5 高伟.用数码相机实现电子阅卷.电脑,2004,(11):80-81.
- 6 王丰.基于图像识别的客观题答题卡识别研究.科技信息(学术研究),2008,(28):330-331.
- 7 欧阳庆.不均匀光照下车牌图像二值化研究.武汉大学学报(工学版),2006,39(4):143-146.
- 8 李博,杨丹,张小洪.基于 Harris 多尺度角点检测的图像配准新算法.计算机工程与应用,2006,42(35):37-40.
- 9 陈洪波,徐晓蓉.基于改进 Hough 变换的角点提取.计算机应用与软件,2008,25(2):57-60.
- 10 郭海霞,解凯.角点检测技术的研究.哈尔滨师范大学自然科学学报,2007,23(2):73-75.
- 11 吴德会,朱程辉.基于主方向检测的畸变车牌字符图像校正方法.自动化技术与应用,2005,24(4):16-18,22.
- 12 黄山.车牌识别技术的研究和实现[博士学位论文].成都:四川大学,2005.