

基于 Matlab 和 C#的数显仪表数字识别系统

张 宁¹,秦德鑫²,王秀芳²

(1. 北京理工大学 信息与电子学院,北京 100081;

2. 东北石油大学 电气信息工程学院,黑龙江 大庆 163318)

摘 要:数显仪表中数字的识别技术在仪表自动识别领域中应用广泛,改善其识别准确率有助于提高仪表自动化水平。文中采用 Otsu 算法实现图像二值化,基于孤立像素连通域法对二值图像去噪,并利用垂直投影算法完成字符的分割,利用模块法进行特征提取。构建了3层BP神经网络,采用自适应带动量项的方法对BP神经网络进行参数调整。基于动态链接库方法,文中设计了结合 Matlab 和 C#的数字识别系统。测试结果表明,单字符图像识别准确率可达98%,多字符图像识别准确率可达92.5%。

关键词:数字识别;神经网络;特征提取;数显仪表

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)09-0070-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.09.018

Digital Recognition System of Numerical Instruments Based on Matlab and C#

ZHANG Ning¹,QIN De-xin²,WANG Xiu-fang²

(1. College of Information and Electronics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. College of Electrical Information and Engineering, North East Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract: Digital recognition technology is widely applied in numerical instruments. Improving its recognition rate is helpful for increasing the automation level of instruments. In this paper, Otsu algorithm is used to realize the image binarization, isolated pixel connected domain is adopted to eliminate noise, vertical projection algorithm is applied to accomplish the character segmentation and modular algorithm is exploited to extract the feature. Furthermore, 3-layered BP neural network is established, and the adaptive learning factor with a momentum term is used to adjust the parameters of BP neural network. Based on dynamic link library method, the composite Matlab and C# digital recognition system is designed. The results indicate that the recognition rate can reach 98% for single-number images and 92.5% for multi-number images.

Key words: digital recognition; neural network; feature extraction; numeral instruments

0 引言

图像数字识别技术旨在研究用计算机自动处理大量物理信息,解决人类生理器官不易识别的问题,从而部分代替人类的脑力劳动和体力劳动,现已广泛应用在工业检测、交通、多媒体网络通信等领域。作为重要的分支,数显仪器的数字识别可以减轻人工成本,降低工作强度,对于实现民用、工企业数字化、智能化具有重要意义^[1-6]。

崔行臣等人采用仪表数字图像二值化、去除噪声

等预处理算法,利用各数字背景四连通区域对象的个数和标识矩阵元素的分布来构造识别特征,并设计了实时数字自动识别系统,该系统具有较高的识别率^[7]。

巩玉滨等人针对工业控制领域数显仪表检测系统数据自动采集中心数显仪表图像存在的歪斜、缺损和模糊问题,采用三层BP神经网络进行数字字符识别。实例说明该方法识别率高,抗干扰性好^[8]。

然而,以上方法一般需要借助一定的先验知识,且在图像有严重噪声干扰光照不均的情况下有时会出现字符粘连、字符错分等现象。文中设计了基于C#和

收稿日期:2012-12-01

修回日期:2013-03-03

网络出版时间:2013-05-09

基金项目:“十二五”国家科技支撑重点项目(2012BAH12B00);黑龙江省教育科学技术研究项目(12521056)

作者简介:张 宁(1992-),女,黑龙江大庆人,研究方向为通信工程及数字信号处理;王秀芳,教授,博士后,研究方向为通信工程及数字信号处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130509.1058.030.html>

Matlab 的数显仪表数字识别系统,在预处理的基础上,增加了字符粘连的训练样本,借助 3 层 BP 神经网络进行识别,并且完成了 C#与 Matlab 语言的集成调用。

1 数显仪表数字识别算法

数显仪表数字识别算法的框图如图 1 所示。

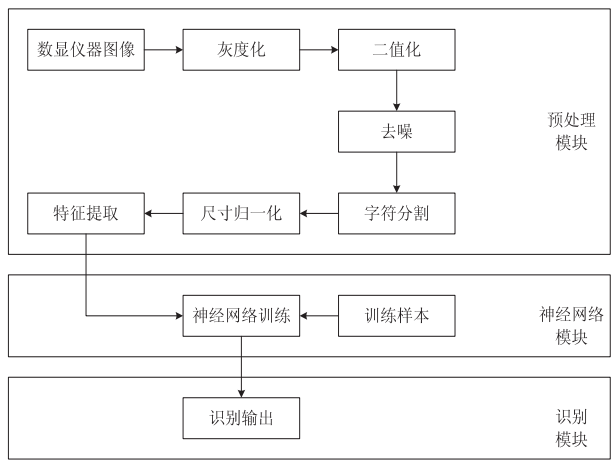


图 1 算法框图

1.1 预处理模块

1.1.1 灰度化

数显仪器图像常见的问题就是对比度不理想,这是由于图像所包含的灰度范围较窄或像素的灰度分布的非线性造成的。文中采用灰度变换,利用点运算来修改图像像素的灰度,以增大图像的动态范围,扩展图像的对比度,使图像变得更清晰,特征明显。

1.1.2 二值化

二值化处理是选择一个合适的阈值将目标和背景分开。阈值分割方法通常分为全局阈值法和局部阈值法,局部阈值法常用于照度不均或灰度连续变化的图像的分割,又称为自适应阈值分割法。在局部阈值法中,原始图像被分为几个小的子图像,再对每个子图像分别求出最优阈值。典型的局部阈值算法有 Kamel—Zhao 算法、Bernsen 算法等。文中采用 Otsu 全局阈值算法。

1.1.3 去噪

实际拍摄的图片受光线、拍摄角度的影响,经过上述两步的处理,图片上往往会留下许多黑色杂质点,可能会影响图像识别的正确性。

文中采用基于孤立像素连通区域的去噪算法。其主要过程是:扫描图像,分别统计各个孤立像素连通区域的面积,存入数组中,然后以数组的均值作为阈值,将面积小于该阈值的连通域像素用背景元素替换,从而达到去噪的目的。

1.1.4 字符分割

经过去噪处理的图片是消除了杂质的黑白图片,

为了准确定位,需要将每个数字限定在一个最小的区域里。

文中对图像进行字符分割是建立在投影算法的基础上。具体的设计步骤如下:自左向右逐列进行扫描,遇到第一个黑色像素时认为是字符分割的起始位置,然后继续扫描,直至遇到有一列中没有黑色像素,则认为这个字符分割结束,然后继续扫描,按照上述的方法一直扫描直至图像的最右端。这样就得到了每个字符比较精确的宽度范围,完成了图像的分割。

需要指明的是:上述方法得到的效果图虽然完成了单个字符的分割,但是字符的上部和下部都有较多的背景,为接下来的特征提取增加了很多冗余的干扰信息,因此需要将多余的背景消除。文中仿效垂直分割算法,在已知的每个字符比较精确的宽度范围内,按照第一步的方法,分别进行自上而下和自下而上的逐行扫描来获取每个字符精确的高度范围。

1.1.5 尺寸归一化

因为采集的数显仪表图像中字符大小存在较大的差异,而相对来说,统一尺寸的字符识别的标准性更强,准确率自然也更高。因此,文中采用了图像尺寸归一化方法将图像标准化。标准化图像就是要把原来各不相同的字符统一到同一尺寸,在系统实现中是统一到同一高度,然后根据高度来调整字符的宽度。注意:调整字符图片的尺寸定会为原图像带来干扰因素,若调整的尺寸过小,严重压缩字符图像,会使图像丢失很多细节信息,不利于识别;若调整的尺寸过大,字符信息量过大,处理速度缓慢。

1.1.6 小数点处理

采集的数显仪表图像中,会存在一些数字带小数位的情况,因此需要对小数点进行处理。对图像进行字符分割处理后,如果图像中带有小数点,则小数点会和它左边的数字分割成一个字符图片。在进行识别前,首先要判断图像中是否带有小数点以及小数点的位置。

识别小数点的具体算法如下:将分割后字符的右下角包含小数点区域的黑色像素进行累加,累加的和除以小数点区域内的像素总数得到比例 t ,若对于设定的比例 T ,有 $t > T$,则表示有小数点,记下这个数字在整个数字组中的位置,然后将小数点位置变成背景的颜色。

值得注意的是:有些图像中,小数点是和左边的数字粘连在一起的,而有一些则是独立存在的。对于小数点单独存在的情况,可以将其消除,以免影响识别结果;而对于那些粘连的小数点没有办法消除,在这种情况下,对数字字符影响不是很大,但为了提高识别率,文中在训练样本中加入了一些类似的数字字符样本。

1.1.7 特征提取

图像的特征是指图像中可用作标志的属性,包括自然特征(亮度、色彩、纹理)和人为特征(频谱、直方图等)。特征提取是对图像所包含的信息进行处理和分析,将不易受随机因素干扰的信息作为该图像的特征提取出来。特征提取过程产生一组特征,组合在一起就形成了特征向量,该向量所包含的信息与原始图像相比虽然有所减少,但它却包含了后续分类决策所必需的全部信息。

该设计中特征提取采用模板法,其过程是:在每一个数字图形上定义一个 $N \times M$ 的模板,将每个样品的长度分为 N 份,宽度分为 M 份,这样就将整幅图像分为 $N \times M$ 份,统计每一份内黑色像素点数占每一份像素点总数的比例,作为特征值。 N, M 值越大,得到的特征越多,但计算量也会增加,所需样本库也要增加。文中将模板设置为 8×5 ,总共提取出 40 个特征值,将这 40 个特征值存在数组中,作为特征向量。

1.2 神经网络的构建

特征提取以后,便根据特征对被识别字符进行分类。常用的分类算法有很多种,最早的数字识别是利用模板匹配算法实现的,后来,人们用几何矩、特征变换、直方图、Fisher 线性判别、非线性判别函数、人工神经网络以及支持向量机等方法进行数字识别^[9-11]。

文中选择了 3 层 BP 神经网络作为识别网络,选择了 4 组 0 到 9 的数字,每个数字样本图像经过预处理模块,提取出 40 个特征值。因此,神经网络输入层的神经元数为 40 个。考虑到神经网络的训练速度和准确度,将隐含层的神经元数设置为 10 个。神经网络输出层神经元数设置为 10 个,当图像数字从 0 到 9 输入神经网络,输出神经元对应位置上为 1,其他位置为 0。根据训练样本输入矩阵的情况,将输出矩阵设置为 4 个 10×10 的单位矩阵。隐含层和输出层的激励函数选择 s 型函数。

文中采用了自适应带动量项的梯度下降法进行网络参数的调整^[12]。动量法降低了网络对于误差曲面局部细节的敏感性,动量因子的引入,相当于一个阻尼项,减小了学习过程中的震荡。而自适应方法能够自适应调整学习速率,从而增加稳定性,提高速度和精度,避免了在神经网络训练过程中因未能合理设置学习速率使训练无法成功的缺点。文中将神经网络的期望误差设置为 0.000 01,动量因子设置为 0.95。

1.3 数字识别

文中使用 Matlab 神经网络工具箱中的 `sim()` 函数对字符进行识别,得到输出值。

在进行小数点识别后,如有小数点,则程序会记录小数点出现的字符位置 a 。字符经神经网络识别后,

会输出一组数字,将这组数字在第 a 个字符处分成两组,分别存在数组 A 和数组 B 中。最后显示结果时,首先判断图片中是否存在小数点,若有小数点,则并根据小数点的位置用字符串连接函数 `strcat()` 将数组 A 中数字、“.” 和数组 B 中数字连接起来显示;若没有小数点,则结果只返回数字数组。

2 C#与 Matlab 接口实现

为了适应工业化应用,通过动态连接库(dll)技术,文中实现了 C#与 Matlab 的结合,通过 C#实现界面编程,Matlab 进行算法仿真,设计了基于 C#和 Matlab 的数显仪器图像数字识别系统。

以数字识别系统中的二值化处理为例说明 C#调用 Matlab 进行混合编程的过程。

(1)在 Matlab 中编写实现二值化过程的函数并保存为 M 文件,如 `erzhihua.m`。

(2)在 Matlab 中新建 Deployment Project,命名为 `erzhihua`,在弹出的对话框中选择 Matlab Builder NE 下的 .NET Component。

(3)将 `erzhihua.m` 加入生成的工程并开始编译,确保编译完成且编译结果正确。

(4)由于在编译后的类文件中用到了 `MWArray` 结构,所以在 C#引用中添加 `MWArray`,另外,将生成的 `erzhihua.dll` 加入引用,并在窗体的引用命名空间中加入以下命名空间:

```
using MathWorks. Matlab. NET. Arrays;
using MathWorks. Matlab. NET. Utility;
using erzhihua;
```

(5)用 `erzhihua` 类声明一个对象,并用这个对象调用 `erzhihua` 类中的方法,实现混合编程。

```
erzhihua. erzhihuaclass ezh = new erzhihuaclass();
ezh. erzhihua (( MathWorks. Matlab. NET. Arrays. MWArray )
picname[0], ( MathWorks. Matlab. NET. Arrays. MWArray ) picname
[1], ( MathWorks. Matlab. NET. Arrays. MWArray ) picname[2])
```

其中 `picname` 是一个一维数组,数组中存储的是要处理的数字图像的路径、名称,以及图像处理后生成的新的图像的存储路径。

值得注意的是,在调用 `erzhihua` 类中的方法时,参数是 `MWArray` 类型的,必须进行参数转换,否则会发生类型转换错误。

3 系统测试

为了评价算法性能和系统性能,文中进行了大量测试。

3.1 系统功能测试

测试图如图 2 ~ 图 5 所示。



图 2 图像二值化



图 3 图像去噪



图 4 图像数字字符分割



图 5 图像数字识别结果

3.2 系统识别性能测试

另外,文中对系统的识别性能进行评价。测试图片包括 60 张单字符图像和 80 张多字符图像,分别来自不同的数显仪器,大小不一,拍摄角度、光线均存在差异。测试结果如表 1 所示。

表 1 系统识别性能测试结果

测试图片种类	测试图片数量/张	识别错误数量/张	识别准确率/%
单字符	60	1	98.3
多字符	80	6	92.5

4 结束语

文中经过灰度化、二值化、去噪、字符分割、尺度归一化、特征提取等预处理,利用 3 层 BP 神经网络进行训练,C#采用动态连接库的方式调用 Matlab 函数,完成了数显仪表图像的数字识别。经过多张单字符图像和多字符图像的测试,结果显示,系统对单字符图像识别准确率达 98.3%,而且对多字符的识别准确率可达 92.5%,识别率高。

参考文献:

[1] 吴 忠,朱国龙,黄葛峰,等. 基于图像识别技术的手写数字识别方法[J]. 计算机技术与发展,2011,21(12):48-51.

[2] 张海波,段会川,张曙光,等. 一种数字仪表显示值快速识别方法[J]. 计算机工程与应用,2005,41(4):223-226.

[3] Zhang Ping,Bui T D,Suen C Y. A Novel Cascade Ensemble Classifier System with a High Recognition Performance on Handwritten Digits[J]. Pattern Recognition,2007,40(12):3415-3429.

[4] Chen H,Yuan S,Jiang K. Selective Neural Network Ensemble Based on Clustering[J]. Lecture Notes in Computer Science,2006,3971:545-550.

[5] Shen Dongsheng,Jin Lianwen, Ma Xiaobin. FPGA Implementation of Feature Extraction and Neural Network Classifier for Handwritten Digit Recognition[J]. Lecture Notes in Computer Science,2004,3173:988-995.

[6] Heseltine T,Pears N,Austin J. Three-dimensional Face Recognition Using Combinations of Surface Feature Map Subspace Components[J]. Image and Vision Computing,2008,26(3):382-396.

[7] 崔行臣,段会川,王金玲,等. 数显仪表数字实时识别系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2010,31(1):214-217.

[8] 巩玉滨,杨红娟,张运楚,等. 一种数显仪表数字字符识别方法研究[J]. 山东建筑大学学报,2011,26(2):134-137.

[9] 贺兴时,刘 宇. BP 神经网络算法在数字识别中的应用[J]. 西北纺织工学院学报,2000,14(4):356-362.

[10] 王 倩,陈世红,赵 琛. BP 网络进行 0-9 十个数字图像的识别[J]. 北华航天工业学院学报,2008,18(4):8-10.

[11] 何东晓,周春光,刘 森,等. 手写数字识别中组合式神经网络的构建方法[J]. 吉林大学学报(理学版),2009,47(6):1211-1216.

[12] 唐秩峻,申小阳,朱雯兰,等. 基于 BP 神经网络的数显仪表数字字符识别系统[J]. 电测与仪表,2005,42(9):42-45.

作者：[张宁](#)，[秦德鑫](#)，[王秀芳](#)，[ZHANG Ning](#)，[QIN De-xin](#)，[WANG Xiu-fang](#)
作者单位：[张宁, ZHANG Ning\(北京理工大学 信息与电子学院, 北京, 100081\)](#)，[秦德鑫, 王秀芳, QIN De-xin, WANG Xiu-fang\(东北石油大学 电气信息工程学院, 黑龙江 大庆, 163318\)](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)



英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2013(9)

参考文献(12条)

1. [吴忠, 朱国龙, 黄葛峰](#) [基于图像识别技术的手写数字识别方法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2011(12)

2. [张海波, 段会川, 张曙光](#) [一种数字仪表显示值快速识别方法](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2005(04)

3. [Zhang Ping, Bui T D, Suen C Y](#) [A Novel Cascade Ensemble Classifier System with a High Recognition Performance on Handwritten Digits](#)[外文期刊] 2007(12)

4. [Chen H, Yuan S, Jiang K](#) [Selective Neural Network Ensemble Based on Clustering](#) 2006

5. [Shen Dongsheng, Jin Lianwen, Ma Xiaobin](#) [FPGA Implemen-tation of Feature Extraction and Neural Network Classifier for Handwritten Digit Recognition](#) 2004

6. [Heseltine T, Pears N, Austin J](#) [Three-dimensional Face Rec-ognition Using Combinations of Surface Feature Map Subspace Components](#)[外文期刊] 2008(03)

7. [崔行臣, 段会川, 王金玲](#) [数显仪表数字实时识别系统的设计与实现](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2010(01)

8. [巩玉滨, 杨红娟, 张运楚](#) [一种数显仪表数字字符识别方法研究](#)[期刊论文]-[山东建筑大学学报](#) 2011(02)

9. [贺兴时, 刘宇](#) [BP神经网络算法在数字识别中的应用](#)[期刊论文]-[西北纺织工学院学报](#) 2000(04)

10. [王倩, 陈世红, 赵琛](#) [BP网络进行0-9十个数字图像的识别](#)[期刊论文]-[北华航天工业学院学报](#) 2008(04)

11. [何东晓, 周春光, 刘淼](#) [手写数字识别中组合式神经网络的构建方法](#)[期刊论文]-[吉林大学学报\(理学版\)](#) 2009(06)

12. [唐秩峻, 申小阳, 朱雯兰](#) [基于BP神经网络的数显仪表数字字符识别系统](#)[期刊论文]-[电测与仪表](#) 2005(09)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201309018.aspx