

基于多特征提取的药品日期识别方法

王敏^{1,2}, 吴佳¹, 孙硕¹, 李晟¹, 王康¹

(1. 南京信息工程大学电子与信息工程学院, 江苏 南京 210044; 2. 苏州敏捷机器人科技有限公司, 江苏 苏州 215159)

摘要: 药品生产日期和有效期是衡量药品安全性和有效性的指标。可立袋液体药品生产日期及有效期均由0~9的印刷体数字表示, 医院对药品日期的识别需要满足快速准确的要求, 常规的模板匹配法、神经网络识别法计算量大、训练复杂。提出了一种基于多特征提取的药品日期识别方法, 通过欧拉数、横线特征、竖线特征3个特征结合对不同数字字符进行精细化特征提取, 具有计算量小、识别速度快等优点, 相对于单一提取特征进行识别的方法而言, 能有效地将10个不同数字区别开来, 尤其适用于易混淆的数字。可为病人提供安全用药保障的同时改善医务人员工作的管理模式, 并提高工作效率, 进而提升医院药学服务水平。

关键词: 有效期; 字符识别; 欧拉数; 横线特征; 竖线特征

中图分类号: TP274

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-3750.2022.00286

Date recognition based on multi feature extraction

WANG Min^{1,2}, WU Jia¹, SUN Shuo¹, LI Sheng¹, WANG Kang¹

1. School of Electronics and Information Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

2. Suzhou Minjie Robot Technology Co., Ltd., Suzhou 215159, China

Abstract: Drug production date and expiration date are important indicators to measure the safety and effectiveness of drugs. The production date and validity period of liquid drugs in vertical bags are printed with numbers of 0~9. The recognition of the drug date of the hospital needs to meet the requirements of high speed and accuracy. The conventional template matching method and neural network recognition method have large amount of calculation and complex training. A drug date recognition method was proposed based on multi feature extraction. The combination of vertical line feature and three features for fine feature extraction of different digital characters has advantages of small amount of calculation and fast recognition speed. Compared with the recognition method of single extracted feature, it can effectively distinguish 10 different numbers, especially suitable for numbers of similar shape. It can provide patients with safe drug use guarantee, improve the management mode of the medical staff, improve the work efficiency, so as to improve the level of the pharmaceutical service of the hospital.

Key words: expiry date, character recognition, Euler number, horizontal line characteristics, vertical line feature

0 引言

药品有效期是指该药品被批准的使用期限, 表示该药品在规定的贮存条件下能够保证质量的期限^[1]。药品有效期是衡量药品安全性和有效性的重

要指标, 过期药品对正常的药品市场及人民群众的身体健康和生命安全有严重影响。我国《药品管理法》明确规定, 药品必须标注有效期。医学上装配、发放药品前必须根据其生产日期和有效期判断药品是否有效^[2]。

收稿日期: 2022-04-18; 修回日期: 2022-06-30

通信作者: 王敏, yu0801@163.com

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(No.41775165, No.41775039); 南京信息工程大学人才启动经费资助项目(No.2021r034)

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China (No.41775165, No.41775039), The Startup Foundation for Introducing Talent of Nanjing University of Information Science and Technology (No.2021r034)

自动识别技术的应用为药品使用前的医嘱处方开具、药师审方、医嘱接收、药师调配、核对发药、打包配送以及临床执行给药等多个环节提供必要的药品日期信息，利用信息化手段，整个流程形成有效的、自动化闭环管理，能避免医院信息系统在数据手工采集和识别以及存储过程引入差错，有利于实现用药全过程的可追溯，为安全用药提供保障的同时，改善医务人员工作的管理模式并提高工作效率，进而提升医院药学服务水平。

随着近代计算机技术的飞速发展，车牌识别、电子文档识别、商务票据管理、拍照翻译等应用场景随处可见，利用光学字符识别（OCR, optical character recognition）技术^[3-4]对图像进行自动文字识别减少了人工工作量，大幅提高人们的工作效率和生活品质。因此，OCR技术成为了计算机视觉技术中的重要发展方向之一。在过去的几十年中，研究人员针对字符识别提出了多种多样的算法，常见的算法有：特征提取分类法^[5-6]、模板匹配法^[7-8]、神经网络识别^[9]等。特征提取分类法具有简单、实效的优点，但其关键在于特征的选取，这些参数的选取又依赖人工经验，单一的特征提取分类法又无法对易混淆的数字进行有效识别，如单一的竖线特征会使0、6、9发生误判^[5,10]。模板匹配法常采用点匹配和距离匹配两种方法，其中点匹配需要依据差异绝对值总和法计算失配度值，仅统计白色像素点的重合数目，会造成2和8识别错误的可能；而距离匹配识别需要计算待识别样本和标准样本的距离变换矩阵进而计算出图像之间的距离，存在计算过程复杂等问题^[8,11]。神经网络识别法一般采用传统的BP神经网络和深度神经网络进行识别，识别精度高，但需要搭建网络模型不断调试得到最佳网络结构，对运算性能要求较高^[9,12]。

药品标签中需要识别的是印刷体数字，印刷体数字具有结构简单、字体固定的特征，且分类结果较少，只有0~9这10个数字，但个别数字容易混淆；且考虑药品识别大多应用于医院、药房和自动售药机等，要求同时具有时效性和准确性。因此，本文提出了一种基于多特征提取的药品日期识别方法，通过欧拉数、横线特征、竖线特征3个特征结合，经3轮特征分选可以对可立袋液体药品日期进行快速高效的识别，尤其适用于易混淆的多个数字识别。

1 字符样本处理

字符识别时需要将样本进行预处理，再进行识别检测。样本处理的要求包括：候选字符个数不宜过多；字符的字体和大小应该尽量相同。因此，本文将模板和样本中所有单个字符的大小利用归一化操作调整至25 px×50 px，分割出的单个待识别日期字符如图1所示，经分割得到的单个字符图像中，数字为黑色，背景为白色，在进行匹配之前还需要进行一次图像反转。同时，可以发现，有些数字线条粗细不同，且数字边缘凹凸不平，直接进行匹配的话可能会有比较大的误差。对此，对字符图像进行反转后进行数学形态学处理，以便得到粗细一致的标准字符图像。

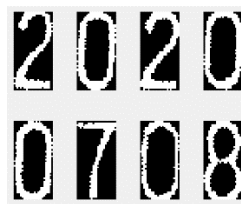


图1 分割出的单个待识别日期字符

细化是形态学图像处理的一种，物体细化的过程又被称为“骨骼化”。和人类拥有骨骼一样，图像中的物体也有骨骼^[13-14]。物体的细化能够去除多余信息，且其结果能在一定程度上描述其几何形状。物体的细化主要应用于同类物体粗细程度不同导致识别困难的场景，对两个粗细不同的物体进行细化后就会发现其“骨架”是类似的。

本文需要细化的是二值图像中的白色（1）部分，其背景为黑色（0），具体步骤如下。

步骤1 对于图像中的任意一个大小为3 px×3 px的区域，对其每个像素点作个标记，分别为P1~P9，规定邻域中心点为P1，像素点标记如图2所示。

P9	P2	P3
P8	P1	P4
P7	P6	P5

图2 像素点标记

当像素点为白色（1）时，P=1，当像素点为黑色（0）时，P=0。假如P1=1，本文考虑其周围8个邻域情况，如果同时满足下列4个条件，就将P1

删除（置为 0）。

1) $2 \leq N(P1) \leq 6$, 其中, $N(P1) = P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9$

当 $N(P1)$ 为 0 时, $P1$ 为孤立点; 当 $N(P1)$ 为 1 时, $P1$ 为端点; 当 $N(P1)$ 为 7 或 8 时, $P1$ 为内部点。这 4 种情况下, 都不能将 $P1$ 删除。不能将 $P1$ 删除的 4 种情况如图 3 所示。

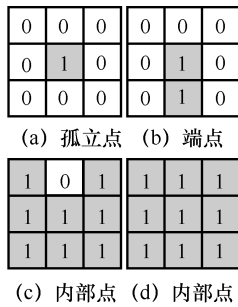


图 3 不能将 $P1$ 删除的 4 种情况

2) 在 $P2 \sim P9$ 的顺序排列中, 以 01 方式连接的次数 $F = 1$

两种排列方式如图 4 所示, 其中图 4(a)仅有 $P5 \sim P6$ 以 01 方式连接, 故 $F=1$, 图 4(b)中, $P3 \sim P4$ 、 $P5 \sim P6$ 、 $P8 \sim P9$ 均以 01 方式连接, 故 $F=3$ 。

设置此条件是为了保证删除 $P1$ 后图像线条的连续性, 如图 4(b)所示, 此时 $F=3$, 删除 $P1$ 的话, 图像线条就被割断了。

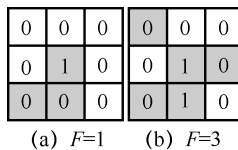


图 4 两种排列方式

3) $P2 \times P4 \times P6 = 0$

只要满足 $P4=0$ 或 $P6=0$, 条件 3) 就成立, 表明这次细化仅是把物体东南方向的边界点删除了。

4) $P4 \times P6 \times P8 = 0$

同条件 3)。

步骤 2 再次扫描上一步得到的图像并重复步骤 1, 区别仅是将条件 3) 和条件 4) 改为如下形式

$$P2 \times P4 \times P8 = 0 \quad (1)$$

$$P2 \times P6 \times P8 = 0 \quad (2)$$

可以看出, 此时只需要满足 $P2=0$ 或 $P8=0$, 上述条件就成立, 表明这次是将物体西北方向上的边界点删除。

完成了上述两个步骤可以实现一次细化操作, 但一次细化操作往往不能得到理想的结果, 因此需要不断地重复细化操作, 才能得到最终的骨架图。因此, 本文对待识别样本执行多次细化操作, 直到不能细化为止。然后, 以 4×4 的结构元素对图像进行膨胀, 线条粗细归一化如图 5 所示。可以发现, 细化—膨胀操作后的线条粗细程度更加接近。

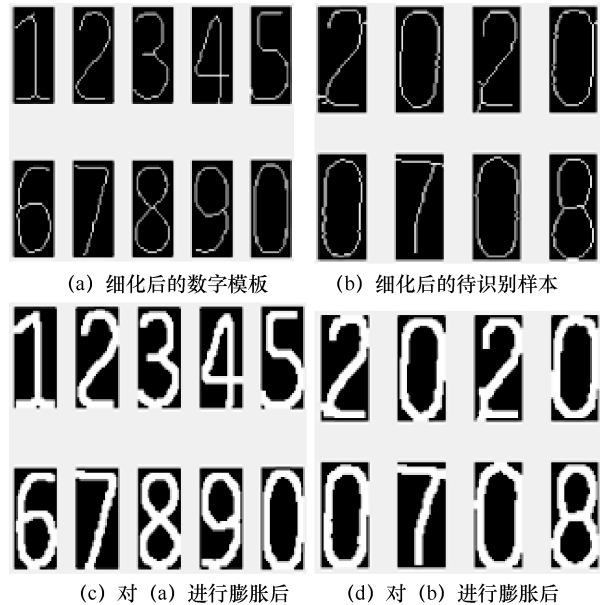


图 5 线条粗细归一化

2 多特征提取字符分类

2.1 多特征数字分类原理

特征提取分类法^[15-16]根据不同数字的不同形状进行分类, 该方法计算量小、识别速度快, 其关键在于提取到的特征如何能有效地区分不同数字。但仅依靠单个特征难以完全区分 10 个数字, 如字符分割后, 数字线条宽度过大会导致 6 和 9 可能同时满足左竖线和右竖线的条件, 导致误判为数字 0; 而在特征提取前采取的细化—膨胀操作又可能引起图像中的横线或者竖线特征消失, 因此, 0、6、9 这 3 个数字的识别不宜仅使用单特征进行识别。

针对上述易混淆数字, 考虑本方法应用于医药领域的要求及特点, 本文提出了一种结合多个特征对可立袋药品进行快速有效识别的方法, 提取数字时采用 3 个特征相结合, 分别是欧拉数^[17-19]、横线特征^[20-22]、竖线特征^[23-24]。由于数字 0、4、6、9 和数字 8 相对于其余数字分别具有不同的空洞数, 因此, 可以采用基于欧拉数的空洞特征将数字分为 3 类; 进

而依据不同字符具有的上、下横线特征将上述除数字 8 的两类字符继续细分为 4 类; 最后, 由于不同的 4 类字符具有不同的竖线特征和交点特征, 可以同时不会混淆以及易混淆的数字全部正确识别。

另外, 由于分割到的数字图像轮廓经常会存在小噪声点, 因此需要先对该图像进行轮廓平滑处理, 该平滑通过图像先腐蚀后膨胀操作的形态学开运算完成^[25-26]。

利用欧拉数、横线特征、竖线特征进行数字字符特征提取的基本原理如下。

1) 欧拉数

可立袋液体药品印刷体数字字符通常为阿拉伯数字, 阿拉伯数字都是由曲线构成, 因此, 空洞或者环就是数字最基本的拓扑特征^[27-28]。

一般常用欧拉函数描述空间完整性, 即度量空洞区域内的空洞数量, 只用一个单一的数描述时, 这个数称为欧拉数。表达式为

$$\text{欧拉数} = \text{空洞数} - (\text{碎片数} - 1) \quad (3)$$

其中, 空洞数是外部多边形自身包含的多边形空洞数量, 碎片数是碎片区域内多边形的数量。

通过观察 0~9 印刷体数字字符, 可以发现下述特征。

- 孔洞数为 0 的数字有 1、2、3、5、7;
- 孔洞数为 1 的数字有 0、4、6、9;
- 孔洞数为 2 的是数字 8。

进而可以计算得到各数字对应的欧拉数。

- 欧拉数是 1 的数字有 1、2、3、5、7;
- 欧拉数是 0 的数字有 0、4、6、9;
- 欧拉数是 -1 的数字有 8。

根据此特征可以将待识别样本分为 0、1 和 -1 的 3 类, 如果其欧拉数为 -1, 那么直接判断该数字为 8。

2) 横线特征

横线和竖线是印刷体阿拉伯数字字符的组成部分, 不同数字具有不同的直线特征, 因此, 可以选用横线和竖线特征对数字进行分类^[29-31]。

数字 1、2 具有下横线, 数字 5、7 具有上横线。用以下方法判断是否存在上横线或下横线: 一幅 25 px×50 px 的图像, 对其每一行进行扫描, 记录每一行中连续出现的白色像素点的长度, 若长度大于图像宽度的 4/5, 则认为出现了横线。如果横线出现在上 5 行, 则认为出现上横线, 若横

线出现在下 5 行, 则认为出现下横线, 否则认为无上下横线。

3) 竖线特征

对图像的每一列进行扫描, 记录每一列中连续出现的白色像素点的长度, 若长度超过图像高度的 2/5, 则认为出现竖线, 根据其出现的位置(左 3 列、右 3 列、中间 3 列), 将其分为左竖线、右竖线和中竖线。观察发现, 不同数字对应的竖线特征如下。

- 数字 5、6 有左竖线;
- 数字 9 有右竖线;
- 数字 1 有中竖线;
- 数字 0 同时具有左竖线和右竖线;
- 数字 4 虽然有竖线, 但其竖线并不是上述的 3 种类型。

2.2 多特征数字分类方法

本文提出的多特征数字识别方法流程如图 6 所示。

1) 首先利用欧拉数进行初次分类: 欧拉数是 1 为 A 类 (1、2、3、5、7), 欧拉数是 0 为 B 类 (0、4、6、9), 欧拉数是 -1 判断为数字 8。

2) 对于 A 类, 有上横线的为 C 类 (5、7), 有下横线的为 D 类 (1、2), 无横线判断为数字 3。

3) 对于 C 类, 有中竖线的为 1, 否则为 2。D 类中左上部分有竖线的为 5, 否则为 7。

4) 对于 B 类, 同时有左竖线和右竖线的认为是数字 0, 而仅有左竖线的数字认为是 6, 仅有右竖线的则认为是数字 9。剩下的为 4。

实际上, 分割后数字线条宽度有时候过大, 导致 6 和 9 可能既满足左竖线的条件, 又满足右竖线的条件, 这时会被误判为数字 0。而在特征提取前采取之前的细化—膨胀操作, 可能会使图像中的横线或者竖线特征消失。为了区分 0、6、9, 本文引入了两个特征: 孔洞质心位置以及垂直中线交点数。孔洞质心位置是计算不同数字空洞内部质心所在的行列坐标位置, 中线穿过数字示意图如图 7 所示, 数字 0 空洞的质心位置位于图片的正中间, 数字 9 和 6 空洞的质心位置则分别位于图片的上半部分和下半部分。中线交点数, 即对图像的正中间一列从上至下扫描, 计算该扫描线经过白色像素区域的次数。可以看出图 7(a) 数字 0 的中线交点数为 2, 图 7(b) 和图 7(c) 数字 9 和 6 的中线交点数均为 3。

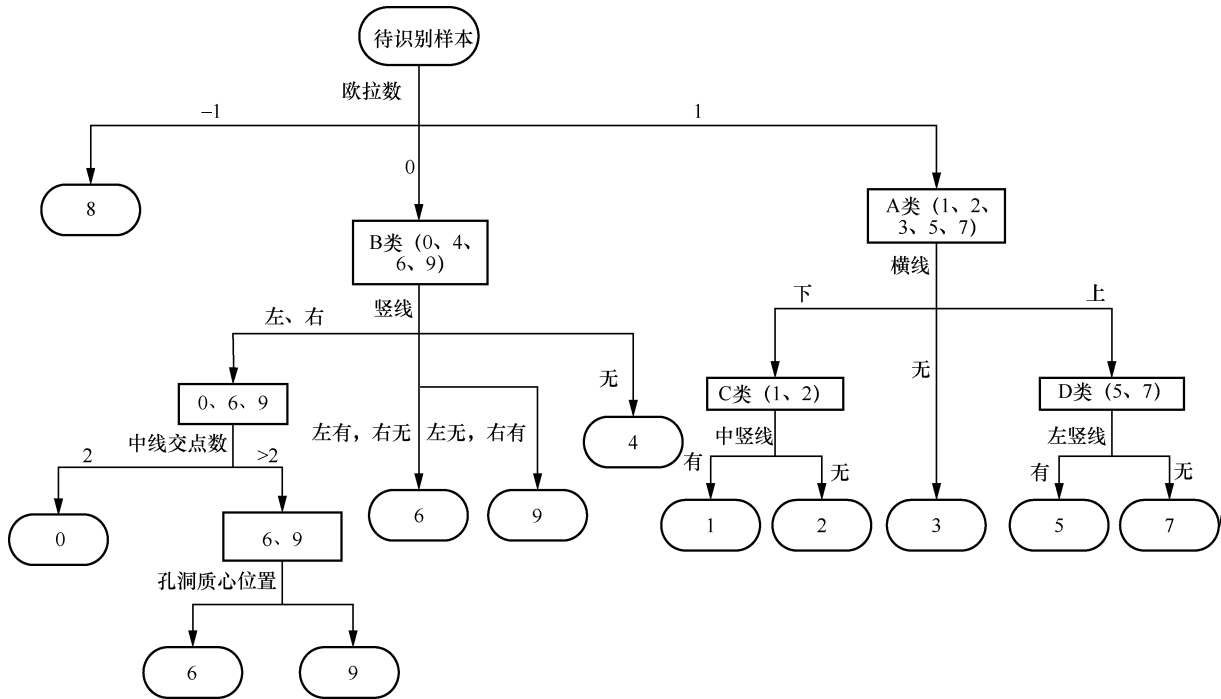


图 6 多特征数字识别方法流程

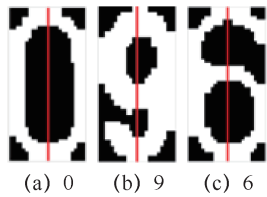


图 7 中线穿过数字示意图

综上所述，利用中线交点数和空洞质心位置细分 0、9、6 这 3 个数字字符的具体做法如下。

- 若中线交点数为 2，则该数字是 0；
- 若中线交点数大于 2 且其空洞质心位于图像的上半区域，则该数字为 9；
- 若中线交点数大于 2 但其空洞质心位于图像的下半区域，则该数字为 6。

3 仿真实验

本实验的图像采集设备为 300 万像素的工业相机，型号为 MS-UD130，可通过 USB 线与计算机连接实时获取拍摄到的图像，其技术参数如下。

- 像素：300 万像素彩色；
- 分辨率：2 048 dpi×1 536 dpi；
- 帧率：12 f/s；
- 镜头：6~12 mm 无畸变镜头；
- 光源：环形 LED、背光源。

该相机在成本较低的同时能够采集到比较清

晰的图像，设备实物以及拍摄效果如图 8 所示。



(a) 设备实物图 (b) 实际拍摄效果

图 8 设备实物以及拍摄效果

为了避免用户在使用该程序时直接接触烦琐且不易阅读的代码。本文利用 MATLAB 2014 的图形用户界面 (GUI, graphics user interface) 设计了一个简易的人机交互界面，验证识别系统的效果，软件测试结果如图 9 所示。

为进一步验证本文在线识别运行结果的准确性与时效性，本文采集 10 种不同药品图片，分别与常规的模板点匹配法、BP 神经网络所得结果进行对比，药品日期数字识别结果对比见表 1，可以看出，本文设计的基于多种特征可以对易混淆的数字进行快速高效的药片日期数字识别，能够有效识别所有的数字字符，开发的检测软件系统实用有效、界面友好、功能完善，时效性和检测速度能满足一般医院和药房使用要求。



图 9 软件测试结果

表 1 药品日期数字识别结果对比

方法	字符准确率	检测时间/s
模板点匹配	89.57%	1.677
BP 神经网络	82.24%	2.835
本文	98.23%	1.933

4 结束语

本文针对可立袋液体药品标签的生产日期和有效期数字识别进行了具体研究，提出了一种结合欧拉数、横线特征和竖线特征等多特征提取分类的药品数字识别方法，并开发了相应的可交互软件识别系统，通过工业相机实时在线采集可立袋液体药品标签，实现了对不同数字字符进行精细化的特征提取和识别，为各级医院以及卫生机构病人的静脉用药提供了安全有效的自动化技术手段。

参考文献：

[1] 国家食品药品监督管理局. 药品说明书和标签管理规定[S]. 2006. China Food and Drug Administration. Regulations on management of drug instructions and labels[S]. 2006.

[2] 王鲁娜, 高鹏. 视觉传感器在药品生产日期检测中的应用[EB]. 2009. WANG L N, GAO P. Application of vision sensor in drug production date detection[EB]. 2009.

[3] 吴冰航. 基于机器视觉的工业 OCR 识别系统的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2021. WU B H. Design and implementation of industrial OCR recognition system based on machine vision[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2021.

[4] 荆涛, 王仲. 光学字符识别技术与展望[J]. 计算机工程, 2003, 29(2): 1-2, 80. JING T, WANG Z. A survey of optical character recognition[J]. Computer Engineering, 2003, 29(2): 1-2, 80.

[5] 陈爱斌, 陆丽娜. 基于多特征的印刷体数字识别[J]. 计算技术与自动化, 2011, 30(3): 105-108. CHEN A B, LU L N. The printed number character recognition based on features[J]. Computing Technology and Automation, 2011, 30(3): 105-108.

[6] 万泉全. 基于二级特征提取的车牌字符识别研究及实现[D]. 西安: 长安大学, 2013. WAN Q Q. Research and achievement of tow-level feature extraction based license plate character recognition[D]. Xi'an: Changan University, 2013.

[7] 宫义山, 王鹏. 基于模板匹配的发票号码识别算法[J]. 沈阳工业大学学报, 2015, 37(6): 673-678. GONG Y S, WANG P. Identification algorithm for invoice number based on template matching[J]. Journal of Shenyang University of Technology, 2015, 37(6): 673-678.

[8] 王慧. 基于模板匹配的手写体字符识别算法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2012. WANG H. Handwritten character recognition algorithm based on template matching method[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2012.

[9] WANG J, YAN W Q. BP-neural network for plate number recognition[J]. International Journal of Digital Crime and Forensics, 2016, 8(3): 34-45.

[10] 张庚, 李丹, 周亮, 等. 基于交点特征提取的数字识别方法研究[EB]. 2015. ZHANG G, LI D, ZHOU L et al. Research on digital recognition method based on intersection feature extraction[EB]. 2015.

[11] 张辰, 陈阳. 基于模板匹配 OCR 的报告自动归档系统研究[J]. 信息技术与网络安全, 2021, 40(8): 84-89. ZHANG C, CHEN Y. Research on automatic filing system of detection report based on template matching and OCR recognition[J]. Information Technology and Network Security, 2021, 40(8): 84-89.

[12] 黄一格, 张炎生. 基于 BP 神经网络的手写数字识别系统[J]. 机电工程技术, 2020, 49(1): 108-110. HUANG Y G, ZHANG Y S. Handwritten digit recognition system based on BP neural network[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2020, 49(1): 108-110.

[13] 刘芳, 张云洋. 基于像素邻域点信息的藏文图像细化算法研究[J]. 计算机技术与发展, 2018, 28(4): 21-24. LIU F, ZHANG Y Y. Research on a Tibetan image refinement algorithm based on adjacent pixel points' information[J]. Computer Technology and Development, 2018, 28(4): 21-24.

[14] 王怀群. 二值图象的细化[J]. 无锡轻工大学学报, 2001, 20(3): 315-318. WANG H Q. Fine-grain processing of two valued image[J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2001, 20(3): 315-318.

[15] 曹仕羽. 基于多层特征融合的名片字符识别方法[J]. 电子设计工程, 2020, 28(23): 177-182. CAO S Y. Research on business card character recognition algorithm based on multi-layer feature fusion[J]. Electronic Design Engineering, 2020, 28(23): 177-182.

[16] 宋秋平. 基于最近邻的多特征融合的模板匹配方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021.

- SONG Q P. Research on multi-feature fusion template matching method based on NNF[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2021.
- [17] 林小竹, 籍俊伟, 谷莹莹. 图像欧拉数的研究与应用[J]. 石油化工高等学校学报, 2007, 20(2): 88-91.
LIN X Z, JI J W, GU Y Y. The Euler number study of image and its application[J]. Journal of Petrochemical Universities, 2007, 20(2): 88-91.
- [18] 林小竹, 吴艺娟, 傅旦丹, 等. 图像欧拉数计算复杂度分析[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(7): 14-16.
LIN X Z, WU Y J, FU D D, et al. Analysis of computation complexity on Euler number of a binary image[J]. Microelectronics & Computer, 2008, 25(7): 14-16.
- [19] 姚斌, 何立风, 康世英, 等. 一种快速二值图像欧拉数算法[J]. 微电子学与计算机, 2017, 34(7): 46-50.
YAO B, HE L F, KANG S Y, et al. A fast algorithm for computing the Euler number in a binary image[J]. Microelectronics & Computer, 2017, 34(7): 46-50.
- [20] 武威. 基于模板匹配与结构特征的字符识别算法研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2015.
WU W. Research of character recognition algorithm based on template matching and structural characteristic[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2015.
- [21] 倪桂博, 梁晓尊. 基于结构形状的印刷体数字识别方法[J]. 软件导刊, 2010, 9(5): 67-68.
NI G B, LIANG X Z. The method of printed figures based on structure[J]. Software Guide, 2010, 9(5): 67-68.
- [22] 刘建华, 牛秦洲, 程小辉, 王勇. 基于特征的印刷体数字符号识别系统[J]. 桂林工学院学报, 2005, 25(1): 101-103.
LIU J H, NIU Q Z, CHENG X H, et al. Feature-based printed numerals' recognition system[J]. Journal of Guilin Institute of Technology, 2005, 25(1): 101-103.
- [23] 刘慧. 基于模糊划分的脱机手写汉字笔画特征提取方法[D]. 保定: 河北大学, 2014.
LIU H. Research on offline handwritten Chinese character stroke feature extraction based on fuzzy partition[D]. Baoding: Hebei University, 2014.
- [24] 郝梦琳. 手写体数字识别方法的研究与实现[D]. 太原: 太原科技大学, 2013.
HAO M L. Research and implementation of handwritten digital recognition method. Taiyuan: Taiyuan University of Science and Technology, 2013.
- [25] 肖剑. 基于机器视觉的半导体表面字符质量检测系统研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2020.
XIAO J. Research on semiconductor surface character quality detection system based on machine vision[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2020.
- [26] 刘丽丽. 模板匹配联合特征法在车牌字符识别中的应用[J]. 工程建设与设计, 2022(2): 62-66.
LIU L L. Application of template matching and feature method in license plate characters recognition[J]. Construction & Design for Engineering, 2022(2): 62-66.
- [27] 姚斌, 何立风, 康世英, 等. 基于图论的二值图像八邻接欧拉数算法[J]. 海军工程大学学报, 2016, 28(5): 36-40.
YAO B, HE L F, KANG S Y, et al. A graph-theory-based algorithm for computing 8-neighborhood Euler number in a binary image[J]. Journal of Naval University of Engineering, 2016, 28(5): 36-40.
- [28] 曹林伟. 基于 PCNN 的医学图像检索[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2014.
CAO L W. Medical image retrieval based on PCNN[D]. Anshan: University of Science and Technology Liaoning, 2014.
- [29] 原玉磊, 蒋理兴, 钦桂勤. 基于字符特征的数字字符识别算法[J]. 海洋测绘, 2009, 29(1): 56-58.

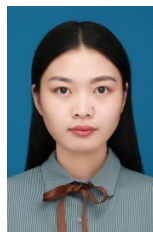
YUAN Y L, JIANG L X, QIN G Q. Digital character recognition algorithm based on character feature[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2009, 29(1): 56-58.

- [30] 张友菊. 宋体印刷数字快速识别算法的研究和应用[J]. 中国科技信息, 2008(20): 127, 129.
ZHANG Y J. Research and Application of Song Script Printed Digital Rapid Recognition Algorithm [J]. China Science and Technology Information, 2008(20): 127, 129.
- [31] 黄雨. 基于数字的模式识别算法研究[D]. 四平: 吉林师范大学, 2017.
HUANG Y. The research of pattern recognition arithmetic base on digital[D]. Siping: Jilin Normal University, 2017.

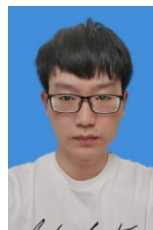
[作者简介]



王敏 (1983-), 女, 博士, 南京信息工程大学电子与信息工程学院教授, 主要研究方向为电子信息、数字图像处理。



吴佳 (1999-), 女, 南京信息工程大学电子与信息工程学院硕士生, 主要研究方向为电子信息、数字图像处理。



孙硕 (1998-), 男, 南京信息工程大学电子与信息工程学院, 主要研究方向为电子信息、通信工程。



李晟 (1998-), 男, 南京信息工程大学电子与信息工程学院硕士生, 主要研究方向为电子信息。



王康 (1997-), 男, 南京信息工程大学电子与信息工程学院硕士生, 主要研究方向为电子信息、人工智能。

高级顾问

国际电信联盟秘书长

赵厚麟

中国科学院院士

李 未 姚建铨 朱中梁 陈国良 吴培亨 何积丰 吴一戎
徐宗本 梅 宏 王 巍 吕 建 郝 跃 陆建华 房建成
黄 如 毛军发 王金龙

中国工程院院士

倪光南 孙 玉 薛禹胜 邬贺铨 贲 德 邬江兴 柴天佑
刘韵洁 戴 浩 于 全 吴曼青 段宝岩 王广基 何 友
费爱国 桂卫华 余少华 姜会林 钱 锋 樊邦奎 张 平

第二届编辑委员会

主任委员：尹 浩

常务副主任委员：朱洪波

副主任委员：

刘海涛 马华东 杨 旻 刘明亮 宋 彤 刘华鲁

委 员：（按姓氏笔画排序）

丁大志 丁进良 丁恩杰 于季弘 马建国 王文博 王永建
王汝言 王红刚 王承祥 王新兵 仇洪冰 卢光跃 田 野
冯 伟 兰巨龙 吕卫锋 朱 艳 朱 琦 乔 辉 任保全
全 智 刘 飞 刘 云 刘元安 孙 怡 孙玲玲 阳春华
李 剑 李建东 李宣东 李德识 杨 健 杨龙祥 吴 怡
吴启晖 冷甦鹏 汪一鸣 沙学军 沈连丰 宋令阳 迟 楠
张 杰 张 彦 张云勇 张文生 张在琛 张治中 张钦宇
张海君 张海霞 张朝阳 张登银 陈 岚 陈 钟 陈山枝
陈仪香 陈后金 陈前斌 范九伦 范平志 林金朝 易东山
金 石 金 海 於志文 赵小强 赵军辉 胡清阳 胡瑞敏
钟章队 施 毅 姜 斌 钱 毅 徐煜华 郭 庆 郭贵生
高 跃 高飞飞 陶小峰 陶梅霞 曹 汛 盛 敏 崔曙光
隆克平 葛俊祥 葛晓虎 程崇虎 詹 杰 潘 炜

奋进新征程 建功新时代

非凡十年

