

# 图像识别综述及在电力信息安全中的应用研究

汪晨, 张涛, 林为民, 邓松, 时坚, 李伟伟

(中国电力科学研究院 信息与通信研究所, 江苏 南京 211100)

**摘要:** 图像识别是图像研究领域的热门话题, 它广泛应用于人脸识别、计算机视觉、机器人等许多领域。智能电网是世界电网发展的趋势, 它将为用户提供稳定可靠、安全性高、灵活性强及高质量的电能。为了保证智能电网的安全可靠, 电力信息安全技术是必要条件。文中通过分析图像识别过程及其步骤, 综述图像特征提取方法和图像识别算法, 总结图像识别的研究方向。最后通过分析智能电网对信息安全技术的依赖性, 总结图像识别在智能电网, 特别是电力信息安全中的应用前景。

**关键词:** 图像识别; 特征提取; 智能电网; 模式识别; 电力信息安全

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)04-0161-04

## Image Recognition Review and Application Research in Electric Power Information Security

WANG Chen, ZHANG Tao, LIN Wei-min, DENG Song, SHI Jian, LI Wei-wei

(Institute of Information and Communication, China Electric Power Research Institute, Nanjing 211100, China)

**Abstract:** Image recognition is a hot topic in image research. It has a wide range of application for face recognition, computer vision, robotics areas etc. The trend of the world power development is Smart Grid, which will provide with stable reliable, high-security, strong-flexibility and high-quality electricity. In order to ensure security and reliable for Smart Grid, electric power information security technology is a necessary condition. It gives the image recognition process and its steps, review the image feature extraction and image recognition algorithms, and summarize the direction of research on image recognition. Finally, by analyzing the Smart Grid's dependence on information security technology, summarize the image recognition's application prospects for the Smart Grid, especially in electric power information security.

**Key words:** image recognition; feature extraction; smart grid; pattern recognition; electric power information security

## 0 引言

据统计, 人类在接受外界信息过程中, 通过听觉获得信息占 20%, 而通过视觉获得的信息达到了 60%。图像在人类的感知中扮演着如此重要的角色, 以至于随着技术的发展, 人们越来越渴望能够更好的, 更广泛的对图像信息进行处理。

图像识别指利用信息处理与计算机技术, 采用数学方法, 对图像进行处理、分析和理解的过程, 它是近 20 年发展起来的一门新兴技术科学。图像识别目前广泛应用于条码识别<sup>[1]</sup>、手写识别<sup>[2,3]</sup>、人脸识别<sup>[4,5]</sup>、智能交通<sup>[6,7]</sup>和计算机视觉<sup>[8]</sup>等领域。

电力工业是国民经济和社会发展的基础性产业和公用事业, 是国家能源产业的重要组成部分。随

着经济社会的发展, 各行业对电力的依赖越来越强, 为了能够为用户提供高可靠和高质量的电能, 国家电网公司提出了坚强智能电网<sup>[9]</sup>。信息通信技术是支撑智能电网发展的主要技术之一, 特别是电力信息安全技术在智能电网中将得到普遍应用。在电力信息安全技术的图像安全过滤和身份认证中, 图像识别是最为关键的一步。因此, 文中通过对图像识别的综述, 进而探讨图像识别在智能电网, 特别是电力信息安全中的应用研究。

## 1 图像识别技术

### 1.1 图像识别流程

图像识别过程大致如图 1 所示, 它分为两个阶段。

**样本训练阶段:** 对大量样本图像进行预处理、提取图像特征、进行模式分类, 从而获得一个样本图像特征库。

**图像识别阶段:** 对输入图像做预处理、进行图像分

收稿日期: 2011-09-07; 修回日期: 2011-12-12

基金项目: 国家电网公司科技攻关团队项目(SG11034)

作者简介: 汪晨(1982-), 男, 安徽广德人, 助理工程师, 硕士, 研究方向为信息安全。

析、分割并提取图像中关注部分的图像特征、利用模式识别方法对特征与图像特征库中的特征进行相关处理,以确定输入图像是否匹配。当图像匹配失败时,将其特征作为新的模式分类并入图像特征库。

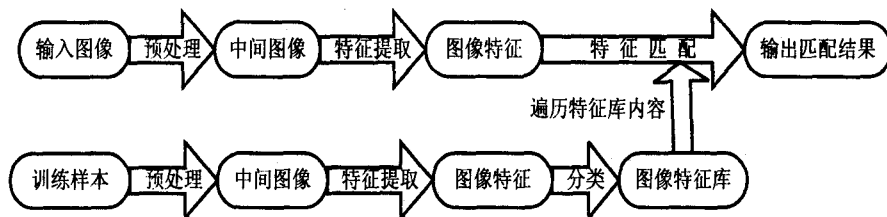


图 1 图像识别过程

## 1.2 图像预处理

图像预处理<sup>[10]</sup>的目的是让图像能够更好地为识别图像服务。预处理过程中,为了方便分析图像内容,常用方法为对彩色图像进行灰度处理,有时会对图像进行二值处理;为了减轻图像在成像过程受到的噪声污染,对图像进行直方图归一化、低通滤波、均值滤波和中值滤波等平滑处理;为了突出图像的细节特征(如图像边缘和轮廓)而对图像进行高通滤波器处理、利用梯度算子和拉普拉斯算子处理图像等。为了能够找到关注部分的图像,对图像进行边缘检测、边界检测、区域连接和门限等技术处理,最终分割图像。

## 1.3 图像特征提取

图像特征提取的关键是保证图像的大小、位移及旋转的不变性和提取到唯一标识图像特性的特征来为图像识别服务。

图像特征提取实际上是图像表示问题。它的目的是减轻图像在识别过程中的负担。因为原始图像的数据维数非常高,通过特征提取给数据降维,从而提高识别效率和识别率及为节省资源、构造和设计特征分类器带来益处。下面给出图像特征提取的方法介绍。

像素统计特征<sup>[11]</sup>通过对图像像素进行统计而提取特征。像素统计特征有灰度直方图和彩色图像的颜色分布,Hu 提出的具有平移、旋转和比例变化不变性矩<sup>[12]</sup>、R. Y. Hong 提出离散状态下矩的计算<sup>[13]</sup>。Miao 提出在信息冗余度和识别效果方面明显好于 Hu 矩的正交不变的 Zernike 矩<sup>[14]</sup>。

可视化特征<sup>[11]</sup>通过图像的纹理、边缘等视觉特征来描述图像。纹理刻画像素的邻域灰度空间的分布规律。纹理特征的代表为 Haralick 等提出了灰度共生矩阵算法<sup>[15]</sup>,和 Tamura 提出与人的视觉感受相关的六个纹理特征<sup>[16]</sup>。边缘特征描述图像灰度空间发生突变的像素集合。它有经典的一阶和二阶微分边缘检测算子<sup>[10]</sup>、多尺度边缘检测<sup>[17]</sup>、模糊增强边缘检测<sup>[18]</sup>等方法。

代数特征<sup>[11]</sup>是从存储图像的矩阵中提取出的,反

映图像内在属性的特征。代数特征方法的典型方法是奇异值分解(SVD)<sup>[19]</sup>。

变换系数特征<sup>[11]</sup>描述在对图像进行傅立叶变换、小波变换、小波包变换等过滤变换时,提取变换过程的变换系数的图像特征。Laine 等 1993 年首次提出从小波系数中提取信号特征<sup>[20]</sup>,Pittner 等给出了该问题的一般性框架<sup>[21]</sup>。变换系统特征提取目前已有多种方法<sup>[22,23]</sup>,它们主要是通

对图像进行小波或小波包分析,从而提取变换过程中的特征。

像素统计特征和可视化特征均是像素级的底层特征,具有不变性、计算简单、表示直观等特点,但是特征维数高、计算量大是其致命弱点,计算复杂性也非常高。代数特征的好处在于稳定性好,对噪声、光照好变换引起的图像灰度变化具有不敏感性;且它还有旋转、平移和镜像不变性。它的不足之处为当矩阵的维数过高时,计算会变得困难。变换系数特征具有表示能力强、特征维数低等特点,但是特征的语义不直观、需要先对分类识别的图像进行某种变换才能得到比较好的结果。在图像特征领域,代数特征与变换系数特征的研究将是今后的发展趋势。

## 1.4 图像识别算法

图像识别算法是图像识别的核心部分,图像识别算法大多与模式识别算法相关。以下介绍和分析图像识别常用算法。

基于决策理论的判别法<sup>[10]</sup>是以数学中的决策理论为基础而建立的识别方法。它的核心问题是寻找判别函数。最简单的判别函数为最小距离判别。典型判别法有贝叶斯统计模型,它通过计算特征向量在模式类中的概率来判别特征向量所属类别。还有隐马尔科夫统计模型,它通过大量观测模式类,估计模型参数,对观测结果进行分类,从而在识别时,依据统计概率来判断特征向量所属类别。基于概率统计的模型关键在于对研究图像进行大量分析、找出规律、抽象出图像本质特征。

结构性方法<sup>[10]</sup>通过分析模式图像的结构,把复杂的结构分解成简单的子结构,直到分解到称为基元的子结构。结构性方法的特征通过映射成形式化的文法结构,并生成识别语法结构的自动机来识别。它的关键是构造合适的文法结构和相应的匹配自动机。

1962 年,McLachlan 提出利用光学相关实现模式识别<sup>[24]</sup>。光学模式识别研究内容主要与关键主要是用于光学模式识别的实时器件和体系结构的研究及光

学模式识别不变性研究两方面。基于软计算技术的识别方法是一种智能化的识别方法,它主要有模糊集技术<sup>[25]</sup>、粗糙集技术<sup>[26]</sup>、模糊粗糙集技术<sup>[27]</sup>、人工神经网络技术、遗传算法等。20世纪90年代,国内外研究者逐渐开始将软计算方法引入到模式识别中,并应用于图像识别。90年代初,Vipnik等提出了“支持向量机”的学习方法<sup>[28]</sup>。它在有限样本情况下能够达到很好的分类推广能力,是解决分类问题的十分有效的方法。

基于决策理论主要是在数量上处理模式,而忽略了模式图形的结构关系。结构性方法对具有结构性的图像识别效果明显,但它的使用局限也很明显。光学模式识别具有高识别率和实时性方面的明显优势,而在识别不变性方面效果不佳。神经网络可以很好的解决对非线性曲面的逼近,能够构造复杂的判别函数,比传统的分类器具有更好地分类与识别能力。相比以经验风险最小化为原则的神经网络方法,SVM有更好地泛化能力,其结果是基于有限支持向量个数得出的结论,得到的是有限样本信息下的全局最优点。遗传算法在处理图像时会整幅图像做全局考虑,使图像的处理效果接近于人眼的观察效果,对于采用穷举法选取图像参数的算法,结合遗传算法可使搜索空间大大减小,提高算法的效率。当前,基于软计算技术的方法是图像识别研究的热点,特别是模糊集技术、粗糙集技术和模糊粗糙集技术的模式识别方法。

## 2 图像识别在电力信息安全中的应用分析

信息技术的发展,使得图像识别技术获得了越来越广泛的应用,如在医疗诊断、天气预报、指纹识别、脸谱识别等的应用。图像识别技术越来越多地渗透到我们的日常生活中。随着国家电网智能电网的深入研究与推广,智能电网对信息技术的要求也越来越高。信息通信技术是支撑智能电网发展的主要技术之一,为了保证智能电网的安全可靠,电力信息安全技术需要先行。下面通过分析来描述图像识别在电力信息安全上应用前景。

(1) 数据安全过滤:在智能电网中,信息技术的应用越来越广泛,电网业务同时也在不断地扩大,信息安全越来越重要。新增需求越来越希望电网内部网络与互联网之间有更多的信息交互。在电网网络内部,存在不同安全级别的内部网络,整个电网内部网络的安全级别又高于互联网,在这些不同级别的网络之间进行信息交互时,需要对数据进行安全过滤,以防止涉密信息泄漏。在防止信息泄漏中,图像的安全过滤是核心问题之一。

(2) 身份认证:随着电网智能化的发展,电网的智

能设备将会越来越多,部分大型的智能设备将会非常关键,如变电站和配电站中的操控设备,为了更安全地对设备进行操作,有必要将来在智能设备上安装身份识别装置(如指纹识别、虹膜识别,或是人脸识别),以防止非工作人员或非技术人员对设备的随意操作。

## 3 结束语

图像识别中的预处理技术已比较成熟,而特征提取和识别算法的设计依然是国内外研究的重点,也是图像识别的核心环节。在图像识别领域,目前还没有能够统一处理各种图像的算法,而是对待不同种类的图像,提出不同的处理技术;图像特征提取和图像识别算法对待不同的图像会产生不同的计算结果,从而没有一个评判好坏的标准;特征提取与识别算法之间是否具有耦合关系,从而使得适当的搭配能够获得高效的结果。此外,图像识别需要模式识别算法做基础。模式识别的发展,会对图像识别起到巨大的推进作用,特别是模式识别中智能算法的研究。图像识别要想有更大的突破,不仅需要算法方面的突破,人脑在识别图像过程中的理论突破将能彻底的改变目前图像识别的局限性。

智能电网的发展需要信息技术的支持,在图像识别领域,随着图像识别技术的发展,智能电网利用图像识别技术将使得电网更加安全、可靠,能够更好地服务于用电客户,同时也利于国家电网走在世界电网的前列。

### 参考文献:

- [1] 王文豪,张亚红,朱全银,等. QR Code 二维条形码的图像识别[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(10): 123-126.
- [2] 郭星,吴建国,张义超,等. 基于汉字骨架手写识别算法分析[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(7): 114-116.
- [3] 张充,史青宣,苗秀芬,等. 基于BP神经网络的手写体数字识别[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(6): 128-130.
- [4] 徐勇,张海,周森鑫,等. 基于统计学习理论的人脸识别方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(11): 118-124.
- [5] 伊力哈木·亚尔买买提,哈力旦·A. 基于改进BP神经网络的人脸识别算法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(12): 130-132.
- [6] 李庆庆,张燕平. 基于模糊边缘检测算法的车牌定位[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(12): 7-8.
- [7] 郭航宇,景晓军,尚勇. 基于小波变换和数学形态法的车牌定位方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(5): 13-16.
- [8] 王明平,宋丽梅. 基于计算机视觉的车架号采集系统[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(4): 239-241.
- [9] 刘振亚. 智能电网读本[M]. 北京:中国电力出版社, 2010.

- [10] Gonzalez R C, Woods R E. 数字图像处理[M]. 第 2 版. 北京:电子工业出版社,2007.
- [11] Hong Z Q. Algebraic feature extraction of image for recognition[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(3):211-219.
- [12] Hu M. Visual pattern recognition by moment invariant[J]. IRE Transactions on Information Theory, 1962(8):179-187.
- [13] 潘 泉,程咏梅,杜亚娟,等. 离散不变矩算法及其在目标识别中的应用[J]. 电子与信息学报,2001,23(1):30-34.
- [14] Miao Z. Zernike moment-based image shape analysis and its application[J]. Pattern Recognition Letters, 2000, 21(2):169-177.
- [15] Haralick R M, Shanmugam K, Dinstein I. Texture features for image classification[J]. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, 1973, 8(6):610-621.
- [16] Tamura H, Mori S, Yamawaki T. Texture features corresponding to visual perception[J]. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, 1978, 8(6):460-473.
- [17] Rosenfeld A, Thurston M. Edge and curve detection for visual scene analysis[J]. IEEE Transactions on Computer, 1971, 20(5):512-519.
- [18] 李炳程,郭志刚,文 超. 图像的多层次模糊增强与边缘检测[J]. 模糊系统与数学,2000,14(4):77-83.
- [19] Klema V C, Laub A J. The singular value decomposition: its computation and some applications[J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 1980, 25(2):164-176.
- [20] Laine A, Fan J. Texture classification by wavelet packet signatures[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993, 15(11):1186-1191.
- [21] Pittner S, Kamarthi S V. Feature extraction from wavelet coefficients for pattern recognition tasks[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999, 21(1):83-88.
- [22] Arivazhagan S, Ganesan L. Texture classification using wavelet transform[J]. Pattern Recognition Letters, 2003, 24(9-10):1513-1521.
- [23] Sengur A, Turkoglu I, Ince M C. Wavelet packet neural networks for texture classification[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(2):527-533.
- [24] Jr D M. The role of optics in applying correlation function to pattern recognition[J]. J Opt Soc Am, 1962, 52:454-459.
- [25] Pal S K. Fuzzy image processing and recognition: uncertainty handling and applications[J]. International Journal of Image Graphics, 2001, 1(2):169-195.
- [26] Pal S K, Shankar B U, Mitra P. Granular computing, rough entropy and object extraction[J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(16):2509-2517.
- [27] Li C, Huang J Y, Chen C M. Soft computing approach to feature extraction[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2004, 147(1):119-140.
- [28] 边肇祺,张学工. 模式识别[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

(上接第 160 页)

都符合设计的要求,模型中的各状态都能达到。

#### 4 结束语

文中对 CTCS-3 级列控系统 RBC 行车许可的生成过程进行研究,并对其中的一个运营场景 RBC 切换模式下 MA 的计算进行形式化建模,利用 CPN 仿真工具进行动态仿真,观察列车在运行过程中的信息交互过程,验证了 MA 计算流程的正确性,满足了设计的要求及功能需求,实现了需求与设计之间的一致性,进一步为设计人员提供了理论依据,对列控系统的开发具有一定意义,使列控系统更安全更可靠。

#### 参考文献:

- [1] 唐 涛,徐田华,赵 林. 列车运行系统规范建模与验证[M]. 北京:中国铁道出版社,2010.
- [2] 张曙光. CTCS-3 级列控系统总体方案[M]. 北京:中国铁道出版社,2009.
- [3] 王雪辉,魏 臻. 基于时间 Petri 网的企业铁路作业系统模型的研究[J]. 计算机技术与发展,2007,17(2):92-102.
- [4] 耿 鹏. 基于安全状态机的 RBC 系统行车许可模块的建模与验证[D]. 北京:北京交通大学,2009.
- [5] 梁 楠,王海峰. 基于 SPN 的 CTCS-3 级列控系统 RBC 实时性能分析[J]. 铁道学报,2011,33(2):67-71.
- [6] 上官伟,蔡伯根,王 艳,等. 基于 UML 与 CPN 的 CTCS-3 级列控系统建模与验证方法研究[J]. 铁道通信信号,2010,46(5):6-11.
- [7] 王亚菊,吴江娇. CTCS-3 级列控系统 RBC 切换过程分析[J]. 铁道通信信号,2010,46(4):12-16.
- [8] Fanti M P, Gina A, Seatzu C. Monitor design for colored Petri nets—an application to deadlock prevention in railway networks[J]. Control Engineering Practice, 2006, 14(4):1-30.
- [9] Giua A, Seatzu C. Liveness enforcing supervisors for railway networks using ES2PR Petri nets[C]//Workshop on Discrete Event Systems. Zaragoza, Spain: [s. n.], 2002:361-366.
- [10] Zaitsev D A, Shmeleva T R. A Parametric Colored Petri Net Model of a Switched Network[J]. Network and System Sciences, 2011, 4(3):65-76.
- [11] 刘林钢,姜 浩. 基于时间约束 Petri 网的一致性验证算法[J]. 计算机技术与发展,2010,20(1):58-62.
- [12] 曹 源,牛 儒,唐 涛,等. 基于 SPN 的越区切换模型分析[J]. 铁道学报,2009,31(4):104-107.