

基于小波分解和形态学的仪表盘参数的定位方法

张艳玲^{1,2}, 汪仁煌¹, 宁志刚¹, 朱顺平¹

(1. 广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090; 2. 广州大学 信息学院, 广东 广州 510006)

摘要: 采用小波变换中的多分辨率分析方法, 从仪表盘图像中提取出纹理清晰、具有不同空间分辨率、不同方向的边缘子图像, 再用自适应滤波和数学形态学的方法对提取出的垂直细节图像进行形态运算, 滤除无用的信息, 定位最终的仪表参数区域。

关键词: 仪表盘参数定位; 小波变换; 数学形态学

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2007)03-0050-04

计算机视觉技术是当今精密测量领域发展的一个新趋势。随着检测装置和系统信息化、智能化、网络化程度提高, 将图像技术应用于仪器仪表领域日益成为一个广泛研究的课题。例如: 采用计算机视觉技术读取仪表读数数字值, 并可通过其电子输出标准接口直接连接到自动化测试系统。这无疑是把因各种原因而不能方便、直接地连接到自动化测试系统的模拟仪表, 嵌入到电子自动化系统中的最直接合适的途径。同时为了保证产品的质量, 需要定期对仪表进行检定。在对仪表读数进行读取的同时, 也要读取仪表的读数单位、准确度等级、防外磁场等级等仪表参数, 才能得到测量现场的实际测量值或进行仪表的准确检定。目前绝大多数的仪表识别都是关于指针读数的识别, 对仪表表盘参数的识别还没有见到相关资料。为了得到准确的实际测量值以及达到仪表的完全自动校验, 需要对表盘参数进行自动识别, 同时从仪表的分类管理角度上看, 也有必要对仪表管理数据(如仪表准确度等级、防外磁场等级、仪表类型等参数)的采集。但目前大多数单位都采用人工读取表盘参数并手工记录的方法进行上述工作, 这种方法不利于自动有效地管理。而采用图像处理和识别的方法, 从拍摄的仪表表盘图片中提取出仪表参数, 再根据提取的参数建立一个仪表参数与对应仪表的数据库, 这会大大地方便仪表的管理和查询。因此, 如果能在利用图像技术自动读取仪表读数的同时, 也识别出仪表表盘的各种参数, 就可以实现仪表读数的完全自动采集和仪表的完全自动校

验^[1]。

仪表图像从各种复杂的工业检测场合中取得, 不可避免地带有各类噪声, 而这些噪声对仪表参数的提取有很大的影响, 所以研究如何降低仪表盘图像噪声十分必要。仪表盘图像主要由仪表指针读数区和仪表参数区两大部分组成。前者大多位于表盘的中上部, 呈扇形分布。后者位置不固定, 分散于表盘指针读数区以外的各个地方, 因此对其准确定位和提取难度较大。本文拟采用小波分解和形态学相结合的方法来定位仪表盘参数。

1 仪表盘图像的预处理

本文以指针式高准确度毫安电流表为例介绍仪表盘图像的预处理^[2], 图 1 为原始图。采集到的电流表原始图像存在一定角度的倾斜且仪表盘面外部有一黑色边框, 为了加快处理速度和后续处理的方便, 需去除外边框并进行倾斜校正。由于光照不均的影响, 图像还需进行简单的直方图对比度增强处理, 如图 2 所示。



图 1 原始图像

收稿日期: 2006-09-15

作者简介: 张艳玲(1970-), 女, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向为图像处理与模式识别。

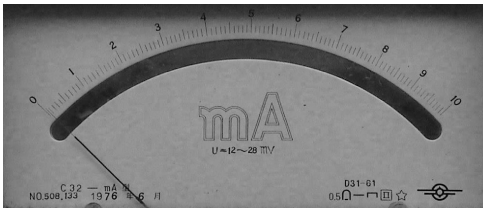


图 2 预处理后图像

2 小波分解

仪表盘参数是研究的主要对象, 因此除此之外的所有信号, 包括指针读数、指针刻度线等都属于背景信息. 仪表盘参数由一行一行的字符信号组成, 而背景信息 (比如指针读数) 中也含有字符信息, 和仪表盘参数有相似特征, 比较难定位和提取. 小波变换的基本思想是通过平移和伸缩等运算功能对原始信号进行多尺度细化分析, 即将信号分解为一系列具有不同空间分辨率、不同频率特性和方向特性的子带信号. 这些子带信号具有良好的时域和频域特性. 利用这些特性来表示原始信号的局部特征, 进而实现对信号时域和频域的局部分析. 本文采用小波分解法^[3]来将仪表盘参数初步分解出来.

2.1 二维离散小波变换^[4]

设函数 $f(t)$ 是平方可积函数, 即 $f(t) \in L^2(R)$, 则连续小波变换的定义为

$$W_f(a, b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \phi_{a,b}(t) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

其中, $a > 0$ 是尺度因子, b 为位移因子, 函数 $\phi_{a,b}(t)$ 称为小波或母小波, a 与 b 都是连续变量. 离散小波变换是对连续小波变换的尺度 a 和位移 b 按照 2 的幂次进行离散化得到的, 又称为二进制小波变换, 非常适合利用计算机来计算处理. 这里取 $a = a_0^m$ (m 是整数, $a_0 > 1$), $b = nb_0 a_0^n$ ($b_0 \neq 0$, n 为整数). 离散小波的定义为

$$\phi_{m,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \phi\left(\frac{t - nb_0 a_0^n}{a_0^m}\right) = a_0^{-m/2} \phi(a_0^{-m} t - nb_0), \quad (2)$$

相应的离散小波变换定义为

$$\langle f, \phi_{m,n} \rangle = a_0^{-m/2} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \phi_{m,n}(t) dt = a_0^{-m/2} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \phi(a_0^{-m} t - nb_0) dt \quad (3)$$

离散小波的实现最终是通过与小波相应的高 (低)

通滤波器来完成的. 对于图像来说, 通过对图像的高低通滤波可以将图像分解为对应不同尺度的近似分量和细节分量.

2.2 多分辨率分析和 mallat 算法

多分辨率分析是在 $L^2(R)$ 函数空间内, 将函数描述为一系列近似函数的极限, 每一个近似函数都是函数 f 的平滑逼近, 而且具有越来越精细的近似函数. 多分辨率分析提供了寻求小波滤波器的基本思路: 为了寻求 $L^2(R)$ 的一个基底, 先从其某个子空间出发, 构造它的基底, 然后通过简单变换将之扩充到 $L^2(R)$ 中.

离散小波的快速实现一般采用 mallat 算法, 它将小波变换与多分辨率分析有机地结合起来. 对二维图像而言, 假定二维尺度函数可分离, 则有 $\varphi(x, y) = \varphi(x) \varphi(y)$, 其中 $\varphi(x)$ 、 $\varphi(y)$ 是两个尺度函数. 若 $\phi(x)$ 是相应的小波, 那么

$$\phi_{(x,y)}^1 = \varphi(x) \phi(y), \quad \phi_{(x,y)}^2 = \phi(x) \varphi(y), \\ \phi_{(x,y)}^3 = \phi(x) \phi(y),$$

这 3 个二维基本小波就与 $\varphi(x, y)$ 一起建立了二维小波变换基, 函数集:

$$\{\phi_{j,m,n}^l(x, y)\} = \{2^j \phi^l(x - 2^j m, y - 2^j n)\}, j \geq 0 \\ l = 1, 2, 3, \dots; m, n \in Z$$

是 $L^2(R)$ 下的正交归一基.

图像小波分解可以依据二维小波变换, 通过多分辨率分析和 mallat 塔式分解方法, 得到在不同尺度、不同方向上的近似分量和细节分量.

2.3 多分辨率分析和 mallat 分解算法在仪表盘参数定位中的应用

图像小波分解后得到的各个分量所对应的尺度和方向上的特性对寻找仪表盘面的参数目标以及提取这些信息都具有特殊的意义^[5-6], 如图 3 所示.

从图 3 中可以看出, 小波分解后的图中有能较好地体现仪表参数位置的信息, 特别是垂直方向高频分量图中, 仪表盘参数的位置很明显. 下面对垂直分量图进行自适应滤波和二值化处理^[7-8]. 因为自适应滤波可以更好地保存图像的边缘和细节, 对含有高斯白噪声的图像滤波效果较好, 因此采用自适应滤波来滤除小波分解后残存的指针刻度线信息, 窗口大小为 $[20 \ 10]$, 如图 4 所示. 二值化处理中采用全局阈值, 大小为 $\alpha = 0.3$ 结果如图 5 所示.

从图 5 可以看出, 经过小波分解和自适应滤波及二值化后, 仪表盘参数的位置已经基本确定, 但还含有噪声 (主要是仪表盘面上垂直特征明显的零

星刻度值), 需要进行更进一步的处理.

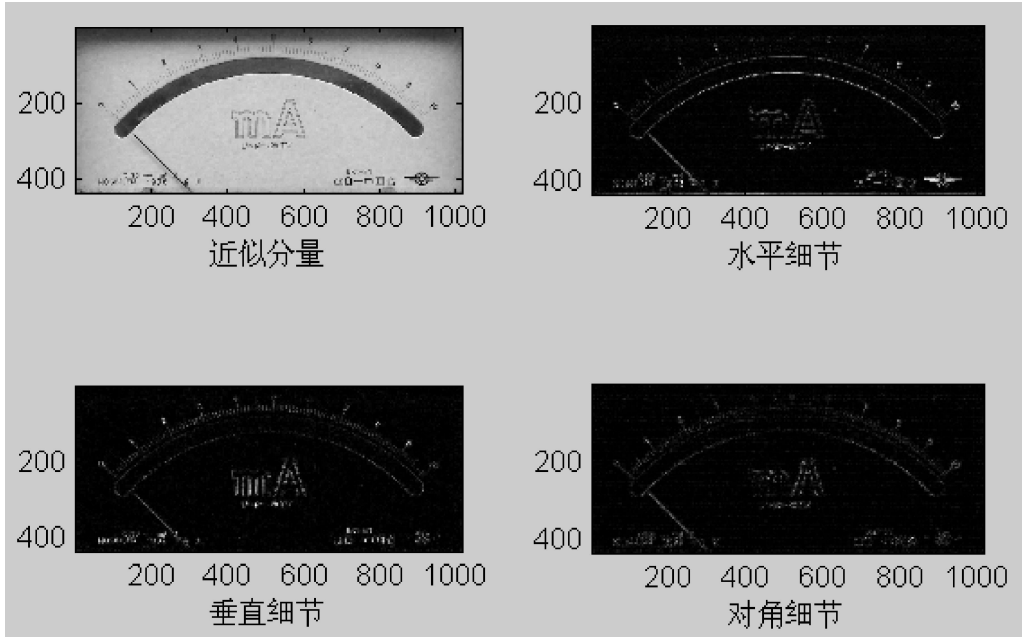


图 3 一层小波分解的近似分量与细节分量



图 4 垂直分量的自适应滤波



图 5 垂直分量自适应滤波的二值图

3 形态学处理

在图像处理中, 形态学处理^[9-10]是指对图像进行变换, 以突出所需要的信息, 其采用的方法是: 以某一小的具有所需几何形态的具有“探针”作用的结构元与分析对象进行集合运算, 采用不同的运算将产生不同的分析结果, 其中最基本的两个变换是腐蚀 (Erosion) 和膨胀 (Dilation).

设 Ω 为二维欧几里德空间, 图像 A 是它的一个子集, 结构元素 B 也是它的一个子集, $b \in \Omega$ 是欧氏空间的一个点, 定义两个基本运算:

- 1) 膨胀 $A \oslash B = \{a + b \mid a \in A, b \in B\}$;
- 2) 腐蚀 $A \ominus B = \{z \in \Omega \mid B^z \subseteq A\}$, 其中 B^z 表示为 B 被 z 平移后的结果.

二值膨胀和腐蚀是最基本的形态学运算, 它们互为对偶运算. 腐蚀具有收缩图像的作用, 膨胀具有扩大图像的作用. 在定义膨胀和腐蚀运算的基础上, 可以定义数学形态学的另外两个常用函数:

- 1) 开运算 $A \circ B = (A \ominus B) \oslash B$;

2) 闭运算 $A \bullet B = (A \oslash B) \ominus B$.

根据开运算和闭运算的特点, 通常可以利用开运算删除图像中的小分支, 利用闭运算填补图像中的空穴.

这里对二值化后的垂直分量图进行形态学处理. 因为仪表盘参数是由字符组成, 而字符具有明显的垂直特征, 因此取结构元 $[3, 3]$ 进行膨胀运算, 如图 6 所示. 取结构元 $[4, 2]$ 进行闭运算 (见图 7) 和连续 2 次腐蚀处理 (见图 8), 再通过膨胀运算 (见图 9) 得到目标区域, 将目标区域映射到原图, 获得最终的结果, 如图 10 所示.



图 6 膨胀

仪表盘参数都是一行一行的字符信息, 尽管图 9 中还有零星亮点, 但已经完全可以确定参数位置.

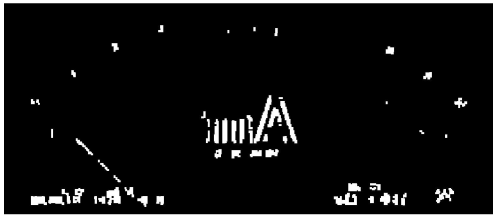


图 7 闭运算

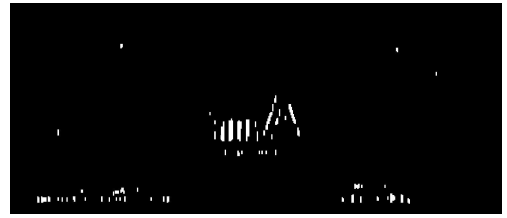


图 8 连续 2 次腐蚀

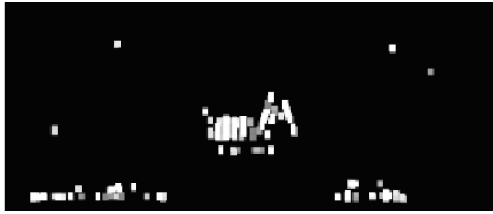


图 9 膨胀

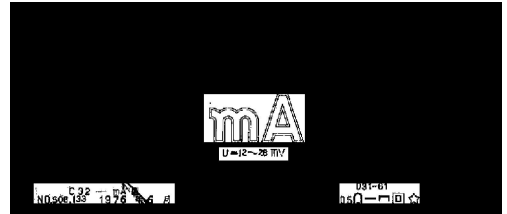


图 10 定位结果图

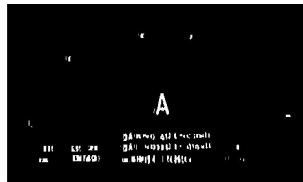
4 实验结果及分析

采用上述算法, 作者对一系列列表进行了实验, 其中一些仪表盘参数的分割结果如图 11 所示.

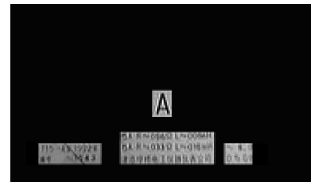
从处理结果(图 11 (c))可看出, 文中算法具有较强的抗噪性, 定位精度较好, 方法简单有效. 但文中算法需有一定的限制条件: 参数均为一行一行分布, 参数区域与背景区域的对比度不能太低 (一般亮度之差不应低于 30).



(a) 预处理后图像



(b) 小波变换和形态学处理



(c) 投影定位结果

图 11 仪表盘参数定位结果

5 结论

对文中所提的这一类指针式仪表的实验表明该方法简单有效, 能够较好地定位和分割仪表盘参数区域, 具有较强的鲁棒性. 而采用图像处理和识别的方法, 从拍摄的仪表表盘图片中提取出仪表参数, 再根据提取的参数建立一个仪表参数与对应仪表的数据库, 这会大大方便仪表的管理; 识别出仪表表盘准确度等各种参数, 可实现完全自动仪表校验.

参考文献:

[1] 宁志刚, 汪仁煌, 张艳玲. 高精度仪表自动判读技术研究 [J]. 光电工程, 2006, 33(6): 92-96

[2] 章毓晋. 图像工程(上册): 图像处理与分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000

[3] CHUI K. An Introduction to Wavelet [M]. New York: Academic Press, 1992

[4] 韩丽萍, 张文梅, 尹王保. 一种改进的二进小波变换图像去噪方法 [J]. 计算机应用与软件, 2006, 23(4): 23-24

[5] 袁晓辉, 李久贤, 夏良正. 一种新的车牌快速定位方法 [J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2003(1): 82-85

[6] 蔡铁, 朱杰. 小波阈值降噪算法中最优分解层数的自适应选择 [J]. 控制与决策, 2006, 21(2): 217-220

[7] 吴炜, 杨晓敏, 何小海, 等. 一种边缘检测与扫描线相结合的车牌定位算法 [J]. 电子技术应用, 2005(2): 43-45

[8] 管庶安, 廖明潮, 万常芹. 基于车牌字符笔画特征的快速定位算法 [J]. 计算机工程与应用, 2005(12): 186-188

[9] JEAN S. Introduction to mathematical morphology [J]. Computer Vision, Graphic and Image Processing 1996, 35: 283-305

[10] 孙即祥. 图像分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2005

(下转第 59 页)

- SPIE, 1997, 2998: 195
- [6] K M D Y, LIL, JIANG X L, et al Polarized laser induced holographic surface relief gratings on polymer films [J]. *Macromolecules* 1995, 28: 88351.
- [7] ROCHON P, NATANSOHN A. Optically inscribed surface gratings in azopolymer used in resonant structure [J]. *SPIE*, 1997, 2998: 2141.
- [8] JIANG X L, LIL, KUMAR J et al Unusual polarization dependent optical erasure of surface relief gratings on azobenzene polymer films [J]. *Appl Phys Lett* 1998, 72: 25021.
- [9] GEORGE N, MATTHEW S JW. Diffraction grating [J]. *Appl Phys Lett* 1966, 9(1): 212-214
- [10] JEONG T H. Cylindrical holography and some proposed application [J]. *J Opt Soc Am*, 1967, 57(2): 1396-1398
- [11] 朱化凤, 陈建文, 高鸿奕, 等. 高频可变间距全息光栅的制作方法的计算机模拟研究 [J]. *物理学报*, 2005, 54(2): 682-686
- [12] 邢馥生, 刘志远, 姜德森. C 语言程序设计及应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 56
- [13] 何薇. 计算机图形技术与 CAD [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001: 234

A Method of Computer Aided Design of the Holographic Gratings

SHI Zhíwei

(Faculty of Information Engineering Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006 China)

Abstract Based on the theory of high spatial frequency grating with variable spacing this paper used VC++ to write the simulated program of holographic plate. Its function is that people can adjust parameter and study the distributing rule of interference fringe by a change in data, so it is very beneficial to fabricating the real gratings.

Key words holographic gratings interference fringe aided design

(上接第 53 页)

The Parameters Location of Meter Dial Plate Based on Wavelet Decomposition and Mathematical Morphology

ZHANG Yan-ling^{1,2}, WANG Ren-huang¹, NING Zhígang¹, ZHU Shun-ping¹

(1. Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090 China)

2. Faculty of Information, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract A new segmentation algorithm, based on wavelet multiscale analysis and mathematical morphology for locating the parameters of meter dial plate, is presented. By this algorithm, the edge components of different spatial resolutions and directions are acquired, the useless information is filtered and the last region of parameters of meter dial plate is located.

Key words parameters location of meter dial plate wavelet transformation mathematical morphology