

# 彩色数字仪表图像二值化技术研究

李晓东<sup>1</sup>, 李志强<sup>2</sup>, 雷晓平<sup>1</sup>, 丁伟雄<sup>1</sup>

(1. 佛山科学技术学院 计算机系, 广东 佛山 528000;

2. 佛山市质量计量监督检测中心, 广东 佛山 528000)

**摘要:**针对石英晶体振荡器的计量检定中对数字仪表高精度识别的要求,通过对各种灰度及彩色图像二值化技术及HVS颜色空间特性的研究,提出一种在HVS颜色空间下进行彩色图像二值化分割技术,讨论了HSV颜色空间中H、S、V三分量对彩色图像二值化的影响及意义,分析并给出了H、S、V三阈值的计算方法,在实际使用中取得了满意的效果。采用该技术并结合校验神经网络,实现了数字仪表面板数字的高精度识别,达到了石英晶体振荡器的计量检定误差率低于0.001的项目要求。

**关键词:**数字仪表;彩色图像二值化;HSV颜色空间

**中图分类号:**TP317.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2010)04-0120-04

## A Research of Thresholding Technology of Color Image of Digital Instrument

LI Xiao-dong<sup>1</sup>, LI Zhi-qiang<sup>2</sup>, LEI Xiao-ping<sup>1</sup>, DING Wei-xiong<sup>1</sup>

(1. Computer Department of Foshan University, Foshan 528000, China;

2. Foshan Quality Supervision and Testing Measurement Center, Foshan 528000, China)

**Abstract:** By the requirements of digital instrument accuracy recognition of quartz crystal oscillator in the metrological verification and researching of thresholding technology of gray and color image and characteristics of HVS color space, this paper puts forward a technology of color images in HVS color space, discussed the influence and significance of the H, S, V 3-component to color image thresholding. And threshold selection methods of H, S, V to be analyzed also, and satisfactory results had been achieved in used actually. Using this technique combining test network, project requirements had been realized of the high recognition rate of the digital instrument; the error rate is less than 0.001.

**Key words:** digital instrument; color image thresholding; HVS color space

### 0 引言

目前,数字仪表在各种工业企业中得到了广泛的应用,计量检定部门需要对这些数字设备定期进行检测。在数字仪表的计量检测中,需要耗费大量的人力资源,特别是石英晶体振荡器的检测需要连续数十小时,这显然超出了人力的极限,目前,大部分只能采用多人换班的方式解决,因此,需要开发能自动完成数字仪表的自动采集与数字识别系统,但此系统要求必须达到极低的误识率(通常要求达到0.001以内)。事实表明,图像预处理技术是提高数字识别准确率的关键。

一般来说,数字图像的预处理包括以下几个过程:

数字图像采集,图像灰度化处理,去噪,二值化,图像倾斜校正,字符分割,图像规格化,特征提取等<sup>[1,2]</sup>。很显然,对数字识别准确率影响的主要因素是图像二值化和字符分割技术。

实验表明,传统的基于数字图像灰度化的二值化技术在一些特殊环境下很难达到高识别率的要求,为了实现达到高识别率,低误率的高精度要求,需要改进传统二值化技术<sup>[3,4]</sup>。以下将主要讨论一种基于HSV彩色图像二值化技术。

### 1 图像二值化

为了便于对字符进行识别,通常需要将彩色图像二值化。一般的二值化过程是:首先对数字图像灰度化,然后根据一定的算法选定一个阈值,按此阈值进行二值化。在此方法中,核心问题是如何选取阈值。合

收稿日期:2009-07-15;修回日期:2009-10-27

基金项目:国家质检总局科技计划项目(2007QK281)

作者简介:李晓东(1968-),男,江西东乡人,讲师,硕士,研究方向为数字图像处理、人工智能、模式识别等。

适的阈值可以准确地将待识别字符从背景图像中分割出来,这为字符的准确识别提供基本保证。根据不同的阈值确定方法,可以大致将其分为常数阈值法(全局阈值法),自适应阈值法等二种<sup>[1,2]</sup>。

常数阈值法是为整幅图像选定一个固定的阈值的二值化方法,这种方法在整幅图像背景与字符的灰度值都比较均匀时效果比较好,且计算比较简单。但在图像背景与字符的灰度值不均匀时,效果很差。

自适应阈值法在背景与字符图像的灰度值不均匀时,将图像分成多个区域,并在不同的区域根据对比度的不同进行调整。

在通常情况下,对彩色图像灰度化后,采用灰度阈值进行二值化,可以得到较满意的二值图像。但对于一些质量比较差且存在杂光干扰的图像,效果并不令人满意,因此无法实现高精度的数字识别。

图 1(a)是带有玻璃面板反光的红色数码管图像,(b)为原图像的灰度化后的灰度直方图。从中可以看出,其灰度直方图是一明显的单峰直方图,对此图像很难选择合适的阈值将字符从背景中分割出来。(c)是采用最优阈值二值化的结果,实际上,不管选用的阈值如何,都无法去除玻璃面板产生的杂光干扰。

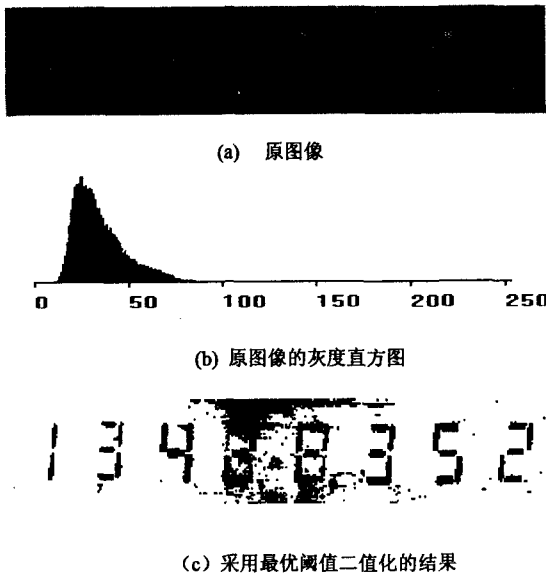


图 1 灰度图像二值化

## 2 基于 HSV 颜色空间的多阈值二值化技术

### 2.1 RGB 颜色空间与 HSV 颜色空间

对于数码仪表的检测环境来说,其通常是玻璃面板,背景大都为黑色。但是即使是在实验室环境下,环境杂光在玻璃面板上的反射使其光照并不均匀,特别是有些数码管比较老化时更是如此,这将严重影响采集图像的质量。然而,由于数码仪表的数码管总是有

一定颜色的(通常有红色和绿色两种,文中以红色为例),这为采用基于色度学理论进行图像二值化分割提供了条件。

根据色度学理论<sup>[5]</sup>,颜色可以用不同的颜色系统进行表示。在计算机中常用 RGB 颜色空间,R,G,B 分别为此颜色空间的三种基色,其它颜色的光可以由此三基色光按不同比例混合得到。此外,也可以采用 HSV,CIE-LUV 和 CIE-LAB 或其他颜色空间。

在 HSV 颜色空间能较好地反映人类对色彩的感知和鉴别能力,并且在该彩色空间与 RGB 彩色空间的转换是可逆的,且计算量不很大,这很适合对彩色图像的处理。HSV 颜色空间可用图 2 表示。其中 H 表示色泽,V 表示明度,S 表示饱和度(注意:在圆锥的顶点处,V=0,H 和 S 无定义)。一般说来,发光数码管的色泽与面板反光有明显的区别,而数码管的未发光段与发光段在亮度上有较大不同,而各种噪声干扰在色泽和饱和度上都区别明显。

RGB 空间到 HSV 空间的转换可以采用如下方法:设 RGB 的三个分量分别为 R,G,B。HSV 空间的三个分量为 H,V,S。令: $r=R/255$ ;  $g=G/255$ ;  $b=B/255$ ;  $\max\_rgb = \max(r, g, b)$ ;  $\min\_rgb = \min(r, g, b)$ ;  $h = H/360$ ;  $v = V/100$ ;  $s = S/100$ ; 则:

$$s = \begin{cases} 0 & \text{当 } \max\_rgb = 0 \text{ 时} \\ \frac{\max\_rgb - \min\_rgb}{\max\_rgb} & \text{当 } \max\_rgb \neq 0 \text{ 时} \end{cases} \quad (1)$$

$$v = \max\_rgb \quad (2)$$

$$h = \begin{cases} \text{undefined} & \text{当 } s = 0 \text{ 时} \\ \frac{g - b}{\max\_rgb - \min\_rgb} \times \frac{60}{360} & \text{当 } \max\_rgb = r, s \neq 0 \text{ 时} \\ (2 + \frac{b - r}{\max\_rgb - \min\_rgb}) \times \frac{60}{360} & \text{当 } \max\_rgb = g, s \neq 0 \text{ 时} \\ (4 + \frac{r - g}{\max\_rgb - \min\_rgb}) \times \frac{60}{360} & \text{当 } \max\_rgb = b, s \neq 0 \text{ 时} \end{cases} \quad (3)$$

其中: $h \in [0, 1)$ ,  $s \in [0, 1]$ ,  $v \in [0, 1]$ 。

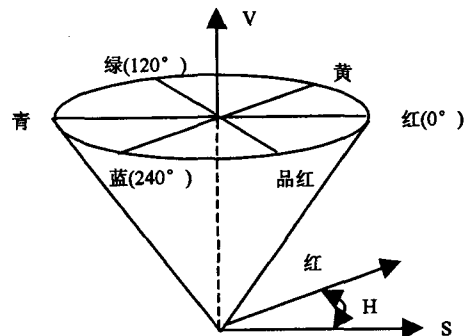


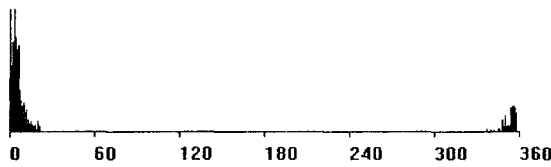
图 2 HSV 颜色空间

当然,也可以实现 HSV 到 RGB 的转换,转换的方法请参见文献[2],但在转换后,由于误差的问题,图像

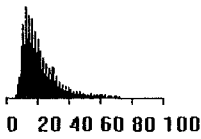
颜色会有少许的偏差。

### 2.2 基于 HSV 颜色空间的二值化技术

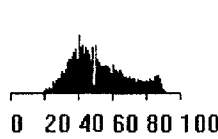
根据 HSV 颜色空间的分析,红色数码管发光的 H 值接近 0°。图 3(a)为图 1(a)在 HSV 空间中色谱图。可以看出,[-5°,12°]包含了图像 90%的谱能量。图 3(b)为其在 HSV 空间中亮度直方图(与 RGB 的灰度直方图不完全相同),它反映了图像的亮度分布。图 3(c)为其在 HSV 空间中饱和度分布图,可见,图像各像素饱和度主要在 20%~90%之间,而背景像素饱和度主要在 60%以下,字符像素的饱和度在 60%以上。



(a) 图 1(a) 在 HSV 空间中色谱图



(b) 图 1(a) 在 HSV 空间中亮度直方图



(c) 图 1(a) 在 HSV 空间中饱和度分布图

图 3 图 1(a)在 HVS 空间 H,V,S 各分量的分布情况

为了要对图像进行二值化分割,需要对 H,V,S 各分量确定其阈值,确定阈值的方法如下:

#### (1)H 阈值的确定。

H 阈值的选择其主要目的是对图像进行颜色聚类,滤除背景色和其他干扰颜色。一般来说,H 阈值的选择必须包含字符像素的所有颜色在内。如果取值范围过大,则将引入杂色干扰。相反,则会使字符图像中出现较大的空洞。从图中可以看出,H 谱线图接近于高斯分布函数,其大量谱线集中在 H=0°附近。实验表明,对于红色数码管,只要 H 阈值的取值范围包含了 H=0°附近色谱图主峰的 80%~90%时能获得很好的效果。

#### (2)V 阈值的确定。

在 HSV 空间中亮度直方图中,V 是亮度,其含义与 RGB 的灰度类似,反映了图像的亮度分布。我们注意到其直方图是单峰的,不能采用常用的最优阈值或其他阈值算法,需要对最优阈值算法进行改进,使之能用于单峰直方图的阈值计算。为了能确定 V 阈值的选择,假设图像中字符像素在中像素中的比例为 R<sub>1</sub>,背景像素在中像素中的比例为 R<sub>2</sub>(显然 R<sub>2</sub> + R<sub>1</sub> = 1)。另设图像正确分割的阈值为 T,此时,T 将亮度直方图分为二部分,分别为背景与字符像素。若背景像素

的亮度均值为 M<sub>1</sub>,字符像素的亮度均值为 M<sub>2</sub>。则有:

$$M_1 = \left( \sum_{k=0}^T V(k) \times k \right) / \sum_{k=0}^T V(k) \quad (4)$$

$$M_2 = \left( \sum_{k=T}^{\infty} V(k) \times k \right) / \sum_{k=T}^{\infty} V(k) \quad (5)$$

其中,V(k)为亮度直方图函数。

此外可以计算,整个图像的亮度均值为 M:

$$M = R_1 M_1 + R_2 M_2 \quad (6)$$

显然,T 是未知的,可以采用迭代方法求得该阈值。假设迭代到 n-1 次时,分割图像均值分别为 m<sub>1</sub><sup>n-1</sup> 和 m<sub>2</sub><sup>n-1</sup> 两部分,则第 n 次的迭代选择选定阈值为 t<sup>n</sup> ∈ [0,∞) 使得满足:

$$t^n = m_1^{n-1} + R_1 \cdot (m_2^{n-1} - m_1^{n-1}) = R_2 m_1^{n-1} + R_1 m_2^{n-1} \quad (7)$$

对照(4)、(5)式,可计算第 n 次迭代时:

$$m_1^n = \left( \sum_{k=0}^{t^{n-1}} V(k) \times k \right) / \sum_{k=0}^{t^{n-1}} V(k) \quad (8)$$

$$m_2^n = \left( \sum_{k=t^{n-1}}^{\infty} V(k) \times k \right) / \sum_{k=t^{n-1}}^{\infty} V(k) \quad (9)$$

当迭代到第 n+1 次时,可得:t<sup>n+1</sup> = R<sub>2</sub>m<sub>1</sub><sup>n</sup> + R<sub>1</sub>m<sub>2</sub><sup>n</sup>

依次类推,当 t<sup>n+1</sup> = t<sup>n</sup> 时迭代结束(一般只需 3-5 次迭代)。

可以证明,该迭代过程最终收敛于 m<sub>1</sub> = M<sub>1</sub> 和 m<sub>2</sub> = M<sub>2</sub> 时,此时,t = T;但是,由于不同图像的背景像素和字符像素在图像中的比例不是固定的,因此该阈值一般作为粗阈值。如果需要更高精度时,可以借鉴文献[6]中的 CASDA 算法或其他算法<sup>[7,8]</sup>可以对上述阈值进行微调。

#### (3)S 阈值的确定。

S 是颜色的饱和度,当图像只有黑色和字符两种颜色时,饱和度曲线主要由字符像素决定,并且饱和度曲线也通常是一单峰曲线,因此可以采用与 V 阈值一样的算法。需要注意的是是一些颜色较浅的数码管其阈值不能选的太高。

## 3 结果及分析

在文献[9]中,主要通过 H 色纯度进行彩色聚类,达到了颜色过滤和二值化的目的,但是,在数码仪表图像的高精度分割中,仅对 H 进行分割是不够的。图 4 是对图 1(a)进行不同处理的二值化效果。其中(a)为只通过 H 对图像进行聚类分割并二值化后的结果。(b)为只通过 V 对图像进行处理并二值化后的结果。(c)为只通过 S 对图像进行处理并二值化后的结果。(d)为通过 HSV 三阈值对图像二值化后的结果。



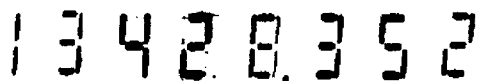
(a)只通过 H 单阈值对图像二值化



(b)只通过 V 单阈值对图像二值化



(c)通过 S 单阈值对图像二值化



(d)通过 HSV 三阈值对图像二值化

图4 基于 HSV 颜色空间的图像二值化

可以看出,(a)、(b)、(c)三图是一种相互的补充,(a)中可以有效过滤其他差距比较大的颜色,(b)中能有效过滤亮度比较低的背景颜色,对玻璃的反光效果不佳,但其效果优于灰度图像的二值化。主要原因是 HSV 系统中其亮度是 RGB 中最亮颜色分量决定的,而不是 RGB 三个分量的综合效果,因此,在黑底单主色图像中,其二值化效果要好。(c)是基于饱和度的图像分割,可见其对玻璃反光的过滤效果好。(d)综合 HSV 三个分量并进行分割处理,得到满意的实际效

(上接第 119 页)

#### 参考文献:

- [1] 徐光佑,史元春,谢伟凯. 普适计算[J]. 计算机学报,2003(9):1042-1050.
- [2] 李卢一,郑燕林. 泛在学习环境的概念模型[J]. 中国电化教育,2006(12):1-2.
- [3] 谢晓兰,牛秦洲,李建涛,等. 基于普适计算与网格技术的企业培训系统框架[J]. Journal of Software,2006,17(s):249-255.
- [4] Ogata H, Matsuura K, Yano Y. Knowledge Awareness: Bridging Between Shared Knowledge Space and Collaboration in Sharlok[C]// Proceedings of Educational Telecommunications '96. [s. l.]: [s. n.], 1996:232-237.
- [5] Ogata H, Yano Y. Combining Knowledge Awareness and Information Filtering in an Open-ended Collaborative Learning Environment[J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2000,11:33-46.
- [6] Curtis M, Luchini K, Bobrowsky W, et al. Handheld Use in

果。

总之,对于一些已知色彩分布的彩色图像,可以通过将图像转换到 HVS 等颜色空间,并利用 HSV 等颜色空间的特性进行处理,可达到满意的二值化效果。在实际应用中,采用 HVS 多阈值分割实现了数字仪表的高精度识别,达到了误识率低于 0.001 的项目要求。

#### 参考文献:

- [1] 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,2006:224-272.
- [2] Sonka M, Hlavac V, Boyle R. 图像处理分析与机器视觉[M]. 北京:人民邮电出版社,2003:83-91.
- [3] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histogram[J]. IEEE Transactions on System Man and Cybernetic, 1979,9(1):62-66.
- [4] Kurugollu F, Sankur B, Harmanci A E. Color image segmentation using histogram multithresholding and fusion[J]. Journal of Image and Vision Computing, 2001,19(13):915-928.
- [5] 荆其诚,焦书兰. 色度学[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [6] 张引. 基于空间分布的最大类间方差牌照图像二值化算法[J]. 浙江大学学报:工学版,2001,35(5):272-275.
- [7] Liu Yangxing, Ikenaga, Takeshi, et al. A Novel Hybrid Approach of Color Image Segmentation[C]// Circuits and Systems (APCCAS 2006). IEEE Asia Pacific Conference. Singapore: [s. n.], 2006:1863-1866.
- [8] 王建平,盛军. 基于小波分析的二值化阈值选取[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2001,40(24):559-562.
- [9] 张艳玲,汪仁煌. 彩色数字仪表表盘读数的自动识别系统[J]. 计算机测量与控制,2007,15(4):555-557.

- K-12: A Descriptive Account[C]// Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'02). [s. l.]: IEEE Computer Society Press,2002:23-30.
- [7] 孙立鏖,秦永华,赵丽华. 面向普适环境的协同设计框架研究[J]. 计算机工程与应用,2007,43(10):108-111.
- [8] 张勤,王汝传. 基于网格的现代远程教育系统模型的研究与实现[J]. 电子工程师,2005,31(8):60-63.
- [9] Chen Y S, Kao T C, Sheu J P, et al. A Mobile Scaffolding-Aid-Based Bird-Watching Learning System[C]// Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education(WMTE'02). [s. l.]: IEEE Computer Society Press,2002:15-22.
- [10] Lyytinen K, Yoo Y. Issues and Challenges in Ubiquitous Computing[J]. Communications of ACM,2002,45(12):63-65.
- [11] Weiser M. The Computer for the Twenty-First Century[J]. Scientific American,1991(3):94-100.