

基于机器视觉的瓷砖多参数分类系统的设计

邹庆胜, 汪仁煌, 明俊峰

(广东工业大学 自动化学院 控制理论与控制工程, 广东 广州 510090)

摘要: 提出一种基于机器视觉瓷砖在线多参数分类系统的设计. 通过对同一幅图像采用不同的图像处理方法, 获取所需的不同的特征参数值, 从而判断产品是否合格, 实验验证了此系统的可行性、实用性与经济性.

关键词: 瓷砖; 图像处理; 均匀颜色空间; 缺陷检测

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2010)04-0046-04

瓷砖生产工艺过程比较复杂, 可能导致瓷砖表面出现颜色差异较大, 釉面针孔、表面平整度与直角度不理想, 尺寸偏差大等情况. 当前, 瓷砖色差检测等参数是通过人工判断的, 这种检测方式的速度与精度在工业生产方面有很大的局限性^[1], 在工人疲劳或分心等因素下, 容易误检与漏检. 许多有关瓷砖这方面的文章提出的方法只对其中某一两种参数进行检测, 在检测速度上会受到很大的影响, 因此, 本文提出一种基于图像处理的多参数瓷砖检测系统.

1 系统原理设计

本系统采用一个 CCD 摄像头采集瓷砖上的图像信息. 正上方摄像头获取的图像通过数字图像处理, 用于对颜色、釉面针孔、直角度、尺寸偏差 4 个参数的判断. 计算机根据摄像头拍摄到的图像进行图像处理, 计算出各个参数值, 并与设定好的标准参数比较, 判断是否合格产品. 假如不合格, 发送一个信号给传动装置, 将有缺陷的瓷砖剔除.

2 系统软件设计

本系统采用 VC++ 6.0 软件设计图像处理平台. 该平台涉及获取数字图像、图像处理、发送处理结果, 其中图像处理是核心. 它主要根据以下几个模块得到参数值.

2.1 颜色值

色差是指同一种瓷砖颜色的差异, 好的瓷砖色差很小, 同一种型号的不同瓷砖色调基本一致. 为了使颜色更形象化, 人们使用颜色空间这种数学方法表示颜色^[2]. 颜色常用色调、饱和度和明度三个参数表示. Munsell system 用明度、色调、色度定义与排列

颜色^[3], Ostwald system 通过波长、纯度、亮度映射成明度、色调与饱和度来表示, CIE color system 则通过 RGB 三基色转化成明度、色调与饱和度三参数值. 本文颜色检测采用 CIELUV.

由于摄像头厂家提供动态链接库, 直接调用它提供的程序获取含有目标瓷砖与标准瓷砖的图像. 将图像分割成目标瓷砖图像与标准瓷砖图像两个分图像, 然后获取每个分图像像素的 R, G, B 值, 接着利用公式(1)将 R, G, B 值转化成 X, Y, Z 值, 再通过公式(2)~(7)计算两种色差的距离^[4].

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 0.489\ 989 & 0.310\ 008 & 0.20 \\ 0.176\ 962 & 0.812\ 400 & 0.02 \\ 0.000\ 000 & 0.010\ 000 & 0.99 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$L = \begin{cases} 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16, & \text{如果 } \frac{Y}{Y_n} \geq \left(\frac{6}{29} \right)^3 \\ \left(\frac{29}{3} \right)^3 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}}, & \text{如果 } \frac{Y}{Y_n} \leq \left(\frac{6}{29} \right)^3 \end{cases}, \quad (2)$$

$$U = 13L(u - u_n), \quad (3)$$

$$V = 13L(v - v_n), \quad (4)$$

$$u = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}, \quad (5)$$

$$v = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z} \quad (6)$$

除了以 X_n, Y_n, Z_n 代替 X, Y, Z 之外, u_n, v_n 值的计算公式与公式(5)、(6)相同, 其中, L 是亮度, U, V 是色度坐标, u, v 是瓷砖颜色在 CIE 颜色空间中的坐标, X_n, Y_n, Z_n 是标准光源三刺激值, u_n, v_n 是 CIE 标准光源的坐标. 任何两种颜色之间的色差可以用公式(7)中的 ΔE 表示.

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta U)^2 + (\Delta V)^2]^{\frac{1}{2}}, \quad (7)$$

其中 $\Delta L, \Delta U, \Delta V$ 是两种颜色在 L, U, V 方向上的差.

收稿日期: 2010-08-25

基金项目: 广东工业大学青年基金(092025)

作者简介: 邹庆胜(1986-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机测控.

根据图1~3,利用上述公式检测目标瓷砖与标准瓷砖的颜色差,图2与标准瓷砖之差 $\Delta E_1 = 6.1391$,图3与标准瓷砖之差 $\Delta E_2 = 7.9632$.

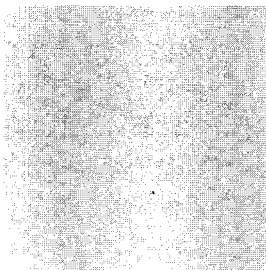


图1 标准瓷砖

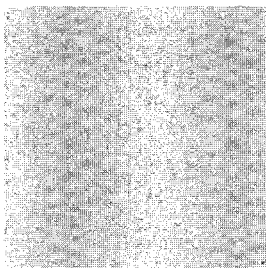


图2 颜色差值小的瓷砖



图3 颜色差值大的瓷砖

2.2 釉面针孔

釉烧时,由于釉坯料中含有碳酸盐等高温分解物、杂质以及生产工序等原因,釉面出现针形小孔谓之“针孔”,这是瓷砖行业普遍存在的现象^[5].

图像上针孔区域的 R 、 G 、 B 值与其相邻非针孔区域的值差异较大,可以采用边缘检测与阈值分割的方法进行检测.经典边缘检测主要有一阶算子、二阶算子与最优算子等,三种算子都能很好地检测出针孔这类灰度变化较大的边缘^[6].但是,与阈值分割方法相比,边缘检测方法相对耗时较长,而且如果灰度变化平缓,有可能出现边缘缺失等情况.除此之外,阈值分割方法还可以检测出与目标颜色相差较大的区域.

使用阈值分割方法检测目标瓷砖,首先要将目标对象灰度化,自动阈值分割方法^[7]可以在无人介入的情况下得到令人满意的结果,但耗时较长;因为好的瓷砖灰度化后灰度值比较均匀,基本上服从均值 $\mu = 210$ 、标准差 $\delta \leq 5$ 的正态分布,而“针孔”区域

大部分的灰度值与正常区域的灰度值相差小于20,因此这里采用固定阈值方法将阈值设为180,得到二值图像;对此二值图像进行半径为3的中值滤波,最后扫描整幅图像中的白点数,并与设置的白点数阈值比较,判断是否为合格产品.

2.3 直角度与尺寸偏差

直角度是指目标瓷砖角与标准瓷砖角相比变形的程度^[8],计算公式如式(8)

$$\gamma = \frac{\delta}{L} \times 100\%, \quad (8)$$

其中, δ 是距角点5 mm处测得的砖的测量边与标准砖相应边的偏差值, L 是瓷砖对应边的长度.国家标准要求 $-0.5\% < \gamma < 0.5\%$.

为了计算两者的偏差,必须使两者的边缘尽可能重合在一起,即对应边缘之间的方差的绝对值最小.解决此问题最关键的地方是如何获取8条边的坐标,并将它们最优对应.考虑到所拍摄的目标图像很可能发生倾斜,使用霍夫变换^[9]可以大致求得每一条直线的坐标,但计算量繁重;本文提出一种更节省时间且效果相当的方法,具体步骤如下:

(1) 首先进行图片灰度化.

(2) 因为图片上有某一些点与相邻点差值较大,直接采用 sobel 等算子边缘检测^[10]后会出现非边缘的白点如图4所示,从而会导致后面的工作产生误测.考虑到背景色是白色,取阈值为245得二值图.

(3) 通过 sobel 算子获取图像边缘如图5.

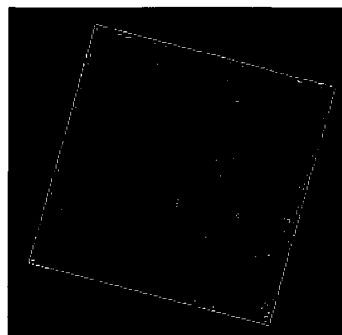


图4 直接边缘检测

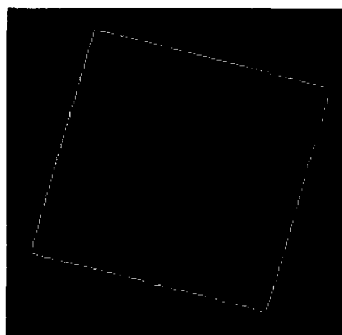


图5 二值化后边缘检测

(4) 定义4个整型二维数组,逐行扫描图片,将检测到的图片中的第*i*行第一个白点的坐标 $[x_i, y_i]$ 放入到临时数组 $Z[0][2]$ 中,如果 $[x_i, y_{j+1}]$ 也为白点,则将此点坐标覆盖 $[x_i, y_j]$,依此类推,如果到 $[x_i, y_{j+m}]$ 也为白点,则将此点坐标放置到 $Z[0][2]$ 中,再将 $Z[0][2]$ 中的*x*值与最后存入第一列整型数组 $A[k][2]$ 中的*x*值比较,如果前者不大于后者,则将其赋值给 $A[k+1][2]$ 中,反之,则将其赋值给 $C[0][2]$;之后如果是黑点,继续扫描,如果依然还有白点,并且与 $Z[0][2]$ 中的*x*值之差大于一定

值,则将其同一行相邻白点的最大列值的坐标赋值给 $Z[1][2]$;再与最后存入第二列整型数组 $B[k][2]$ 中的*x*值比较,如果前者不大于后者,则将其赋值给 $B[k+1][2]$ 中,反之,则将其赋值给 $D[0][2]$;当 $[x, y]$ 赋值给 C 和 D 数组后,无需临时数组,只需将同一行相邻白点中最大列数坐标赋值给 $C[k][2]$ 或 $D[k][2]$ 即可.假如同一行有3组不相邻的白点,则此目标瓷砖存在异常现象.如果 A 、 D 或 B 、 C 中的*x*值变化小于3个像素,则认为此目标瓷砖未发生倾斜.具体流程如图6所示.

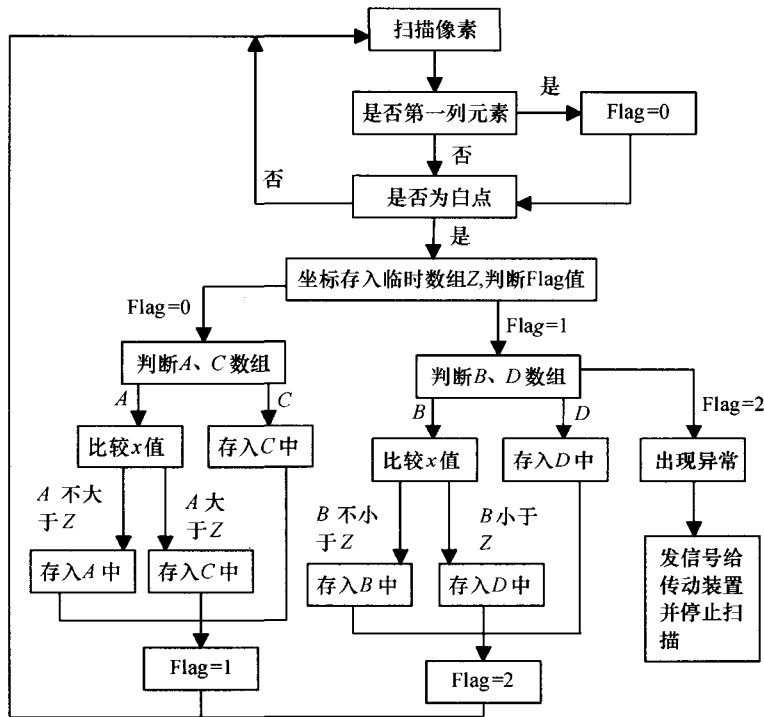


图6 瓷砖边缘检测图

(5) 因为图片上一个像素代表物理距离0.2 mm,所以每列数组第25个元素与倒数第25个元素与对边相应元素的欧氏距离减去标准砖相应边的距离后得到 δ 值,再利用式(8)即可得到 γ 值.

尺寸偏差是指产品实际的长度、宽度与标准的长度、宽度之间的误差.产品实际的长度、宽度就是每列数组的最后一个元素与第一个元素的欧氏距离,再取标准长度、宽度差值的绝对值即可获得尺寸偏差.

3 实验结果与分析

检测正常瓷砖与颜色异常瓷砖各9块,所得结果如表1所示,由此实验结果可知,此方法能明显区分微小颜色差异.

取正常瓷砖与针孔异常瓷砖各9块,计算所得的

白点数如表2所示,总体上两者是能区分的.第1组第3块与第7块的值不为零,对其灰度图检测,发现有一小部分灰度值偏低;而第2组第8块的值偏低,经对其灰度图检测,发现其针孔面积较小且灰度值相对偏高.总体来说,此方法检测瓷砖针孔准确率高.

表1 颜色正常瓷砖与颜色异常瓷砖 ΔE 值

ΔE_1 (正常)	ΔE_2 (异常)
6.431 4	7.636 5
5.890 7	8.571 6
5.796 2	9.328 3
6.043 2	8.362 4
5.535 1	7.476 6
4.582 4	8.431 2
5.436 7	7.954 4
5.921 7	8.376 1
5.832 4	9.752 2

表2 正常瓷砖与针孔异常瓷砖的白点数 个

正常瓷砖	针孔异常瓷砖
0	27
0	15
3	38
0	26
0	22
0	31
2	18
0	6
0	20

本实验使用的摄像头精度不高(每个像素为0.2 mm),而选择瓷砖的长宽大约为200 mm,每个像素与长宽之比大约为0.1%。由于国家标准要求直角度的绝对值小于0.5%,根据表3实验结果可知,每组机测与人测之差不大于0.6 mm,即3个像素值。其中,机测与人测分别指电脑与人在5 mm处测得的值,边长指对应人测的边缘长度。

表3 机测值与人测值的比较

瓷砖样品	机测/mm	人测/mm	边长/mm	差值/mm	直角度差值/%
第1块	197.44	197.83	197.02	0.39	0.20
第2块	197.83	197.71	197.88	0.12	0.06
第3块	198.05	198.26	198.36	0.21	0.11
第4块	198.22	198.07	197.91	0.15	0.08
第5块	199.59	199.62	199.56	0.03	0.02
第6块	198.78	198.03	198.79	0.75	0.38
第7块	199.33	199.87	199.21	0.54	0.27
第8块	197.11	197.38	197.06	0.27	0.14

4 结论

本文基于机器视觉在线检测瓷砖多参数特征的系统设计,系统的颜色与针孔2个参数可以准确地区分瓷砖颜色差异与是否有针孔;但是因为摄像头精度不高,尺寸偏差可能最大达3个像素,实验检测

出的直角度最大差值可能达0.38%,再加上瓷砖本身的直角度,因此在检测直角度时可能会出现误测,相信通过提高摄像头精度可以大大提高直角度检测的准确率。同时在直角度检测时所使用的目标定位方法,适用于目标与背景差异较大的目标定位。总体而言,此系统能很好地检测瓷砖的多个参数,但同时也存在一些需要改进的地方。

参考文献:

- [1] 吴冰,成文俊. 基于神经区域生长瓷砖表面缺陷检测[J]. 机电工程技术,2006,35(12):79-81.
- [2] George Paschos. Perceptually Uniform Color Spaces for Color Texture Analysis: An Empirical Evaluation[J]. IEEE Transactions on Image Processing,2001,10:932-937.
- [3] Paola Campadelli, Raimondo Schettini. A System for the Automatic Selection of Conspicuous Color Sets for Qualitative Data Display[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,2001,39:2283-2286.
- [4] Melkamu H Asmare, Vijanth S Asirvadam, Lila Iznita. Color Space Selection for Color Image Enhancement Applications [EB/OL]. [2009-05-30]. http://eprints.utp.edu.my/1843/1/paper_3.pdf.
- [5] 周维. 釉面砖釉面针孔产生的原因及克服[M]. 陶瓷,1992(1):44-46.
- [6] 杨枝灵,王开. Visul C++ 数字图像获取处理及实践应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [7] Hui-Fng Ng. Automatic thresholding for defect detection[J]. Image and Graphics,2004,27:1644-1649.
- [8] 庞池海,李光耀. 基于直线检测算法的卫星图片中建筑物轮廓提取[J]. 计算机应用,2008,28(6):190-192.
- [9] 佛山陶瓷网. 解读瓷砖的一些重要参数的国家标准[EB/OL]. [2010-01-11]. <http://www.fstaoci.com/info/20101/1116761.htm>.
- [10] 吴国伟,谢金法. 基于Sobel算子的车辆轮廓边缘检测算法[J]. 河南科技大学学报:自然科学版,2009,30(6):38-41.

Design of Multi-parameter Classifying System in Ceramic Tiles Based on Machine Vision

Zou Qing-sheng, Wang Ren-huang, Ming Jun-feng

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

Abstract: It proposes the design of a multi-parameter classifying system in ceramic tiles, which was based on machine vision. Different image processing methods were employed to obtain necessary and different characteristic parameters on the same image, and then the product was judged. Experimental results validate the feasibility, practicality and economy of the method.

Key words: ceramic tile; image processing; symmetrical color space; defect detection