

基于计算机视觉的墙地砖表面缺陷检测

熊建平

(深圳职业技术学院工业中心 深圳 518055)

摘要:提出了一种基于计算机视觉的墙地砖表面缺陷识别方法,利用改进的分块图像相减匹配和相关算法,对目标图像和模板图像进行分块处理,将对应子区域图像与数据库中相应模块图像进行相减匹配检测,利用相关系数来判断目标图像质量是否满足要求。实验结果表明使用本文方法能够准确地实现墙地砖表面缺陷检测,检测出墙地砖表面平均缺陷数目为4.5个,平均识别率达95.74%,优于直方图统计特征法和灰度共生矩阵法,具有实时、可靠、高效的特点,对墙地砖表面检测具有较大的实用价值。

关键词:计算机视觉;图像相减匹配法;墙地砖;缺陷检测

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

Research on the surface defect detection of floor tile based on computer vision

Xiong Jianping

(Industrial Training Center, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen, 518055, China)

Abstract: The paper presents a method on the surface defect detection of floor tile based on computer vision. With an improved image subtraction matching and correlation algorithm, the target image and the template image are partitioned into blocks and processed, and then the sub-area of the target image is subtracted from the corresponding template image in the data base. Finally the correlation coefficient is used to determine whether the quality of the target image meets the requirements. Experimental results show that this method can accurately achieve the reliable and efficient surface defect detection of floor tile in real-time. This method can detect the 4, 5 average defect and the average recognition rate can reach 95.74%, which is better than histogram statistical characteristics and GLCM. So the method is of great practical value of the surface defect detection of floor tile.

Keywords: computer vision; image subtraction matching algorithm; floor tile; defect detection

1 引言

墙地砖的表面质量是影响墙地砖分类等级的重要因素之一。目前国内墙地砖质量检测的现状是,大多数生产企业还是通过人工方式进行检测,这种检测方法劳动强度大、工作效率低,且检测出的结果容易受检测人员的技术、经验及疲劳等因素影响,无法保证正常产品的质量。同时随着现代家居装饰对墙地砖质量要求越来越高,迫切需要一种自动检测装置,能够准确而有效地进行墙地砖表面缺陷检测。

计算机视觉以摄像机获取图像为工具,以图像处理、图像分析、模式识别、人工智能等技术为依托,无需接触特定对象便可从获取的图像中得到大量信息,通过对这些信息分析得到表面缺陷、物体尺寸等具体信息,特别适用于墙地砖等产品的表面缺陷、几何尺寸等检测,进而实现质量的综合评价。近年来,表面缺陷检测技术得到迅速发展,表面缺

陷检测技术主要分为3类^[1]:统计法、频谱法和模型法,其中统计法包括灰度共生矩阵法、模板匹配法、图像相减匹配法、形态学法及直方图统计特征法。文献[2-3]利用灰度共生矩阵(GLCM)来检测表面缺陷,但GLCM的缺点是对灰度矩阵的大小没有一个统一的优化标准。为了提高识别速度,通常减小灰度的级数,以控制灰度共生矩阵的大小。同时,为了确保识别精度,必须保证每个矩阵足够大,以获取可靠的统计数字。文献[4]利用瓶盖圆形区域的投影直方图作为识别瓶盖表面缺陷的特征,并且采用稀疏表示法加快缺陷搜索速度。但基于直方图统计特征的表面缺陷检测方法的前提是缺陷区域的灰度必须与正常区域的灰度是可分离的。基于灰度共生矩阵和基于投影直方图的方法本质上都是基于统计特性的方法,其共同的不足就是个体的差异影响缺陷检测准确率。利用改进的分块图像相减匹配算法,能够准确地实现墙地砖表面缺陷检测,具有实时、可靠、

高效的特点。实验表明本文方法可以达到平均 95.74% 的正确检测率, 优于前两种基于统计特性的检测方法。

2 系统总体结构

基于计算机视觉进行墙地砖表面缺陷检测, 检测系统由照明系统、CCD 摄像机、图像采集卡、计算机以及图像处理算法组成, 如图 1 所示。

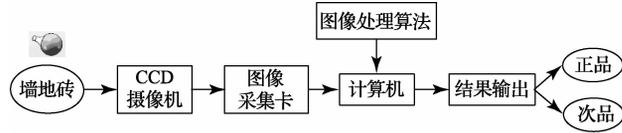


图 1 墙地砖表面缺陷检测系统

计算机视觉首先通过光学成像和图像采集装置获得墙地砖的数字化图像, 再用计算机进行图像处理得到相关的检测信息, 最后根据检测信息对墙地砖是正品还是次品做出判断。

3 墙地砖表面缺陷检测算法原理

根据墙地砖表面缺陷检测特点, 采用改进的分块图像相减匹配和相关系数法进行墙地砖表面缺陷检测^[5-10], 其检测原理如下:

将目标图像和模板图像划分为感兴趣区域(ROI)和不感兴趣区域, 在检测过程中, 只对 ROI 进行操作, 即将对应的子区域图像与标准库中相应模板图像进行相减匹配检测, 进而利用相关系数来判断目标图像质量是否满足要求。

假定 ROI 的模板 $S(m, n), m = 0, 1, \dots, M-1, n = 0, 1, \dots, N-1$, 目标图像为 $T(i, j), i = 0, 1, \dots, I-1, j = 0, 1, \dots, J-1$ 。将模板 S 放在目标图像 T 上以流水线方式进行扫描, 在目标图像 T 上被模板 S 覆盖的区域为子图 $T(i, j)$ 。目标图像与模板图像的均方误差为:

$$e^2 = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [T(i, j) - S(i, j)]^2}{MN} \quad (1)$$

式中: 均方误差 e^2 表示模板 $S(m, n), m = 0, 1, \dots, M, n = 0, 1, \dots, N-1$ 和目标图像 $T(i, j), i = 0, 1, \dots, M-1, j = 0, 1, \dots, N-1$ 的距离。若 $e^2 = 0$, 则目标图像和模板图像完成匹配。但这是一种理想情况, 实际上很难满足。因此还需要引入相关系数 ρ 来表示目标图像和模板图像的相关程度。定义模板和目标图像的相关系数 $\rho(S, T)$ 为:

$$\rho(S, T) = \frac{\text{cov}(S, T)}{\sqrt{D(S)} \sqrt{D(T)}} \quad (2)$$

式中: $\text{cov}(S, T)$ 为两者的协方差, $\sqrt{D(S)}$ 与 $\sqrt{D(T)}$ 分别为模板图像和目标图像的标准差。其中:

$$\text{cov}(S, T) = E(ST) - E(S)E(T) = e^2 \quad (3)$$

$$D(S) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [S(i, j) - \bar{S}]^2 \quad (4)$$

$$D(T) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [T(i, j) - \bar{T}]^2 \quad (5)$$

$$\bar{S} = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} S(i, j) \quad (6)$$

$$\bar{T} = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} T(i, j) \quad (7)$$

相关系数 $\rho(S, T)$ 表示了 2 幅图像之间的相似程度, 其满足 $|\rho(S, T)| \leq 1$ 。 $|\rho(S, T)|$ 是墙地砖分级的重要依据。根据足够多的正品和次品的样品的实验数据, 可以得到一个门限 ρ_{th} 。因此, 可用下式判断墙地砖是否合格:

$$|\rho(S, T)| \begin{cases} < \rho_{th} & \text{次品} \\ \geq \rho_{th} & \text{正品} \end{cases}$$

4 数据处理

选取 100 块墙地砖进行训练, 试验样品编号为 1, 2, ..., 100。这 100 块地砖共有 50 块为正品, 50 块为次品。通过试验, 得到正品与模板图像的相关系数的平均值为 0.83, 次品与模板图像的相关系数的平均值为 0.37, 取这 2 个平均值的平均值为门限值 $\rho_{th} = 0.6$ 。部分检测结果如图 2 和 3 所示, 它们分别是样本 3 和样本 54 的检测结果。从检测结果来看, 图 2 中样本 3 模板图像和目标图像分别为(a)和(b)所示, 检测结果如(c)所示, 并未检测出任何表面缺陷, 并计算出 $\rho(S, T) = 0.87 > \rho_{th}$, 进而判断样本 3 为正品。图 3 中样本 54 模板图像和目标图像分别为(a)和(b)所示, 检测结果如(c)所示, 表面的 5 个缺陷全部检测出来, 并计算出 $\rho(S, T) = 0.34 < \rho_{th}$, 进而判断样本 54 为次品。

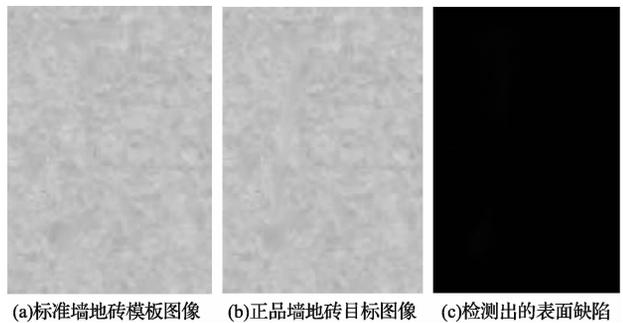


图 2 样本 3 及表面缺陷检测

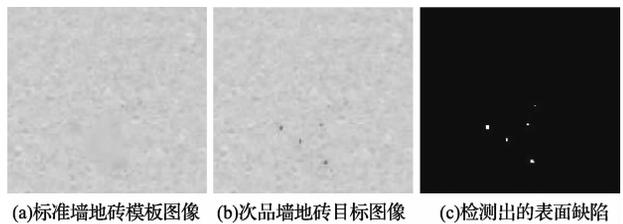


图 3 样本 54 及表面缺陷检测

在 100 个训练样本之外, 再随机抽取 100 个测试样本

进行表面缺陷检测,得到的检测结果如表1所示。从表1中可以看出,采用本文的改进图像相减匹配和相关系数法,

其检测结果表明缺陷平均识别率为95.74%,优于直方图统计特征法和灰度共生矩阵法。

表1 几种表面缺陷检测方法的对比

| 样本 | 表面缺陷数目 | 本文方法 检测出缺陷数目 | 识别率 (%) | 直方图统计特征法 检测出缺陷数目 | 识别率 (%) | 灰度共生矩阵法 检测出缺陷数目 | 识别率 (%) |
|----|--------|-----------------|------------|---------------------|------------|--------------------|------------|
| 1 | 2 | 2 | 100 | 2 | 100 | 2 | 100 |
| 2 | 3 | 3 | 100 | 3 | 100 | 2 | 67 |
| 3 | 3 | 3 | 100 | 2 | 67 | 3 | 100 |
| 4 | 12 | 11 | 91 | 10 | 83 | 9 | 75 |
| 5 | 0 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 6 | 0 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 7 | 0 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 8 | 6 | 6 | 100 | 5 | 83 | 5 | 83 |
| 9 | 3 | 3 | 100 | 3 | 100 | 3 | 100 |
| 10 | 18 | 17 | 94 | 15 | 83 | 15 | 83 |
| 平均 | 4.7 | 4.5 | 95.74 | 4.0 | 85.11 | 3.9 | 82.98 |

5 结论

利用计算机视觉提出一种墙地砖表面缺陷的检测方法,采用改进的分块图像相减匹配和相关算法,改进算法将对应子区域图像与数据库中相应模块图像进行相减匹配检测,进而利用子区域的相关系数来判断目标图像质量是否满足要求。实验数据表明该方法与直方图统计特征法和灰度共生矩阵法相比,检测出缺陷数目及识别率都大大提高,对墙地砖表面缺陷检测具有较大的实用价值。

参考文献

- [1] 罗菁,董婷婷,宋丹.表面缺陷检测综述[J].计算机科学与探索,2014,8(9):1041-1048.
- [2] 黄杰贤,李迪,叶峰,等.挠性印刷电路板焊盘表面缺陷的检测[J].光学精密工程,2010,18(11):2443-2453.
- [3] TOLBA A S, KHAN H A, MUTAWA A M. Decision fusion for visual inspection of textiles [J]. Textile Research Journal, 2010, 80(19):2094-2106.
- [4] ZHOU W J, FEI M R, ZHOU H Y. A sparse representation based fast detection method for surface defect detection of bottle caps [J]. Neurocomputing,

2014 (123):406-414.

- [5] 李天建.汽车零配件表面缺陷检测算法研究与实现[J].福建工程学院学报,2013(8):364-368.
- [6] 曾伟,王海涛,田贵云.基于能量分析的激光超声波缺陷检测研究[J].仪器仪表学报,2014,28(3):650-655.
- [7] 韦玉科,曾贵,范鹏.基于计算机视觉的切膜机薄膜表面缺陷检测系统的设计[J].计算机测量与控制,2014,22(9):2752-2757.
- [8] 朱光,朱学芳,张华坤.复杂背景下TFT-LCD表面缺陷检测系统的设计[J].电子测量与仪器学报,2011,25(12):1054-1059.
- [9] 杜玉军,高明,辛维娟,等.基于机器视觉的闭气塞表面缺陷自动检测系统[J].国外电子测量技术,2011,30(4):13-16.
- [10] 何小利,宋钰.基于机器视觉技术的物体表面缺陷[J].洛阳师范学院学报,2011,30(2):64-67.

作者简介

熊建平,1980年出生,工学硕士,讲师,高级技师。主要研究方向为电子信息技术及计算机视觉技术。

E-mail:xjp0723@126.com