

文章编号:1000-2278(2004)03-0176-03

瓷砖表面颜色匀度频域分析

戴哲敏¹ 许增朴² 于德敏² 王永强²

(1.景德镇陶瓷学院机械电子工程学院,333001;2.天津科技大学机械工程学院,300222)

摘 要

瓷砖的颜色匀度可利用灰度直方图均值、均方差、梯度进行评判^[1],各评判指标分别存在不同的优缺点。本文对采集的瓷砖图像采用二维离散傅利叶变换对瓷砖颜色分布均匀度在二维频域范围内进行分析,提出了一种瓷砖颜色匀度的评判方法。

关键词:瓷砖,颜色匀度,离散傅利叶变换,频域分析

中图分类号:TQ174.76+5 文献标识码:A

THE FREQUENCY DOMAIN ANALYSIS FOR COLOR
EVEN DEGREE ON THE CERAMIC TILE SURFACEDai Zhemin¹ Xu Zengpu² Yu Demin² Wang Yongqiang²

(1.Mechanical and Electronic Engineering Department of Jingdezhen Ceramic Institute, 333001)

(2.Mechanical Engineering Institute of Tianjin Science and Technology University, 300222)

Abstract

The color even degree on the ceramic tile surface can be evaluated through adopting the histogram, square deviation, gradient gained from the tile gray image, each evaluating parameter exists its advantage and disadvantage^[1]. This paper introduces an analyzing method for evaluating the color even degree on the tile surface in two dimensional frequency domain, that is by adopting two dimensional discrete fourier transform. An evaluating method is given for the color even degree on the ceramic tile surface.

Keywords ceramic tile, color even degree, discrete fourier transform, frequency domain analysis

1 前 言

陶瓷制品不可避免会造成颜色不均匀性,瓷砖表面颜色匀度是评价瓷砖成品质量的一个指标,它直接影响瓷砖的装饰效果。到目前为止,色度的分类均采用人工肉眼进行,它受人为主观影响很大,而且人眼视觉差异也较大。因而人们试图采用仪器或其它方法对瓷砖颜色分布均匀性进行检测。

在陶瓷色度测定中有采用反射光谱光度计或三刺激值式色度计,将被测定的试样与标准试样进行色度比较,但此法难以实现高效快速检测。

采用计算机视觉方法,采集瓷砖图像后利用一定的评价算法可实现对瓷砖颜色分布均匀度的测定。作者曾利用灰度直方图均值、均方差、梯度对瓷砖颜色分布均匀度评价进行过分析^[1]。

由于瓷砖颜色分布均匀性非常复杂,也就决定了瓷砖匀度分析的复杂性。瓷砖匀度既受瓷砖中灰度大

收稿日期:2004-01-20

作者简介:戴哲敏,男,副教授

小的分散度影响, 又与灰度的空间分布有很大关系。均方差虽然能从一定程度上反映瓷砖的匀度, 但毕竟只是对于灰度分散度的一种整体统计, 而不包含灰度的空间分布信息。比如在均方差相同的情况下, 瓷砖中的某个局部灰度所占面积却有可能大也有可能小, 而瓷砖匀度理论认为其所占据面积较小者匀度较好, 此时用均方差则不能完全准确区分其匀度的好坏。

同样, 平均梯度也是从微观角度来计算瓷砖的灰度变化率, 只能反映瓷砖局部的匀度, 而不能反映瓷砖整体的匀度^[1]。

2 离散傅利叶变换

由以上分析可见, 只以瓷砖灰度的分散程度和变化率来判断瓷砖匀度是不够的, 在考虑瓷砖中灰度分布大小的同时还要考虑其空间分布情况。为了研究瓷砖中的灰度分布状态, 对瓷砖灰度图像进行二维离散傅利叶变换, 其形式如下^[2]:

$$F(u,v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \exp[-j2\pi(ux+vy)/N] \quad (1)$$

$$f(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) \exp[j2\pi(ux+vy)/N] \quad (2)$$

其中, $x, y=0, 1, 2, \dots, N-1, u, v=0, 1, 2, \dots, N-1, F(u,v)$ 为 $f(x,y)$ 的二维离散傅利叶变换。

由于二维离散傅利叶变换对的可分离性, 即

$$F(u,v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \exp[-j2ux\pi/N] \times \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \exp[-j2vy\pi/N] \quad (3)$$

$$f(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \exp[j2ux\pi/N] \times \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) \exp[j2vy\pi/N] \quad (4)$$

由(3)式得:

$$F(u,v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} F(x,v) \exp[-j2ux\pi/N] \quad (5)$$

$$\text{其中, } F(x,v) = N \left\{ \frac{1}{N} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \exp[-j2vy\pi/N] \right\} \quad (6)$$

可见二维离散傅利叶变换可借助于连续应用一维离散傅利叶变换分两步求得, 即先沿 $f(x,y)$ 的每一列取变换, 并将结果乘以 N 就得到了二维函数 $F(x,$

$v)$, 然后按式(5)沿着 $F(x,v)$ 的每一行取变换, 就得到了 $F(u,v)$ 。二维逆变换(2)也可同样计算。

由于一维离散傅利叶变换可以采用快速傅利叶变换(FFT)计算, 大大减少了计算量, 所以采用上述分步法计算 $F(u,v)$ 也大大减少了计算量。

3 离散傅利叶变换能量谱

得到图像的二维离散傅利叶变换后, 进一步计算其能量谱

$$E(u,v) = \sqrt{R^2(u,v) + I^2(u,v)} \quad (7)$$

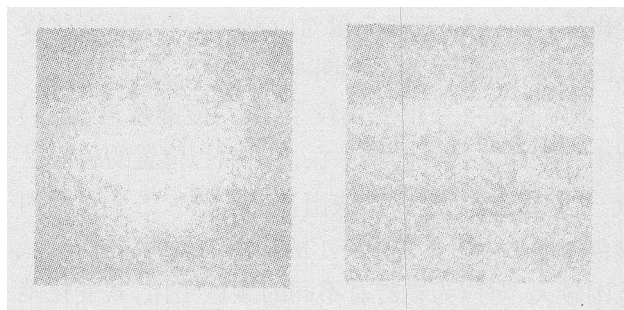


图 1 瓷砖 1

Fig.1 Tile 1

图 2 瓷砖 2

Fig.2 Tile 2

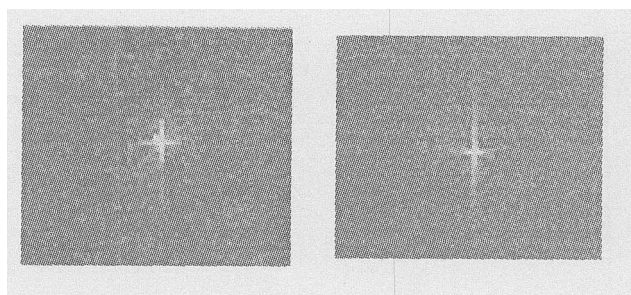


图 3 瓷砖 1

傅利叶变换能量谱

Fig.3 Tile 1 energy spectrum of Fourier transform

图 4 瓷砖 2

傅利叶变换能量频谱

Fig.3 Tile 2 energy spectrum of Fourier transform

其中, $R(u,v)$ 、 $I(u,v)$ 分别为 $F(u,v)$ 的实部和虚部。

能量谱可以用图像方式直观显示, 即用图像 $f(u,v)$ 的灰度值来对应 $E(u,v)$ 的值。

4 结果与分析

对两块颜色均匀度不一样的瓷砖 1 和 2 (见图 1 和图 2), 其对应傅利叶变换能量谱如图 3 和图 4。傅利叶变换后在频域的能量谱图(图 3 和图 4)中越亮的地方表示该点对应频率的能量越大, 其中心位置对应低频区域, 离中心越远, 对应频率越大。瓷砖 1 比瓷砖 2 的颜色均匀度差, 其低频区域(中心亮度区域为低频区域)较瓷砖 2 大, 图像中亮度越大表示对应频率的能量越大。能量谱中, 直流分量对应着图像的背景或瓷砖灰度图的平均灰度, 低频分量对应着瓷砖灰度变化平缓的分布, 高频分量对应着瓷砖中灰度变化较大的灰度分布。从图 3 和图 4 的能量谱分布可知:

(1) 瓷砖 2 灰度变化较小, 其对应能量谱(图 4)集中在低频区域, 即集中在谱图中心位置的较小区域, 且亮度值也较大, 反映出该瓷砖较大区域范围内颜色变化小。图 3 为瓷砖 1 的能量谱图, 其中心区域范围较大, 对应为瓷砖有不同的颜色变化, 其变化范围较大。

(2) 此外, 其能量谱幅值也是一个评价指标, 若对应能量谱图有相同的分布面积, 其能量幅值小则反

映其对应瓷砖颜色均匀度好。

5 结束语

从理论上讲, 如果能量谱的峰值出现在低频部分, 表明瓷砖中颜色灰度分布的面积较大, 如果峰值出现在高频部分, 表明瓷砖中灰度分布均匀性差, 大面积的灰度变化较多, 此时瓷砖均匀度较差。由此可根据其离散傅利叶变换后的能量谱图的亮度分布面积大小和幅值大小来评判瓷砖的颜色分布均匀性。从能量谱图上看, 此方法存在的不足是对均匀度定量区分不是很敏感。

参考文献

- 1 戴哲敏, 许增朴, 于德敏, 王永强. 计算机视觉在瓷砖表面颜色均匀度分析中的应用. 中国陶瓷工业, 2002.8(4)
- 2 D.H. 巴拉德 C.M. 布朗. 计算机视觉. 北京: 科学出版社, 1985
- 3 Kenneth R. Castleman. Digital Image Processing Prentice-Hall International, Inc, 1996
- 4 章毓晋. 图象处理和分析. 北京: 清华大学出版社, 1999.3
- 5 贾云得. 机器视觉. 北京: 科学出版社, 2000.4