

纹理图像分析技术在表面粗糙度测量中的应用

陈毅 蔺文刚 赵波

(甘肃交通职业技术学院 甘肃 兰州 730070)

[摘要] 本文主要目的是研究纹理图像分析技术在表面粗糙度测量的具体应用。首先来分析纹理分析的概述性内容, 其次利用图像预处理技术和神经网络技术, 对零部件表面图像纹理结构进行简单的分析, 以MATLAB软件为其设计平台, 建立表面粗糙度测量系统, 有效的实现零件表面粗糙度的精准测量, 便于相关工作人员对其进行更高精度的测量。基于此, 通过对零部件表面粗糙度参数测量结果进行对比分析, 有效的验证技术系统的可行性, 仅供相关工作人员参考。

[关键词] 纹理图像分析技术; 表面; 粗糙度; 测量; 应用

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.08.1101

在机械零部件的切削过程中, 大部分操作人员都习惯使用刀具切削或者砂轮打磨, 从而在机械零部件上出现摩擦的痕迹, 切屑分离的时候, 由于塑性变形或者加工机床振动, 就会导致零部件表面粗糙不平。机械零部件表面的粗糙度不仅影响机器的摩擦、磨损、密封、润滑、研和性等力学性能, 和导热、导电、应力、疲劳和腐蚀等物理性能、化学性能有着极大的关联性。将纹理图像分析技术有效的应用在表面粗糙度测量工作中, 改进零部件表面的质量。

一、纹理图像分析的相关概述分析

纹理是物体表面的一种特性, 因此, 图像中的区域经常表现出纹理性质。纹理是灰度在空间以一定的形式变化而产生的模式。纹理和尺度具有一定的联系, 通常都是在一定的尺度上可以观察到, 对纹理的分析要在一定的尺度上进行。纹理还具有区域性的特点, 一般被看作对局部区域中的像素之间关系的一种衡量。

纹理分析是图像分析识别领域的重要内容, 纹理图像指的是图像在很大范围内没有发生重大细节变化的图像, 在这些区域内图像显示出重复性结构, 所以图像灰度分布具有一定的周期性, 但是局部灰度变化是随机出现的, 具有一定的统计特性。纹理图像凭借自身的基本的属性, 处理过程和其他图像处理手段还存在一定的差异性, 一般的数字图像处理对象是一个或者少数的几个, 而纹理图像包括大量的目标, 而且这些目标是按照一定的规则排列的。

二、图案预处理技术

(一) 图像的旋转

相关工作人员在使用AM413ZT数码显微镜拍摄数字图片过程中, 为了可以清楚的拍摄出金属零部件的纹理, 需要旋转镜头来寻找最佳拍摄角度, 同时, 还应该考虑到图像的方向、性质对于其纹理特征的影响, 便于相关工作人员具体的分析纹理情况。为了方便开展纹理分析工作, 还应该对图像进行旋转处理, 将纹理调整到垂直方向。

(二) 图像的裁剪

因为被检测零部件是圆柱体表面, 导致影像的景深不一, 中部更加明亮、两端的光亮程度不太清楚, 所以, 相关工作人员要对旋转后的图像按照一定的尺度、比例进行有效的裁剪, 并对其进行灰度处理。

(三) 图像的同态滤波

相关工作人员要分析被检测零部件表面呈现出凸透状, 在

拍摄的过程中, 由于偏光的影响, 导致图像的照明程度呈现忽明忽暗的趋势, 图像各部分的平均亮度也产生一定的变化。通过采用同态滤波技术对图像进行预处理, 通过压缩亮度范围、增强图像的对比度、饱和度, 解决光照大小不一的问题。与此同时, 相关工作人员还应该对图像不太光亮的区域进行有效的调整, 在不损害图像亮度的时候, 有效的提高图像质量。

用 $f_i(x,y)$ 表示照明函数, $f_r(x,y)$ 表示物体的反射函数, 在光照下获得景物图像的数学模型是:

$$f(x,y) = f_i(x,y)f_r(x,y) \quad (0 \leq f_i(x,y) \leq \infty, 0 \leq f_r(x,y) \leq 1)$$

因为照明函数 $f_i(x,y)$ 在空间上的变化浮动较小, 频谱处于低频区域; 反射函数 $f_r(x,y)$ 图像的部分细节性内容, 而且纹理本身有很多的细节需要处理, 其频谱一直保持在高频区域, 因此就需要将空间域转变为不同的频域。

首先, 对公式 $f(x,y) = f_i(x,y)f_r(x,y) \quad (0 \leq f_i(x,y) \leq \infty, 0 \leq f_r(x,y) \leq 1)$ 两端取对数, 促使原来相乘的2个分量变为空间域中相加的2个分量, 也就是: $z(x,y) = \ln f(x,y) = \ln f_i(x,y) + \ln f_r(x,y)$

之后对上述公式两端分别进行傅里叶变换, 从而得出:

$$Z(m,n) = I(m,n) + R(m,n)$$

在公式中, $Z(m,n)$ 、 $I(m,n)$ 、 $R(m,n)$ 分别是 $z(x,y)$ 、 $\ln f_i(x,y)$ 、 $\ln f_r(x,y)$ 的傅里叶进行变换。再将 $Z(m,n) = I(m,n) + R(m,n)$ 两端乘以传递函数 $H(m,n)$, 建立同态滤波器, 导致低频段受到一定的压缩, 高频段也很难继续延伸。也就是: $S(m,n) = H(m,n)Z(m,n) = H(m,n)I(m,n) + H(m,n)R(m,n)$

再利用傅里叶反变换, 将上述公式变换回空间域, 从而得出:

$$s'(x,y) = f_i'(x,y) + f_r'(x,y)$$

由于傅里叶变换之前取的对数, 因此, 加大同态滤波后所得的图像函数 $g(x,y)$, 从而得出:

$$g(x,y) = \exp[s'(x,y)] = \exp[f_i'(x,y)] \exp[f_r'(x,y)]$$

也就是: $g(x,y) = i_0(x,y)\gamma_0(x,y)$

在上述公式中, $i_0(x,y)$ 和 $\gamma_0(x,y)$ 分别表示图像的照射分量和反射分量。

三、BP神经网络技术

(一) 纹理特征值的选择

表面纹理是从纹理基元按照某种确定性或者统计性规律来组合排列的。在表面图像中, 选择合适的纹理特征是检测零部件表面粗糙度的重要内容。通过纹理分析得出: 表面粗糙度轮廓的特征向量由反映纹理粗细程度的像元特征参数和反映纹理

表一 BP神经网络预测结果和轮廓测量结果对比表

测试样品	BP神经网络预测值		Surfcom 590A轮廓仪测量值		标准不确定度值	
	Ra	Rz	Ra	Rz	$u_c(R_a)$	$u_c(R_z)$
1	2.82781	13.7269	2.833	13.581	0.0154	0.0512
2	2.10198	10.9824	2.111	10.696	0.0458	0.1764

排列结构的区域特征参数共同构成。

图像灰度直方图被看作是图像灰度概率密度的预估，通过其平均值、方差、能量等特征来反映出直方图的分布情况，具体反映出纹理的细致程度。通过计算样本图像的直方图特征参数具体了解到：均值和峰值参数的数据不存在一定的单调性。因此，选择直方图的能量、方差、偏度等4项指标作为纹理像元特征参数。

灰度共生矩阵利用研究图像中随便2点间灰度的空间相关性来描述具体的纹理，从而反射出图像灰度在方向、距离、幅度变化的综合信息，将其作为纹理分析图像元排列结构的基础信息源。因为灰度共生矩阵不会直接描述零部件图像的纹理情况，因此，可以从它的能量、对比度、平均值、相关性、距离、方差、非相似情况等基本指标来反映出零部件图像表面的纹理情况。根据实验结果可以得出以下结论：相关性、对比度、平均值、非相似情况这四种单调性较差，所以在实际测量零部件表面粗糙度的时候，可以不选择这几项指标作为其基本参考。

(二) 设计BP神经网络

什么是BP神经网络？它也被称之为误差反向传播，具体来说，所谓的BP神经网络指的是一种多层的前向型神经网络。在BP神经网络中将所获得信号不断对外扩散，通过误差反向传播来实现对具有不同的不连续点的函数进行分析。

在具体开展零部件表面粗糙度测量工作过程中，相关工作人员使用3层BP神经网络，输入层设计8个输入单元，也就是以上述的8项图像特征值作为输入层，输入层设计2个输出单元，也就是以日产surfcom590A型台式电动轮廓仪测得的表面粗糙度数据和作为输出层，在经过BP神经网络设计后，从图像特征值到零部件表面粗糙度的非线性映射，同时保证二者之间具有密切的关联性。

BP神经网络的训练函数借助trainscg函数，主要是利用模型信任区间逼近的工作原理。它不必要每一次迭代中都进行线性搜索，节省相关工作人员的时间、精力。在BP神经网络隐藏层传递函数采用tansig函数；在输出层传递函数采用purelin函数；在网络性能函数采用均方误差函数mse，经过其对比分析可以得出：如果隐藏层节点数是15点，那么零部件表面粗糙度测量工作效果更为良好。

因为输入层的特征值有不同的物理意义，在数量级别上还存在一定的差距，因此，将BP神经网络有效的应用在零部件表面粗糙度测量工作中，对数据信息进行有效的处理，不断整合现有的信息资源，防止出现数值差异更大从而对零部件表面粗糙度测量结果造成的干扰。

(三) 测量结果和分析

借助BP神经网络对零部件表面粗糙度进行有效的预测分析，其检测结果和输出目标的对比情况如下表一所示：

通过上述表一中可以看出：BP神经网络预测和Surfcom 590A型电动轮廓仪的测量结果基本一致。

在采集图像的时候，因为拍摄角度、亮度、物体表面检测情况等不太相同，使得同一表面的图像在经过现代化信息技术处理后所得的纹理特征参数也会存在一定的误差。另外一方面，纹理特征参数的选择和BP神经网络训练算法还存在一定的差异性，从而也会影响零部件表面粗糙度测量结果。

对于载入测试样品的图像，在经过反反复复BP神经网络训练后，如果第i次的数值是 x_i ，通过不断对其进行测量的算术平均值是 \bar{x} ，用标准偏差估计值S计算测量的不确定度，从而得出不确定度的A类评定是：

$$u_A(x) = s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

标准不确定度B类评定是： $u_B(x) = \Delta_{\alpha}/C$

在公式中， Δ_{α} 是仪器测量不确定度的估计值，对于AM413ZT数码显微镜，取 $\Delta_{\alpha} = 0.0358$ ；C是包含因子，假如误差按照句型分布，那么 $c = \sqrt{3}$ 。

四、结语

综上所述，将纹理图像分析技术有效的应用在零部件表面粗糙度测量工作中，更好的检测机械零部件表面粗糙度的参数值。基于纹理图像分析技术，相关工作人员建立零件表面粗糙度测量系统，同时建立动态模型，有效地处理和提取图像中的纹理特征，而且线性和非线性系统还具备更好的追踪能力，有助于提高表面粗糙度测量工作的质量和效率。基于此，这一系统能够对零部件表面粗糙度进行精准的测量。

参考文献

[1] 朱祥山. 表面粗糙度测量技术与方法研究[J]. 中国设备工程, 2019, (23): 216-217.
 [2] 邵长利. 基于MATLAB图像处理的铸造表面粗糙度测量方法[J]. 铸造, 2019, 68(4): 372-377..

基金项目：2020年度甘肃交通职业技术学院科研课题“基于数字图像的机械零件加工表面粗糙度检测技术研究”（编号：2020Y-07）。

作者简介：

陈毅（1990—），男，河南洛阳人，助教，硕士，机械设计方向；

简文刚（1983—），男，甘肃漳县人，副教授，硕士，机械制造及其自动化；

赵波（1993—），男，甘肃定西人，助理工程师，本科，职业教育方向。