

基于视觉的物体表面质量客观评价方法的研究与应用

刘 富¹ 范金土² 田彦涛¹ 李寿涛¹ 孙令明¹

¹(吉林大学通信学院 长春 130025) ²(香港理工大学纺织与制衣学院 香港)

摘要 基于人的视觉对表面粗糙度的识别机理,定义了一个代表皱褶类表面的特征参数—单位面积上的不等曲率,介绍了推导过程,并用这个特征参数对服装表面接缝进行了客观评价,实验结果证明了其可行性,从而为物体的皱褶类表面的粗糙度检测提出了一种新的方法。

关键词 视觉 不等曲率 表面粗糙度 服装

Study and Application of Objective Evaluation Method of Object Appearance Quality Based on Visual Perception

Liu Fu¹ Fan Jintu² Tian Yantao¹ Li Shoutao¹ Sun Lingming¹

¹(Institute of Communication, Jilin University, Changchun 130025, China)

²(Institute of Textile and Clothing, Hongkong Polytechnique University, Hongkong)

Abstract This paper defines a characteristic parameter presented puckering surface—disparity curvature of unity area based on human being's visual perception for surface roughness, which is applied to objectively evaluate seam pucker on garment surface. Experiment results a linear relationship among the parameter and subjective grades, which means a new way is put forward to measure surface roughness.

Key words Visual perception Disparity curvature Surface roughness Garment

1 引 言

服装的表面质量的优劣是服装整体质量的最直观反映之一,而服装的整体质量的等级,与服装在市场上的档次、价位及消费者的认可程度直接相关。因此,服装表面质量的研究一直受到科研工作者的高度重视^[1~6]。

香港的范金土等^[4~7]一直从事服装表面质量的相关课题的研究。研究中考虑到服装信号的各种可能干扰,进行了表面接缝皱褶的信号提取及客观评价的研究,研究内容包括:用激光扫描系统对服装表面进行扫描,用双变量样条插值函数对信号进行表面恢复、重建及重新采样,用二维 FIR 滤波器进行了二维滤波处理,获得服装接缝皱褶的形状特征。研究结果表明,这种方法为服装表面质量的客观评价打下了坚实的基

础。

本文在上述研究的基础上^[4~7],提出了一种基于视觉对表面粗糙度识别机理的物体表面质量的特征参数提取的方法,推导了表面特征参数提取的方程,实验研究证明,这些特征参数能够有效地代表皱褶类表面,并与人的主观评价^[6]标准一致,为物体皱褶类表面粗糙度的研究提供了一种新的方法。

2 实验步骤

(1)用三维激光扫描系统(Model Maker System)对样品进行三维扫描,获得表面信号的三维坐标点的描述。

(2)用双变量样条函数恢复和重建物体表面信号,并进行重新采样,获得以等间距的可以用矩阵形式表述的表面信号。

(3)用二维快速滤波器滤除带有人体轮廓特征的低频信号和织物表面的纹路而引起的高频信号,获得了服装表面皱褶的形状信号。

(4)提取表面特性的典型特征参数(不等曲率 D_c),并进行回归分析。

3 不等曲率 D_c (Disparity Curvature) 的定义

皱褶类表面粗糙度的一个特征参数 D_c 的推导过程如下。

人在观察物体表面上两点时,双眼的空间不一致特性 (D) 定义如下 (参见图 1):

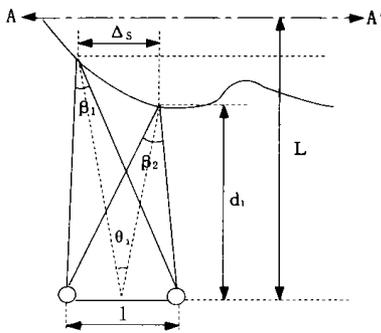


图 1 不等曲率的定义

$$D = \beta_i - \beta_{i+1} \quad (1)$$

由于双眼间的距离 (瞳距, l) 远小于人在正常情况下观察物体时观察者与物体之间的距离 (d), 则 β_i 与 β_{i+1} 为:

$$\begin{aligned} \beta_i &= \frac{1}{d} = \frac{1}{L - z} \\ \beta_{i+1} &= \frac{1}{d_{i+1}} = \frac{1}{L - z_1} \end{aligned} \quad (2)$$

这里 L 为观察者与沿物体表面高度轴 Z 上的零平面的距离, z 和 z_1 为被观察表面上两点的高度坐标值。

则不一致梯度 (Dg) 定义如下:

$$\begin{aligned} Dg &= D \theta_i = (\beta_i - \beta_{i+1}) \theta_i \\ &= \left(\frac{1}{L - z} - \frac{1}{L - z_1} \right) \left(\frac{\Delta_s}{L - z} \right) \\ &= \frac{(L - z_1) - (L - z)}{(L - z)(L - z_1)} \cdot \frac{L - z}{\Delta_s} \cdot l \\ &= \frac{z_1 - z}{L - z_1} \cdot \frac{1}{\Delta_s} \end{aligned} \quad (3)$$

其中, 视角 θ_i 为:

$$\theta_i = \frac{\Delta_s}{d} = \frac{\Delta_s}{L - z} \quad (4)$$

Δ_s 为沿着 X 轴和 Y 轴的采样间隔 (这里假设二者相同), 则表面信号的不等曲率 (D_c) 定义为:

$$\begin{aligned} D_c &= (Dg_i - Dg_{i+1}) \theta_i \\ &= \left(\frac{z_1 - z}{L - z_1} \cdot \frac{1}{\Delta_s} - \frac{z_2 - z_1}{L - z_2} \cdot \frac{1}{\Delta_s} \right) \cdot \frac{L - z}{\Delta_s} \\ &= \left(\frac{z_1 - z}{L - z_1} - \frac{z_2 - z_1}{L - z_2} \right) \cdot (L - z) \cdot \frac{1}{\Delta_s^2} \end{aligned} \quad (5)$$

由于一般满足 $L \gg z, L \gg z_1, L \gg z_2$, 可以得到:

$$D_c = ((z_1 - z) - (z_2 - z_1)) \cdot \frac{1}{\Delta_s^2} \quad (6)$$

由于一个人的瞳距为常量, 而且不影响后续数据处理的结果, 因此, 我们这里不考虑 l 的影响。

本实验中, 扫描得到的为三维坐标值, 而且采样间隔 $\Delta_s = 1$, 因此我们定义表面上单位面积的不等曲率 D_c 为:

$$\begin{aligned} D_c &= \frac{1}{(I - 1)(J - 3)} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J-2} |D_c(i, j)| \\ &= \frac{1}{(I - 1)(J - 3)} \times \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J-2} |((z(i, j+1) - z(i, j)) - ((z(i, j+2) - z(i, j+1)))| \end{aligned} \quad (7)$$

其中 I 和 J 分别为沿 X 轴和 Y 轴方向采样的总点数。

4 实验结果与讨论

本研究中, 准备了 25 个服装样品, 并将样品进行了主观评价, 并证明了主观评价的有效性^[6]。将以上定义的单位面积上的不等曲率应用到这 25 个服装样品中, 将得到的特征参数值 (取对数, 即 $\log(D_c)$) 与客观评价的等级进行了线性回归分析, 结果示于图 2。由分析结果可以看出, $\log(D_c)$ 与主观评价等级之间具有线性关系, 表明单位面积的不等曲率可以用来作为客观评价表面皱褶等级的一个参数, 从而为皱褶类物体表面的客观评价提供了一个新的方法。

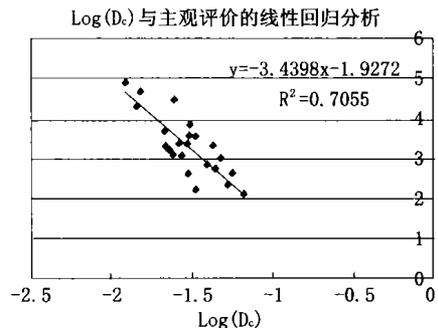


图 2 线性回归分析结果

5 结 论

本文以客观评价服装的表面质量为目标,基于人的视觉对表面粗糙度识别机理,定义了一个代表褶皱类表面的特征参数—不等曲率,并通过实验验证了其实用性。这种方法可以应用到其他客观评价褶皱类物体的表面质量的客观评价中,为自动化生产中的表面质量检测及自动控制打下了坚实的基础。

参考文献

- 1 Inui Shigeru and Shibuya Atsuo. Objective evaluation of seam pucker. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1992, 4(5): 24~ 33.
- 2 Stylios G. and Parsons Moore R. p. Seam pucker prediction using neural computing. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1993, 5(1): 24~ 27.

- 3 Chang Kyu Park and Dae Hoon Lee. A new evaluation of seam pucker and its application. *International Journal of Clothing Science Technology*, 1997, 9(3): 252~ 255.
- 4 Fan J. MacAlpine J. M. K. and Lu D. The use of a 2-D digital filter in the objective evaluation of seam pucker as 3-D surface. *The Journal of the Textile Institute*, 1999, 90: 445~ 455.
- 5 Fan J., Liu Fu. Objective evaluation of garment seams using 3D laser scanning technology. *Textile research journal*, 2000, 70(11), 1025~ 1030.
- 6 Fan J., Liu Fu. Development of objective evaluation method for garment seams. The 6th Asian Textile Conference, Aug. 2001, Hong Kong.
- 7 刘富,范金土,田彦涛,戴逸松.用激光扫描系统测量服装接缝的褶皱信号. *光电工程*, 2000, 27(4): 21~ 24.
- 8 Lederman S.J. Taylor M.M. Fingertip force. Surface geometry and the perception of roughness by active touch. *Percept Psychophysics*, 1972, (12): 401~ 404.

(上接第 205 页)

以下是用于变形修正的计算公式:

$$x' = X'_i + (x - X_i) \frac{X'_{i+1} - X'_i}{X_{i+1} - X_i}, \quad X_i < x \leq X_{i+1} \quad (2)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 7$

公式中 x 表示虚线上点的横坐标,作为变形修正的基准坐标。 x' 表示实线上点的横坐标,作为修正后的浮动坐标。 X_i 与 X'_i ($i = 1, 7$) 分别为虚线与实线表示的轮廓线上需要检测膨胀量部分的起始点和终点的横坐标,必需在进行修正计算前确定。 X_i 与 X'_i ($i = 2, 3, \dots, 6$) 分别为虚线与实线表示的轮廓线上峰点或谷点的横坐标,也必需在进行修正计算前求得。

这样膨胀量的计算公式为:

$$\Delta y = y'(x') - y(x) \quad (3)$$

其中 x' 是 x 的函数,由公式 (2) 求得。

4 结束语

本文所介绍的精确提取目标边缘特性曲线的方法

以及多次测量取平均的方法,再加上采用 x 坐标分段浮动处理方法进行变形修正,都在一定程度上提高了系统的测量精度。实际使用情况表明,使用以上方法能够较精确地测得目标边缘的曲线参数,而且实现了实时检测。

采用本文所提出的方法可以将目标边缘定位在像素级。对于精度要求更高的系统,可以在本文所提取的像素级边缘的基础上,采用插值法、最小二乘法、切比雪夫拟合法、空间灰度矩法等亚像素细分的方法进行细分,获得边缘的亚像素位置。

参考文献

- 1 Kenneth R. Castleman. 数字图像处理 (影印版). 北京: 清华大学出版社, 1998
- 2 何斌,马天予,王运坚,朱红莲. *Visual C++ 数字图像处理*. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- 3 王建民,浦昭邦,刘国栋. 提高图像测量系统精度的细分算法的研究. *光学、精密工程*, 1998, 6(4): 44~ 50.