

Sobel 算子在衣物纹理类型检测中的应用研究

廖文军¹, 孙知信^{1,2}

(1. 南京邮电大学 宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室, 江苏 南京 210003;

2. 南京大学 计算机软件新技术国家重点实验室, 江苏 南京 210093)

摘 要:衣物纹理是指衣物表面的纹络现象。在越来越发达的智能图像处理过程中, 针对衣物纹理的检测也变得愈发平常, 人们期望能够使用计算机自动识别衣物表面的纹理类型, 如横竖条纹、方格及碎花等, 从而进行基于纹理类型的相应操作。文中提出了一种利用 Sobel 算子进行梯度方向统计来实现衣物纹理类型检测的方法, 其中对各纹理类型的判定依据来源于实验分析过程, 经测试表明, 该方法及相应判定依据能够有效地检测出衣物常见的纹理类型。

关键词: Sobel; 衣物纹理; 纹理检测

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)02-0072-04

Research on Application of Sobel Operator for Clothing Texture Type Detection

LIAO Wen-jun¹, SUN Zhi-xin^{1,2}

(1. Ministry of Education Key Laboratory of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Clothing texture is the phenomenon of surface veins. It is more and more common for the detection of significant texture of clothing in the developed intelligent image processing. People also expects to use the computer automatically identify the surface texture of clothing types, such as stripes, squares, floral and so on, and thus for the corresponding operation based on texture types. It provides an implementation using Sobel operators for gradient direction statistics to detect the clothing texture types, which are based on experimental analysis process. The experiment proved that this method can effectively detect common types of clothing and textures.

Key words: Sobel; clothing textures; textures detection

0 引言

在现代大型电子商务交易过程中, 服饰类商品占有很大的比重, 而人们在进行产品的特征描述时, 衣物的纹理类型往往是重要的特性之一。传统意义上, 人们需要手工添加对衣物商品的纹理描述, 如 T 恤是竖条纹的, 衬衫是方格的, 而连衣裙却是碎花的等等。但是随着电子商务的普及, 海量的商品图像需要人工处理, 显然这是一项工作量巨大的任务, 人们期望能够实现使用计算机进行智能纹理类型检测。

关于各类物体表面的纹理类型检测, 已经有几种解决方法, 如将基于粒子群模糊聚类算法的边缘检测

方法和 Gabor 小波变换相结合来进行皮肤纹理检测的方法^[1], 基于多级检测的军装图片识别方法^[2], 改进的模糊 C 聚类均值 (FCM) 算法的旋切单板表面缺陷检测方法^[3], 基于特征加权的自然纹理 FCM 聚类分割算法^[4], 以及基于灰度共生矩阵的肤色纹理检测技术^[5]等; 可以看出, 目前对人体皮肤的纹理检测较为成熟, 但还没有合适和成熟的方法实现对人体穿着衣物的纹理类型进行检测。文中提出了一种基于 Sobel 算子梯度方向统计的方法实现对衣物纹理类型的有效检测, 且该算法有着较为简单的复杂度, 适合于对海量图像数据的快速处理。

1 基础理论

1.1 Sobel 算子

Sobel 算子是智能图像处理中运用于边缘检测的一种算子, 和其他几种经典的边缘检测算子 (如 Roberts 算子、Laplacian 算子及 Canny 算子等) 相比, Sobel

收稿日期: 2011-07-15; 修回日期: 2011-10-21

基金项目: 国家自然科学基金 (60973140); 江苏省自然科学基金 (BK2009425); 江苏省青蓝工程; 江苏省六大人才高峰项目

作者简介: 廖文军 (1987-), 男, 安徽泾县人, 硕士研究生, 研究方向为计算机软件技术及其在通信中的应用; 孙知信, 博士, 博士生导师, 教授, 研究方向为计算机网络与安全、多媒体通信、软件工程。

算子具有方法简单、处理速度快、所得边缘光滑连续等特点^[6]。

Sobel算子是一种梯度算子,一幅数字图像的一阶导数是基于各种二维梯度的近似值的^[7]。假设一幅数字图像可以表示为坐标点的函数,即可用 $f(x,y)$ 的形式表示,则图像 $f(x,y)$ 在 (x,y) 像素点处的梯度用下面的向量表示^[8]:

$$\nabla f = [G_x, G_y] = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right] \quad (1)$$

根据向量的知识,可以看出 ∇f 指向的方向坐标 (x,y) 像素点处 $f(x,y)$ 的最大变化率方向。若设 $G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ 则利用梯度进行边缘检测的方法就是设定门限值 λ ,当 $G > \lambda$ 时,则 (x,y) 为边缘像素点。

1.2 图像分割

图像分割就是把图像分成若干个特定的、具有独特性质的区域并提出感兴趣目标的技术和过程^[9]。文中所指的图像分割就是在图像区域中将人体衣物区域从背景图像中区分出来,并形成图像区域内的前景矩阵,用来表征各像素点是属于前景还是背景,且只对前景区域做梯度计算及统计,以缩小纹理检测的有效检测范围,提高检测效率及准确率。文中采用OpenCV中提供的图像分割方法GrabCut,该算法利用图像中的纹理(颜色)信息和边界(反差)信息,只要少量的用户交互操作即可得到比较好的分割结果^[10]。

2 基于Sobel算子的纹理类型检测方法

通常情况下针对每个像素点都进行 G_x 及 G_y 的计算非常的困难,一般在进行计算机实现的时候都采用

它的近似计算公式。针对形如 $A = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ A_4 & A_0 & A_5 \\ A_6 & A_7 & A_8 \end{bmatrix}$ 的、

以 A_0 像素点为中心的 3×3 的矩阵像素块而言,一种近似的梯度计算公式可以表达如下:

$$\begin{aligned} G_x &= (A_3 + 2A_5 + A_8) - (A_1 + 2A_4 + A_6) \\ G_y &= (A_6 + 2A_7 + A_8) - (A_1 + 2A_2 + A_3) \end{aligned} \quad (2)$$

使用 3×3 的模板矩阵表示该算子就是Sobel算子,该模板矩阵即为^[11]:

$$A_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, A_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

像素点 A_0 处的梯度方向 θ 则可表示为^[12]:

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (3)$$

如果 A_0 处的梯度方向的计算结果为0,则表明该像素点附近拥有纵向的边缘,或者说该像素点周边有

左右方向上的颜色跳变;而若 A_0 处的梯度方向的计算结果为 $\pi/4$,则表面该像素点附近拥有 45° 方向的边缘,或者说该像素点周边有沿 45° 方向上的颜色跳变。

下面以一个具体的 3×3 的像素块作为示例阐述Sobel算子在梯度方向计算过程中的应用。假设 3×3

的像素块矩阵为 $A = \begin{bmatrix} 20 & 35 & 50 \\ 35 & 50 & 75 \\ 50 & 75 & 100 \end{bmatrix}$,对应的实际物理灰度图像如图1所示。

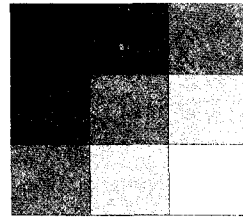


图1 像素块矩阵物理图像示例

分别计算出其 G_y, G_x 为:

$$G_y = A * A_y = [20 \times (-1) + 35 \times (-2) + 50 \times (-1)] + (50 \times 1 + 75 \times 2 + 100 \times 1) = 160$$

$$G_x = A * A_x = [20 \times (-1) + 35 \times (-2) + 50 \times (-1)] + (50 \times 1 + 75 \times 2 + 100 \times 1) = 160$$

则 $\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) = \arctan\frac{160}{160} = \pi/4$,说明该像素点处的梯度方向为 45° 。

在计算梯度方向 θ 的过程中,由于反三角函数 \arctan 中分式的特殊性,有几个特殊的情况必须要单独讨论。在文中 $Z = \frac{G_y}{G_x}$ 。

1) $G_y = 0, G_x > 0$: 则 $Z = 0^+$, 则 $\theta = \arctan(Z) = 0$, 则该像素点处有水平向右的梯度方向;

2) $G_y = 0, G_x < 0$: 则 $Z = 0^-$, 则 $\theta = \arctan(Z) = \pi$, 则该像素点处有水平向左的梯度方向;

3) $G_y > 0, G_x = 0$: 则 $Z = +\infty$, 则 $\theta = \arctan(Z) = \pi/2$, 则该像素点处有竖直向下的梯度方向;

4) $G_y < 0, G_x = 0$: 则 $Z = -\infty$, 则 $\theta = \arctan(Z) = 3\pi/2$, 则该像素点处有竖直向上的梯度方向;

5) $G_y = 0, G_x = 0$: $\frac{0}{0}$ 型可认为该像素点没有梯度

方向,综合考虑物 G_y, G_x 的物理意义,可认为 A_0 像素点同其周围的八个像素点具有相同的灰度值,即该 3×3 的像素块为纯色像素块。

除上述五种特殊情况外的普通梯度方向都可正常运算和判断。根据上述梯度方向的计算结果,我们就可以通过统计学实验方法统计所有像素点的梯度方向集中的范围区域,并根据实验结果设定各纹理类型相应的判定依据,从而进行衣物纹理类型的判断。

3 实验分析及结果

3.1 各类型判定依据分析

根据第二章中所述梯度方向计算方法,选用一定数量的、各纹理类型的图像进行实验,以获取各纹理类型具体的判别依据,下面将以部分实验图像及实验结果为例,说明各纹理类型判别的依据,其中的实验图像是经过人脸识别定位、图像前景分割及灰度化后所得的结果。

1) 横条纹类型判定。

针对如图 2 左所示的横条纹类型,进行像素点的梯度方向计算及统计,其结果如图 2 右所示。

从实验结果中可以看出,针对横条纹类型的纹理图像,梯度方向在 90° 及 270° 左右的像素点占像素点总数的 51.84%, 90° 和 270° 方向上的像素点数比例趋于 1:1,而其他梯度方向上的像素点数分布较小,累计和也未超过像素点总数的 50%。因此可以将像素点的梯度方向在 90° 和 270° 两个方向上的近等比例大量积聚作为横条纹纹理类型判定的依据。

2) 方格类型判定。

针对如图 3 左所示的方格类型,进行像素点的梯度方向计算及统计,其结果如图 3 右所示。

从实验结果中可以看出,针对方格类型的纹理图像,梯度方向在 0° 、 90° 、 180° 和 270° 左右的像素点占像素点总数的 64.56%,且 0° 、 90° 、 180° 和 270° 四个方向上的像素点数比例趋近于等比例,而其他梯度方向上的像素点数分布较小,累计和也未超过像素点总数的 50%。因此可以将像素点的梯度方向在 0° 、 90° 、 180° 及 270° 四个方向上的近等比例大量积聚作为方格类型判定的依据。

此外,依据实验结果分析,针对竖条纹的纹理图像,梯度方向在 0° 和 180° 左右的像素点占像素点总数的 60.64%, 0° 和 180° 方向上的像素点数比例趋于 1:1,而其他梯度方向上的像素点数分布较小,累计和也未超过像素点总数的 50%,因此可以将像素点的梯度方向在 0° 和 180° 两个方向上的近等比例大量积聚作为竖条纹纹理类型判定的依据;针对碎花类型的纹理图像,梯度方向在各角度区间内像素点数目趋于平均,像素点数最大的梯度方向区间占总数的 15% 左右,像素点数最小的梯度方向区间占总数的 8.8% 左右,像素点数最大和最小的梯度方向上的像素点数之差也保持在占总数的 6% 左右,因此可以将像素点的梯度方向在各方向区间上的近均匀分布作为碎花类型判定的依据;针对纯色类型的纹理图像,有梯度方向的像素点其梯度方向在各角度区间内的分布较为均匀,且有梯度方向的像素点数占像素点总数的百分比小于 40%,而具体到各角度区间时,一定角度区间内像素点数占像素点总数的百分比最大为 10.2%,最小为 1.93%,因此可以将像素点的梯度方向在各方向区间上少而均匀的分布,以及无梯度方向像素点的大量积聚作为纯色类型判定的依据。

3.2 各类型判定实验结果

依据 3.1 中得出的各类型判定依据,选用不同分辨率、不同纹理类型及不同背景环境下的人体衣物照片 200 张,依序进行人脸识别定位、图像分割、灰度化、梯度计算及方向统计,最终实现对纹理类型的检测,其检测结果如表 1 所示。

通过表 1 的实验结果可以看出,采用基于 Sobel 算子的梯度方向统计方法对常见衣物纹理类型进行检测

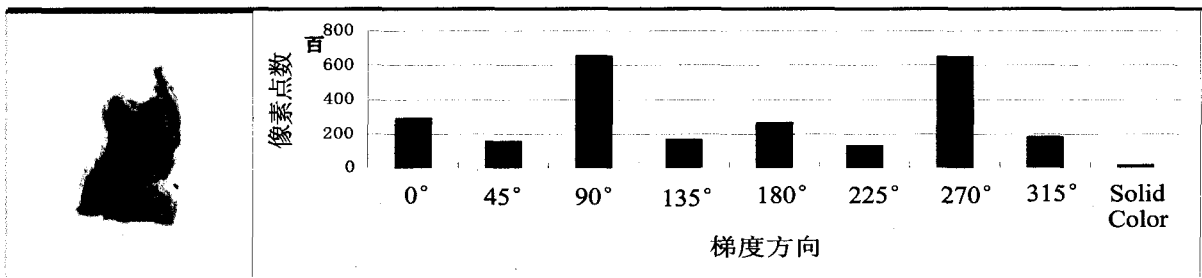


图 2 横条纹类型实验分析

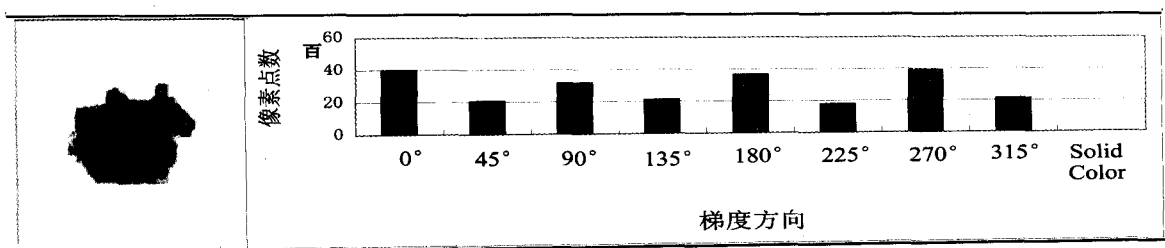


图 3 方格类型实验分析

有较理想的正确率和召回率。

表1 各类型判定实验结果

| | 待测图像数 | 分割正确数 | 检测正确数 | 检测错误数 | 检测正确率 | 召回率 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 横条纹纹理 | 50 | 48 | 46 | 2 | 95.8% | 92.0% |
| 竖条纹纹理 | 50 | 47 | 46 | 1 | 97.9% | 92.0% |
| 方格纹理 | 40 | 35 | 32 | 3 | 91.4% | 80.0% |
| 碎花纹理 | 30 | 29 | 27 | 2 | 93.1% | 90.0% |
| 纯色 | 30 | 27 | 26 | 1 | 96.3% | 86.7% |
| 合计 | 200 | 186 | 177 | 9 | 95.2% | 88.5% |

4 结束语

针对人体衣物纹理类型的检测过程,提出应用Sobel算子计算待检测区域内各像素点的梯度方向,并利用统计学分析方法实验得出具体纹理类型的梯度方向分布规律,以获得相应类型的判定依据,进而实施对常见衣物纹理类型(包括横、竖条纹,方格,碎花及纯色)的判断。但是,对于有严重褶皱现象的人体衣物,还不能有效排除褶皱带来的梯度计算错误的影响,这也是下一步需要研究的内容。

参考文献:

- [1] 陈立伟,王颖芳. 皮肤纹理检测技术[J]. 应用科技, 2010, 37(7):48-51.
- [2] 孔锐,胡谷雨,王琼,等. 一种基于多级检测的军装图片识别算法研究[J]. 计算机与数字工程, 2010, 38(11): 152-155.
- [3] 梁萍,程伟. 基于模糊C均值聚类的旋切单板表面纹理检测[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(11):79-82.

(上接第71页)

信号,信号的接收延迟在2ms以内,信号的丢包现象有,但是从长时间的测试来看,丢包概率很小,完全可以达到10ms精度。

4 结束语

服务器时间同步研究与试验研究结果表明PTP(精密时间同步)软硬结合的技术,通过使用高精度授时源和IRIG B码时间传输规范,能够提供亚微秒级的对时精度,有效提高服务器时间同步精度。文中提出的服务器高精度时间同步技术的方法已应用到专业系统中,为精确估计系统可靠性以及系统方案论证提供了理论和方法上的依据。

参考文献:

- [1] Shan Z, Lin C, Marinescu D C, et al. Modeling and performance analysis of QoS2aware load balancing of Web server clusters[J]. Computer Network, 2002, 40(2):235-256.
- [2] Guo C C, Yan P L. A dynamic loadbalancing algorithm for heterogeneous Web server cluster[J]. Chinese Journal of

- [3] 王燕山,李运华,刘恩朋,等. 以太网时间同步技术的研究进展及其应用[J]. 测控技术, 2007, 26(4):4-6.
- [4] 曾碧卿,陈志刚. 服务器集群系统研究[J]. 计算机应用研究, 2004(3):186-187.
- [5] Culler D E, Singh J P, Gupta A. Parallel computer architecture: a hardware/software approach[M]. 北京:机械工业出版社, 1999:350-649.
- [6] 王晋鹏,潘龙法,李降龙. LVS集群中的动态反馈调度算法[J]. 计算机工程, 2005(19):50-52.
- [7] 杨蕾,胡永辉,翟慧生. 基于CPLD的数字移相分频钟[J]. 时间频率学报, 2004, 27(1):1-7.
- [8] 王燕山,李运华,刘恩朋,等. 以太网时间同步技术的研究进展及其应用[J]. 测控技术, 2007, 26(4):4-6.
- [9] 董甲东,郑春香. 分布式系统的时间同步容错机制研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(3):99-101.
- [10] 曹会华,贺占庄. 基于有限状态机实现全双工可编程UART[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(2):53-55.
- [11] 王若莹,李梁,张润洲,等. 一种移动数据同步算法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(12):36-39.
- [12] 曾兴胜,黄东. GPON中业务数据的同步机制设计[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2):33-36.

- [4] 朱映辉,江玉珍,欧阳春娟. 基于特征加权的自然纹理FCM聚类分割算法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(1):108-110.
- [5] 郭航,霍宏涛. 灰度共生矩阵在皮肤纹理检测中的应用研究[J]. 中国图像图形学报, 2010, 15(7):1074-1078.
- [6] 张淑丽,张晔,何鹏,等. 图像处理中一种改进的边缘检测技术的研究与实现[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2006, 27(8):968-969.
- [7] Gao Wenshuo, Zhang Xiaoguang, Yang Lei, et al. An improved Sobel edge detection[C]//2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT). [s. l.]:[s. n.], 2010:67-71.
- [8] 沈峰亭,魏红. 基于改进Sobel算子的螺纹边缘检测[J]. 微计算机信息, 2008, 1(1):261-262.
- [9] 黄长专,王彪,杨忠. 图像分割方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(6):76-79.
- [10] Rother C, Kolmogorov V, Blake A. "GrabCut" - Interactive Foreground Extraction Using Iterated Graph Cuts[J]. ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH, 2004, 23(3):309-314.
- [11] Kazakova N, Margala M, Durdle N G. Sobel edge detection processor for a real-time volume rendering system[C]//Proc of 2004 International Conference on Circuits and Systems. [s. l.]:[s. n.], 2004:913-916.
- [12] 秦钟. 基于梯度方向恒定性的运动车辆阴影检测[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2008(10):43-46.