

基于变分水平集的服饰图案轮廓提取

刘其思¹, 徐平华^{*1,2}, 周佳¹, 宗雅倩¹, 桑振聪¹

(1. 南通大学 纺织服装学院, 江苏 南通 226019; 2. 南通大学 杏林学院, 江苏 南通 226019)

摘要:图案复原、图形图案再设计中,人工提取服饰图案轮廓效率和精度较低。利用图像处理技术,在图像滤波基础上,对服饰图案的轮廓进行快速提取。首先采用总变差模型对原始图案底纹进行自动消隐,然后利用变分水平集算法对图案轮廓进行边缘检测和分割,并与目前常用的图像边缘检测方法进行对比。实验结果表明,基于变分水平集算法的图像分割有效地提取出服饰图案边缘轮廓信息,相比较传统的分割方法更为准确有效。

关键词:服饰图案;水平集;总变差;边缘检测

中图分类号:TS 941.26 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2016)05-0482-05

Contour Extraction of Costume Pattern Based on Variational Level Set Method

LIU Qisi¹, XU Pinghua^{*1,2}, ZHOU Jia¹, ZONG Yaqian¹, SANG Zhencong¹

(1. School of Textile and Clothing, Nantong University, Nantong 226019, China; 2 Xinglin College, Nantong University, Nantong 226019, China)

Abstract: Manual extraction of costume patterns presents inefficiency and low precision during pattern restoration and redesigning. In this paper, the pattern contour was extracted using image processing technology. Concretely, the original image was filtered using total variation model algorithm to eliminate image noise. The variation level set algorithm was then utilized to detect the garment contour. Besides, the traditional methods of image edge detection were compared in this experiment. Results showed that the traditional segmentation method was difficult to meet the requirements of complex segmentation. However, the image segmentation based on the variation level set algorithm is simple and easy to operate. Meanwhile it is accurate and stable.

Key words: costume pattern, variational level set, total variation, edge detection

在绣花、印花等工艺中,对服饰图案纹理的提取主要采用人工的方式进行分割,消耗了大量的时间和人力,增加了企业的生产成本。近年来,由于图像采集设备如手机、数码相机等普及以及互联网的迅猛发展,海量的图像信息成为服饰设计中重要的素材来源,从中快速提取具有设计价值的图形图案成为设计取材的重要途径^[1]。

为了提高服饰图案的提取效率,节约劳动力,亟需对服饰图案的自动提取进行研究。在计算机图像处理视觉领域中,图像的提取研究近年来受到较

多关注^[2-4]。将一幅图像中具有实际生产价值的图案提取出来,再进行更深一步分解和处理,对绣花、印花、快时尚的设计具有重要意义。图像纹理提取算法较多,如何从中优选出有效的算法应用于当前服饰纹理的提取成为文中研究的重点。

图像分割是图像分析中基本而重要的问题之一。所谓图像分割,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。虽然在图像分割算法研究方面,已经涌现出诸多典型算法,如基于像素分类的阈值法、基于边

收稿日期:2016-06-06; 修订日期:2016-10-08。

基金项目:南通大学自然科学类科研基金项目(13180036);江苏省大学生实践创新训练项目(201610304051Z);南通大学纺织服装学院教改课题项目(FZFZ201402);南通大学“挑战杯”全国课外学术科技作品竞赛项目。

作者简介:刘其思(1996—),女,本科生。

***通信作者:**徐平华(1984—),男,讲师,博士。主要研究方向为纺织品服装数字化检测。Email:xph@ntu.edu.cn

缘检测的算子法、基于区域分割的区域生长法、分裂合并法等,但由于图像采集条件和图像本身都具有复杂性,目前图像分割算法在对于服饰图案轮廓的提取都不能获得良好效果。文中提出基于变分水平集算法对服饰图案进行分割,变分水平集算法在图像分割中应用是基于图像的性质和亮度变化,其不要求图像对比度大,且实验结果准确,运算速度快,是图像分割中的优秀算法,能够对服饰图案进行良好分割。

原始图像自身存在一定的纹理,会干扰服饰图案的边缘提取,文中利用总变差模型对原始图像进行滤波,在此基础上利用变分水平集算法对服饰图案的边缘进行提取,并与常见的边缘检测算法进行比较分析。

1 常见边缘检测算法

服饰图案的轮廓提取属于图案边缘提取问题,根据图像亮度信息对具有显著变化的位置进行提取和标识,保留了图像的重要结构信息。边缘检测方法主要是利用物体和背景在某种图像特性上的差异来实现的。常见的边缘检测算法包括基于微分的边缘检测^[5]、基于区域的边缘检测^[6]等。以下是对常见的边缘检测算法原理的描述。

1.1 一阶导数算子

Sobel 算子包含 2 组 3 × 3 的矩阵,分别为横向及纵向模板,将之与图像作平面卷积,分别得出横向及纵向的亮度差分近似值^[7]。

梯度大小采用公式(1)求得:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \tag{1}$$

梯度方向为

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \tag{2}$$

Sobel 算子是典型的基于一阶导数的边缘检测算子,由于该算子中引入类似局部平均的运算,因此对噪声具有平滑作用,能很好地消除噪声影响^[8]。与此类似的 Prewitt,使用 2 个有向算子,每一个逼近一个偏导数,2 个方向的偏导矩阵,分别用水平算子和垂直算子对图像进行卷积,得到的是 2 个矩阵,通过阈值处理得到边缘图像。Sobel 存在检出边缘较多问题,且边缘灰度值过度比较尖锐,使得在对服饰图案分割处理上,出现过分割现象,不能取得良好效果。

1.2 二阶导数算子

二阶微分算子较为典型的算法为 Laplacian of the Gaussian (LoG)^[9],其利用图像强度二阶导数的

零交叉点求边缘点。图像中灰度值缓变形成的边缘,经过微分算子峰值两侧的符号相反,其极值点对应二阶微分中的过零点。

该算法将高斯滤波器和拉普拉斯零交叉算子结合形成 LoG 算子。LoG 算子实现的方式有 2 种:一种是图像先与高斯滤波器进行卷积,再求卷积的拉普拉斯变换;另一种是先求高斯滤波器的拉普拉斯变换,再求与图像的卷积。边缘检测分割方法适用于边缘灰度值过渡明显,噪声相比较小的图像分割。对于图像边缘相对复杂以及噪声较强的图像而言,要面临抗噪性和检测精度的矛盾。如果提升检测精度,那么图像噪声将会形成伪边缘促成不恰当的轮廓外形;如果提升图片的抗噪性,那么就会产生轮廓漏检和位置误差。因此,在阈值选择上存在一定困难。

1.3 基于区域的分割方法

在区域分割方法中,串行区域分割方法可以分为两类,一类为分裂合并,另一类则为区域生长。

区域生长的主要原理是把图像中属性相似的像素汇集在一起使之组成一个区域。先在需要分割的某个区域中找出一个种子像素当做它的生长起点,而后再将种子像素和周围邻域中与种子像素属性类似的像素归并到种子像素所在的区域中。将这些新的像素作为新种子延续以上流程,直至没有能满足前提的像素可以被囊括进来。通过这样的方式,即得到一个生长成的区域。区域生长需要利用人工交互获取种子点,并且对图像噪声较为敏锐,容易造成图像的过度分割。

综上所述,在对服饰图案分割算法中,上述算法线条不够清晰,断枝明显,纹理连贯性不强,难以满足分割需要,亟需一种新型算法对服饰图案进行较完美分割。

2 服饰图像消隐及变分水平集分割

2.1 服饰图案轮廓提取算法流程

文中对服饰图案轮廓的提取采用图像消隐处理和变分水平集分割,解决当前服饰图案自动分割中纹理模糊、断枝明显、连贯性差等缺陷。算法流程如图 1 所示。

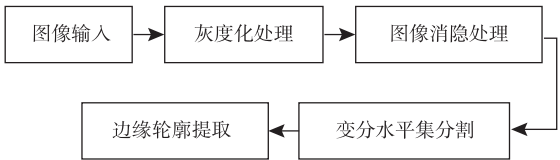


图 1 算法流程

Fig. 1 Algorithm flow chart of texture segmentation

算法流程由 5 个部分组成,分别为:(1) 图像输入,图像的获取可以由相机采集或网络图像检索获得;(2) 图像灰度化处理;(3) 图像消隐,即对图像进行滤波,剔除背景纹理;(4) 基于变分水平集的图像分割;(5) 最后对纹理进行提取和输出。

2.2 背景纹理消隐

对于服饰图案,因其自身材质不同,表现为图像的固有纹理。客户来样的表面纹样是再设计的重要“信息”,而载体的纹理作为一类“噪声”,需要将其消隐,实现信噪分离。因此,在对服饰图案的预处理中,利用总变差模型对图像进行纹理消隐,使得图像具有更为清晰的视觉效果。

一幅被污染的图像可以分解为图像 U 和加性随机噪声 W ,其中加性随机噪声为具有零均值,方差为 σ^2 的高斯白噪声,且含有噪声的图像比无噪声图像的全变分明显加大,最小化全变分可以消除噪声^[10]。

图像 U 的全变分定义为梯度幅值的积分形式为

$$TV(u) = \iint_{\Omega} |\nabla u| \, d\Omega \quad (3)$$

式中, $|\nabla u|$ 为梯度绝对值,因此将图像的去噪问题转变为总变差(Total variation) $TV(u)$ 最小值的任务。约束项包括两类:

$$\begin{cases} \iint_{\Omega} U \, d\Omega = \iint_{\Omega} W \, d\Omega \\ \frac{1}{|\Omega|} \iint_{\Omega} (U - W)^2 \, d\Omega = \sigma^2 \end{cases} \quad (4)$$

因此,约束项的选取尤为关键。

$$TV(u) = \int_{\Omega} \nabla u \, dx \, dy = \int_{\Omega} \sqrt{(\nabla_x u)^2 + (\nabla_y u)^2} \, dx \, dy \quad (5)$$

其中, $\nabla_x u$, $\nabla_y u$ 分别为图像 u 在 x 和 y 方向的梯度; Ω 为图像 u 的定义域, $|\Omega|$ 为定义域面积。因此,将图像滤波问题转化成限制总变差的值。

以皮革面料印花图像为例,利用该函数消隐后,得出主干信息(见图 2)。图 2(a) 图像为组织结构和纹样的混杂效果,纹样印花部分融入了组织结构纹理,经过算法消隐后,如图 1 右侧图像所示,能够完全消除掉材质纹理的干扰,获得较为清晰的彩色纹样图。

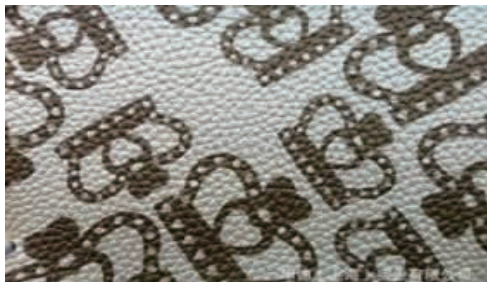
2.3 基于变分水平集算法对服饰图案的分割

实际操作中,很多图像边缘都不是理想的边缘(即由梯度定义的边缘),如果图像边缘比较模糊,无法定义,则基于阈值的图像分割等方法都无法取

得良好的分割效果。为了解决这一问题,Chan 和 Vese 提出了一种基于 Mumford-Shah 模型的区域最优划分图像分割模型^[11],此模型中,能量函数构造为

$$F(c_1, c_2, c) = \mu \text{Length}(c) + \lambda_1 \iint_{\text{inside}(c)} |I(x, y) - c_1|^2 \, d\Omega + \lambda_2 \iint_{\text{outside}(c)} |I(x, y) - c_2|^2 \, d\Omega \quad (6)$$

式中: $I(x, y)$ 为图像函数; c 为平面演化曲线; c_1, c_2 为图像域上曲线 c 的内外部区域的灰度平均值; $\text{Length}(c)$ 为曲线 c 的长度; $\mu, \lambda_1, \lambda_2$ 为正常数。



(a)皮革面料



(b)纹理消隐效果

图 2 皮革面料及其纹理消隐效果

Fig. 2 Leather fabric and the texture-eliminating effect

式(6)是关于平面曲线 c 的能量函数。为建立变分水平集模型,Chan 和 Vese 引入 Heaviside 函数 $H(z)$ 及狄拉克函数 $\lambda(z)$ 。 ϕ 是与平面曲线 c 相对应的水平集函数, Ω 为整个图像定义域。水平集函数 ϕ 可表示为

$$F(c_1, c_2, \phi) = \mu \iint_{\Omega} |\nabla H(\phi)| \, d\Omega + \lambda_1 \iint_{\Omega} |I(x, y) - c_1|^2 H(\phi) \, d\Omega + \lambda_2 \iint_{\Omega} |I(x, y) - c_2|^2 [1 - H(\phi)] \, d\Omega \quad (7)$$

式中,右端第 1 项为内部能量项,第 2,3 项为外部能量项。

将式(7) 看作是 关于水平集函数 ϕ 的能量函数,利用变分法,便得到水平集函数 ϕ 满足的偏微分方程。

在对图案进行预处理的基础上,利用变分水平

集算法对图像进行分割,变分水平集算法能够有效地分割出更为清晰的服饰图案。图2(a) 经过纹理消隐后的效果如图 2(b) 所示,再基于灰度化处理后,利用变分水平集算法对其进行处理。图3(a) 为未经过纹理消隐,利用变分水平集算法后处理的效果见图 3(b)。

从对比可以看出,图3(a) 中将图案上的纹理也将其分割出来,大大影响了其准确性,由此可看出纹理消隐等预处理对变分水平集算法的重要性。图 3(b) 中图案红色的外轮廓即为分割线,其与图案十分贴合,无断续等不良现象。

3 实验结果及分析

采用 Matlab 编程,选用 4 种典型纹理图案作为测试样(图像大小均为 800 像素 × 600 像素),经过预处理后对其表面图案进行边缘检测和分割。

图 4(a) 为利用 Robert 算法对图像分割的效果;图 4(b) 为 Sobel 算法检测效果;图 4(c) 为 Prewitt 算法检测效果;图 4(d) 为总变差模型检测效果。由利用变分水平集算法的实验结果与利用普通算法对比可得:Robert 算法复杂程度低,简洁易于实现,算法运行程序少。实验中断枝非常明显,破坏了纹理的连贯性,且大面积出现分割不完全现象,分割区域得到的一致性差,分割结果不理想;Sobel 算法复杂程度低,运行时间快,分割结果含有较多杂点,分割边缘模糊,其提取出来的线条不够清晰,纹理出现断枝的情形较为明显,出现了过度分割现象;Prewitt 算法虽然较分割前 3 种算法好,提取的物体边缘轮廓线是封闭的,连贯性相对较好,但提取时断枝现象的存在,分割结果也含有杂点,还遗留许多噪声,干扰图像。

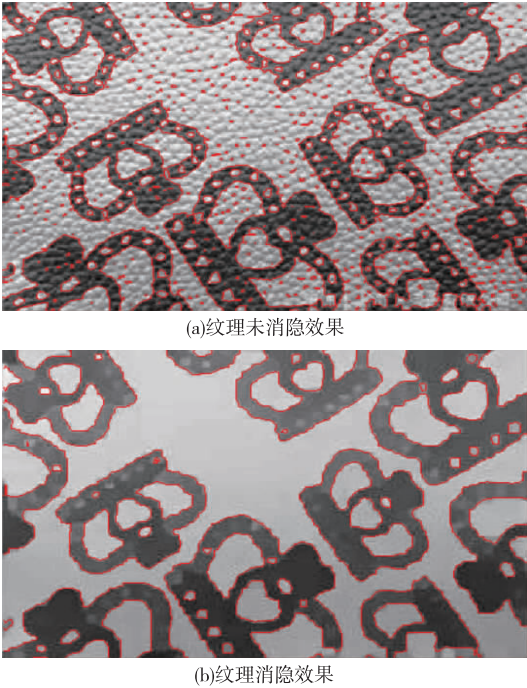


图 3 变分水平集分割

Fig.3 Variational level set image segmentation

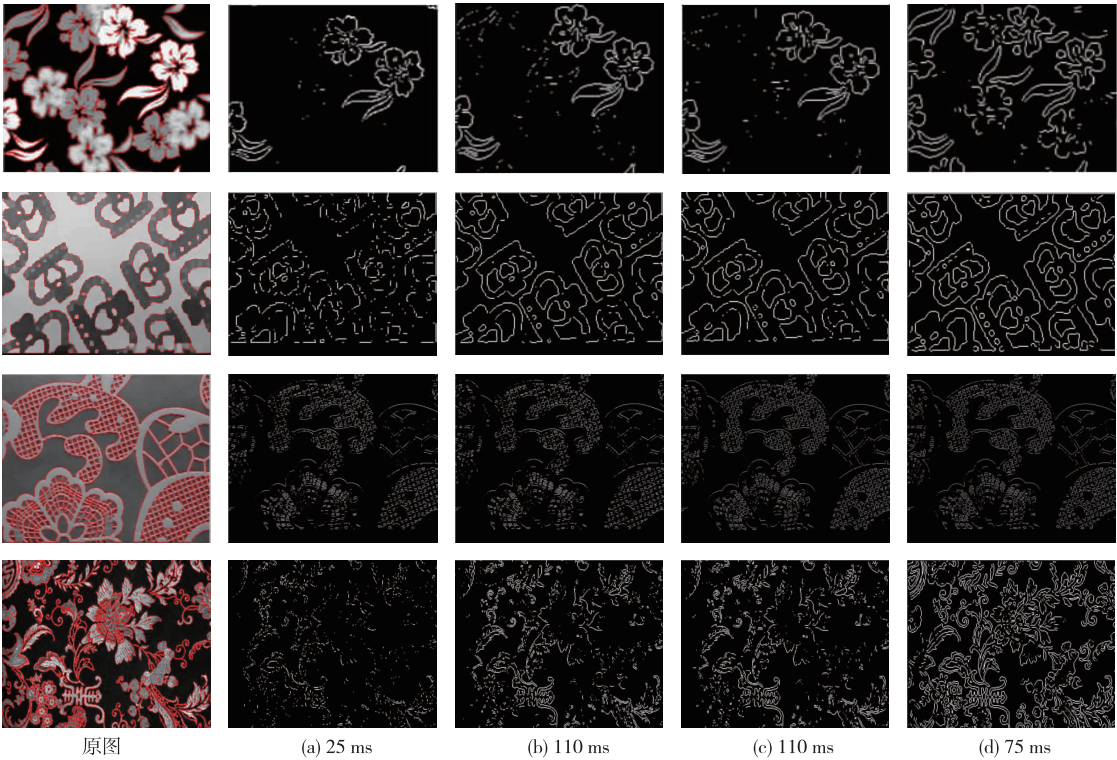


图 4 不同纹理提取算法效果

Fig.4 Texture extraction with different algorithms

从算法时间消耗来看,Robert 算子消耗时间是最短的,但其对图像边缘检测的能力也是最差的;Sobel 和 Prewitt 处理图像的时间基本差不多;Variation Level Set 算法程度高,运行程序多,消耗时间也相对其他算子短,并且能够较好地提取出清晰的边缘轮廓。变分水平集算法复杂程度高,算法运行程序略长,能准确定位目标物体,对微弱边缘具有良好的响应,并且能够去除噪声的影响,纹理连贯,边缘轮廓清晰,图案完整,分割结果理想。对于复杂图案研究表明,常见算法对于复杂图案提取的不足越来越明显,难以满足复杂分割的需求。

4 结 语

采用 Matlab 编程,利用变分水平集算法对服饰图案进行边缘检测和分割,并与传统的图像分割方法进行比较分析。实验结果表明,利用总变差模型有效消除了图像的固有纹理;基于变分水平集的提取算法能够有效地分割出服饰图案边缘轮廓信息,且简单易行,准确稳定,边缘轮廓清晰,大大提升了企业在对服饰图案裁剪分割时所需的劳动力和成本,满足快时尚的发展需求。

参考文献:

- [1] 吴圆圆,徐平华,余志越. 多元图腾元素在创意服饰设计中的运用[J]. 设计艺术研究,2012,2(4):84-87.
WU Yuanyuan,XU Pinghua,YU Zhiyue. Application of multiple totem in creative fashion design[J]. Design Research,2012,2(4):84-87. (in Chinese)
- [2] 宋春刚. 基于图像的皮革颜色纹理检测分类方法研究及系统研制[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [3] 吕梁. 衣料自动切割系统的算法研究[D]. 杭州:浙江大学,2007.
- [4] 徐平华,丁雪梅,吴雄英. 基于局部特征的服饰图案检索研究[J]. 北京服装学院学报,2013(4):43-49.
XU Pinghua,DING Xuemei,WU Xiongying. Retrieval technology of dress pattern based on image local features[J]. Journal of Beijing Institute of Clothing Technology,2013(4):43-49. (in Chinese)
- [5] 程东旭,杨艳,赵慧杰. 一种改进的 Log 边缘检测算法

[J]. 中原工学院学报,2011(2):18-21.

CHENG Dongxu,YANG Yan,ZHAO Huijie. An improved edge detection algorithm of log[J]. Journal of Zhongyuan Institute of Technology,2011(2):18-21. (in Chinese)

- [6] 王植,贺赛先. 一种基于 Canny 理论的自适应边缘检测方法[J]. 中国图象图形学报,2004,9(8):957-962.

WANG Zhi,HE Saixian. An adaptive edge-detection method based on canny algorithm[J]. Journal of Image and Graphics,2004,9(8):957-962. (in Chinese)

- [7] 罗丽萍,徐平华,高先科,等. 基于图像的动物皮革纹理提取[J]. 中国皮革,2016,45(5):24-29,35.

LUO Liping,XU Pinghua,GAO Xianke,et al. Based on the image of the animal leather texture extraction[J]. China Leather,2016,45(5):24-29,35. (in Chinese)

- [8] Platanotis K N. Color image processing and applications[J]. Measurement Science and Technology,2001,12(1):3301-3304.

- [9] 陈小梅,倪国强,刘明奇. 基于分水岭算法的红外图像分割方法[J]. 光电子·激光,2001,12(10):1072-1075.
CHEN Xiaomei,NI Guoqiang,LIU Mingqi. On infrared image segmentation algorithm based on watershed[J]. Journal of Optoelectronics · Laser,2001,12(10):1072-1075. (in Chinese)

- [10] 徐平华,徐蓼芫,高先科,等. 基于总变差模型的彩色纹样提取[J]. 北京服装学院学报(自然科学版),2016(1):70-76.

XU Pinghua,XU Liaoyuan,GAO Xianke,et al. Color pattern extraction based on total variation model[J]. Journal of Beijing Institute of Clothing Technology(Nature Science Edition),2016(1):70-76. (in Chinese)

- [11] 刘秀平,常先堂,李治隆. 一种基于边缘和区域信息的变分水平集图像分割方法[J]. 大连理工大学学报,2008,48(5):754-758.

LIU Xiuping,CHANG Xiantang,LI Zhilong. A variational level set method of image segmentation based on boundary and region information[J]. Journal of Dalian University of Technology,2008,48(5):754-758. (in Chinese)

(责任编辑:杨 勇)