付君健, 耿照俊, 孟令盼,等. 基于图像处理的服装样板轮廓快速生成方法[J]. 智能计算机与应用,2026,16(7):86-92.
DOI:10.20169/j.issn.2095-2163.24102902

# 基于图像处理的服装样板轮廓快速生成方法

付君健[1,2], 耿照俊[1], 孟令盼[1], 曹 阳[1], 罗明亮[1], 周祥曼[1,2]
(1 三峡大学 机械与动力学院, 湖北 宜昌 443002; 2 三峡大学 水电机械设备设计与维护湖北省重点实验室, 湖北 宜昌 443002)

**摘 要**: 针对服装制版过程中人工制版效率低、精度差、成本高等问题,提出了基于图像处理的服装样板轮廓快速生成方法。首先,构建了透视变换矩阵进行空间坐标变换,实现图像的倾斜校正。其次,基于图像处理技术对图像进行降噪预处理,减少纹理和服装所形成的噪声。然后,采用轮廓检测算法对图像进行轮廓提取,并通过多边形拟合法实现轮廓的拟合,完成服装样板轮廓的粗提取。最后,采用人机鼠标交互方式实现轮廓节点的编辑,并将轮廓数据转化为 AutoCAD 软件通用的数据格式。实验算例表明,该方法在进行服装样板轮廓提取时,表现出良好的稳定性、准确性,可有效应用于服装样板轮廓提取场合。

**关键词**: 服装样板; 图像处理; 轮廓提取; 轮廓编辑; 机器视觉
**中图分类号**: TP391.72 **文献标志码**: A **文章编号**: 2095-2163(2026)07-0086-07

## Image processing based fast generation method for garment sample outline

FU Junjian[1,2], GENG Zhaojun[1], MENG Lingpan[1], CAO Yang[1], LUO Mingliang[1], ZHOU Xiangman[1,2]
(1 College of Mechanical and Power Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China;
2 Hubei Provincial Key Laboratory of Hydropower Machinery and Equipment Design and Maintenance,
China Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China)

**Abstract**: Aiming at the problems of low efficiency, poor accuracy and high cost of manual plate making in the process of garment plate making, a method of rapid generation of garment sample outline based on image processing is proposed. Firstly, the perspective transformation matrix is constructed for spatial coordinate transformation to realize the tilt correction of the image. Secondly, noise reduction preprocessing is performed on the image based on image processing technology to reduce the noise formed by texture and clothing. Then, the contour detection algorithm is used to extract the contour of the image, and the polygon fitting method is used to realize the fitting of the contour and complete the coarse extraction of the contour of the clothing sample. Finally, the human-computer mouse interaction is used to realize the editing of the contour nodes, and the contour data is converted into the common data format of AutoCAD software. The experimental examples show that the method shows good stability and accuracy when extracting the outline of clothing samples, and can be effectively applied to the outline extraction of clothing pattern making.
**Key words**: garment sample; image processing; contour extraction; contour editing; machine vision

## 0 引 言

服装样板是现代服装工业生产中的模板,起着制作模具、图样和型板的作用,是画样裁剪和产品缝制过程中的技术依据,也是检验产品规格质量的直接标准[1]。目前,国内在服装工业生产中,大多依赖于 CAD 设计系统和裁床的配合,不仅检测速度无法满足检测要求,而且检测精度与操作人员的熟练程度有关。因此,实现服装样板轮廓快速准确的生成,并转化为面向工业生产现场的数据格式,促使计算机辅助设计系统与服装制造更加紧密结合起来,解决人工获取服装样板轮廓制作时间长、效率低、受工作人员经验影响等问题成为必要。

为了提高服装样板轮廓提取的精度,相关学者

**基金项目**: 湖北省自然科学基金(2021CFB236)。
**作者简介**: 付君健(1987—),男,博士,副教授。主要研究方向:拓扑优化,机器视觉; 耿照俊(2000—),男,硕士研究生。主要研究方向:机器视觉; 孟令盼(2001—),男,硕士研究生。主要研究方向:机器人设计及应用; 曹 阳(1998—),男,硕士研究生。主要研究方向:机器视觉; 周祥曼(1983—),男,博士,副教授。主要研究方向:电弧增材制造和数字化设计。
**通信作者**: 罗明亮(1997—),男,硕士。主要研究方向:数字化设计。Email:lml2021@qq.com。
**收稿日期**: 2024-10-29

在这方面进行了很多研究，现有的服装制作技术分为 3 类。

(1)第 1 类是采用手工制版的方法。如清代马面裙的制作，裙阑头向外的缝合部分与缎边结合，通过特殊的打褶方式亦可达到契合人体的效果[2]。或西服的手工定制，手工定制西装由不对等形状的裁片拼合产生的立体塑形特征，体现出的各异性与定制者的身型高度符合[3]。

(2)第 2 类是采用机器制版的方法，可以通过由高压泵、剪裁装置、数控装置和电脑辅助设计装置组合，实现工业服装机器制版向自动、专业化方向发展[4]，或使用激光裁剪设备的激光对布料进行切割，适应材料性能高、能耗低等优点在服装剪裁领域中得到了充分体现[5]。

(3)第 3 类是采用机器视觉制版的方法，可以通过机器视觉单元、控制单元、执行单元组合，实现工业机械臂与缝纫机同步控制完成服装的制作[6]，也可以针对服装二维样片特征数据的快速录入，提出了一种基于机器视觉的非接触式服装样板录入系统，完成服装轮廓数据转换及自动识别分类，替代传统服装数据数字化仪的人工录入操作[7]。

通过上述研究方法的对比可知，采用机器视觉制版可用于打造高效、准确的服装制作方法，上述基于机器视觉的服装样片轮廓特征数据采集系统进行服装样板轮廓生成方法，是通过局部窗口在图像移动时不同的灰度值变化以生成轮廓角点位置，其表达式为：

$$E(u,v)=\sum_{x,y}w(x,y)[g(x+u,y+v)-g(x,y)]^2 \tag{1}$$

其中，$w(x,y)$ 表示窗口函数；$g(x+u,y+v)$ 表示平移后的图像灰度；$g(x,y)$ 表示图像灰度。

但上述的视觉制版方法仍存在以下问题未解决：

(1)未区别服装线条的内外轮廓，服装的内外轮廓并不是独立的，而是存在一定主次联系的。

(2)未考虑服装制版过程中数据的编辑需求，如加入工艺特征，如打记号剪切刀口、锥孔标记等。

(3)未考虑轮廓节点对数控加工设备稳定性的影响，过多的轮廓节点直接影响设备的加工时间、服装剪裁的连续性以及加工刀具的寿命。

针对上述采用机器视觉服装制版的方法中未解决的问题，本文将轮廓检测算法与人机交互编辑方法相结合，实现了服装样板图像预处理、轮廓的提取优化，并将服装轮廓数据生成为 AutoCAD 软件可编辑的数据文件[8]，可以有效降低噪声干扰，更好地保留图像轮廓特征，给实际服装制版过程带来了便利。

## 1　图像预处理

由于服装样板图像在实际的拍摄过程中会出现一定的倾斜情况，且外界环境对采集图像存在干扰，图像质量会有一定程度的下降。为了解决图像拍摄角度和图像噪声对轮廓提取的影响，需研究服装样板图像的校正技术和图像处理技术[9]，使得服装样板图像具有更清晰的视觉效果。

### 1.1　图像校正

本文采用透视变换的方法对倾斜的服装样板图像进行校正。透视变换是一种非线性变换，可以通过调整图像中物体的尺寸和位置关系，使图像投影至新的平面[10]。透视变换的原理公式为：

$$[x',y',w']=[u,v,w]\begin{bmatrix}a_{11}&a_{12}&a_{13}\\a_{21}&a_{22}&a_{23}\\a_{31}&a_{32}&a_{33}\end{bmatrix} \tag{2}$$

其中，$u$、$v$ 表示原始图像的图像像素点的齐次坐标，对应变换后的图像像素点齐次坐标 $x$、$y$，经过透视变化后的图像通常不是平行四边形。这里，$x=x'/w'$，$y=y'/w'$，重写之前的变换公式可以得到：

$$x=\frac{x'}{w'}=\frac{a_{11}u+a_{21}v+a_{31}}{a_{13}u+a_{23}v+a_{33}} \tag{3}$$

$$y=\frac{y'}{w'}=\frac{a_{12}u+a_{22}v+a_{32}}{a_{13}u+a_{23}v+a_{33}} \tag{4}$$

由式(2)~式(4)可知，矩阵存在 8 个未知数，需要 4 个点以求出变换矩阵，根据提取到的服装样板 4 个角点，可以求得以样板左上角为初始点的透视变化后的服装样板图像，图像校正的结果如图 1 所示。



(a)原始图像　　(b) 校正图像

**图 1　图像校正效果图**

**Fig. 1　Image correction effect**

### 1.2　图像处理

(1)灰度化。由于相机采集到的是彩色三通道

图像,其包含的计算量大、特征多,灰度化后图像将变成单通道图像,可以突出轮廓细节和降低环境干扰。本文使用加权平均法实现灰度化,加权平均法的公式原理为:

$$\text{Gray}(i,j) = 0.299 \times R(i,j) + 0.578 \times G(i,j) + 0.114 \times B(i,j) \quad (5)$$

其中,$\text{Gray}(i,j)$ 表示点 $(i,j)$ 的灰度值;$R(i,j)$、$G(i,j)$ 和 $B(i,j)$ 分别表示点 $(i,j)$ 处对应的 3 个通道的像素值。

(2)滤波去噪。图像灰度化后灰度值突变较大的点也是噪声。本文采取高斯滤波的方法去除噪声。高斯滤波的原理是计算图像内的像素值时,先按照不同权重来进行像素值加权求和再取平均,然后将得到的结果替换原像素值。高斯滤波的原理公式如下:

$$G(u,v) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(u^2+v^2)}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

其中,$G(u,v)$ 表示点 $(u,v)$ 降噪后像素值,$\sigma$ 表示标准差,其大小可以反映数据的偏离中心程度。$\sigma$ 越大表示模板系数与周围系数差异小,降噪效果越好。

(3)边缘检测。图像边缘通常被定义为图像中灰度变化急剧的区域边界,所以边缘特征也是图像的关键特征之一。该特征为后续轮廓的提取提供有力的保障。本文选择使用 Canny 算子[11]进行边缘检测,检测流程如下:

① 对原图使用高斯滤波器进行平滑降噪。

② 计算图像梯度幅度和方向,用边缘检测算子得到水平和垂直方向的一阶导数,公式如下:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (7)$$

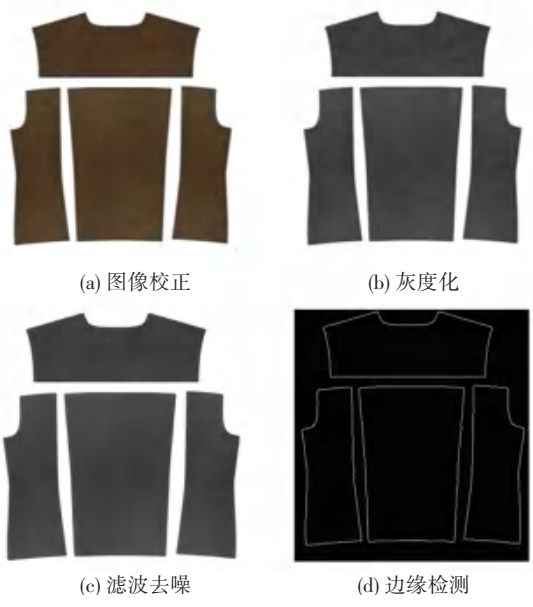
$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (8)$$

其中,$G$ 表示梯度强度大小,$\theta$ 表示梯度的方向。

③ 依据图像梯度采用非极大值抑制,将有助于抑制除局部最大值以外的所有梯度值为 0。

④ 对较弱的梯度值对边缘像素进行滤波,同时保留具有较高梯度值的边缘像素,可以设置不同的阈值来描述出图像的实际边缘。

以图 2(a)中的服装样板为例,其中包含了一些复杂的背景信息和冗余的线条信息,通过上述图像校正、灰度化、滤波去噪和边缘检测,可有效去除背景、噪声等冗余信息,图像处理结果如图 2 所示。



(a) 图像校正 (b) 灰度化

(c) 滤波去噪 (d) 边缘检测

**图 2 图像处理流程效果图**

**Fig. 2 Effect diagram of image processing flow**

## 2 服装样板轮廓的提取与生成

经过图像校正和图像处理后,服装样板图像具备边缘节点信息,轮廓可以直观反映出服装样板形状的连通性和层级结构。本文使用图像处理中常用的轮廓检测算法,将服装样板图像的离散检测节点进行轮廓提取,使其细化为轮廓曲线,便于服装样板数据的矢量化生成。

### 2.1 服装样板轮廓提取

服装样板通常不是由一个完整的服装样片组成,而是由一个或多个带有孔洞的样片组成,因此服装样板在进行轮廓提取时,需要考虑内轮廓(含有孔洞)和外轮廓两种情况,OpenCV 提供了图像轮廓查找函数[12-15],如图 3 中对图像中的连通域(图像中具有相同像素值且位置相邻的前景像素点组成的图像区域)和边界轮廓的包围关系。

轮廓提取算法的原理如下:输入图像为 $F = \{f_{(i,j)}\}$,将初始的边界编号 NBD(从边界开始点 $(i,j)$ 边界跟踪算法可以得到一条边界,为每条新找到的边界 $B$ 赋予新的唯一的编号,NBD 表示当前跟踪的边界编号)设置为 1(图 3(a)中的边界框架 $B$ 视为第一个边界)。使用边界追踪-光栅扫描法[16]扫描图像 $F$,当扫描到某个像素点 $(i,j)$ 度值 $f_{(i,j)} \neq 0$ 执行以下的步骤。每当图片被扫描至新的起始位置时,将 LNBD 重置为 1,检测流程如下:

(1)如果 $f_{(i,j)} = 1$ 且 $f_{(i,j-1)} = 0$,即图 3(a)所描述的情况,则 $(i,j)$ 是外边界开始点,NBD+=1,

$(i_2, j_2) \leftarrow (i, j-1)$；

(2)如果 $f_{(i,j)} \geqslant 1$ 且 $f_{(i,j+1)} = 0$，即图 3(b)所描述的情况，则 $(i, j)$ 是孔边界开始点，NBD + = 1，$(i_2, j_2) \leftarrow (i, j+1)$；

(3)如果 $f_{(i,j)} \neq 1$，即图 3(c)所描述的情况，则 LNBD $\leftarrow | f_{ij} |$，从 $(i, j+1)$ 继续光栅扫描，当扫描到图片的右下角顶点时结束。

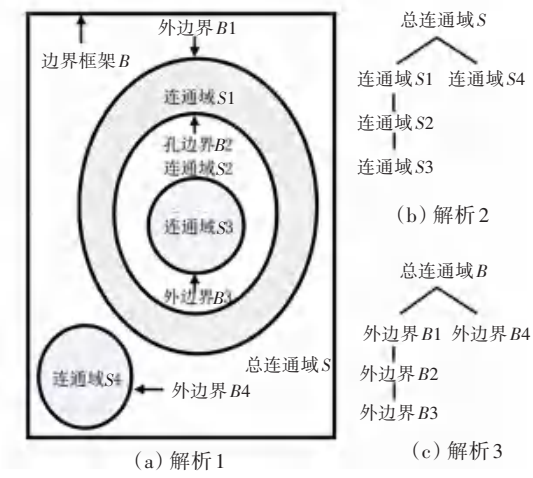
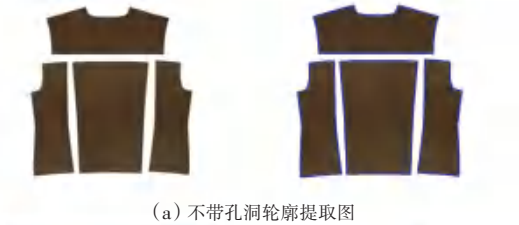



**图 3　轮廓提取原理**

**Fig. 3　Contour extraction principle**

图像中所有封闭的轮廓，储存在向量中并在轮廓点之间建立层次关系，检测外轮廓、还是内轮廓、是否存在继承(包含)关系，并将这些离散、无序的轮廓信息变成一个轮廓整体。本文可以根据服装样板是否存在孔洞特征来选取不同的检索模式，不同服装样板的轮廓提取效果见图 4。



(a) 不带孔洞轮廓提取图



(b) 带孔洞轮廓提取图

**图 4　轮廓提取结果**

**Fig. 4　Contour extraction results**

## 2.2　服装样板轮廓生成

由于服装样板轮廓会被运用到工业制版中，实现二维服装样板的数字化录入，因此其数据格式必须满足现有的面向制造的需求、即 DXF(Drawing Exchange Format)文件格式，现已成为工业制版生产内的一种标准文件，且具有良好的可读性和编辑性。

为实现服装样板轮廓生成系统与 AutoCAD 软件的交互，生成 DXF 文件方法如下：创建空白图纸后，加载孔洞特征的轮廓曲线信息以及满足条件(轮廓面积大于给定半径对应的圆的面积)的轮廓数量，循环每个轮廓曲线信息除以图像缩放比例并由此创建一系列点的坐标用于储存轮廓信息，最后绘制出相应的多线段和样条曲线，根据绘制出的线条数据生成 DXF 数据类型文件。服装样板轮廓数据转为 DXF 格式的示例如图 5 所示。



(a) 原图　　(b) DXF 轮廓图

**图 5　服装样板轮廓 DXF 数据生成示例**

**Fig. 5　Garment sample outline DXF generation**

# 3　服装样板轮廓多通道轮廓编辑技术

## 3.1　服装样板轮廓拟合

由于生成的轮廓节点较多，存在轮廓曲线不光滑的问题，同时轮廓节点多影响后续加工设备走刀的稳定性。另外，在实际应用时还要考虑一些工艺特征，需要将制作剪口工艺融入服装设计。因此还要对提取到的轮廓点进行删减、添加，同时探索了服装样板轮廓多通道编辑技术。为此，本文依次按照每个轮廓的面积大小对轮廓进行编号，并分别对需要修改的轮廓编号进行编辑，轮廓多通道提取图如图 6 所示。



(a) 校正图　　(b) 轮廓提取通道图

**图 6　轮廓多通道编辑技术**

**Fig. 6　Multi-channel editing technology of the contour**

依次对轮廓进行编号，需要进行轮廓编辑的通道拟合，服装轮廓线条的结构特点决定了其轮廓包

含丰富的线条信息,可以将曲线轮廓看作是多段很短直线的拟合[17]。本文主要通过多边形拟合法进行轮廓拟合,多边形拟合法的数学原理是道格拉斯-普克算法(Douglas-Peucker)[18]。该算法是一种基于分治法的几何逼近算法,用于将曲线分割为若干线段,基本思路如图 7 所示,算法的主要步骤如下:

(1)选择首尾 2 个点 $A$,$B$ 作为折线的起点和终点,在这 2 个点之间构造一条直线段。

(2)计算每个点到该直线的距离,并找到最大值与规定的阈值相比较,若大于阈值,则保留离该直线距离最大的点,否则将直线两端点间各点全部舍去。

(3)以保留的点为新起点并连接终点构造直线段,将这部分线段涉及的点重复使用步骤(2),后续迭代操作,直至无法压缩点。



(a) 处理前 (b) 处理后

**图 7 Douglas-Peucker 算法实现过程**

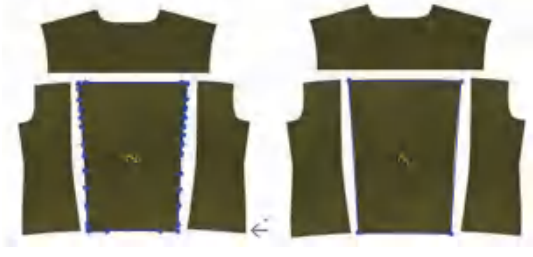
**Fig. 7 Implementation of douglas-Peucker algorithm**

研究可知,计算点到直线的距离是该算法的关键步骤之一,计算公式如下:

$$\text{dist} = \frac{|(y_2 - y_1)x_0 - (x_2 - x_1)y_0 + x_2y_1 - y_2x_1|}{\sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2}} \tag{9}$$

其中,$(x_1, y_1)$ 和 $(x_2, y_2)$ 表示直线的起点和终点;$(x_0, y_0)$ 表示待测点;dist 表示点到该直线的距离。

使用多边形拟合函数实现轮廓过程中,通过计算当前封闭轮廓的周长或曲线的长度,乘以拟合精度 $X$ 获得不同效果的轮廓拟合程度,该值就是逼近多边形的精度信息。不同拟合精度 $X$ 针对轮廓编号 2 通道的轮廓拟合效果如图 8 所示。



(a) $X$ = 0.001 (b) $X$ = 0.01

**图 8 轮廓编号 2 通道的拟合效果**

**Fig. 8 Contour numbering 2-channel fitting results**

## 3.2 服装样板轮廓编辑

为了实现人机交互鼠标操作编辑图像轮廓点的功能[19],研究了服装样板轮廓点坐标序列与鼠标目前位置坐标的关系,通过鼠标的移动来获取鼠标当前在图像中的 $x$ 坐标和 $y$ 坐标,将鼠标坐标添加或删掉服装样板轮廓点坐标序列与鼠标坐标距离两个像素的服装样板轮廓点坐标序列,达到编辑轮廓的功能。

在添加轮廓点和删除轮廓点时,计算鼠标坐标与所有轮廓点的叉乘,得到垂直于 2 个轮廓点形成的直线的向量,通过将垂直向量的大小除以 2 个轮廓点之间的距离得到鼠标坐标与所有轮廓点的距离。当鼠标双击事件发生时,会生成一个存储当前鼠标位置的列表,然后计算鼠标位置和服装轮廓上轮廓点位置的距离,如果距离很近就移动该点。计算的距离公式如下:

$$\text{distance_}XY = \sqrt{(X_m - x[i])^2 + (Y_m - y[i])^2} \tag{10}$$

其中,$X_m$、$Y_m$ 分别表示鼠标目前在图像中的横坐标和纵坐标,$x[i]$ 和 $y[i]$ 分别表示该通道的所有轮廓点的横坐标和纵坐标,鼠标坐标与轮廓坐标的加减处理如图 9 所示。

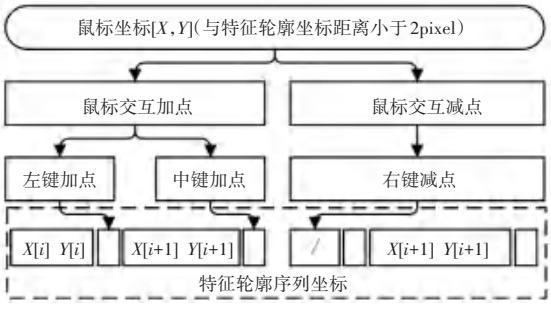



**图 9 轮廓编辑操作**

**Fig. 9 Contour editing operations**

将鼠标位置与当前通道轮廓点的距离存储在列表中,计算当前鼠标坐标与轮廓信息序列的坐标的距离,根据鼠标绑定按钮的功能,执行不同的操作。鼠标左键双击时,将鼠标坐标插入到距离最近的轮廓点坐标处,可以实现对轮廓点的增加;若鼠标中间双击,将鼠标位置插入轮廓点坐标的下个坐标处,这样也可以实现轮廓点的添加,可以弥补轮廓拟合时角点近似不准的情况;若鼠标右键双击,将距离鼠标坐标最近的那个轮廓点坐标删除,轮廓编辑效果如图 10 所示。



(a) 原始轮廓 (b) 节点删除 (c) 节点添加

**图 10 编辑功能鼠标操作示例**

**Fig. 10 Examples of edit function mouse operation**

## 4　服装样板轮廓快速生成结果与分析

### 4.1　软件系统

软件系统主要包括 4 个部分：图像采集模块、界面交互模块、轮廓提取及编辑模块、轮廓生成模块。本文系统选择使用 Python 语言与 Tkinter[20] 开发系统软件界面与功能，采用 OpenCV 作为图像处理函数库。算法处理流程为：首先对图像预处理，包括图像灰度化、阈值分割、形态学处理等；然后，将图像进行校正，仅保留需要目标轮廓图像；接着，对图像进行边缘提取，也可通过人机互操作去掉多余的轮廓点或添加轮廓点；最后，提取拟合后的服装轮廓并生成 DXF 格式的服装样板轮廓数据。服装样板轮廓快速生成软件界面如图 11 所示。

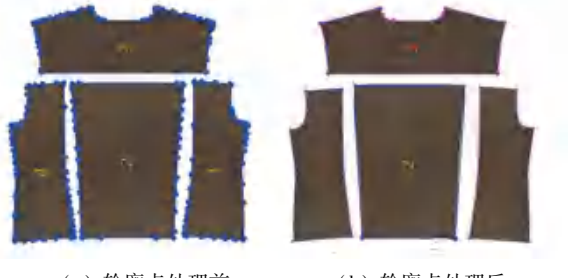


**图 11　服装样板轮廓快速生成软件界面**

**Fig. 11　Software interface quick generation of clothing pattern outline**

### 4.2　实验结果比较与分析

为了验证服装样板轮廓快速生成系统的有效性，轮廓点处理前后的对比如图 12 所示。选用服装样板图像的轮廓点数量作为指标，分别选取图像轮廓 4 个通道进行对比，见表 1。以图 1(a)为例，将服装样板轮廓分为 4 个通道，依次检测轮廓点数，轮廓点在一定范围内数量越少，则表明其轮廓边缘越平滑且清晰，以及在后续进行服装裁剪时既可减少设备的加工时间、又可确保服装剪裁的连续性。



(a) 轮廓点处理前　　(b) 轮廓点处理后

**图 12　服装样板轮廓对比**

**Fig. 12　Comparison of garment sample silhouettes**

**表 1　服装样板轮廓点数量**

**Table 1　Point count of garment sample outline**

| 通道序号 | 轮廓点数(处理前) | 轮廓点数(处理后) |
|---|---|---|
| ① | 64 | 11 |
| ② | 51 | 4 |
| ③ | 124 | 10 |
| ④ | 70 | 13 |

本文分别采用 3 种不同形态的服装样板进行实验，分别为：单样片服装样板、多样片服装样板、含孔洞服装样板。服装样板轮廓生成的结果如图 13 所示。



(a) 单样片轮廓提取 DXF 图



(b) 多样片轮廓提取 DXF 图



(c) 含孔洞样片轮廓提取 DXF 图

**图 13　服装样板轮廓快速生成示例**

**Fig. 13　Demonstration of garment sample silhouette generation**

服装样板轮廓点评价指标显示，图 13 的 4 个通道轮廓的测试结果均表示其轮廓点数量较处理前有明显降低。由 3 种不同形态的服装样板实验结果可以看出，经过服装样板轮廓快速生成软件后，即使图像轮廓边缘较多角点、噪声、孔洞的情况下，均可以很好地提取到图像的轮廓。上述方法能够大量减少轮廓点的数量，同时又尽可能保留特征轮廓。

## 5　结束语

本文对基于图像处理的服装样板轮廓快速生成方法进行研究，针对工业现场服装样板制作质量的好坏依靠人工裁剪、缝制的工作经验多少的问题，提出了一种轮廓快速生成方法，一方面去除了多余噪

声干扰,尽可能多地保留服装样板图像边缘轮廓细节,另一方面,采用人机交互的编辑方法提取服装样板轮廓点,拟合轮廓曲线并导出 DXF 数据格式文件,打破了传统轮廓提取算法局限性,以及无法与 AutoCAD 软件连接交互的问题,提高服装样板轮廓提取的效率和准确率。最后,编写人机交互软件的用户界面,实现边缘轮廓提取和导出,为服装制版提供了一种准确快捷的方法。

## 参考文献


[1] 周佳, 宗雅倩, 刘其思, 等. 基于图像处理的服装样板轮廓提取[J]. 纺织科学与工程学报, 2018, 35(4): 133-136.

[2] 丁奕涵. 晚清民初马面裙的制作工艺研究[D]. 北京:北京服装学院, 2013.

[3] 胡问渠. 手工定制西装的工艺特征在服装中的创新设计应用[D]. 杭州:浙江理工大学, 2019.

[4] 马冠男. 服装加工设备及其机电一体化技术[J]. 轻纺工业与技术, 2011, 40(4): 134-136.

[5] 丁梦姝. 激光剪裁在智能服装制作中的应用[J]. 应用激光, 2022, 42(2): 139-140.

[6] 陈罡, 金贵阳, 吴菁, 等. 智能服装缝制关键技术及成套装备研发[J]. 纺织学报, 2023, 44(8): 197-204.

[7] 高鹏. 机器视觉服装样片特征数据采集系统研究[D]. 天津:天津科技大学, 2020.

[8] 徐维. CAD 图形文件数据获取及可视化[D]. 武汉:武汉工程大学, 2018.

[9] 何昊, 贺福强, 聂文豪, 等. 基于外轮廓与霍夫变换的印刷品图像配准算法[J]. 智能计算机与应用, 2023, 13(1): 31-37.

[10] 马明寅, 狄岚, 梁久祯. 基于图像校正和模板分割的纺织品瑕疵检测[J]. 南京大学学报(自然科学), 2021, 57(1): 29-41.

[11] Zhao L J, Zhu R S. Research on image contour edge analysis based on Canny edge detector [J]. Academic Journal of Computing & Information Science, 2022, 5(1): 70-75.

[12] 张舒, 苗玉彬. 基于改进 HED 网络的重叠葡萄果粒轮廓特征提取[J]. 计算机应用与软件, 2023, 40(9): 157-164.

[13] 徐成桂, 徐广顺. 基于数学形态学的非规则缺失图像修复仿真[J]. 现代电子技术, 2023, 46(1): 59-63.

[14] 肖锦龙. 巴特沃斯低通滤波器在图像增强中的应用研究[J]. 智能计算机与应用, 2021, 11(5): 179-182.

[15] Suzuki S. Topological structural analysis of digitized binary images by border following[J]. Computer vision, Graphics, and Image Processing, 1985, 30(1): 32-46.

[16] 周阳华, 宋威震, 何勇. 包络法非圆齿轮廓线提取方法研究[J]. 制造业自动化, 2022, 44(6): 32-35.

[17] 徐亮, 肖晶, 王中元. 基于精细模型的视频车辆三维姿态估计[J]. 计算机应用与软件, 2018, 35(7): 205-210.

[18] Tienaah T, Stefanakis E, Coleman D. Contextual Douglas-Peucker simplification[J]. Geomatica, 2015, 69(3): 327-338.

[19] 李剑. 计算机辅助工业设计中的人机交互探究[J]. 工业设计, 2023(12): 119-122.

[20] 李悦. 基于 Python+Tkinter 的 Linux GUI 辅助管理工具的设计与实现[D]. 长春: 吉林大学, 2010.