

服装外轮廓识别与量化的研究进展

李小辉^{1,2}, 范慧婷¹

(1. 东华大学 服装与艺术设计学院, 上海 200051; 2. 东华大学 现代服装设计与技术教育部重点实验室, 上海 200051)

摘要:服装的外轮廓量化是服装智能化设计与生产的前提条件。介绍了服装外轮廓量化的过程, 以及传统量化方法与基于人工智能的量化方法。概述了基于特征参数识别和数学公式计算的服装外轮廓量化方法, 探究基于扫描等技术构建三维服装模型的外轮廓量化研究方法, 并对其优缺点进行分析; 总结基于机器学习与生成网络等方法的服装外轮廓量化。服装外观廓形具有复杂柔性多变的特征, 目前对服装外轮廓量化的研究大多以简单的服装为样本, 应用在廓形分类等领域; 在实现服装各部位具体数值推理判断方面的应用相对不足, 多为定性研究。研究认为, 未来可以综合考虑外轮廓造型与服装款式及面料等多方面因素, 并与人工智能技术相结合, 使其向智能化、自动化领域发展。

关键词: 服装图像; 服装外轮廓; 识别量化; 特征参数

中图分类号: TS 941.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2024)04-0302-07

Research Progress in Garment Contours Recognition and Quantification

LI Xiaohui^{1,2}, FAN Huiting¹

(1. College of Fashion and Design, Donghua University, Shanghai 200051, China; 2. Key Laboratory of Clothing Design and Technology, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract: The garment contour quantification is a prerequisite for the intelligent design and production of garments. This paper introduces the process and methods of garment contour quantification, including traditional methods and artificial intelligence-based quantification methods. It summarized the garment contour quantification method based on feature parameter recognition and mathematical formula calculations, explored the research method of contour quantification based on scanning and other technologies to construct 3D garment models, and analyzed its advantages and disadvantages. Moreover, it summarizes the garment contour quantification based on machine learning and generative network methods. Currently, most research on the quantification of clothing contours uses simple clothing samples. The study results are applied in classification and other fields, but there is relatively insufficient application in specific numerical reasoning and judgment for each part of clothing, often remaining qualitative. The study suggests that future research can comprehensively consider various factors such as silhouette modeling, clothing styles and fabrics, and combine them with artificial intelligence technology to advance towards intelligence and automation.

Key words: garment images, garment contours, recognition quantification, feature parameters

服装外轮廓造型是服装款式造型的重要构成元素, 反映了服装结构的流行趋势和人体形态的审美导向^[1]。服装外轮廓量化能够缩短生产周期并满足个性化需求, 通过建立服装外轮廓的量化参

数, 获取服装各部位更为丰富而准确的信息。将服装外轮廓量化应用在服装智能化设计与生产等领域, 对提高效率、降低操作人员的专业要求有着重要的现实意义。

收稿日期: 2023-11-26; 修订日期 2024-06-10。

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(51703026)。

作者简介: 李小辉(1982—), 男, 副教授, 硕士生导师。主要研究方向为数字化服装结构设计。Email: lxh@dhu.edu.cn

服装外轮廓的变化主要取决于人体体型以及服装结构、面料和工艺。目前对廓形的研究已实现诸多突破性进展,建立了判别廓形的国家标准(GB/T 41565—2022),并按照字母对廓形进行分类。服装外廓形的量化以往是依靠人工经验,通过外轮廓的比例主观判断,近年来,对服装外轮廓量化研究方法包括:①通过特征参数识别、数学公式计算以及构建三维服装模型的外轮廓量化方法;②基于人工智能的量化方法。服装外轮廓变化的主要部位包括肩部、胸部、腰部、臀部及底摆,可利用特征参数识别对服装外轮廓量化,并通过数学公式分析计算人体各部位和服装外轮廓间的关系^[2-3];各部位尺寸及松量等结构构成要素都显著影响服装廓形,任何服装造型设计都要依赖人体尺寸及服装材料的力学性能^[4],基于三维模型构建的外轮廓量化应综合考虑其影响因素。基于人工智能的外轮廓量化包括对廓形的识别分类和服装模型生成分析两部分。在众多智能化制造技术中,服装外轮廓的量化为智能化技术的创新和发展提供了一个值得探索的研究方向。

文中从服装外轮廓量化表述出发,探究量化的过程与方法,并重点梳理传统的服装外轮廓量化及基于人工智能的量化方法,对二者的优缺点进行分析。在此基础上,对未来服装外轮廓量化的应用发展进行展望,以期为服装智能化设计的发展提供参考。

1 传统的服装外轮廓量化

传统服装外轮廓量化的方法包括对服装款式图及着装图像进行特征参数识别、利用数学公式计算相关尺寸,以及构建三维模型对服装外轮廓量化。

1.1 特征参数识别

参数化的量化方法是通过人工定义量化属性,描述服装款式的关键特征;识别特征参数后,通过坐标计算(或比例关系)获取垂直水平尺寸,利用角度、半径等获取圆弧尺寸,建立回归模型计算围度尺寸。服装部件中衣领有明显的分类特征,衬衫领款式图的识别可通过提取和分析领座高、领面宽等特征参数来实现^[5];针对翻领已建立相应的识别模型,采用霍夫变换和 K-means 聚类等方法,设定并提取参数以表征外轮廓线和翻领夹角间的关系^[6]。通过 Matlab 对连衣裙款式图进行识别时,以人台为参照,基于关键截面到廓形的距离、衣长等特征参

数计算服装外轮廓相关数据^[7];在进一步的研究中,采用编码设计程序识别服装款式图的衣长、袖长^[8]、胸腰围^[9]等数据。

特征参数识别所得数据准确,故常与纸样的转化相结合,用于结构制图、生产制造^[10];当特征参数的构建不足以涵盖款式的多样性和复杂性时,识别准确性会受到影响;特征参数量化方法主要用于款式图中服装外轮廓的分析,而实际服装往往是在人体穿着状态下进行测量和展示的。

1.2 数学公式计算

着装图像中服装的外轮廓量化往往结合人体区段比例、关键部位间的角度以及斜率等因素,建立判别服装外轮廓的数学公式,使用各部位数学表达式精确描述并计算各参数数值。陶晨等^[3]用 AdaBoost 方法进行人脸识别并据此定位头部,根据身高、头部和下肢长度之间的线性关系以及人体各区段比例建立数学模型,表征服装外轮廓并对其进行分类;TAO C 等^[11]对服装着装图像中高跟鞋导致人体比例分割出现误差的问题进行了优化;FU B L 等^[12]通过计算人体主要支撑部分之间的角度、关键部位的不同斜率,提出了外轮廓数值评估计算框架,对 6 种基本的女装外轮廓进行了智能分类,此方法包含了四肢和皮肤区域的检测,在正面的着装图像上表现较好,提高了人体部位分割的准确率,及服装外轮廓识别的正确率,但被配饰遮挡而无法检测到头部、皮肤区域的图像需进一步处理。此外,傅白璐等^[2]通过检测服装和人体的关键点,提取服装外轮廓数据,构建了包括胸、腰、臀等 8 个数值的智能女装廓形尺寸数据库;另外,还有学者结合数学公式计算服装外廓形的平面相应的几何尺寸^[13-14]。服装外轮廓量化后可以数值表示,应用于服装廓形的判断、流行预测、参数化制版与工业生产等。

着装后的服装外轮廓量化需综合考虑人体对服装的影响,结合人体比例、主要部位间的角度、斜率等对服装外轮廓进行计算和数值评估,在量化二维静态服装上表现较好。但受图像背景、人体姿势以及计算机技术等多重因素影响,多用于量化服装的水平垂直尺寸,对于围度尺寸的量化,还需进一步研究。

1.3 三维模型构建

基于三维模型构建的服装外轮廓量化是对包括动态服装在内的三维数据进行分析和提取的过程。通过扫描、虚拟试衣以及构建模型可以直接得到服装外轮廓信息,再利用逆向工程等工具及数据

处理方法识别服装的外轮廓并提取关键特征^[15], 进而进行服装的三维设计, 包括纸样的转换与优化^[16-17]。服装三维空间松量^[18]、着装人体^[19-20]、服装面料^[21]的预测表征是三维外轮廓量化的关键。通过扫描较贴身的着装人台可以判断服装到人体截面的距离, 制作出不同尺寸和接缝线的服装模型与纸样^[22], 具体如图1所示。此外, 通过提取人体和服装的二维空间向量, 建立松量数学模型, 也可重建不同尺寸的服装纸样^[23], 但在处理廓形夸张或

松量较大的服装时, 受样本量和受众的限制, 难以精确量化^[24-25]。一些学者应用三维动作捕捉技术获取服装外轮廓指标(裙厚、裙宽、周长等)及内部参数(胸围、腰围等)的三维空间坐标数据, 进而分析面料对动态外轮廓的影响^[26-27]; 施明娟等^[28]的研究结果也证明不同面料的抗弯刚度、拉伸率、密度及悬垂系数对服装外轮廓特征均有影响。因此, 三维服装的外轮廓量化应综合考虑三维空间下的松量变化及不同面料特性的差异。

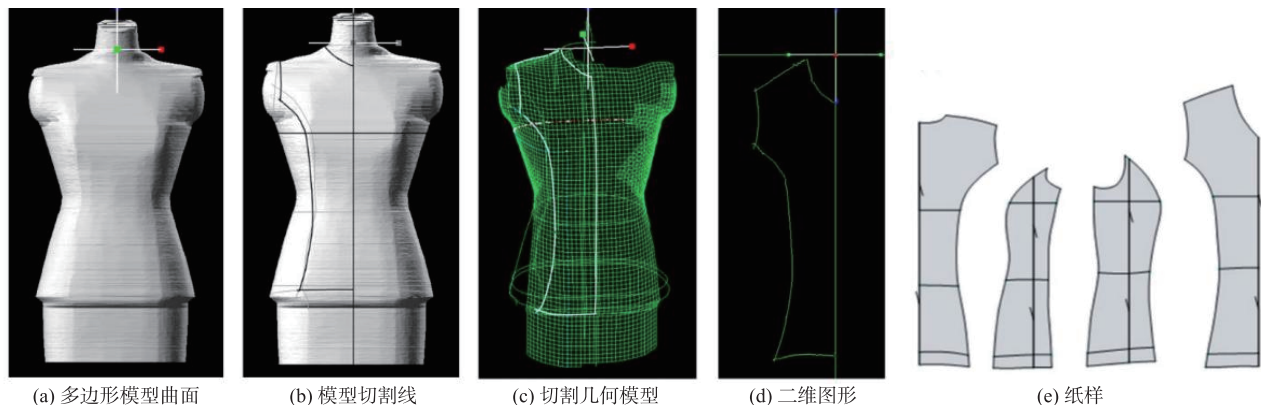


图1 三维服装到纸样的量化方法

Fig.1 Quantification method of 3D garment-to-paper pattern

构建三维模型进行服装外轮廓量化实现了服装从三维到二维的转化, 获取了服装版型或松量信息; 相较于传统的服装外轮廓量化得到了更多的围度尺寸, 实现了对动态外轮廓的量化分析; 对于合体服装, 这种方法的准确性较高, 但获取三维数据计算资源和设备成本较高。

传统的服装外轮廓量化方法能够快速获取基础数据, 实现信息转换, 但受多重因素影响, 在复杂款式的识别量化中受到限制, 操作均依赖于专业人员。

2 基于人工智能的服装外轮廓量化

基于人工智能的服装外轮廓量化主要包括两个方面: ①对外轮廓识别后通过分类、构建数据库、尺寸提取等方式量化服装外轮廓; ②通过迁移网络和生成网络等方法生成三维服装模型, 结合其他深度学习技术量化服装外轮廓。

2.1 服装外轮廓识别与分类

采用机器学习等方法进行服装外轮廓识别时, 量化方式主要表现在服装外轮廓的分类以及对服装长度等信息的判别输出; 通过服装数据集对服装的量化体现在标注了服装外轮廓等详细信息, 基于数据集可以训练神经网络^[29]实现对服装的判别量化。

服装外轮廓识别主要通过边缘检测、傅里叶描述子、深度学习网络提取外轮廓的形状特征信息。边缘

检测算法识别速度快, 但需与其他算法结合提高精度^[30-32]; 使用傅里叶描述子^[33-34]能高效识别服装款式外轮廓, 但在处理服装自然状态下的形变、颜色和纹理特征时存在局限性; 卷积神经网络(CNN)等深度学习架构能够学习图像中边缘、纹理、形状等特征^[35]。随着网络模型的不断优化, 对服装外轮廓识别的精度和准确率均得以提升^[36]; 此外, 基于改进的目标检测算法, 能够准确抓取服装面料的特征点, 从而获取铺展后面料的外轮廓参数^[37]; 图2展示了自动分析与识别模型的构建, 该模型能够自动完成服装内部结构及外轮廓信息的识别与输出^[38]。

数据集的构建对训练深度学习模型和服装外轮廓量化至关重要。针织裙模板库包含了针织裙廓形、图案和工艺方法, 该库实现了对针织裙的外轮廓量化, 并通过模块的排列组合提升了服装图像量化的可操作性、灵活性和效率^[39]。现有服装数据集多用于服装分类和属性识别, 在服装量化方面的应用研究仍需深入^[40]。

在服装外轮廓识别中利用图像检测、特征提取和深度学习网络等多种技术来提高识别性能, 可以应对不同款式的多样性和复杂性, 但需要大规模的数据集和不断优化模型才能取得最佳效果。此方法多用于服装分类、推荐、预测, 但通过量化服装外轮廓获得精准的尺寸数据需进一步研究。

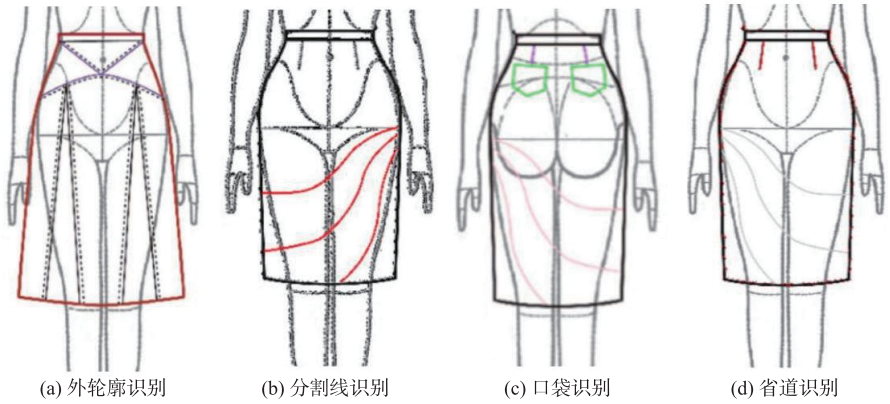


图 2 服装外轮廓及内部信息的识别

Fig. 2 Identification of garment contours and internal information

2.2 服装模型自动生成与分析

服装模型自动生成与分析是通过迁移网络和生成网络构建服装模型,实现对服装外轮廓具体的数字化描述或评估。主要包括两部分内容:①通过对图像中的服装进行模型重建,结合图像分割、像素计算等技术,分析服装尺寸等信息;②通过训练深度学习网络,预先对图像中的服装进行判别,推断尺寸和版型等信息,并结合人体模型控制服装参数,从而实现对服装外轮廓的量化。

融合图像生成技术、参数化人体模型以及面料参数信息,可以实现从二维服装到三维模型的重建,将服装迁移在不同人体体型上,并保留复杂的服装形状和纹理^[41]。YANG S 等^[42]通过对人体模

型关节节点的定位,实现对服装的重构,并采用参数约束、网格计算等方法解析服装尺寸等精细特征;CORONA E 等^[43]提出的 SMPLicit 服装生成模型,能使用几个可解释的参数控制服装结构和风格,但对于多层面料或存在身体遮挡的服装需进一步研究;SDF 网络将参数模型 PCA 编码与隐式函数结合,从单视图中重建出服装并通过不同维度的 PCA 参数控制服装尺寸^[44]。此外,通过网络模型能够预先判断服装外轮廓等信息,以推断出缝纫线结构,使二维服装结构能够交互式地映射到三维服装模型上^[45](见图 3)。这种方法为实现服装细节的量化或重建提供了有效途径,使得服装外轮廓、褶皱等特征能够在三维模型中得到准确呈现。

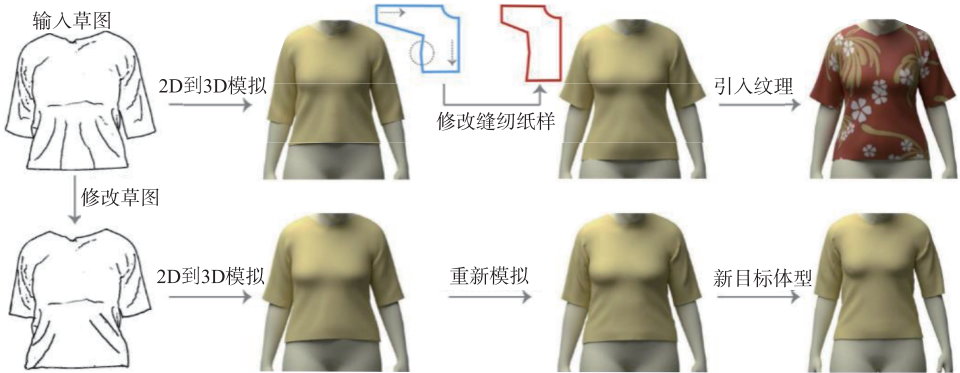


图 3 服装草图的结构判别与模型生成

Fig. 3 Structural discrimination and model generation of clothing sketches

通过解析服装平面图像,结合深度神经网络提取外轮廓并生成服装模型,可以不依赖人工经验,重建出具有复杂形状和纹理的服装^[46-47],并根据人体及面料参数推算出服装尺寸和版型等信息;但直接生成服装模型计算量大,需综合考虑人体姿势、面料的特性等参数,以部件化的方式快速构建三维服装模型,降低工作量的同时满足了服装款式的复杂性^[48-49]。在服装模型的构建中,准确把握外轮廓各部位参数,实现服装从二维到三维的交互式设

计,多应用于服装试衣、个性化定制及虚拟现实等领域。对于处理遮挡的服装款式,需要进一步研究和优化分割、缝线等细节问题。

3 结 语

基于特征参数识别和数学公式的量化方法可以提取制版所用基础数据以及对不同外轮廓进行分类,通常用于获取外轮廓的水平垂直尺寸,受参数数量等多重因素影响,在复杂款式的识别量化上

存在挑战;基于三维模型构建的外轮廓量化能够获取动态服装参数,实现纸样的输出,提供更丰富的围度尺寸信息。上述传统方法依赖于人工专业知识,而基于人工智能的方法可以摆脱此限制,提高量化准确性和效率,实现二维到三维的交互式设计,并综合考虑外轮廓的多种影响因素,在复杂款式的量化上更为有效。目前,对服装外轮廓量化的研究在廓形分类、个性化推荐、定制等领域应用成熟,对复杂款式的服装各部位数值精确的推理判断需进一步研究,且在实现服装设计制造的自动化、智能化方面还存在一定不足。基于现有研究基础,对服装外轮廓的量化未来可以从3方面展开研究:

1)服装二维图像与三维数据结合。利用计算机视觉、数据融合等技术,从二维图像中提取更多的三维信息,使图像包含更丰富的三维数据;有效利用轻量级的图像数据实现对服装外轮廓及内部结构的定量分析,从而降低研究的工作量和复杂性,提高准确性,并为服装设计、生产和定制提供更多可能性。

2)与服装款式及面料等多方面匹配。结合服装款式、结构、人体特征等知识分析不同款式服装外轮廓之间的共性特征及关联规律;同时考虑面料的力学性能,研究不同款式的服装外轮廓及内部结构特征和不同面料属性之间的关联;综合把握服装的影响参数,建立量化模型,实现对服装各部位数据的准确量化表达,从而更好地满足服装智能化量化的需求,提高量化准确性。

3)多模态数据融合与知识图谱构建。收集来自服装款式、结构、人体特征等多个数据源的相关数据,包括图像、文本描述、三维模型等,构建服装知识图谱关联数据库;结合深度学习和计算机视觉技术对服装进行智能解析推理,通过对服装外轮廓、内部结构线、面料纹理等多维信息的分析,量化表达服装特征。使量化过程的智能化和自动化程度不断提高,推动服装领域朝着更智能化、一体化的方向发展。

参考文献:

- [1] 谢波尔,肖立志. 女装轮廓造型对体形美感的修饰作用[J]. 服装学报, 2018, 3(5): 400-405.
XIE Boer, XIAO Lizhi. Modification effect of the contour shape of the women's dresses on the body-shape beauty [J]. Journal of Clothing Research, 2018, 3(5): 400-405. (in Chinese)
- [2] 傅白璐,李峻,刘晓刚. 基于人体分割的智能女装廓形尺寸数据库构建[J]. 纺织学报, 2018, 39(1): 119-

125.

FU Bailu, LI Jun, LIU Xiaogang. Smart database of women's clothing silhouette dimensions based on human body segmentation [J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(1): 119-125. (in Chinese)

- [3] 陶晨,段亚峰,印梅芬. 服装廓形的识别与量化[J]. 纺织学报, 2015, 36(5): 79-82.
TAO Chen, DUAN Yafeng, YIN Meifen. Identification and quantification of apparel silhouette [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(5): 79-82. (in Chinese)
- [4] 龙素乔. 针织面料的悬垂性和挺括性与服装造型的关系研究[D]. 北京:北京服装学院, 2019.
- [5] 丁敏敏. 服装衣领款式图数字化识别研究与实现[D]. 上海:东华大学, 2007.
- [6] AN L, LI W. Lapel pattern recognition in flat sketches based on lapel model[J]. Journal of Donghua University (English Edition), 2014, 31(4): 463-467.
- [7] 周幸子. 连衣裙款式图的识别和样板的自动生成研究[D]. 上海:东华大学, 2021: 28-46.
- [8] BABU V R, KARUNAMOORTHY B, ARUNRAJ A, et al. Measurement of garment dimension based on switching Median filter used in image processing [C]//The 8th Annual International Seminar on Trends in Science and Science Education. Medan: AIP Publishing, 2022: 2446 (1).
- [9] 董晨雪. 服装款式图像自动识别研究[D]. 上海:东华大学, 2013.
- [10] 李涛,杜磊,黄振华,等. 服装款式图识别与样板转换技术研究进展[J]. 纺织学报, 2020, 41(8): 145-151.
LI Tao, DU Lei, HUANG Zhenhua, et al. Review on pattern conversion technology based on garment flat recognition[J]. Journal of Textile Research, 2020, 41(8): 145-151. (in Chinese)
- [11] TAO C, ZHOU J, YIN M F. Silhouette identification for apparelled bodies [J]. Fibres and Textiles in Eastern Europe, 2016, 24(119): 119-124.
- [12] FU B L, LIU X G. An intelligent computational framework for the definition and identification of the womenswear silhouettes [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2019, 31(2): 158-180.
- [13] SHAH C, SHAH J, SHAIKH M, et al. Anthropometric measurement technology using 2D images [M]//Lecture Notes in Networks and Systems. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022: 127-142.
- [14] 李鹏飞,郑明智,景军锋. 基于机器视觉的服装尺寸在线测量系统[J]. 毛纺科技, 2017, 45(3): 42-47.
LI Pengfei, ZHENG Mingzhi, JING Junfeng. Measurement system of garment dimension based on Machine Vision[J]. Wool Textile Journal, 2017, 45(3): 42-47. (in Chinese)

- [15] GUO Y L, WANG H Y, HU Q Y, et al. Deep learning for 3D point clouds: a survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2021, 43(12): 4338-4364.
- [16] 陈郁, 陈璐, 方琦. 基于三维扫描人体的西裤纸样裆弯线修正[J]. 服装学报, 2022, 7(1): 1-5.
CHEN Yu, CHEN Lu, FANG Qi. Correction of pants pattern of crotch curve based on 3D body scan[J]. Journal of Clothing Research, 2022, 7(1): 1-5. (in Chinese)
- [17] PIETRONI N, DUMERY C, FALQUE R, et al. Computational pattern making from 3D garment models[J]. ACM Transactions on Graphics, 2022, 41(4): 1-14.
- [18] 张益洁, 李涛, 吕叶馨, 等. 服装松量设计及表征模型构建研究进展[J]. 纺织学报, 2021, 42(4): 184-190.
ZHANG Yijie, LI Tao, LYU Yexin, et al. Progress in garment ease design and its modeling methods[J]. Journal of Textile Research, 2021, 42(4): 184-190. (in Chinese)
- [19] LU Y C, CHA J H, YOUM S K, et al. Parametric shape estimation of human body under wide clothing[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2021, 23: 3657-3669.
- [20] 元菁, 申鸿. 基于四川省女青年腰腹臀体型特征的皮裤样板优化方案[J]. 皮革科学与工程, 2023, 33(6): 104-108.
HUANG Yuanjing, SHEN Hong. Optimization plan for leather pants template based on waist-abdomen-hip body shape characteristics of young women in Sichuan Province[J]. Leather Science and Engineering, 2023, 33(6): 104-108. (in Chinese)
- [21] NIWA M, NAKANISHI M, AYADA M, et al. Optimum silhouette design for Ladies' garments based on the mechanical properties of a fabric[J]. Textile Research Journal, 1998, 68(8): 578-588.
- [22] ZHANG J, INNAMI N, KIM K, et al. Upper garment 3D modeling for pattern making[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2015, 27(6): 852-869.
- [23] ZHANG Y J, MA L, GUO Z Y, et al. Personalized garment pattern generation based on space vector and distance ease[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2023, 35(5): 715-737.
- [24] BI H J, SUN Y, ZOU F Y, et al. Effect of waist ease distribution on aesthetic fit[J]. Textile Research Journal, 2022, 92(17/18): 3179-3192.
- [25] SAKATA Y, KIM K, TAKATERA M. Suitable ranges of ease allowance for appearance of women's shirts of fit and straight styles[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2021, 33(3): 448-464.
- [26] 黄雪纯, 刘成霞. 面料性能对 A 字裙动态造型的影响[J]. 丝绸, 2022, 59(3): 59-67.
- HUANG Xuechun, LIU Chengxia. Influence of fabric performance on the dynamic shape of A-line skirt[J]. Journal of Silk, 2022, 59(3): 59-67. (in Chinese)
- [27] 陈丽丽, 刘成霞. 面料及运动速度对连衣裙三围形态的影响[J]. 纺织学报, 2020, 41(4): 135-141.
CHEN Lili, LIU Chengxia. Effect of fabrics and moving speed on bustline, waistline and hipline shapes of one-piece dresses[J]. Journal of Textile Research, 2020, 41(4): 135-141. (in Chinese)
- [28] 施明娟, 刘成霞. 基于面料性能的 A 字裙截面廓形分析及预测[J]. 染整技术, 2023, 45(3): 51-57.
SHI Mingjuan, LIU Chengxia. Analysis and prediction of A-line skirt cross-sectional silhouette based on fabric performance[J]. Textile Dyeing and Finishing Journal, 2023, 45(3): 51-57. (in Chinese)
- [29] 程永胜, 徐骁琪. 基于 BP 神经网络的游艇造型意象量化模型研究[J]. 家具与室内装饰, 2022, 29(7): 74-79.
CHENG Yongsheng, XU Xiaoqi. Research on the quantification model of yacht modeling image based on BP neural network[J]. Furniture and Interior Design, 2022, 29(7): 74-79. (in Chinese)
- [30] 庾武, 王晓玉, 高雅昆, 等. 基于改进边缘检测算法的服装款式识别[J]. 纺织学报, 2021, 42(10): 157-162.
TUO Wu, WANG Xiaoyu, GAO Yakun, et al. Clothing style identification based on improved edge detection algorithm[J]. Journal of Textile Research, 2021, 42(10): 157-162. (in Chinese)
- [31] 庄立锋, 林俊文. 基于改进 Canny 算法的服装款式结构特征识别与分类[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(5): 264-268, 301.
ZHUANG Lifeng, LIN Junwen. Recognition and classification of garment style structural features based on improved canny algorithms[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2020, 39(5): 264-268, 301. (in Chinese)
- [32] 安立新. 服装款式图提取及其模式识别的研究[D]. 上海: 东华大学, 2015.
- [33] 李东, 万贤福, 汪军. 采用傅里叶描述子和支持向量机的服装款式识别方法[J]. 纺织学报, 2017, 38(5): 122-127.
LI Dong, WAN Xianfu, WANG Jun. Clothing style recognition approach using Fourier descriptors and support vector machines[J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(5): 122-127. (in Chinese)
- [34] 张飞宇, 兰扬, 朱伟, 等. 基于图卷积网络的儿童坐姿检测学习桌椅设计方法研究[J]. 家具与室内装饰, 2024, 31(1): 96-100.

ZHANG Feiyu, LAN Yang, ZHU Wei, et al. Research on the design method of childrens sitting posture detection study table and chair based on graph convolutional network [J]. Furniture & Interior Design, 2024, 31 (1): 96-100. (in Chinese)

[35] 郑雨婷, 王成群, 陈亮亮, 等. 基于卷积神经网络的织物图像识别方法研究进展[J]. 现代纺织技术, 2022, 30(5): 1-11, 20.

ZHENG Yuting, WANG Chengqun, CHEN Liangliang, et al. Research progress of fabric image processing methods based on convolutional neural network [J]. Advanced Textile Technology, 2022, 30 (5): 1-11, 20. (in Chinese)

[36] 庾武, 刘永亮, 高雅昆, 等. 基于改进 Resnet34 的服装款式图廓形识别 [J]. 毛纺科技, 2023, 51 (6): 95-102.

TUO Wu, LIU Yongliang, GAO Yakun, et al. Garment pattern profile recognition based on improved Resnet34 [J]. Wool Textile Journal, 2023, 51 (6): 95-102. (in Chinese)

[37] 金光, 任工昌, 桓源, 等. 基于改进 YOLOv5 的皮革抓取点识别及定位 [J]. 皮革科学与工程, 2024, 34 (1): 32-40.

JIN Guang, REN Gongchang, HUAN Yuan, et al. Leather grab point identification and positioning based on improved YOLOv5 [J]. Leather Science and Engineering, 2024, 34 (1): 32-40.

[38] LYU K, YAN H Z. Identification method of dress pattern drawing based on machine vision algorithm [C]//2022 3rd International Conference on Computer Vision, Image and Deep Learning and International Conference on Computer Engineering and Applications . Changchun: IEEE, 2022: 76-79.

[39] WANG J P, SHEN D Y, YAO X F, et al. Establishment and application of Whole Garment Knitted Skirt Template Library combining design and technology [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2022, 34 (5): 745-763.

[40] GE Y Y, ZHANG R M, WANG X G, et al. Deep Fashion2: a versatile benchmark for detection, pose estimation, segmentation and re-identification of clothing images [C]//2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Long Beach: IEEE, 2019: 5332-5340.

[41] SHAH C, SHAH J, SHAIKH M, et al. Anthropometric measurement technology using 2D images [M]//Lecture Notes in Networks and Systems. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022: 127-142.

[42] YANG S, AMBERT T, PAN Z, et al. Detailed Garment Recovery from a Single-View Image [J]. ACM Transactions on Graphics, 2009, 28 (4): 106.

[43] CORONA E, PUMAROLA A, ALENYA G, et al. SMPlicit: topology-aware generative model for clothed people [C]//2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Nashville: IEEE, 2021: 11875-11885.

[44] CHEN L, YANG J, FU H B, et al. ImplicitPCA: Implicitly-proxied parametric encoding for collision-aware garment reconstruction [J]. Graphical Models, 2023, 129: 101195.

[45] WANG T Y, CEYLAN D, POPOVIC J, et al. Learning a shared shape space for multimodal garment design [J]. ACM Transactions on Graphics, 2018, 37 (6): 1-13.

[46] 孙选铭, 苏森. 基于深度学习的丝绸文物纹样识别应用 [J]. 丝绸, 2023, 60 (8): 1-10.

SUN Xuanming, SU Miao. Application of silk cultural relic pattern recognition based on deep learning [J]. Journal of Silk, 2023, 60 (8): 1-10. (in Chinese)

[47] 许栋樑, 任珊, 杨建红. 基于扎根理论的绕家服饰纹样的系统性识别与文化蕴意研究 [J]. 丝绸, 2023, 60 (7): 116-123.

XU Dongliang, REN Shan, YANG Jianhong. Systematic identification and cultural implication research on Raojia costume patterns based on grounded theory [J]. Journal of Silk, 2023, 60 (7): 116-123. (in Chinese)

[48] 刘骊, 付晓东, 王若梅, 等. 部件化构建的三维服装快速编辑方法 [J]. 图学学报, 2016, 37 (2): 206-213.

LIU Li, FU Xiaodong, WANG Ruomei, et al. An efficient mesh editing for component-based 3D garment generation [J]. Journal of Graphics, 2016, 37 (2): 206-213. (in Chinese)

[49] 彭周艳, 马玲, 苏慧敏, 等. 基于 SAM 模型的西装领设计尺寸测量方法 [J/OL]. 现代纺织技术, 1-8 [2024-08-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1249.TS.20240620.1259.002.html>.

(责任编辑: 卢杰)