

【院士专栏：中华文化数字化创新设计研究新范式】

## 传统服饰纹样生成设计研究

张帆<sup>1</sup>, 苏艺<sup>1</sup>, 崔强<sup>2</sup>, 王涛<sup>1</sup>

(1.北京服装学院, 北京 100029; 2.清华大学, 北京 100091)

**摘要:** **目的** 服饰是我国文化创新的主要领域, 也是展示文化的主要途径。通过二维服饰传统纹样向三维实体首饰及穿戴产品的转化生成, 突破以往服饰纹样在平面维度生成、衍生的局限性。**方法** 基于边缘检测等图像学技术结合人工描摹, 实现二维传统服饰纹样图像的抽象化提取; 运用人工神经网络的机器学习算法与图形学算法, 训练一个传统纹样轮廓线的自动生形模型, 生成三维首饰形态, 并由服饰纹样二维图像生成三维参数化肌理。**结果** 以传统服饰吉祥纹样为例, 形成纹样素材库, 在此基础上, 实现平面纹样提取、三维形体转化、三维肌理转化、肌理向形体映射的生成设计路径, 通过应用软件系统的设计实践验证其可行性。**结论** 建立传统服饰文化元素的现代服饰产品形态转化及个性化定制路径, 解决传统文化与现代消费、现代产业之间的割裂问题, 从现代增材制造工艺、材料、理念等方面促进服饰产业的结构优化与转变, 为其注入新的力量, 对民族服饰文化的保护和传承具有重要的价值和意义。**关键词:** 生成设计; 传统服饰纹样; 神经网络; 参数化设计; Grasshopper  
**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)04-0001-08  
**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.04.001

### Generation Design of Traditional Costume Pattern

ZHANG Fan<sup>1</sup>, SU Yi<sup>1</sup>, CUI Qiang<sup>2</sup>, WANG Tao<sup>1</sup>

(1.Beijing Institute of Fashion Technology, Beijing 100029, China;  
2.Tsinghua University, Beijing 100091, China)

**ABSTRACT:** Costume is the main field of China's culture innovation and the main way of showing culture. The work aims to break through the limitations of the generation and derivation of previous clothing patterns in plane dimensions through the transformation and generation of two-dimensional traditional clothing patterns into three-dimensional solid jewelry and products. Based on image technology such as edge detection and manual tracing, abstract extraction of two-dimensional traditional clothing pattern images was realized. ANN machine learning algorithm and computer graphics algorithm were used to train a traditional contour automatic shaper to generate three-dimensional jewelry shape to generate three-dimensional parametric texture from two-dimensional image of clothing patterns. Taking traditional auspicious patterns of clothing as an example, a pattern material library was formed. On this basis, the design path of plane pattern extraction, three-dimensional shape transformation, three-dimensional texture transformation, texture to mapping shape generation and design was realized. Its feasibility was verified through the practice of design application software system. Establishing the transformation and personalized customization path of modern clothing products with traditional clothing cultural elements, solving the separation between traditional culture and modern consumption and modern industry, promoting the structure optimization and transformation of the clothing industry from the aspects of modern additive manufacturing process, materials and concepts, and injecting new strength into it are of great value and significance to the protection and inheritance of national costume culture.

**KEY WORDS:** design generation; traditional costume pattern; neural network; parametric design; Grasshopper

收稿日期: 2022-10-31

基金项目: 北京市教委科技面上项目 (KM202110012002); 北京服装学院高层次人才项目 (NHFZ20220078)

作者简介: 张帆 (1985—), 女, 博士, 讲师, 主要研究方向为数字化艺术设计。

通信作者: 苏艺 (1990—), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为工业设计。

服饰纹样记录并传承了不同民族、地区的历史变化、生活习俗、工艺特点和人文风貌,凝结了中华优秀传统文化的精髓。传统服饰纹样的传承与创新设计被广泛关注,特别是在人工智能技术颠覆生产方式的大背景下,传统服饰纹样和工艺等非物质文化遗产的保护,呈现出数字化和智能化的特点。从学术和产业角度来看,服饰纹样的计算机辅助设计研究主要集中在识别分析与生成设计等方面<sup>[1]</sup>。其中,生成设计是一种设计者通过自定义约束参数条件,由计算机程序自动进行设计生成和计算设计的方法,能够辅助设计师完成一些颠覆常规建模思路的复杂造型,增强设计师的创造力与表现力<sup>[2]</sup>。目前,大多数研究和设计师对传统服饰纹样进行了二次生成设计,主要包含利用分型技术对传统服饰纹样进行计算机模拟生成,通过形状文法和其他分析手段对传统服饰纹样进行衍生设计,对其相应的生成界面交互进行设计研究等。但主要存在于平面范围内的演化、变异,少有能突破平面的限定,实现二维到三维的生成设计。

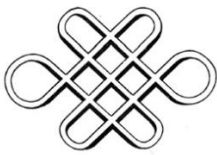
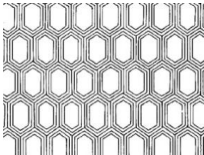
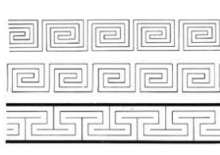
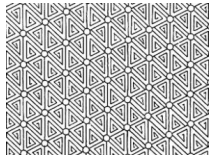


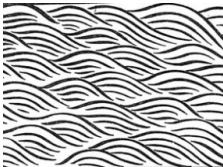

本研究聚焦计算机辅助技术对民族文化产品的创新设计路径研究,目的是提高民族文化产品在研究、设计、转化等方面的效率和效度,实现民族文化创意产品“智能+”,试探性地提出纹样在二维空间生成方面的方法和思路,从而进行二维向三维转化的研究,建立传统纹样与现代服饰产品设计、制造相融合的路径,包括基于图像学技术的纹样提取及要素数据库建设;基于人工智能算法的二维纹样转三维形态及肌理的

生成技术及方法研究,并进行以吉祥纹样为例的生成设计应用。本研究期望通过建构先进技术与传统服饰文化之间的联系,弥合文化要素和产品创新要素的分歧,实现现代服饰产品的民族文化价值和审美价值。

## 1 传统服饰图案生成设计研究现状

传统服饰纹样属于中国传统纹样体系,在传统的器物和建筑上也会运用这些纹样进行装饰。纹样本身是具有共通性的,只不过在不同的应用场景中会进行变化和衍生。比如清代瓷器的番莲纹也会同样出现在清代的织锦作品中。明代家具的装饰云纹也会出现在服饰纹样中<sup>[3]</sup>。一些经典的纹样甚至可以跨越各种历史朝代一直保留和延续下来。这些精美的中国传统服饰纹样的史料非常丰富,通过文物、书画作品等方式被保留下来。这些珍贵的历史素材为服饰纹样的生成设计提供了大量的素材库。由中国美术大辞典的记载可知,在服饰纹样中较多的表现形式为:几何纹样、动物纹样和植物纹样。这些纹样都存在着抽象、规范和写实等不同的表现方式。如传统服饰吉祥纹样中的几何纹样:古钱套、龟背纹、水竹纹、盘长纹、回纹、吉星锦等,自然形态纹样:慈祥云、石榴纹、水波纹、绣球、鱼鳞纹等<sup>[4]</sup>,部分示例见表1。传统纹样造型和构图同样蕴含着有序的形式规则、严密的数理特征,符合现代参数化设计理念,具备纹样通过数理方法进行变形、衍生的条件。

表1 服饰传统吉祥纹样  
Tab.1 Traditional costume auspicious patterns

类型	图例			
几何纹样	 盘长纹	 龟背纹	 回纹	 吉星锦
自然纹样	 石榴纹	 祥云锦	 水波纹	 柿蒂纹

传统服饰纹样的创新设计方式呈现多元化趋势,尤其是围绕知识图谱、虚拟展示的研究层出不穷。在纹样因子提取与知识图谱研究等方面,宋小微等<sup>[5]</sup>运用形状文法进行了服饰文化因子的提取,根据文化因子的特性构建了完整的图谱,通过感性工学实验判定了用户感知较强的设计元素,并将这些设计元素进行了现代文创产品设计的应用;韩海燕等<sup>[6]</sup>构建了服饰文化知识图谱并通过知识可视化所包含的知识层、结

构层、视觉层和用户层要素展开可视化设计;除此以外,数字化平台数据库及展示也受到广泛关注,例如黄清穗通过数字化手段,把传统服饰和织绣品中的图案转化成矢量图,并进行分类整理上传到云端,做成了线上博物馆,为其他研究学者和设计师提供了很好的参考。

随着计算机图形图像学技术、深度学习技术的发展,服饰图案(纹样)的人工智能设计取得了诸多进

展, 主要包括智能分类与智能生成。在智能分类方面, 孔谦等<sup>[7]</sup>大量收集瑶族服饰、织锦纹样并制作成数据集, 基于 Faster R-CNN 和 CNN 算法对纹样进行定位和细化分类, 并应用于新媒体传播领域, 解决人工进行传统纹样分类时烦琐和耗时的痛点。服饰智能生成主要聚焦在要素构图、风格生成等方面上。池宁骏等<sup>[8]</sup>通过现代函数曲线规则和曲线控制点的坐标参数进行传统纹样规则的重构, 完成了空间排列和参数变化调整的演变, 对传统纹样进行了结构衍生设计; 蔡兴泉等<sup>[9]</sup>提出基于神经网络的手绘服饰图纹上色及风格迁移方法, 生成对抗网络模型以实现线稿图像上色, 构建卷积神经网络模型并结合 Gram 矩阵计算风格图的风格特征, 输出服饰迁移图像。基于以上对计算机辅助技术在服饰纹样设计中的应用研究可见, 传统服饰纹样的智能设计主要集中在平面范畴。

## 2 三维生成技术研究

生成式设计 (Generative Design) 是基于计算机程序的科学性艺术创作手段, 旨在将设计师的设计目标转化为计算机上可执行的具有基因性质的编码, 形成数学模型, 在基因编码不断演化的过程中求解并优化, 最终生成设计解决方案<sup>[10]</sup>。其特征为: 建立在数字化制造条件下、基于协议与规则、创建新的设计过程, 以及用户深度参与产品生成过程。一些学者将参数化设计、遗传算法、形状语法、L 系统、分形、Voronoi 图等方法纳入生成式设计的范畴<sup>[11-13]</sup>。从二维转向三维的生成研究主要围绕生成技术和生成机制展开。

图像的轮廓提取、元素的变形及组合作为二维图像生成三维图形的预处理手段, 能使传统纹样的图像转化为可被识别的素材。图像中的边缘是不同区域的分界线, 是周围 (局部) 灰度值有显著变化的像素点的集合, 有幅值与方向两个属性。在图像处理与计算机视觉设计中, 边缘检测法是非常重要的图像分析方法。Sun 等<sup>[14]</sup>研究了传统剪纸图案轮廓提取与矢量化算法, 在轮廓提取时, 算法采用灰度、二进制、边缘检测方法, 在矢量化方面, 提取图形轮廓的控制点和分段曲线; Zhou 等<sup>[15]</sup>基于 OpenCV、GrabCut 算法、c++ 编程, 对海南黎锦图案进行了分割、去噪、平滑处理及基因生成研究。一些学者在传统纹样轮廓提取的基础上, 进行了生成衍生设计, 如 Wei 等<sup>[16]</sup>建立了 ASP.NET 陶瓷图案设计系统, 包括图形元素数据库, 以及基于图形旋转角度、大小、位置等生成规则的智能生成设计模式, 并通过分形理论研究了陶瓷生成体系特点, 以应用于产品设计中。

主流的三维生成设计方法主要分为 CAD 参数化生成、人工智能数据驱动生成、进化计算生成等<sup>[10,17-18]</sup>。部分学者从构成、版型等方面进行了 CAD 参数化技术应用于服饰生成的探索。殷晓晨等<sup>[19]</sup>基于构型原理, 建立了连缀式四方连续纹样的参数化设计数学函

数模型, 采用 Grasshopper 图形学算法构建了纹样肌理韵律的设计系统; 王迪等利用 Grasshopper 插件, 使二维图形转换为 Voronoi 图形, 并改变生成点集, 基于 Morph to Surface 程序, 将 Voronoi 图形映射到三维服装模型上, 建立了适应人体模型曲率的服装形态; Alejandra 等<sup>[20]</sup>基于遗传算法的进化计算、Grasshopper 的 CAD 系统、进化计算与 Grasshopper 的结合三种生成方法, 进行了消费品定制化生成设计。人工智能方法已逐渐应用于设计生成领域, 尤其是神经网络机器学习算法。机器学习作为一种决策工具, 将控制因素和输出结果作为训练数据, 计算输入和输出之间的映射关系, 表现为多个神经元和一个神经网络构成的输入、输出之间的关系计算。主要应用在建筑、产品设计 3D 特征分类、生成三维模型的算法等方面, 包括卷积神经网络 (CNN)、生成对抗网络 (GAN)、人工神经网络 (ANN)。这些系统相较于以往的研究, 具有更强的通用性。如高峰等<sup>[21]</sup>通过机器学习, 构建了座椅训练数据集, 进行了人工智能辅助的座椅形态生成设计实践。

## 3 服饰纹样生成设计思路

计算机科学家安东·博格达诺维奇曾针对文化保护提出“3I 模型”: 沉浸式 (Immersive)、智能化 (Intelligent) 和交互式 (Interactive)。为实现传统服饰文化“智能+”的现代产品设计开发, 解决传统服饰纹样生成流程设计、生成技术研究、生成界面交互等方面的问题, 基于二维图像转化为三维形态的目标导向, 参照“3I 模型”, 将服饰纹样的设计生成路径分为三个层面, 见图 1。

### 3.1 服饰纹样特征分析及输入层面

服饰纹样的原始图像为二维彩色图稿, 要想运用生成技术将其转化为三维, 首先要转化为计算机可识别的图像格式: 一方面, 使用 Photoshop 工具进行预处理, 裁剪出原始图像中的有效区域; 另一方面, 利用计算机图像学算法进行图像的灰度处理、二值化处理、边缘检测, 最终形成可用于生成的黑白色图像, 具有清晰、单一、均衡等特征。

### 3.2 二维图案向三维立体转化层面

1) 基于机器学习模型训练的二维图像生成三维形态的路径及方法。将简化处理为轮廓线的传统纹样图像构建为数据集; 将纹样原始数据输入神经网络模型进行训练, 调整神经网络的构建参数 (隐藏层数、输入训练数据集、输出训练数据集、输入轮廓), 得到多样化的生成结果; 基于训练的机器学习模型, 用户输入形态, 输出纹样风格形态, 并以此为截面用放样的方法自动创建立体首饰形态, 实现不同风格首饰形态的生成。

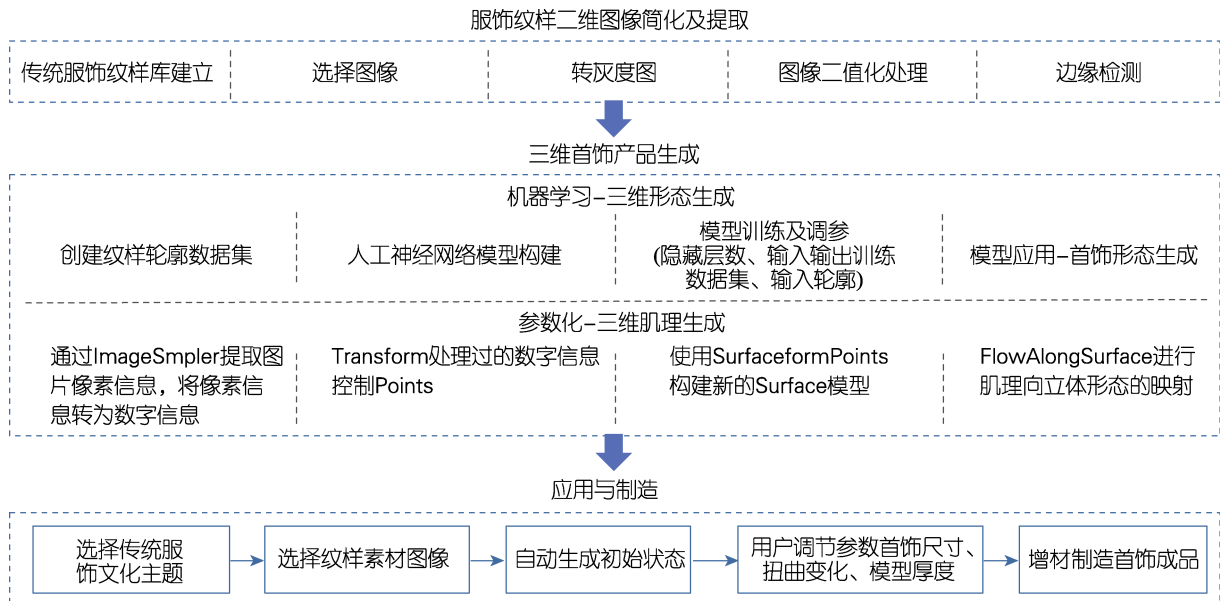


图1 传统服饰纹样三维生成设计框架

Fig.1 3D generation design framework of traditional costume patterns

2) 基于参数化的二维图像生成三维肌理的路径及方法。在传统服饰纹样图像经过算法自动抽象提取后,利用Grasshopper插件的特点,对图像进行像素信息提取并转化为数字信息,构建带有高度变化的点阵并构建曲面模型,根据离散点集构建具有仿生细胞结构的泰森多边形,形成立体的肌理;进一步使用Grasshopper中的FlowAlongSurface将肌理映射到神经网络生成的三维首饰模型上。

### 3.3 交互系统应用及用户创作界面




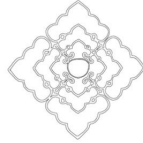
设计师或用户与生成的三维首饰进行交互时,可以选取纹样主题、纹样素材以及三维的立体服饰模型,自动生成具有传统纹样特征参数化的三维服饰,对实体首饰模型进行厚度、尺寸、曲度等方面的参数调节,并导出模型进行金属、树脂、尼龙等材料的3D打印。交互系统还可以得到扩充、延展,一方面不断扩充传统服饰纹样素材图,对应朝代、风格、题材等主题;不断扩充三维模型的类别、样式,满足用户千人千面的定制需求,最终应用于更多的产品领域中。

## 4 以吉祥纹样为例的三维形态生成

### 4.1 图案抽象提取

建立用于三维转化的传统服饰纹样素材图库,将二维图像存入素材库,并进行图像处理。由于原始服饰纹样的图像是彩色的,可以快速计算出像素的灰度值,将彩色图像转灰度图,然后通过最大类平方误差法-Otsu算法确定阈值得到二值化图像,再使用Sobel边缘检测算法提取轮廓线,结合人工优化,对图案进行预处理,见表2。

表2 传统服饰纹样图像抽象提取示例  
Tab.2 Example of traditional costume pattern  
image simplification and extraction

纹样原图	灰度处理	轮廓提取 (边缘检测)	人工优化
			

#### 4.1.1 彩色图像的灰度处理

扫描的图案通常是彩色图像,每一个彩色图像的像素由 $R$ 、 $G$ 、 $B$ 三种颜色分量决定,因此,一个像素点可以有 $256 \times 256 \times 256$ 个变化色。灰色图像是 $R$ 、 $G$ 、 $B$ 三个分量相同的特殊彩色图像,一个像素点的变化范围为 $0 \sim 256$ 。算法将彩色图像转换为灰色图像,灰色图像只包含亮度信息、不包含色相信息。 $Y$ 为像素的灰度值, $R$ 、 $G$ 、 $B$ 分别代表红、绿、蓝三种颜色。灰度转化公式如下:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

#### 4.1.2 图像二值化处理

为了对图像进行分割,使用Otsu算法(最大类平方误差法)对灰色图像进行阈值处理。其原理是,计算图像的每一个像素点与一个固定值之间的灰度值差值,然后比较差值并对结果进行分类(大于0或小于0)。然后计算像素数、平均灰度和簇间方差。最后,二值化阈值由所有簇间方差中的最大灰度值表示,其中 $n_1(i)$ 表示差值小于0的像素个数, $n_2(i)$ 表示差值大于0的像素个数,设值为 $i$ 。 $v_1(i)$ 、 $v_2(i)$ 分别表示两种平均灰度值,公式如下:

$$w(i) = n_1(i)n_2(i)[v_1(i) - v_2(i)]^2 \quad (2)$$

### 4.1.3 轮廓提取 (边缘检测)

图像边缘检测是一种以图像中亮度变化强烈的像素点构成集合为检测目标的方法。边缘是否可以被准确地测量和定位, 决定了物体的直径、大小和形状是否可以被测量和定位。图像边缘检测主要有如下四步: 第一步, 图像滤波, 通过滤波器对图像噪声进行抑制; 第二步, 图像增强, 相邻位置或局部像素点强度值有明显变化, 进行突出增强, 主要通过计算梯度的幅值来实现; 第三步, 图像检测, 主要靠梯度幅值来实现边缘检测; 第四步, 图像定位, 核心是确定图像边缘位置, 可以通过算法来识别图像灰度变化梯度。

一阶微分边缘算子 Sobel, 是一种将方向差分运算与局部平均相结合的方法, 具有平滑抑制噪声的优势, 以及检测边缘较粗的特点。该算子将图像中某像素的上下左右像素领域灰度值进行加权差, 在边缘处达到极值, 通过以  $f(x,y)$  为中心的  $3 \times 3$  邻域计算  $x$  和  $y$  方向的偏导数得出卷积, 公式如下:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ -2 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$M$  表示图像,  $T$  表示梯度幅值, 如果最终  $T$  大于阈值  $threshold$ , 那么该点为边缘点:

$$T = (M \otimes G_x)^2 + (M \otimes G_y)^2 > threshold \quad (4)$$

## 4.2 基于人工神经网络的首饰形态生成

人工神经网络 (Artificial Neural Network, ANN) 是借助数学和物理建模, 模拟生物神经系统中的神经元组成的一种简化计算模型, 主要用于映射向量到向量的机器学习研究。输入层代表树突, 接收外部输入的数据特征向量; 输出层代表突触, 产出最终的预测值; 隐含层介于输入层与输出层之间, 可将输入层的数据进行计算与转换, 并传递给输出层。当输入特征数据和输出设计结果至神经网络时, 程序通过反馈训练过程来优化神经网络中的参数, 根据最终确定的神经网络, 用户可以输入一组新的特征数据, 并获得输出的设计结果。

基于已建成的传统服饰纹样图像的轮廓线数据集, 以柿蒂纹为例, 使用人工神经网络 (ANN) 训练一个生成模型, 生成多特征结合的首饰立体形态设计方案:

1) 构建数据集。提供纹样轮廓数据用于神经网络模型训练; 利用 Rhino-Grasshopper 平台将纹样轮廓缩放到固定尺寸的方框中, 进行纹样尺寸标准化处理; 在数据样本量较少时, 采用纹样角度旋转多次的方法进行数据增强; 将每一组标准化的纹样转化为一组控制点 (本案例共 20 个控制点), 提取所有控制点的  $x, y$  数字坐标, 使之可以被用于机器学习, 见图 2。

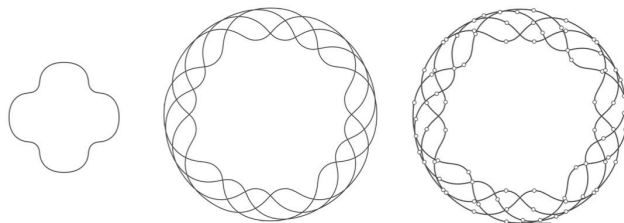


图 2 纹样轮廓构建数据集——以柿蒂纹为例  
Fig.2 Pattern contour construction data set—a case study of persimmon pedicle patterns

2) 构建神经网络。以纹样轮廓为输入数据, 以同类型纹样轮廓为输出数据, 构建输入层的 2 个神经元  $x, y$ , 1 个隐藏层包含 10 个神经元以及输出层 2 个神经元  $o(x), o(y)$  组成的神经网络, 采用神经元全连接的方式, 使用 sigmoid 激活函数, 见图 3。每个神经元用函数  $f(wa+b)$  得到最后的输出,  $a$  代表轮廓线控制点的坐标  $x, y$ , 公式如下:

$$O = f(w_1x + w_2y + b) \quad (5)$$

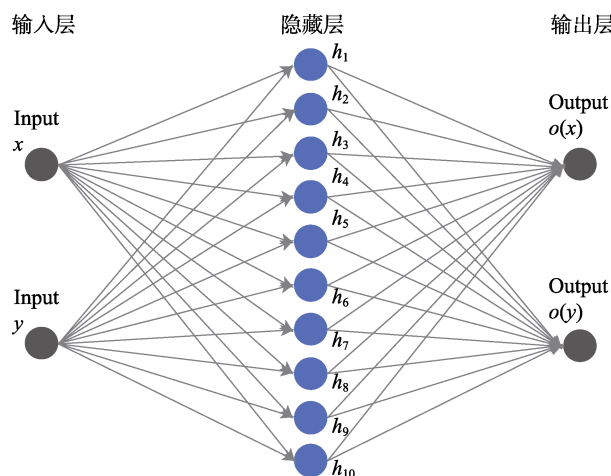


图 3 人工神经网络 (ANN) 模型  
Fig.3 Model of artificial neural network (ANN)

3) 三维形态生成。用户输入任意图形, 已训练的生成模型自动输出柿蒂纹样风格形态, 经过 Grasshopper 程序自动放样 (loft) 生成三维首饰形态, 生成系统包括训练阶段已训练完成的模型参数, 以及生形阶段的用户输入和输出结果, 见图 4。生形后, 在 Grasshopper 程序中设定放样高度、形态壁厚, 以调整、优化首饰形态, 见图 5。

## 4.3 基于 Voronoi 泰森多边形的三维肌理生成

泰森多边形又称 Voronoi 图, 由美国气候学家 A·H·Thiessen 提出, 是一组由连接两个相邻点的线段垂直平分线组成的连续多边形, 在空间剖分上具有等分特征。多边形的构建分为 Delaunay 三角网格构建、三角网格外接圆心连线两个步骤。泰森多边形被广泛应用于建筑、产品等的参数化形态设计中, 泰森多边形具有三角网格数学特征, 可以用于服饰纹样图像的网格图形构建, 并生成三维肌理。

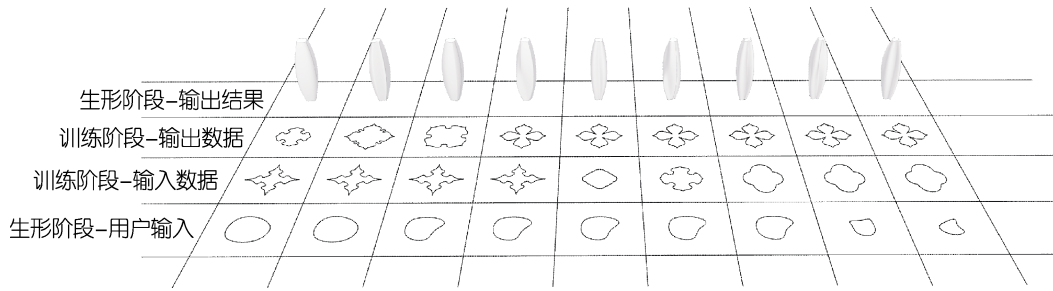


图4 立体形态生成结果——以柿蒂纹为例

Fig.4 Result of 3D shape generation-a case study of persimmon pedicle patterns

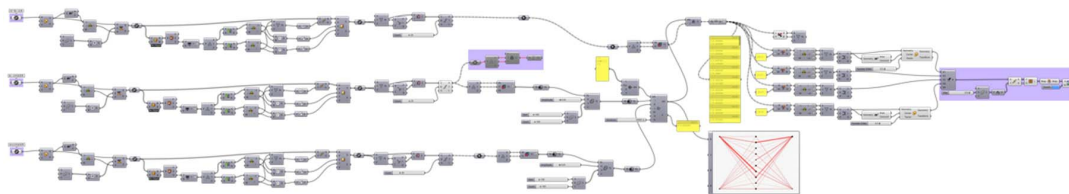


图5 基于Grasshopper的人工神经网络(ANN)生成算法

Fig.5 Artificial neural network (ANN) generation algorithm based on Grasshopper

利用 Grasshopper 插件的特点,对服饰纹样进行像素信息提取并转化为数字信息,构建带有高度变化的点阵并构建曲面模型,由离散点集构建具有仿生细胞结构的泰森多边形,形成立体的肌理:将经过自动抽象提取的纹理图片导入 Grasshopper;通过 Image Sampler 提取图片像素信息,将像素信息转化为数字信息(将像素的明度转换为 z 值高度);提取像素中心点,构建 Points 点阵,通过 Transform 命令将像素对应的 Points 点阵按像素明度映射的 z 值高度进行移

动(像素越黑,对应点的位置越高);得到带有 z 轴高度变化的点阵 Points,依据点阵使用 Surface form Points 构建 Surface 曲面模型;在 Surface 曲面模型上按各区域的 z 值散布一定数量的离散点, z 值越大,区域点的数量越多;按照离散点的分布构建泰森多边形图案(Voronoi),将传统纹样与现代设计纹理相结合,设定点的数值范围,滑动 NumberSlider 产生图案的变化。以云纹为例,肌理形成过程见图 6, Grasshopper 程序见图 7。

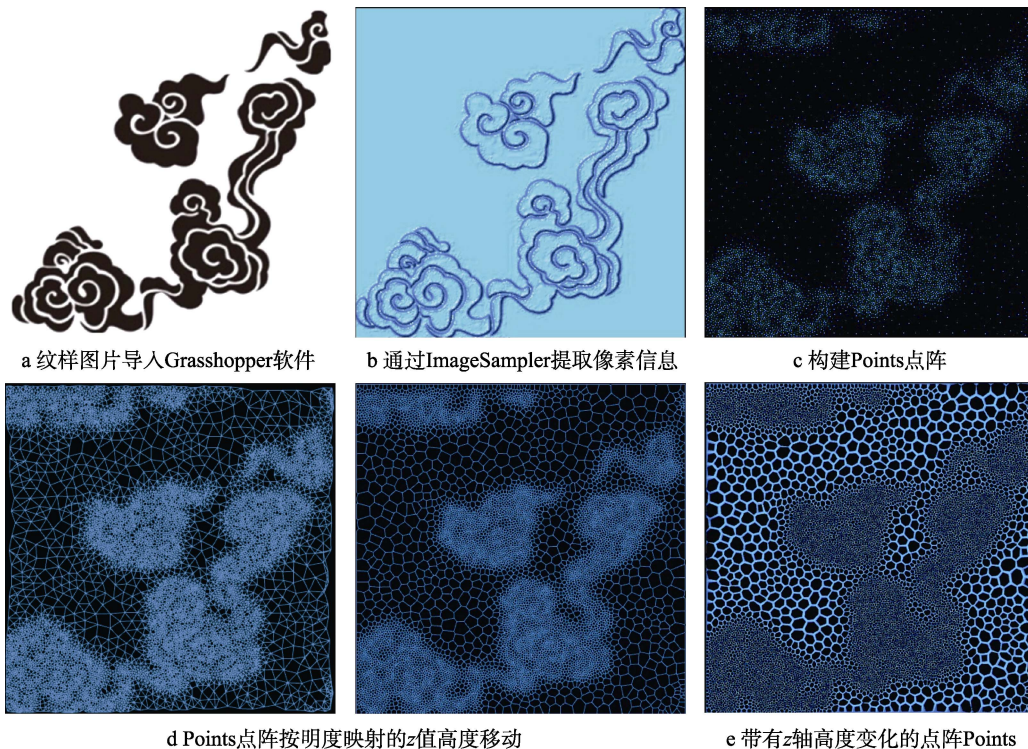


图6 二维图像生成三维肌理路径  
Fig.6 Paths of images generating 3D texture

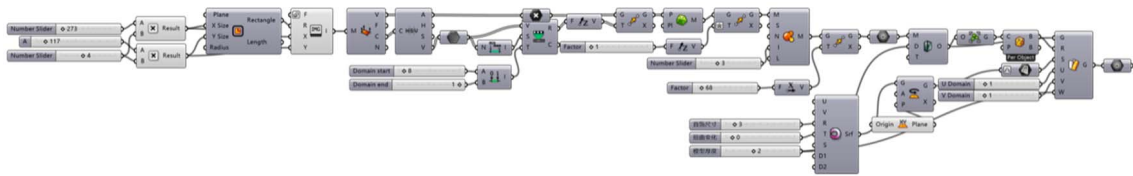


图 7 基于 Grasshopper 的纹样平面图像生成三维肌理算法  
Fig.7 3D texture generation algorithm based on Grasshopper pattern plane image

基于 ANN 神经网络建立纹样轮廓特征的服饰产品三维形态模型库, 如项链、耳环、手镯等立体形态, 基于参数化算法实现三维肌理向立体形态的映射。使用 Grasshopper 中的 FlowAlongSurface 将 2.5D 泰森多边形纹理流动到 3D 的首饰模型上, 对泰森多边形纹理进行加厚, 生成可 3D 打印加工的三维实体首饰模型: 一方面, 将曲线分组进行偏移, 然后放样得到曲面, 通过拉伸、旋转、扭曲等方法将曲面生成实体造型; 另一方面, 将参数化三维纹样映射到目标对象的立体形态上, 形成具备参数化肌理的表皮后, 导入需要附着肌理的立体表面, 使用 FlowAlongSurface 命令, 将表皮拉伸到一定厚度形成一个实体, 建立它的边界立方体 (BoundingBox); 使用 Transform 中的 FlowAlongSurface, 选择包覆物、基准面、目标表面等, 见图 8。

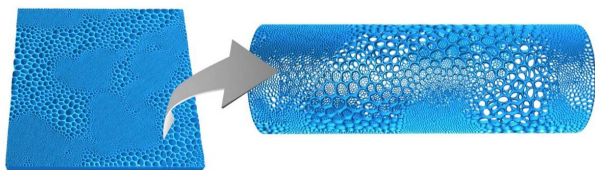


图 8 FlowAlongSurface 肌理向立体模型映射  
Fig.8 Texture mapping to 3D model based on FlowAlongSurface

### 5 传统纹样三维生成在首饰产品设计中的应用

根据以上设计生成路径及技术, 进行具体应用的实验与验证。以传统服饰吉祥纹样为例, 开发传统服饰纹样的三维生成软件。该软件分为传统服饰纹样数据库、基于图像学算法及 Grasshopper 算法的生成程序、前端交互界面等部分。通过简单的引导, 用户可以通过选择图案、智能生成、调节参数等步骤在交互系统上完成一款饰品的定制。

首先, 用户选择传统服饰纹样主题, 以柿蒂纹为例, “生成算法” 将素材图进行三维形态化处理, 产出多种柿蒂纹吊坠抽象立体形态; 其次, 根据系统的引导, 用户选择生成肌理的传统服饰素材图, 以云纹为例, 系统进行图像抽象处理, 进而形成三维肌理, 并匹配到基于柿蒂纹生成的吊坠模型上, 产生独一无二的配饰造型; 最后, 用户可以自定义数据进行设计参数调整, 包括模型的尺寸、扭曲、厚度等, 设计与用户身体适配的造型。此外, 用户可以导出模型完成自己的定制作品并进行 3D 打印加工, 见图 9。

为了使用户能够与传统服饰纹样产生有效连接, 设计形成具有造型生成、个性调节、增材加工功能的



图 9 应用实例-传统服饰纹样生成三维首饰软件  
Fig.9 Software application example-traditional costume pattern generating 3D jewelry

一体机,包括搭载软件系统的触控终端设备以及3D打印系统。用户通过界面的纹样主题选取、纹样图文介绍,可以了解传统服饰纹样;借助软件生成算法,快速由二维纹样生成三维现代首饰,降低用户的设计定制门槛;在交互过程中,沉浸式参与传统服饰纹样的时尚再造,见图10。



图10 设计生成打印一体机  
Fig.10 Design generation printing machine

## 6 结语

构建了传统服饰纹样从平面到立体的生成技术路径、设计方法,探索了基于神经网络算法的纹样轮廓生成三维形态技术,以及基于参数化算法的纹样生成三维肌理技术,开发了传统服饰纹样生成首饰的软件,并实现了设计、加工一体化流程。神经网络的机器学习技术与Grasshopper的图形生成技术在服饰设计中的应用还处于探索阶段,服饰纹样生成三维首饰软件初步验证了其可行性。与现有传统服饰纹样数字化设计路径相比,机器创造与用户参与相结合的模式有效提升了艺术设计的系统性、适应性。

生成式服饰产品设计,是以个性定制的设计模式来适应快速发展的多元化社会消费场景和青年生活方式的;同时,以现代智能化、数字化技术促进传统文化元素快速结合产业前沿,为服饰智能制造提供设计接口,进而为计算机辅助服饰设计研究带来更多的可能性。

### 参考文献:

- [1] 范凌,李丹,卓京港,等.人工智能赋能传统工艺美术传承研究:以金山农民画为例[J].装饰,2022(7):94-98.  
FAN Ling, LI Dan, ZHUO Jing-gang, et al. Research on Art and Craftsmen Preservation Empowered by Artificial Intelligence: A Case Study of Jinshan Farmers' Paintings[J]. Art & Design, 2022(7): 94-98.
- [2] JANG S, YOO S, KANG N. Generative Design by Reinforcement Learning: Enhancing the Diversity of Topology Optimization Designs[J]. Computer-Aided De-

sign, 2022, 146: 103225.

- [3] 崔荣荣.中国传统纺织服饰图案研究述评及价值阐释[J].包装工程,2022,43(6):11-23,401.  
CUI Rong-rong. Chinese Costume Culture and Its Value in the New Era[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(6): 11-23, 401.
- [4] 刘水,梁惠娥,胥箐箐.近现代民间服饰中几何纹样的流变及其启示[J].装饰,2010(12):116-117.  
LIU Shui, LIANG Hui-e, XU Zheng-zheng. Geometric Pattern's Rheology and Its Revelation in Modern Folk Costumes[J]. Art & Design, 2010(12): 116-117.
- [5] 宋晓薇,詹炳宏.蒙古族服饰文化因子提取及设计应用[J].包装工程,2020,41(10):325-330.  
SONG Xiao-wei, ZHAN Bing-hong. The Extraction of Cultural Factors from Mongolian Costume and Design Application[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 325-330.
- [6] 韩海燕,阿雅拉古.鄂伦春传统服饰文化知识图谱可视化设计[J].包装工程,2022,43(22):443-456.  
HAN Hai-yan, A Y. Visual Design of Oroqen Traditional Costume Culture Knowledge Map[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(22): 443-456.
- [7] 孔谦,史卓,冯业,等.瑶族纹样符号的智能分类方法[J].包装工程,2021,42(10):244-250.  
KONG Qian, SHI Zhuo, FENG Ye, et al. The Intelligent Classification Method of Yao Patterns[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(10): 244-250.
- [8] 池宁骏,谢佳阳.基于参数化设计的传统纹样结构衍生及应用[J].包装工程,2022,43(12):257-265.  
CHI Ning-jun, XIE Jia-yang. Derivation and Application of Traditional Patterned Structures Based on Parametric Design[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(12): 257-265.
- [9] 蔡兴泉,李治均,奚梦瑶,等.基于神经网络的手绘服饰图纹上色及风格迁移[J/OL].系统仿真学报:1-12[2022-10-02].  
CAI Xing-quan, LI Zhi-jun, XI Meng-yao, et al. Costume Pattern Sketch Colorization and Style Transfer Based on Neural Network[J/OL]. Journal of System Simulation, 1-12[2022-10-02].
- [10] 刘永红,黎文广,季铁,等.国外生成式产品设计研究综述[J].包装工程,2021,42(14):9-27.  
LIU Yong-hong, LI Wen-guang, JI Tie, et al. Review of Research on Generative Product Design Abroad[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(14): 9-27.
- [11] VAN DER ZEE A, DE VRIES B. Design by Computation[C]. Nanjing: GA2008, 11th Generative Art Conference, 2008.
- [12] MCCORMACK J P, DORIN A, INNOCENT T. GenerativeDesign: a Paradigm for Design Research[C]. London: Design Research Society International Conference, 2004.
- [13] FASOULAKI E. Integrated Design Fasoulaki a GenerativeMulti-Performative Design Approach[D]. Patras: University of Patras, 2008.

(下转第42页)