

人工智能背景下凤阳凤画数字化设计创新研究

张悦¹, 高安格^{2*}

(1.合肥工业大学 建筑与艺术学院, 合肥 230009; 2.合肥信息技术职业学院, 合肥 230601)

摘要: **目的** 为保护和传承非遗项目凤阳凤画的艺术特色并推动创新, 提出利用人工智能(AI)技术进行凤阳凤画的数字化保护和创意设计。通过AI技术, 可以全面、清晰地展示凤画的细节, 传递其核心理念, 并实现更具创新性和视觉吸引力的传承方式, 从而更好地适应当今社会的发展和不断变化的消费者需求。**方法** 利用AI技术中的目标检测和风格迁移算法对凤画的图案特征和风格特征进行提取和采集, 并集成到凤画创作平台。从传承、传播、创作、创新四方面对该平台进行分析, 从而提出实现方案。**结果** 将AI技术与凤阳凤画的创作结合, 设计出了具有凤画图案和风格特征知识的智能创作平台“翊”APP。**结论** 本研究为凤阳凤画的数字化保护和设计提供了有益的探索, 不仅提高了创作效率, 还拓展了凤阳凤画的传播途径, 实现了文化创新与科技融合。

关键词: 人工智能; 凤阳凤画; 数字化; 目标检测; 风格迁移

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)24-0050-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.24.006

Digital Design Innovation of Fengyang Phoenix Painting under the Background of Artificial Intelligence

ZHANG Yue¹, GAO An-ge^{2*}

(1.College of Architecture and Art, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2.Hefei Information Technology University, Hefei 230601, China)

ABSTRACT: The work aims to protect and preserve the artistic essence of Fengyang Phoenix Painting while fostering innovation by proposing to use AI technology for digital preservation and creative design of this art form. AI technology can vividly display the intricate details of intangible Phoenix Painting, convey its core concept, and offer a more engaging and innovative approach to its inheritance that aligns with modern society and evolving consumer preferences. AI techniques like target detection and style transfer algorithms were used to extract and capture the unique patterns and stylistic features of Phoenix Paintings and integrated into a Phoenix Painting creation platform. Then, the platform was studied from four aspects of inheritance, dissemination, creation, and innovation. This fusion of AI technology with Fengyang Phoenix Painting creation resulted in an intelligent platform, APP "Hui", with knowledge of Phoenix Painting patterns and stylistic features. This research represents a valuable exploration for digitally preserving and designing Fengyang Phoenix Painting, enhancing creative efficiency, and expanding avenues for sharing this cultural heritage through the synergy of culture and technology.

KEY WORDS: artificial intelligence; Fengyang Phoenix Painting; digital; target detection; style transfer

非物质文化遗产作为地区文化基因的重要组成部分, 对发展优秀传统文化具有不可或缺的作用。随着数字技术的迅速发展, 非物质文化遗产和人工智能

数字化的结合受到广泛关注。计算机技术在为非遗保护和传承提供全新思维方式的同时, 也为非遗带来了更多的应用潜力。此外, 非遗文化的多样性也为计算

收稿日期: 2023-07-11

基金项目: 安徽省教育厅高校哲学社会科学研究重点项目(2022AH053091); 中国国家留学基金委资助(202106695014)

*通信作者

机技术提供了丰富的应用场景。非遗数字化有着深刻的学科交叉联系,它借助先进技术实现了地域文化遗产的数字化保护和传承的革命性突破,为中国传统文化的发展提供了更广泛的选择和机会。

1 数字化技术在凤阳凤画传承中的价值

凤阳凤画起源于元末明初,是地方民间美术优秀代表之一,造型美观、设色艳丽、技法细腻严谨。与我国传统的凤凰主题绘画相比,凤阳凤画呈现出独特的程式化特色,包括了“蛇头”“龟背”“鹤腿”“鹰嘴”“鸡爪”“如意冠”“山羊胡”“九尾十八翅”等元素^[1]。2006 年,凤阳凤画被列为安徽省首批非物质文化遗产,受到当地政府的高度重视并纳入了重点保护名单。然而,至今凤画的现实生存和发展仍面临很多问题。不仅继承人稀缺,特别是缺少凤阳凤画艺术创作的创新人才,而且凤阳凤画艺术水平也未见显著提升^[2]。此外,凤画缺乏数字化保护,网络资源匮乏、信息零散,使得科学性和系统性难以保证。如何传承凤画的艺术特色并创新地运用各种技术,顺应时代潮流以扩大其受众面,从而更好地传承非物质文化遗产就显得尤为重要。

2017 年 7 月,国家发布的《文化部关于推动数字文化产业创新发展的指导意见》中提出:“实施数字内容创新发展工程,鼓励对非物质文化遗产等文化资源进行数字化转化和开发,实现优秀传统文化的创造性转化和创新性发展。”通过运用人工智能技术识别图像特征,可以实现非遗智能化保护^[3]。同时,利用人工智能和大数据分析,人们能够有针对性地选择受众,并精确传播非遗内容,从而丰富文化信息的表达方式,使文化的呈现更加多样化^[4]。目前,将人工智能技术和计算机技术应用于凤阳凤画的相关研究领域存在许多未探索的区域。

本文以凤阳凤画为研究对象,采用风格迁移算法,结合数字化加工工具,以高效率创作大量创新装饰图案。这对提升凤阳凤画衍生品的设计效率、传承凤阳凤画传统具有一定的实践价值。首先,具体探讨如何使用目标检测算法进行凤画图像特征识别,采集纹样并整理图案数据库。其次,探讨如何使用风格迁移算法来使不同图像模仿凤画的独特风格,以提高观众对凤画的深度认知,丰富受众的体验感、沉浸感。最后,利用风格迁移来模仿不同艺术画作的风格,通过算法自动生成符合任意风格要求的凤阳凤画作品^[5]。这些成果应用于实际的衍生产品设计中,为非遗现代化设计提供科技支持。

2 基于 AI 技术的凤阳凤画数字化设计方法

2.1 基于目标检测算法的凤画图案提取

在凤画的数字化研究和实践中,可以通过 AI 技

术分析整理图像特征。AI 技术可以在极大程度上提升图像分析、图案提取的速度。这不仅有利于凤画的数字化保存和管理,也有利于对凤画开展研究、学习、传播工作^[6]。本文通过目标检测技术实现对凤画图案进行提取并录入图案数据库,无须通过大量的人工重复工作,实现了凤画图案的高效数字化采集。

2.1.1 凤画图案分类

凤画具有独特的程式化特色,凤画中的凤凰都具有“蛇头”“龟背”“鹤腿”“鹰嘴”“鸡爪”“如意冠”“山羊胡”“九尾十八翅”等特征,这给凤画图案提取工作提供了明确的分类指导。在传统图案分类的基础上,本文对图案的分类做了进一步的扩充^[7],包含两方面。

1) 新增分类。除了凤凰本身,凤画经常也出现花、草、树、木等环境图案,因此增加环境这一分类。

2) 设置二级分类。传统的图案分类难以满足多样的图案内容,需要新增下级分类。例如,“九尾”类别中,本文根据尾部结构进行拆分,更进一步新增“凤尾 1”“凤尾 2”“凤尾 3”类别。图 1 展示了本文的凤画图案二级分类方案。

2.1.2 凤画图案提取

借助深度学习目标检测技术,可以实现对凤画图案的检测和提取。本文使用了 YOLO 算法^[8],它是一个端到端的目标检测模型,速度可观。要实现目标检测模型的训练,首先需要人工标注数据集。按照上文的分类标准,可以在凤画图像上进行人工标注,框选目标图案的范围并标注图案的分类标签,人工标注结果如图 2a 所示。再把标注好的数据集和标签输入到 YOLO V5 网络中进行模型训练,最终得到的模型可以自动地在凤画图像上框选并标记凤画图案类别,模型运算效果如图 2b 所示。

2.2 基于风格迁移算法的凤画艺术风格化模拟

利用 AI 技术对凤画图像进行艺术风格化模拟,有助于扩展传播渠道并促进设计创作。风格迁移技术的应用不仅能使观众亲身体验凤画的艺术魅力,也能够激发凤画创作者的创作灵感。图像风格迁移是一种近年来迅速发展的 AI 技术,它先从风格图中提取色彩、纹理等信息,再将这些特征应用到内容图上。主要的实现方式包括三种:单模型单风格风格迁移算法、单模型多风格风格迁移算法,以及单模型任意风格风格迁移算法^[9]。由于非遗画作数据采集存在一定困难,传统的风格迁移算法又依赖于成对的数据集,在训练样本集的采集上,不仅需要大量凤画的样本图片,还需要与之一一对应的风格化图片,这种方法需要对凤画进行人工风格化加工,其风格化加工需要高度的技艺和经验,增加了数据采集的成本和工作量,从而导致了采集成本的高企。因此本文选择了两种成本较低的风格迁移算法,分别是 AdaIN^[10]和

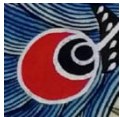
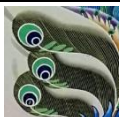
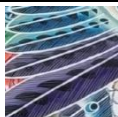
一级类别	二级类别	图例	一级类别	二级类别	图例
九尾	尾 1		十八翅	翅 1	
	尾 2			翅 2	
	尾 3			翅 3	

图 1 凤阳凤画图案二级分类表
Fig.1 Secondary classification of Fengyang Phoenix Painting patterns

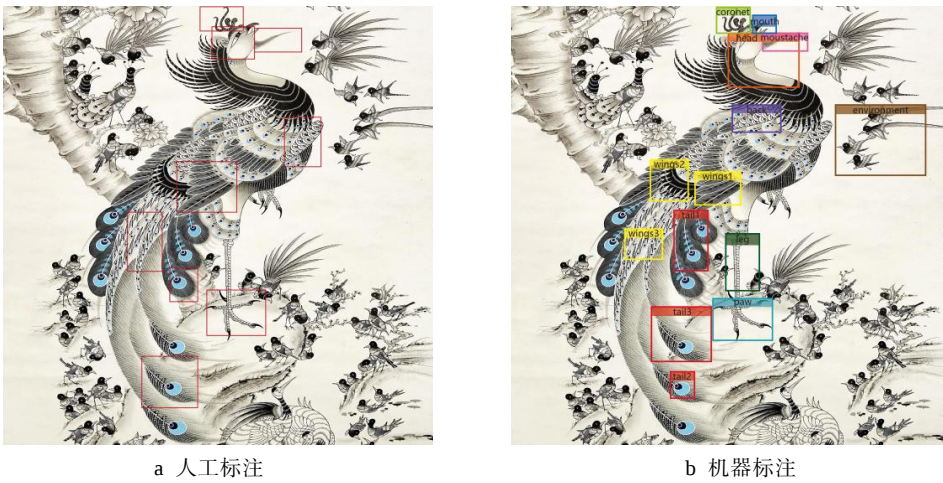


图 2 凤阳凤画图案机器学习与自动标注
Fig.2 Machine learning and automatic marking of Fengyang Phoenix Painting patterns

CycleGAN^[11]。AdaIN 属于单模型任意风格的风格迁移算法，它允许在不重新训练的情况下将任意风格的内容图和风格图应用于图像风格迁移之中。而 CycleGAN 是一种基于对偶思想的图像风格转换方法，它无需对成对的数据集进行训练，就可以完成风格的迁移。

2.2.1 风格迁移算法对艺术风格化的场景设计

在凤画的艺术风格化场景设计中，凤画可以作为内容图，通过风格迁移技术转化为其他艺术风格，从而实现对凤画风格的创新。此外，凤画还可以充当风格图，将其他图像转化为凤画风格图像。以“游戏”的方式增加趣味性与互动性，有助于扩大凤画的传播，使更多人了解和欣赏凤画。本文以凤画为内容图设计了三种不同风格的转换，包括山水画风格、敦煌风格和油画风格^[12]。同时，以凤画为风格图，本文还设计了三种不同内容图转化为凤画风格的情况，包括鸟类照片、山水画和线稿，具体见图 3。

2.2.2 风格迁移算法对凤画效果的模拟运算

本文首先测试了预训练的 AdaIN 网络。该网络

具备输入任意内容图和风格图，从而实现风格迁移的能力。当将凤画作为内容图、敦煌风格作为风格图进行输入后，输出效果如表 1 所示。从输出结果来看，整体风格迁移效果较好，但凤画原有的轮廓和纹理信息却严重丢失。这种方法在风格迁移方面存在一定的局限性，特别是对需要保留原有图像轮廓的场景。因此，本文进一步采用了以 GAN 网络为核心的深度学习网络进行风格迁移，并在后续的风格迁移案例中进行使用。

CycleGAN 是一种以 GAN 网络为核心的图像风格迁移网络，它的独特之处在于不需要成对的数据集，只需提供两种不同风格的图像即可进行风格迁移。这显著降低了数据集整理的难度，较为适合用于凤画的风格迁移工作。CycleGAN 网络包含两个生成器（ G ， F ）和两个判别器（ D_x ， D_y ），分别用于实现两种风格之间的转换。以将凤画风格转化为敦煌纹样风格为例，展示其网络的训练过程如下。

令凤画图像命名为 $real_A$ ，通过 G 网络凤画转化成敦煌风格，命名为 $fake_B$ ，计算见式（1）。

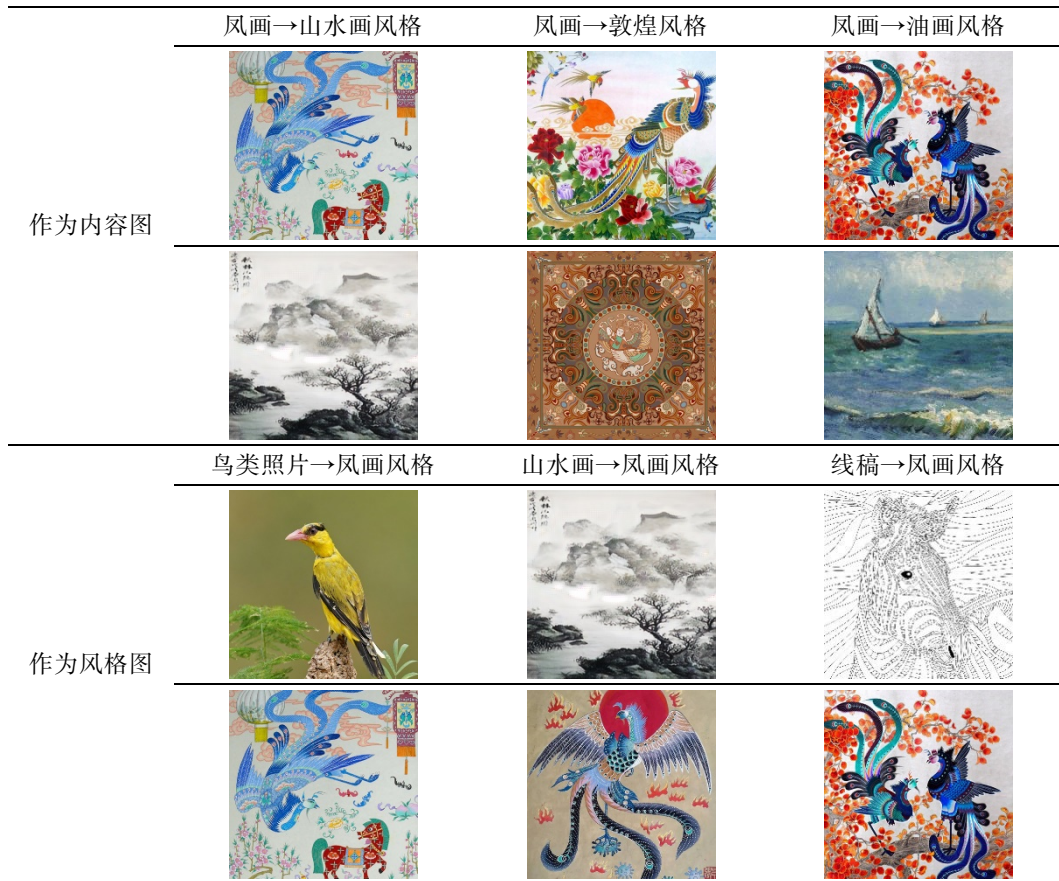


图 3 风格转换场景和示例
Fig.3 Style transfer scenarios and examples

表 1 AdaIN 网络的风格迁移效果展示
Tab.1 Style transfer effect showcase of the AdaIN network

内容图	风格图	风格迁移后

$$\text{fake}_B = G(\text{real}_A) \quad (1)$$

把上述图像重新通过 F 网络转成凤画风格, 命名为 rec_A , 计算见式 (2)。

$$\text{rec}_A = F(\text{fake}_B) \quad (2)$$

在这种情况下, 原始的风画图像经过两次转换后应该与还原的图像具有相似性。因此, 可以通过计算两者之间的距离来度量网络的准确性。为此, 模型设计了循环一致性损失来评估它们之间的差异, 其公式见式 (3)。

$$L_{\text{cyc}}(G, F) = E_{x \sim P_{\text{data}}(x)} \{\|F[G(x)] - x\|\} + E_{y \sim P_{\text{data}}(y)} \{\|G[F(y)] - y\|\} \quad (3)$$

把原始风画图像通过 F 网络转换成凤画风格, 命名为 idt_B , 具体见式 (4)。

$$\text{idt}_B = F(\text{real}_A) \quad (4)$$

这种同样风格的转换理论上对原始图像不应该产生变化, 模型设计了生成一致性损失函数来计算其差异, 具体见式 (5)。

$$L_{\text{Identity}}(G, F) = E_{x \sim P_{\text{data}}(x)} [\|F(x) - x\|] + E_{y \sim P_{\text{data}}(y)} [\|G(y) - y\|] \quad (5)$$

最后, 判别器需要正确判断图片的真假, 通过判别器损失函数来评价, 以 D_y 判别器为例的计算, 见式 (6)。

$$L_{\text{GAN}}(G, D_Y, X, Y) = E_{x \sim P_{\text{data}}(x)} [\text{Log} D_Y(x)] + E_{y \sim P_{\text{data}}(y)} \{\text{Log}(1 - D_Y[G(x)])\} \quad (6)$$

总体损失函数的计算, 见式 (7)。

$$L_{\text{Total}}(G, F, D_X, D_Y) = L_{\text{GAN}}(G, D_Y, X, Y) + L_{\text{GAN}}(G, D_X, X, Y) + \lambda_1 L_{\text{cyc}}(G, F) + \lambda_2 L_{\text{Identity}}(G, F) \quad (7)$$

最终目标为在总体损失函数上求解生成器和判别器的最优解, 具体见式 (8)。

$$G^*, F^* = \arg \min_{G, F} \max_{D_X, D_Y} L_{\text{Total}}(G, F, D_X, D_Y) \quad (8)$$

图 4 对模型训练过程中的中间计算结果进行了展示, 可以观察到在训练到第 50 轮时, 循环一致性损失和生成一致性损失还处于较高的水平, 而在持续训练到 200 轮时, real_A 、 rec_A 、 idt_B 在视觉上呈现出极高的相似性, 说明两个损失函数的值已经降到较低

水平。

在初始设定 Epoch 为 300、Learning Rate 为 0.000 3 的参数条件下，对神经网络进行训练。在模拟的迭代过程中，笔者观察到凤画逐渐转化为敦煌风格。表 2 展示了不同训练迭代次数下的风格化图像。

从表 2 中可见，在前 200 轮次内，凤画的风格逐渐演化为敦煌风格。然而，当超过 200 轮次时，出现了过度风格化的现象，表明模型可能出现了过拟合。因此，笔者选择了 200 轮次作为最终模型的训练次数，并进行了输出。

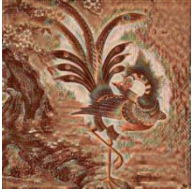
Epoch	real _A	fake _B	rec _A	idt _B
50				
200				

图 4 CycleGAN 网络运算过程
Fig.4 Computational process of the CycleGAN

表 2 CycleGAN 网络在不同迭代次数下的风格转换结果
Tab.2 Style transfer results of the CycleGAN network at different iteration

内容图片	风格图片	迭代次数为 50	迭代次数为 120	迭代次数为 200	迭代次数为 300
					

3 集成 AI 技术的创作平台设计

3.1 凤画非遗 APP 信息架构

非遗 APP 的出现不仅降低了非遗文化的传播成本，同时也扩展了非物质文化遗产的受众群体。以 APP 为依托平台，搭建起集信息、知识、体验、创作、娱乐为一体的凤阳凤画数字化创作平台。在非遗文化与大众之间建立起高效沟通的桥梁，丰富凤阳凤画的体验方式，提升大众对凤画的认知与喜爱。

凤画 APP 命名为“翮”，意为凤凰飞翔的动作，具有生动感和艺术性，体现了凤凰神秘和优美的形象。APP 的定位是“非遗+设计”的移动端 APP，以创新科技打造凤画物质文化遗产的传播与创新的融媒体平台，建立完善的数字化凤画传播体系，推动非遗的活化与数字化发展。凤画 APP 在功能架构上总共分为资讯中心、创作中心、文创商城，以及个人中心四个版块，见图 5。凤画非遗 APP 首先以由面到点的形式，通过凤画非遗项目的新闻动态、传承人信息，

以及凤画技艺小课堂等信息进行推送和传播，促使人们快速了解凤画。再以由点到面的形式，加入绘画创作版块和动态绘画功能，实现艺术化的界面与操作体验，使用户沉浸体验和创作，既能展现 APP 的功能性，又能提升用户在操作过程中的趣味性。

非遗凤画 APP 的界面设计，需以凤画特色为设计内核，在符合当下智能手机 APP 界面设计潮流的前提下，设计出既直观简洁又符合绝大多数人群审美习惯的界面设计产品。在进行界面设计时，色彩选择凤画中常见的黄色和绿色进行渐变处理，以降低明度和饱和度，通过有机色彩的组合，带来统一舒适的视觉体验^[13]，并结合凤画纹样以起到烘托作用（如图 6 所示）。在用户体验和交互方面，引入震动和力反馈效果，用户在操作过程中更容易通过视觉和触觉的双重感知，加速对信息的处理，从而提升交互体验感^[14]。

3.2 凤画 APP 功能设计

3.2.1 资讯中心功能设计

在资讯中心版块，主要分为信息和教育两大内



图 5 凤画 APP “翊” 功能架构图
Fig.5 Functional architecture of Phoenix Painting App "Hui"



图 6 凤画 APP “翊” 界面效果展示图
Fig.6 Phoenix Painting App "Hui" interface effect showcase images

容。在信息栏里主要包含了凤阳凤画非遗的最新消息及相关新闻，如非遗的活动和展览信息、传承人的介绍等。用户可以在“我想传承”这一子版块中浏览这些传承人的资料，并在网络上与他们进行互动。这一举措一方面提高了传承人的知名度，另一方面也为对凤画非遗感兴趣的用户提供了更便捷的联系方式。通过此 APP 平台，凤画非遗有望扩展其影响力，吸引更多对此感兴趣的用户，实现更广泛的传承^[15]。在教育版块里则开设了“凤画小课堂”，通过一些非遗传承大师的绘画视频和教学，让用户在线上就能学习凤画的绘画技艺，吸引更多人了解和传承凤画。此外，还提供了文献资料库供凤画研究者进行参考。

3.2.2 创作中心功能设计

本创作平台中的体验凤画版块共有两大功能。

1) 风格迁移体验。可以让用户尝试不同图片对凤画风格的艺术模拟。因在前文中建立的凤画风格迁移模型已经学习到了充分的凤画风格特征，所以用户无需上传凤画图片作为风格图，模型可以自动把内容图转换为凤画风格，用户可以在平台提供的内容图素材库中挑选任意一个图像作为被转换的内容图，也可以自己上传喜欢的图片到创作平台，从而生成凤画风格的模拟图像。

2) 智能绘画体验。用户通过上传任意图案线稿

图,并通过风格迁移模型自动生成具有凤画颜色和绘画风格的艺术作品。凤画有着自身独特的程式化特色,用户在风格迁移的体验过程中,能更加了解凤画的图案和色彩特征,互动操作的方式能够增加用户沉

浸式体验感,提高用户对非遗的兴趣和积极性。通过平台预设的纹样图案、鸟、山水画,以及线稿图转凤画的功能,用户只需要上传一张对应的内容图,即可获得凤画风格的迁移图,功能效果如表 3 所示。

表 3 风格迁移体验功能效果
Tab.3 Style transfer experience feature effects

内 容 图				
迁 移 后				

本创作平台中的智能凤画创作版块共有四大功能。

1) 绘画填色。首先利用轮廓提取算法在收集的凤画图像数据集进行轮廓提取运算;然后根据轮廓特征筛选出属于凤凰的轮廓;最后对轮廓进行修正和组合并保存数据库。用户可以挑选平台提供凤画的线稿进行上色,通过不同笔刷工具进行作品绘制。涂色创作可以让用户缓解压力、放松身心,并获得完成艺术作品的成就感。同时,APP 线上文创商城售卖纸质版涂色绘本,从而使得用户可以在线上、线下同时体验涂色创作。

2) 图案库选择生成凤画。根据前文通过目标检测算法进行图案库的采集,全面、清晰地展示凤画的细节。用户第一步在平台提供的凤凰姿势中进行选择。第二步在“蛇头”“龟背”“鹤腿”“鹰嘴”“鸡爪”“如意冠”“山羊胡”“九尾十八翅”的图案库中挑选自己喜欢的图案,如图 6 界面设计的效果展示,点击生成即可创作出独特风格的凤凰图样。

3) 艺术化风格模拟。用户可以尝试用凤画转换不同的艺术风格,如油画风格、敦煌色彩等,通过 AI 技术对凤画进行创意创新,开阔思维、激发灵感。

4) “凤画+”。软件通过轮廓提取技术自动获取凤凰的轮廓和位置,用户只需在软件上调整凤凰的骨架,并选择预设的模拟动态效果,凤凰即可栩栩如生地动起来。动态效果可以图片、gif 动图、视频的形式存储,以便分享到其他社交平台。

3.2.3 文创商城功能设计

在文创商城版块,平台不仅可以提供凤画及凤阳地区的文创产品,用户还可以把平台中自己创作的数

字绘画进行文创定制,如在“智能凤画创作”中用户可以把自已创作生成的凤画作品在平台上进行文创定制,平台会提供智能文创模型,用户通过上传图片即可看到文创商品的效果展示。用户也可以通过艺术化风格模拟,把自己的作品模拟成其他的艺术风格以实现二次创作,从而满足不同需求。用户在 APP 上从了解信息到体验凤画再到创作设计,最后通过文创周边产品的形式实现了设计作品的实物转化,以达到系统化的体验。让文创产品成为文化传承的载体,不仅可以传承发扬非遗文化,还可以增加经济效益从而对非遗保护形成反哺。

4 结语

非遗与科技融合的创新,已经成为文化发展的重要趋势。人工智能的引入拓展了非遗传承的视野,为其赋予了全新的形式、内涵和使命。将凤阳凤画与人工智能技术进行交叉融合,一方面通过目标检测算法进行数据采集,建立了凤阳凤画的图案库,应用风格迁移算法为非遗图案传承与创新提供了探索途径,为凤画的数字化保护和传承提供了更完善的解决方案,拓展了凤画的创新设计可能性。另一方面,结合数字化创作平台,在非遗文化与大众之间建立起高效沟通的桥梁,满足了用户的体验、娱乐和创造需求。人工智能技术的发展能够快速生成多样的图案纹样,提供丰富的设计素材,从而为凤画文创产品设计提供更多便利。此外,借助人工智能技术对凤阳凤画的研究也为其他传统技艺的发展提供了有价值的启示。这种融合创新的途径有望推动非物质文化遗产的繁荣发展。

参考文献:

- [1] 时帆. 中国凤阳凤画[M]. 天津: 人民美术出版社, 2010: 8-9.
SHI Fan. Chinese Fengyang Phoenix Painting[M]. Tianjin: People's Fine Arts Publishing House, 2010: 8-9.
- [2] 孙宝斌. 安徽非遗民间美术“凤阳凤画”发展与创作现状探讨[J]. 山东农业工程学院学报, 2020(4): 92-93.
SUN Bao-bin. Discussion on the Development and Creation Status of Anhui Intangible Heritage Folk Art "Fengyang Phoenix Painting"[J]. Journal of Shandong University of Agricultural Engineering, 2020(4): 92-93.
- [3] 李亚楠, 平锋. 乡村振兴战略背景下非物质文化遗产的传承创新研究--以天琴艺术为例[J]. 广西民族研究, 2021(5): 157-164.
LI Ya-nan, PING Feng. Research on the Inheritance and Innovation of Intangible Cultural Heritage under the Background of Rural Revitalization Strategy--Taking Tianqin Art as an Example[J]. Guangxi Ethnic Studies, 2021(5): 157-164.
- [4] YAN K Q, LI S. Research on Digital Protection of Intangible Cultural Heritage Based on Digital Implantation[J]. SHS Web of Conferences, 2023, 158: 01021.
- [5] 谷梦恩, 范伟, 吴阳, 等. 基于湘西苗绣图案的数字化设计创新研究[J]. 包装工程, 2023, 44(18): 258-264.
GU Meng-en, FAN Wei, WU Yang, et al. Digital Design Innovation Based on Xiangxi Miao Embroidery Patterns[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(18): 258-264.
- [6] ZHU J X, LIN Y. The Impediments of Intangible Cultural Heritage Inheritance and Conversation and the Path Breakthrough in the Context of Digital Survival[J]. Academic Journal of Humanities & Social Sciences, 2022, 5(19): 101-105.
- [7] 张超凡. 深度学习框架下丝绸文物图像检测和检索模型的研究[D]. 上海: 东华大学, 2023.
ZHANG Chao-fan. Research on Image Detection and Retrieval Model of Silk Cultural Relics under the Framework of Deep Learning[D]. Shanghai: Donghua University, 2023.
- [8] JING L L, YANG X D, TIAN Y L. Video You Only Look Once: Overall Temporal Convolutions for Action Recognition[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2018, 52(4): 58-65.
- [9] 刘建锋, 钟国韵. 基于神经网络的图像风格迁移研究综述[J]. 电子技术应用, 2022, 48(6): 14-18.
LIU Jian-feng, ZHONG Guo-yun. Survey of Image Style Transfer Based on Neural Network[J]. Application of Electronic Technology, 2022, 48(6): 14-18.
- [10] HUANG X, BELONGIE S. Arbitrary Style Transfer in Real-time with Adaptive Instance Normalization[C]// IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice: IEEE, 2017: 1510-1519.
- [11] ZHU J Y, PARK T, ISOLA P, et al. Unpaired Image-to-image Translation Using Cycle-consistent Adversarial Networks[C]// IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice: IEEE, 2017: 2242-2251.
- [12] 陈捷, 徐戈. 风格迁移算法在漆艺文创品设计中的运用[J]. 装饰, 2020(3): 82-85.
CHEN Jie, XU Ge. Application of Style Transfer Algorithm in the Design of Lacquer Art and Cultural Creations[J]. Decoration, 2020(3): 82-85.
- [13] 任英丽, 常虹, 谷岩帅. 基于联合分析法的非遗文化APP界面设计[J]. 包装工程, 2022, 43(6): 150-156.
REN Ying-li, CHANG Hong, GU Yan-shuai. Application Interface Design of Intangible Cultural Heritage Based on Joint Analysis[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(6): 150-156.
- [14] 王军, 肖畅, 杨怡. APP 动效设计中的用户专注沉浸度模型研究[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 114-121.
WANG Jun, XIAO Chang, YANG Yi. User Immersion Model in APP Dynamic Design[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 114-121.
- [15] 张飞越, 靳璨. 扬州非遗 App 界面设计创作过程分析[J]. 艺术与设计(理论), 2020, 2(5): 31-33.
ZHANG Fei-yue, JIN Can. Analysis on the Process of Creative Design of Yangzhou Intangible Cultural Heritage App Interface[J]. Art and Design (Theory), 2020, 2(5): 31-33.

责任编辑: 蓝英侨