

风格捕捉：基于人工智能技术的优秀传统文化数字化实践

唐欣, 冯乔*

(广州美术学院, 广州 510261)

摘要: 目的 厘清峇迪艺术所面临的传承与发展困境, 分析当前勾连人工智能技术与峇迪艺术时所存在的不足, 解决人工智能技术在传承与发展峇迪艺术时所面临的问题。方法 在马来西亚所进行的为期 3 个月的田野调查中, 与当地蜡染坊艺术家进行了深度访谈; 梳理个人新媒体艺术作品“神经元蜡染”的创作经验。结果 开发了一套基于机器学习算法的卷积神经网络作画系统——“神经元蜡染”, 它能够让体验者通过便利的人机交互方式, 将线下的普通画作实时转化为具有传统峇迪风格的在线艺术作品, 具象了体验者的想法并将其呈现在数字界面中, 实现了人工智能、生成艺术与传统峇迪工艺的双向互动。结论 “神经元蜡染”不仅以数字化的手段为峇迪艺术提供了更加多元的表现方法, 实现了古老技艺的传承和发展; 还消除了时间和空间所带来的传播局限性, 以蜡染为媒介增强了不同文化之间的交往、交流和交融。

关键词: 峇迪; 蜡染工艺; 人工智能; 数字化发展; 新媒体传播

中图分类号: TB472 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)10-0168-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.10.018

Style Capturing: Digital Practice of Excellent Traditional Culture Based on Artificial Intelligence Technology

TANG Xin, FENG Qiao*

(Guangzhou Academy of Fine Arts, Guangzhou 510261, China)

ABSTRACT: The work aims to address the dilemmas of inheritance and development within the Batik art, analyze the current deficiencies in the integration of AI technology with Batik art, and resolve the challenges faced by AI technology in the inheritance and development of Batik art. During a three-month fieldwork in Malaysia, in-depth interviews were conducted with local Batik artists, and the creation experience of our new media artwork "Neural Batik" was analyzed. As a result, "Neural Batik", a machine learning algorithm-based convolutional neural network painting system, was developed, enabling users to transform offline paintings into online artworks with traditional Batik styles in real time, visualizing the thoughts of experiencers and presents them in a digital interface, fostering interactions between artificial intelligence, generative art, and traditional Batik crafts. This innovation not only provides diversified digital expression methods for Batik art, and ensures the inheritance and development of ancient skills, but also transcends communication barriers imposed by time and space, and enhances communication and exchange between different cultures with Batik as a medium.

KEY WORDS: Batik; batik process; artificial intelligence; digital development; new media communication

2023年2月27日, 中共中央、国务院在《数字中国建设整体布局规划》(以下简称《规划》)中指出, “建设数字中国是数字时代推进中国式现代化的重要引擎, 是构筑国家竞争新优势的有力支撑”^[1]。此

外, 《规划》还格外强调了要“推进文化数字化发展, 深入实施国家文化数字化战略, 建设国家文化大数据体系, 形成中华文化数据库”^[1]。这一提议不仅给中华民族传统文化的数字化转向带来了新的机遇, 也为

收稿日期: 2023-12-11

基金项目: 广东省高等教育教学研究和改革项目(6040321159)

*通信作者

亚洲其他民族国家的文化数字化发展带来了有效启迪。文化数字化实践必须要抓住社会变迁的历史机遇,从发展的历史长河中汲取经验与力量,在民族国家的情境之下审思当前遭遇的关系张力,不断推动人工智能技术与优秀传统文化的勾连,显著提升文化数字化服务国家发展战略的影响力。

峇迪 (Batik) 在狭义上指的是一种马来西亚特有的蜡染花布;在广义上,它泛指由此种花布制成的服装。作为一种人们日常使用的“艺术品”,其纹样的文化源头基本为当地人的日常生活或宗教信仰,这导致其造型特征在漫长的演化中逐渐形成对写实性和具象性的同时呈现^[2]。此外,在色彩上,峇迪还表现出种类多、饱和度高等特色。这些充满东南亚气息的造型和色彩风格,固然与峇迪所属的文化情景密不可分,但更为聚焦的关键点在于其在形成时所使用的马来西亚传统蜡染工艺。正因如此,即使峇迪丰富了世界艺术的样态,但由于其对传统手工技艺的依赖,推广和普及以峇迪艺术为代表的非物质文化遗产成为了广受学界关注和讨论的重要议题^[3]。具体而言,此类话题主要在讨论大规模生产背景下,以传统蜡染工艺为核心的峇迪所面临的现实挑战。一方面,经验丰富的传承人逐渐年迈且数量减少;另一方面,峇迪所要求的手工蜡染技术应具有极高的专业性和复杂性^[4]。这使与峇迪有关的实践案例逐渐减少,限制了其传承与发展,加剧了该种艺术形式的衰弱。因此,保护和传承以峇迪为代表的非物质文化遗产被置于一种极为关键的境地。为了应对这一局面,有学者试图借助人工智能技术去记录或传播峇迪,以解决其在现代社会所遭遇的传承与发展难题,然而结果却不尽如人意^[5]。鉴于此,本文拟通过对现有研究成果的梳理,总结当前人工智能技术在保护、传承与发展峇迪艺术上所陷入的困境,并以个人艺术实践“神经元蜡染”(Neural Batik)的剖析,展现拉近人工智能技术与峇迪艺术距离的可能性,阐释前沿作品能够解决的具体问题及其价值所在,以期人工智能技术在非物质文化遗产传承与发展上的应用提供参考,并为峇迪在东南亚乃至世界范围内的推广与普及提供帮助。

1 峇迪艺术的传承与发展困境

在马来西亚为期 3 个月的田野调查中,笔者走访了 12 家涉及峇迪艺术的手工坊,发现峇迪艺术一直保持着马来西亚最传统且复杂的蜡染工艺——蜡壶绘蜡(见图 1)。以蜡壶绘蜡为核心的峇迪手工蜡染工艺流程可围绕染色这一核心环节分为 3 个步骤。染色前,匠人通常需要将白色的布匹或者丝绸洗净、晾干、过浆,该步骤有助于突显和稳固绘制图案的色彩。绘制纹样时,匠人需要将加热后的蜂蜡从大小不一的蜡壶中倒出,以蜡液覆盖图案,并等其凝固后再将布料浸入染液(见图 2)。这一步骤的操作次数由构成

图案的颜色数量决定。染色结束后,工匠会以高温加热为手段将凝固的蜂蜡褪去,从而使画蜡位置留有布匹或者丝绸的原本底色。除蜡壶绘蜡以外,马来西亚现存的手工蜡染工艺还有铜膜印染。在使用这一技术时,工匠需要在染色前用铜膜蘸取高温蜡液,并将其按压在面料上,待蜡液凝固后,再将面料放入染液浸润^[6]。这种工艺随着铜膜图案的丰富度提升,也极大地增加了重复图案的生产效率。



图 1 峇迪艺术作品

Fig.1 Batik artwork



图 2 峇迪传统蜡染的绘制工具

Fig.2 Drawing tools for traditional Batik

在传统手工艺的基础上,生产制作峇迪的匠人们在实践中不断改进着蜡染工艺,但对绘蜡的强依赖性致使其相对于扎染等其他手工技艺而言仍较为复杂。笔者以对 5 名马来西亚民间艺术家的深度访谈资料为依据,结合先前在马来西亚峇迪工坊的实践经验,发现蜡染工艺的复杂性主要体现为以下 3 点。

1) 难以控制蜡液方向。熟练度较低的体验者通常会因为精神紧张、手部颤抖,无法控制蜡液滴落的位置。

2) 难以把握褪蜡速度。如果体验者无法在短时间内完成作品,蜡壶里逐渐凝结的蜡液会影响图案的设计与保留。

3) 难以熟练更换上色笔。由于手工蜡染每次只能褪掉拟着色区域内的蜡液,这就导致创作者在使用渐变、跳色等染色技术时,需要熟练地更换蘸有不同颜色蜡液的上色笔。普通艺术家在未经长期训练之时,通常会因无法快速更换绘制工具而无法达到理想的视觉效果。此外,尽管峇迪在马来西亚乃至东南亚都颇具盛名,但它在设计创新方面,仍明显落后于其

他传统手工艺品^[7]。因此,亟需借助新兴技术让更多艺术家能够参与和传播峇迪艺术,打破传统工艺在现代社会所遭遇的发展瓶颈,使其形成更加有效的传承与发展。其中,将人工智能技术与峇迪艺术相勾连是一个迫切需要深入探索的研究方向。

2 基于人工智能技术的解决策略及其不足

近年来,有许多跨领域的综合型研究人员试图通过人工智能技术来丰富峇迪的设计图案和交互方式,力求解决创作效率低、创新图案少等阻碍峇迪传承与发展的问題^[8]。围绕这一底层逻辑所产出的研究成果,可按照创作目标分为以下四类。

1) 区分不同风格的峇迪。例如,纳蒂提·德威·吉桑(Nardianti Dewi Girsang)^[9]发现,卷积神经网络(Convolutional Neural Networks, CNN)算法能够对印度尼西亚的峇迪图案进行科学分类,且文章中提出的改进版卷积神经网络架构能够达到较高的精确度。

2) 区分不同制作工艺的峇迪。例如,艾迪·爱斯卡(Edi Eskak)^[10]利用人工智能技术开发了一种可以区分手工峇迪和仿制峇迪的应用程序,它既能够保护传统蜡染行业,又可以防止消费者上当受骗。

3) 创造新的峇迪图案。例如,在李扬等^[11]提出的进化艺术系统中,交互式进化算法(Interactive Evolutionary Computation, IEC)被用来生成新的峇迪图案,以帮助蜡染纹样的创新。

4) 峇迪的风格迁移。例如,研究员阮卡米·卡里达(Rakhmi Khalida)^[12]在修改盖茨(Gatys)的神经网络迁移算法后,使用VGG模型(Visual Geometry Group Network)提取峇迪现存图案的特征,并将其与2018年亚运会吉祥物相结合,由此创造出了新的峇迪纹样。毋庸置疑,已有研究成果为峇迪的传承和发展赋予了更多可能性,尤其是他们在图案生成方面取得的突破性进展,对峇迪的创造性转换和创新性发展都提供了重要参考价值。然而,这些尝试还存在以下两个主要问题。

1) 风格受限是当前所有尝试勾连人工智能技术与峇迪艺术的新媒体艺术作品所面临的巨大难题。大多数技术方式使峇迪纹样仅能生成于预先设置的形状范围内,用户无法对形状进行二次修改,灵活性较为匮乏;同时,用户每次仅能转换一种风格,无

法实现对多种风格的组合和创新。这使未经专业训练的普通艺术家和设计师,无法构建出更加多样化和更具个人特色的峇迪作品,艺术创作的自由度受到极大限制。

2) 交互性差也是此类新媒体艺术作品所需解决的重大问题。现有依托人工智能技术完成峇迪艺术创作的实践作品和理论成果,在交互上只允许计算机单一输出^[13]。即用户在输入部分参数或进行选择后,只能等待计算机自动生成可预测的图案。这种机械化、低互动性的方式,既限制了峇迪创作过程中用户的参与度;又无法使用户体验到艺术创作的未知性,难以充分激发用户的创造力和好奇心。由此可见,现有依托人工智能技术所进行的峇迪艺术的创新性尝试,未能最大限度地实现施展及传播峇迪艺术魅力的目的。

3 “神经元蜡染”作为解决之道

上述问题的出现说明简单地把人工智能技术与优秀传统文化相结合,并不能达到创意整合与工艺演进的目的。正因如此,为了从根本上解决上述难题,笔者以人工智能技术中最为前沿的子技术为基础,带领跨专业的研究团队开发了一套名为“神经元蜡染”(Neural Batik)的作画系统。该系统以一对一的实时互动方式,帮助用户直接参与到峇迪创作的各个阶段,例如形状、纹理和颜色的选择,细节微调,实时预览等。如此一来,即使是未经专业训练的普通艺术家都能够借助该系统将想法变为现实。这变相说明“神经元蜡染”具有激发用户的潜能、创造力和参与热情的作用。

本研究主要采用卷积神经网络作为图像风格特征学习的关键工具,并基于人类神经网络系统构建的神经网络算法进行了深入探索^[14](见图3)。具体而言,本研究引入了埃里克斯·克里斯(Alex Krizhevsky)^[15]提出的系统架构,其主要优势在于卷积层和池化层的组合能够有效地提取图像中的特征信息,并通过全连接层进行分类和标识,这为捕捉和分类图片提供了便利和高效的解决方案。此外,卷积神经网络的交互功能和人工智能内容生成能力,也有利于实现图像熵的捕捉和艺术风格的形成。在对数千个图片样本进行训练后,本研究最终训练出的模型能够准确地生成各种风格的峇迪图像,这为艺术创作和文化保护提供了新的可能性。

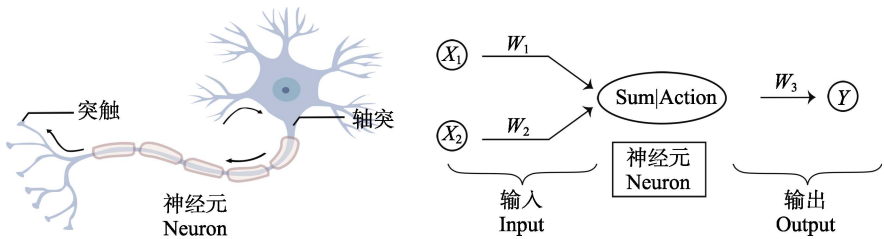


图3 基于人类神经网络系统构建的神经网络算法

Fig.3 Illustration of neural network algorithm constructed based on the human neural network system

针对风格受限的问题,本研究在全面了解实时反馈技术的基础上,参考了最新研究成果“视频的实时神经风格转换”(Real-Time Neural Style Transfer for Videos)所使用的技术手段——用于实时视频风格迁移的新型神经网络方法。以此为依据,笔者利用卷积神经网络建立高效快速的风格转化模型,它能够让电脑根据摄像机画面实时产生风格转化后的视觉效果,从而使屏幕显示内容与用户操作同步^[16](见图4)。在模型训练上,笔者将COCO数据集(coco dataset)作为训练数据集;并在TensorFlow环境下利用Spell平

台提供的GPU虚拟计算机进行峇迪风格的云端训练,这种方式能够显著提高运算效能^[17]。之后,笔者将训练好的TensorFlow模型转化成JavaScript平台能够使用的ml5.js格式,并结合p5.js实时呈现模型转化后的风格^[18]。总之,该系统能够通过卷积神经网络算法,分析和理解现有峇迪图案的特征和规律,借助相关技术对这些特征进行融合,使用户可以在一个设计作品中汇聚多种风格,极大地增加了设计作品的多样性和创新性,从而提供了更新颖、更丰富的艺术表达方式,为峇迪艺术提供更加多样化、更具交互性的创作手段。

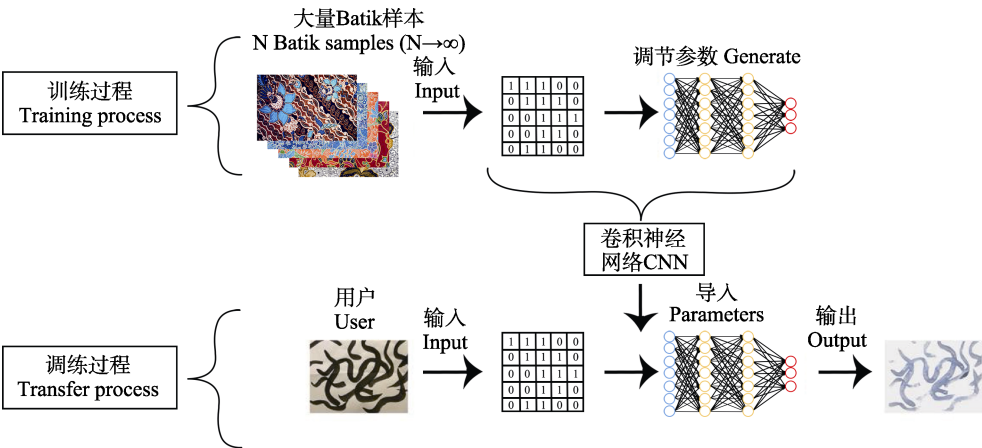


图4 利用卷积神经网络建立风格转化模型
Fig.4 Building style transfer models using convolutional neural networks

针对交互性差的问题,本研究开创了一种基于p5.js平台的新型人机交互方式(见图5)。通过这种方式,用户可以直接在平台上通过鼠标点击系统所提供的4幅图片,即4种峇迪绘制风格,让ml5.js的style物件加载与画作相对应的模型,达到即时改变画作绘制风格的目的。此外,本研究还特别使用了p5.js平台针对像素点的处理方式^[19]。基于该种方式,本系统能够扫描原始二维画面中的所有像素点,计算每颗像素点的亮度值。假使亮度值小于一定数值,系统则判断此颜色为黑色笔墨痕迹,并将此像素点替换为风格

转化后的像素颜色。换言之,这种方式可以使系统只在笔划过的位置生成具有峇迪笔触的图案,而用户也能仅通过一张白纸、一支笔,就能在虚拟界面实时绘制多元化的峇迪作品。实验结果表明,训练后的前馈网络可以减轻即时光流计算的负担,实现实时视频的风格化,且比上一代技术更加稳定^[20]。这不仅以更加简易、更具互动性和实时性的操作方式,让用户能够积极创作特定风格的峇迪绘画并在网页上呈现,还突破了峇迪创作的场地限制,使人们可以随时随地使用峇迪笔触进行绘画。

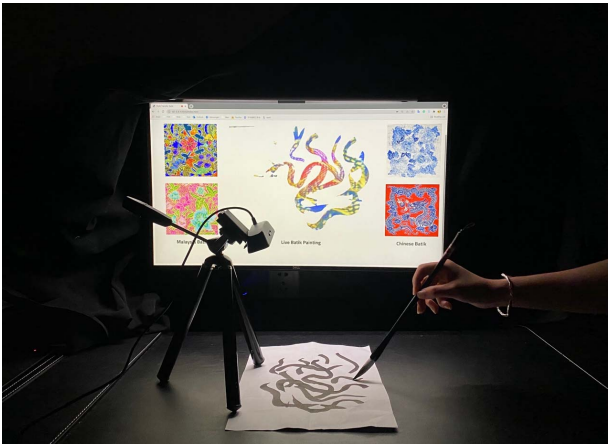


图5 “神经元蜡染”的实时交互
Fig.5 Real-time interaction of "Neural Batik"

4 “神经元蜡染”的优越性

与先前依托于人工智能技术实现峇迪传承或发展的研究成果相比而言,“神经元蜡染”具有多重优势。从艺术创作可操作性的角度出发,“神经元蜡染”运用风格转化技术与互动式设计,让用户通过简单的步骤和工具就可以实现色彩选择与置换简易,将自己的绘画作品实时转化成峇迪风格。这一创新显著降低了峇迪艺术的创作难度,成功提高了它的创作效率,并让更多人能够通过实际体验参与到峇迪艺术的制作中,创作出专属个人的艺术作品,实现了传统手工蜡染的大众普及。

首先,“神经元蜡染”能够让用户在创作过程中,通过电脑屏幕即时观察到其在纸上绘制的形状被赋予

峇迪风格之后的效果，实现了用户的艺术创作过程与计算机反馈过程的联动（见图6）。这让艺术创作变得更加直观、灵活，增加了用户生产更多创意的可能性。同时，该系统也基于卷积神经网络保存了传统的峇迪风格，并以网络交互系统让体验者创造承载传统峇迪

风格的艺术作品。这种让体验者能够参与到传统峇迪绘画再创作的人机交互方式，不仅应对了优秀传统文化在现代社会所面临的转型困境，为世界范围内的多元文化发展注入了现代科技的活力；还提出了在未来勾连人工智能技术和优秀传统文化保护的新方向。



图6 “神经元蜡染”的多样化笔触风格
Fig.6 Diverse brushstroke styles in "Neural Batik"

其次，“神经元蜡染”在传统峇迪风格的基础上，还给予了用户根据个人喜好进行风格定制的机会，这使得用户能够根据自己的创意和偏好创作出充满个性的艺术作品，并创造出更加多样的艺术图案，促进了峇迪艺术朝着多元化方向发展。

最后，“神经元蜡染”还能够保存这些基于网络交互系统所创造出的艺术作品，是一种针对马来西亚传统文化艺术的数字化保护手段。通过数字化保护，易受时间和环境侵蚀的传统蜡染作品的原貌得以永久保存，非物质文化遗产的文化基因也得以延续。

总之，“神经元蜡染”这种实时互动的数字艺术创作方式，充分利用了新兴科技的力量，尤其是最为前沿的人工智能技术来推动峇迪艺术的数字化传播。这有助于该种艺术类型克服先前在时间和空间维度上所遭遇的发展障碍，是一种在线传播优秀传统文化的新路径。进一步而言，此种路径还能够帮助峇迪以更多样化、更新颖的方式呈现，为来自不同地域、背景和文化的人们提供了解和参与马来西亚非物质文化遗产保护和传承的机会，这对峇迪艺术的创造性转化和创新性发展乃至东南亚地区的文化多元性提升都具有重要意义。

5 结语

传统峇迪作为马来西亚特有的一种蜡染艺术形式，在国际上呈现出独特性高和影响力强的双重特征。即便如此，笔者仍在实践中发现，由于传统蜡染工艺的步骤复杂性和对匠人熟练度的高要求，峇迪在现代社会的传承和发展都受到了极大限制。近年来，随着文化数字化发展的大力推进，一些同时具有传统文化传承观念和先锋技术使用观念的研究人员，纷纷

参与到峇迪艺术的创造性转化和创新性发展之中，输出了许多基于人工智能技术的实践方案。

在此背景下，笔者开发了一套名为“神经元蜡染”的作画系统，以解决现有研究成果所存在的风格受限和交互性差等问题。该系统通过基于卷积神经网络的风格转换技术，将人工智能与生成艺术融合进传统峇迪工艺之中。同时，它还利用机器学习创造出能够将普通画作实时转化为传统峇迪风格的生成系统，即借助科技的力量将传统峇迪工艺中繁琐的制作步骤化繁为简。这样，体验者便能够通过人机交互，具象化他们的想法并将其呈现在网络界面中。所以，“神经元蜡染”不仅以数字化的手段为峇迪艺术提供了更加多元的表现方法，丰富了马来西亚传统文化的数字化样态，实现了古老技艺的传承、革新和发展；还消除了时间和空间所带来的传播局限性，以蜡染为媒介增强了不同文化之间的交往、交流、交融，为在文化全球化的时代背景下文化迁移、文化交融，以及人类命运共同体建设和艺术无国界的发展提供了现实层面的可操作性。

参考文献：

[1] 中国政府网. 中共中央 国务院印发《数字中国建设整体布局规划》[EB/OL]. (2023-02-27) [2023-09-04]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/27/content_5743484.htm. Chinese Government Network. The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council issued the "Overall Layout Plan for the Construction of Digital China" [EB/OL]. (2023-02-27) [2023-09-04]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/27/content_5743484.htm.
[2] 张灿. 印度尼西亚传统手工蜡染特征浅析——印度尼西亚手工蜡染工房考察纪录[J]. 艺术生活-福州大学

- 厦门工艺美术学院学报, 2018(4): 78-80.
- ZHANG C. Analysis on the Characteristics of Traditional Handmade Batik in Indonesia—Investigation Record of Handmade Batik Workshop in Indonesia[J]. *Art & Life*, 2018(4): 78-80.
- [3] AKHIR N H M, ISMAIL N W, SAID R, et al. Traditional Craftsmanship: The Origin, Culture, and Challenges of Batik Industry in Malaysia[C]// OMAR R, BAHROM H, DE MELLO G. *Islamic Perspectives Relating to Business, Arts, Culture and Communication*. Singapore: Springer, 2015: 229-237.
- [4] YUNUS U N A. *Malaysian Batik: Reinventing a Tradition*[M]. America: Tuttle Publishing, 2012.
- [5] WIDADI Z. Pemaknaan Batik Sebagai Warisan Budaya Takbenda[J]. *Pena Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 2019, 33(2): 17.
- [6] ANDANSARI D, BIN KAMARUDIN K H, SHYAFARY D, et al. Innovation of Craft and Batik Products in the Industrial Revolution 4.0 Era in Indonesia[C]// 3rd International Conference of Bio-Based Economy for Application and Utility, "Aip Conference Proceedings. Padang: AIP Publishing, 2023.
- [7] 刘琪雯. 马来西亚峇迪蜡染工艺在现实生活中的应用[J]. *传播力研究*, 2019, 3(12): 199-200.
- LIU Q W. Application of Batik Printing Technology in Malaysia in Real Life[J]. *Research on Transmission Competence*, 2019, 3(12): 199-200.
- [8] SYED SHAHARUDDIN S I, SHAMSUDDIN M S, DRAHMAN M H, et al. A Review on the Malaysian and Indonesian Batik Production, Challenges, and Innovations in the 21st Century[J]. *SAGE Open*, 2021, 11(3): 215824402110401.
- [9] GIRSANG N D. Literature Study of Convolutional Neural Network Algorithm for Batik Classification[J]. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 2021, 1(1): 1-7.
- [10] SALMA I R, ESKAK E. Keeping the Genuine of Batik in the Age of Artificial Intelligence[J]. *SSRN Electronic Journal*, 2020.
- [11] LI Y, HU C J, YAO X. Innovative Batik Design with an Interactive Evolutionary Art System[J]. *Journal of Computer Science and Technology*, 2009, 24(6): 1035-1047.
- [12] KHALIDA R. Generate Asian Games 2018 Mascot for Batik Motif with Neural Style Transfer[J]. *Moestopo International Review on Social, Humanities, and Sciences*, 2022, 2(1): 1-6.
- [13] PERMATASARI P A, CANTONI L. Participatory Design to Create Digital Technologies for Batik Intangible Cultural Heritage[C]// SOARES M M, ROSENZWEIG E, MARCUS A. *International Conference on Human-Computer Interaction*. Cham: Springer, 2021: 88-106.
- [14] HE K M, GKIOXARI G, DOLLÁR P, et al. Mask R-CNN[C]// 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). Venice: IEEE, 2017: 2980-2988.
- [15] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks[J]. *Communications of the ACM*, 2012, 60: 84-90.
- [16] HUANG H Z, WANG H, LUO W H, et al. Real-Time Neural Style Transfer for Videos[C]// 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Honolulu: IEEE, 2017: 7044-7052.
- [17] HARDESTY S. *SpringerLink*[J]. *Issues in Science and Technology Librarianship*, 2006.
- [18] WIJNTJES M, VAN ZUIJLEN M. Sketch and Test: Visual Crowd Research Using P5. Js[M]. New York: arxiv preprint arxiv:2004.08198.2020.
- [19] BOHNACKER H, GROSS B, LAUB J, et al. *Cenerative Design: Visualize, Program, And Create with Javascript in P5. Js*[M]. San Francisco: Chronicle Books. 2018.
- [20] GUPTA A, JOHNSON J, ALAHI A, et al. Characterizing and Improving Stability in Neural Style Transfer[C]// 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). Venice: IEEE, 2017: 4087-4096.