

基于深度学习的汽车造型设计工具研究

夏进军, 周方舟, 樊真成, 黄宝钢, 刘礼
(重庆大学, 重庆 400044)

摘要: **目的** 研究基于深度学习的汽车造型设计工具。**方法** 使用交叉分类法对数据集进行整理并标记, 形成全标签数据库, 结合基于 StyleGAN2 的汽车图像生成模型, 形成基于深度学习的汽车造型设计工具, 并通过对比实验检验 AI 设计工具的生成速率和质量优劣。**结果** 通过 AI 生成汽车造型的速率是一般设计师的数千倍, 在质量比中, AI 生成的质量高于一般设计师。**结论** 基于深度学习的汽车造型设计工具可作为汽车造型设计的新工具。

关键词: 汽车造型; 深度学习; 设计工具; StyleGAN2; 标签体系

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)18-0042-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.18.006

Automotive Modeling Design Tool Based on Deep Learning

XIA Jin-jun, ZHOU Fang-zhou, FAN Zhen-cheng, HUANG Bao-gang, LIU Li
(Chongqing University, Chongqing 400044, China)

ABSTRACT: This paper studies the automotive modeling design tools based on deep learning. The cross-classification method is used to arrange and mark the data set to form a full-label database. In combination with styleGAN2-based automobile image generation model, a vehicle modeling design tool based on deep learning is formed, and the generation rate and quality of AI design tools are tested through comparative experiments. Through the AI design, the automobile modeling generation rate is thousands of times higher than that of ordinary designers, and in the quality score, the quality generated by AI is higher than that of ordinary designers. By partially and controllable design target modeling, it is proved that the automobile modeling design tool based on deep learning is a new tool, and the rate of generating images by the new tool is faster than that of the designer's hand drawing.

KEY WORDS: automotive modeling; deep learning; design tools; StyleGAN2; label system

中国制造业的转型升级创造出了更多的高技术制造岗位^[1]。人工智能 AI^[2]逐渐在制造业中发挥着不可忽视的作用。高效处理大量用户和产品数据可以使用户需求的实现与工业产品的制造得以对应, 这对解决人民日益增长的使用需求与生产力不匹配的问题有所帮助。在汽车制造业转型升级的大背景下, 智能设计作为汽车设计、制造工业流程的一环引起国内外学术界一定关注^[3], 但仍存在没有解决的问题, 主要体现在技术研究成果较多, 但智能设计介入汽车造型未能形成有效的工具和方法, 缺乏系统性的设计指标; 同时, AI

算法虽是设计展开的基础, 但该基础研究还缺乏与设计学科相关知识和方法的匹配。本文通过构建深度学习算法与设计要素之间的对应关系, 由实验验证 StyleGAN2 介入汽车造型设计的可行性。研究结果不仅对未来汽车造型设计工具的开发有所启示, 而且为其他工业产品的设计工具开发提供了经验和路径。

AI 已在其他设计领域得到广泛运用。本文通过研究传统汽车造型设计, 分析了设计过程中不可或缺的各个环节^[4]。汽车造型设计中深度学习应用程度分析见表 1。

收稿日期: 2021-06-18

基金项目: 重庆市社科规划项目 (2018YBYS162); 用户体验质量驱动的重庆智能产业产品设计多觉表达方法研究

作者简介: 夏进军 (1978—), 男, 博士, 重庆人, 重庆大学副教授, 主要研究方向为工业设计理论与实践。

表 1 汽车造型设计中深度学习应用程度分析

Tab.1 Application degree analysis of deep learning in automotive modeling design

汽车造型的设计节点	切入点	应用程度
前期规划包括市场调研,用户调研,产品定位	深度学习已有大数据分析的使用先例,可以筛选市场用户喜好等大数 据,抖音和快手等通过标记视频标签,匹配对应用户标签,正在改变 传统视频推荐模式	大规模应用
概念设计包括草图设计,色彩选择,汽车外表面质感选择	深度学习中的图像生成技术生成人脸图像,实现人脸生成,表情控制, 目前已部分运用于影视行业	部分应用
油泥模型和 Cas 数字模型	AI 自动建模	初探
评估汽车模型造型效果	基于神经网络的汽车车身造型美学评价	初探
cnc 加工最终模型	AI 应用于数控机床	初探

前期规划与市场调研阶段不是本文研究内容。在概念造型设计阶段,目前还没有实现 AI 设计工具在汽车产业上的成熟应用,本文的研究拟利用 AI 设计工具为前期的概念造型设计提供参考。

计算机图形领域目前已有使用 StyleGAN2 算法进行人脸生成的应用工具,且生成了较好的图像效果,生成结果是以色块形状分布的,因此被人类认定为人脸的二维图像。迁移学习是深度学习众多技术中常见的一种方法。迁移学习把在其他任务中表现良好的模型作为新模型的初始模型,成熟模型在开发阶段已消耗了大量的时间和计算资源,迁移学习能够将成熟模型所获得的强大技能转移到其他相关问题上。本文尝试通过 AI 算法迁移学习,生成色块形状分布,形成汽车的造型图像,打造基于深度学习的汽车造型设计工具。

2 基于深度学习的汽车造型设计工具整体结构设计

为了使研究方法实际使用时搜索与生成效率良好,本文使用交叉分类法对输入数据进行贴标签处理,形成数据级并行结构,使其具有实时搜索查找功能,然后将标签化的输入数据作为全标签数据库,采用图像生成算法 StyleGAN2 进行汽车造型设计:将目标图像的编码输入 PyCharm Community Edition (2020.2.3 x64) 里,PyCharm Community Edition (2020.2.3 x64) 的 StyleGAN2 生成汽车图像,即得到 AI 设计的汽车造型。

基于深度学习的汽车造型设计工具结构见图 1,通过结合全标签数据库和基于 StyleGAN2 的汽车图像生成模型,创建基于深度学习的汽车造型设计工具。图中实线箭头表示数据处理的路径,括号 1 包括了没有标签的数据集,按六要素分类标注后形成全标签数据库。括号框 2 使用全标签数据库的筛选功能快速从数据库筛选输入图像,输入给 StyleGAN2。“+”表示输入图像以相加的方式融合生成输出图像,括号框 3 表示输入图像 0 和 1 的低中高 3 种像素样式的 3

种组合生成的不同图像。

3 标签体系和多标签标记

3.1 标签体系

本文标签体系由特征面、汽车颜色、汽车质感、语义形容词、法律法规、基本信息六种基础要素并行组成。汽车造型的审美要素包括图形、形面和体量^[5],其中特征面负责标记输入图像的汽车观测视角和造型形状特征^[6];汽车颜色负责标注颜色特征^[7];专家提出汽车造型设计要素还包括质感要素,汽车质感负责标注表面质感特征,质感影响品质感受^[8];造型要素与情感意象的载体是期望造型意向形容词,基于感性工学的敏感感性意象形容词 SKIA 用于汽车造型设计^[9],语义形容词负责标记设计师期望造型意向;法律法规负责判断汽车造型比例是否合规并标记标签^[10];基本信息负责标记品牌和车型^[11],这两组信息对造型设计亦有影响。基于深度学习的汽车造型设计标签体系见表 2。

3.2 多标签分类

单标签学习任务中的每个样本只与一种类别信息相关联,多标签学习可以输出多个标签信息^[12],其中每个实例可以与一组标签有关,假设 $Y=\{y_1,\cdots,y_n\}$ 属于 R^n 表示 n 维标签空间,该标签空间有 n 种可能的标签类别,多标签学习的任务是从多标签训练数据集 $D=\{(X,Y)\}$ 中学习一个函数 $f:X\rightarrow Y$,对于任意一个测试实例 $x\in X$,多标签分类器 $f(\cdot)$ 预测 x 的标签集合 $f(x)\in Y$ 。

多标签分类汽车输入数据见图 2,单标签分类任务只能标记一个标签,数据编号 677 的期望造型意向形容词标签分别为独特的或拉风的或运动的,就只能标记其中一个。多标签分类任务能够标记多个标签,数据编号 677 将会同时分配这 3 种类别形容词作为输入数据的标签,标签就为独特的、拉风的、运动的,后续用户根据条件筛选标签,实现可控生成带有这 3 种类别的特征的图像^[13]。



图1 基于深度学习的汽车造型设计工具结构

Fig.1 Overall structure of automotive modeling design tool based on deep learning

表 2 基于深度学习的汽车造型设计标签体系

Tab.2 Label system of automotive modeling design based on deep learning

要素	标签	目的
特征面	正面，正侧，侧面，后侧，后面	可控生成目标造型角度
颜色	红橙黄绿蓝靛紫黑白灰棕	可控生成目标颜色
质感	金属，磨砂	可控生成目标质感
期望造型意向形容词	不错的；满分的；独特的；大气的；耀眼的；好看的；完美的；宽的；小的；惊喜的；成熟的；流畅的；拉风的；中庸的；舒服的；运动的；高大的；干净的；性感的；硬的；奢华的；年轻的；	可控生成的目标敏感感性意象 形容词（SKIA）映射的造型
法律法规	比例合规，比例违规	可控生成比例合规的造型，筛 除违规比例的输出结果
基本信息	品牌，车型信息	可控生成目标信息的造型



图 2 多标签分类汽车输入数据

Fig.2 Multi-label classification automobile input data

4 实验说明和评价方法

本文实验设计是通过对比 AI 算法和设计师根据参考图像设计汽车造型的能力，评价基于深度学习的汽车造型设计工具的优劣。被试组是 1 台 AI 计算机和 1 名汽车设计师，数量都是单位 1。为避免 AI 不停计算导致产出数量太多难以统计，本文实验采用图像产出数量为单位 1 时所需的时间。其中不变量是设计师和 AI、生成图像数量和参考图像，变量是生成图像质量，消耗时间。

本文实验使用产出数量和时间比加图像质量，定性打分作为工具性能评价指标，其计算方式为： $m=1/s+(y_1+y_2+\cdots+y_n)/n$ ，其中 m 表示工具性能指标，1 表示生产数量， s 表示生成图像消耗时间（单位秒 $1/s$ ）， y 表示其他人对图像质量定性打分（ $-1\leq y\leq 1$ ）。为了在分值上使质量和速率权重平衡，质量分值分数区间大于等于 -1 小于等于 1。

5 实验过程和环境

构建标签数据库：无标签数据集包含 StyleGAN2

学习过的十万张图片，包含各类汽车图像，数据来源于汽车之家、易车网、太平洋汽车网等网站。全标签数据库包含 StyleGAN2 学习过的 200 张不同要素的汽车图像，其分辨率统一为高 512 像素和宽 512 像素。根据深度学习的汽车造型设计标签体系进行人工标注，可实现根据标签筛选目标图像进行输入的功能。本文实验使用全标签数据库，有特征面标签 200 条；颜色标签 200 条；质感标签 200 条；期望意向形容词 200 条并且该标签是多标签分类；法律法规标签 200 条；基本信息 200 条。

数据训练：本文 AI 的实验的环境为 PyCharm Community Edition（2020.2.3 x64），显卡为 NVIDIA GTX 1050Ti。算法是 StyleGAN2，已在各大网站爬取的汽车图片数据集上完成了数据训练。

全标签数据库见图 3，结合基于 StyleGAN2 的汽车图像生成模型见图 4，便可构建基于深度学习的汽车造型设计工具。

在全标签数据库中通过随机点击图片的方式选择初始参考图像和输入图像。本文实验选取编号 677 和 718 的图像数据一起作为 AI 输入图像和普通设计师的参考图像，初始参考图像和输入图像见图 5。

AI 生成汽车造型图像运算花费 3.6 秒，设计师使用绘图软件进行 5 小时的板绘完成了设计，AI 和设计师的设计过程见图 6。AI 和设计师的设计结果见图 7。

将实验结果做成问卷由被试者对图像质量进行打分，打分采取盲选策略。被测者不知道汽车图像分别由谁设计，仅凭主观喜好打分，减少因预先得知设计师身份产生的心理偏差影响对造型美观的判断。情绪语义词汇从很讨厌、讨厌、厌恶、反感、无聊、一般、还行、感兴趣、偏好、喜欢、很喜欢对应 -1；-0.8；-0.6；-0.4；-0.2；0；0.2；0.4；0.6；0.8；1 分值。不可多次打分，只能打分一次，避免刷分现象存在。题目 1 是 AI 设计的汽车造型，题目 2 是设计师设计的汽车造型，问卷设计见图 8。

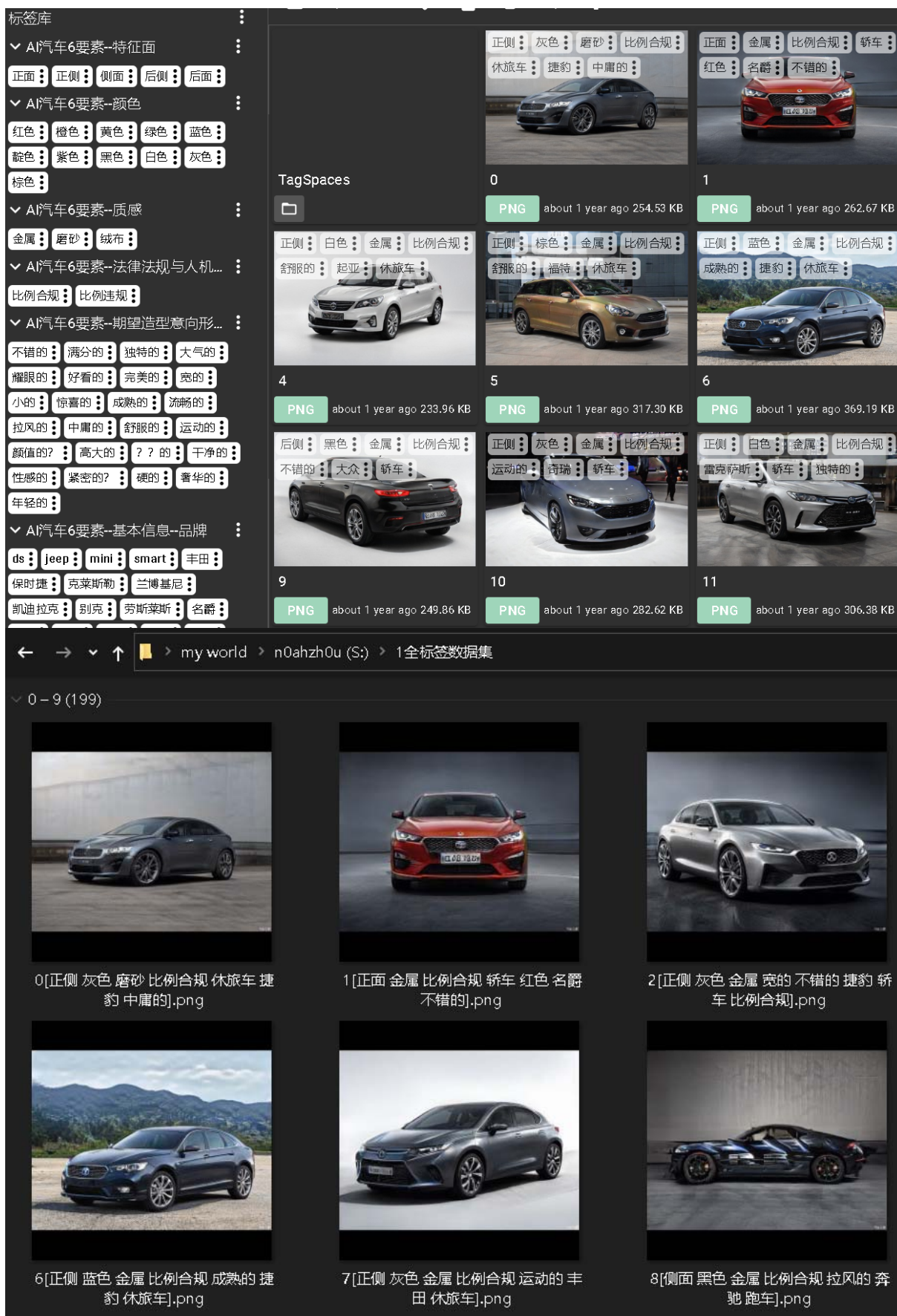


图3 全标签数据库
Fig.3 Full label database

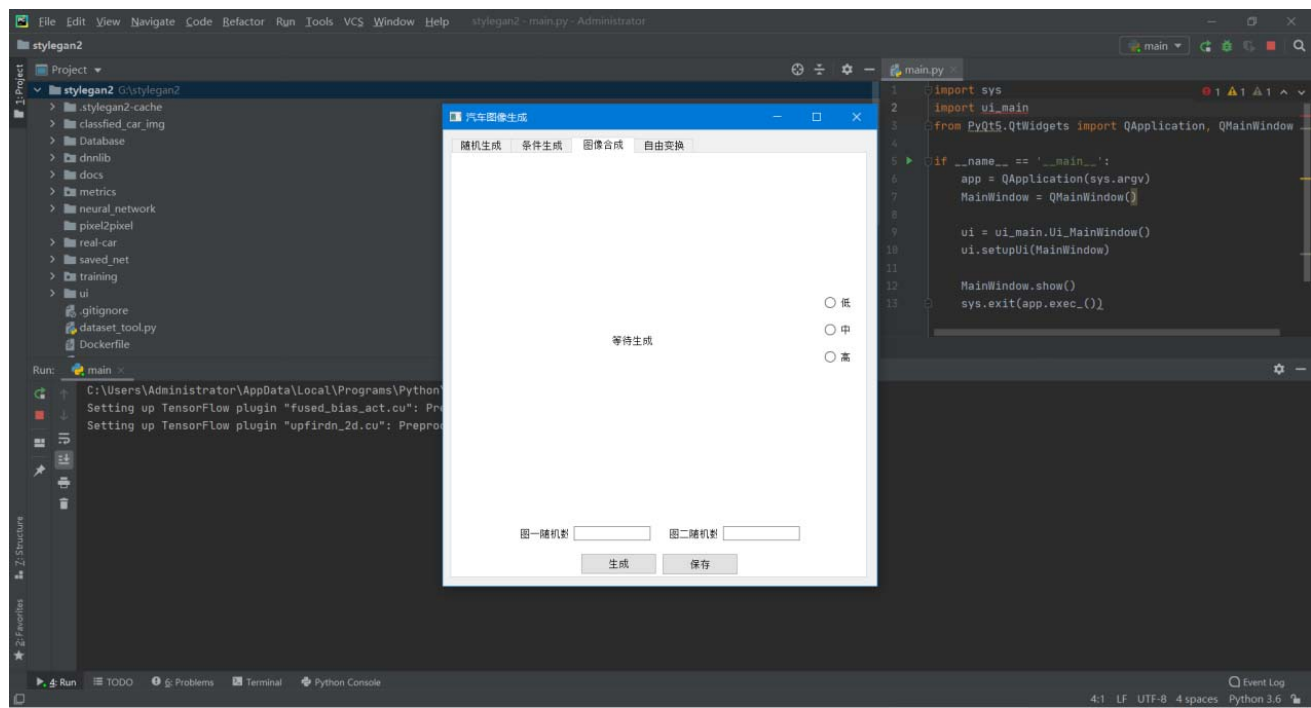


图 4 基于 StyleGAN2 的汽车图像生成模型
Fig.4 Automobile image generation model based on styleGAN2



图 5 初始参考图像和输入图像
Fig.5 Initial reference images and input images

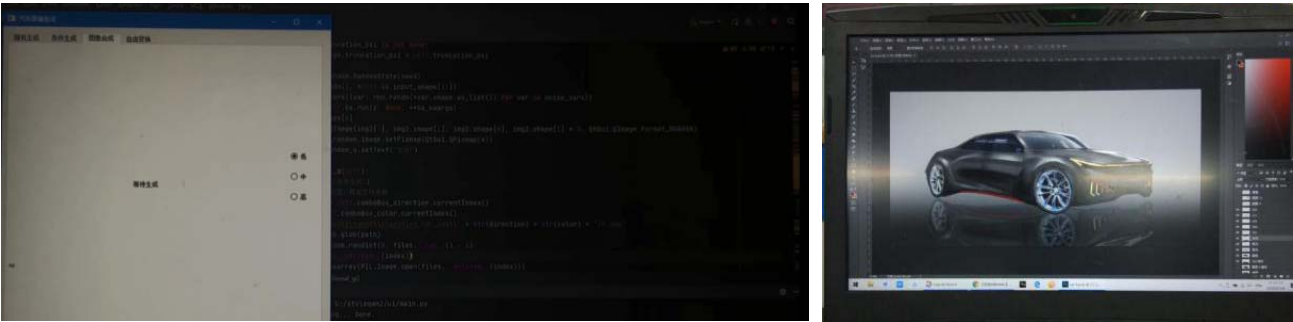


图 6 AI 和设计师的设计过程
Fig.6 Design process for AI and the designer

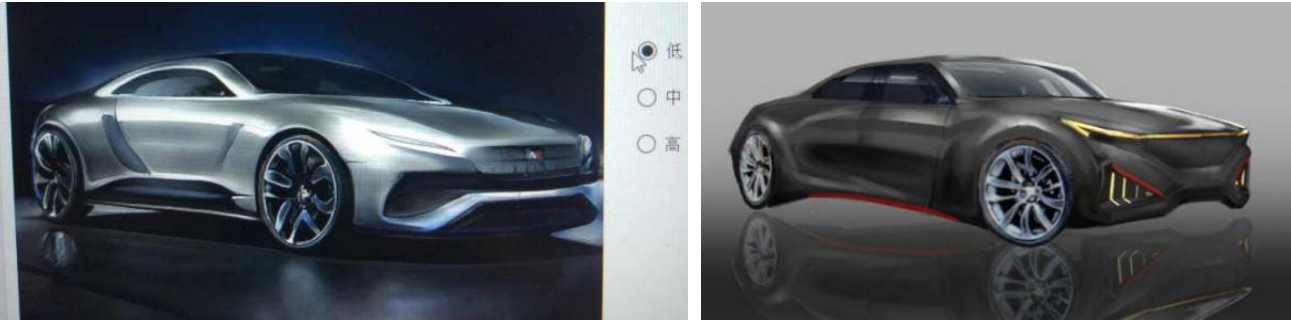


图 7 AI 和设计师的设计结果
Fig.7 Design results for AI and the designer



图 8 问卷设计
Fig.8 Questionnaire design

6 工具性能分析与比较

实验共有 52 人参与，得到有效问卷 52 份。被试者身份各异，有非设计师和设计师，本次结果从非专业人员和从业者两种身份进行检验，使结果更具可信度，问卷结果见图 9。

将实验数据汇总进行分析，基于深度学习的汽车造型设计工具和设计师的评价对比见表 3，AI 的设计速率很快，为 0.27777 张/s，设计师的速率是 0.00005 张/s，AI 的速率是设计师的 5555 倍。在质量上各有优劣，AI 的平均分是 0.43，设计师是 0.02，根据评价公式 AI 总分是 0.68000，设计师总分是 0.02005。由此可知，基于深度学习的汽车造型设计工具有生成

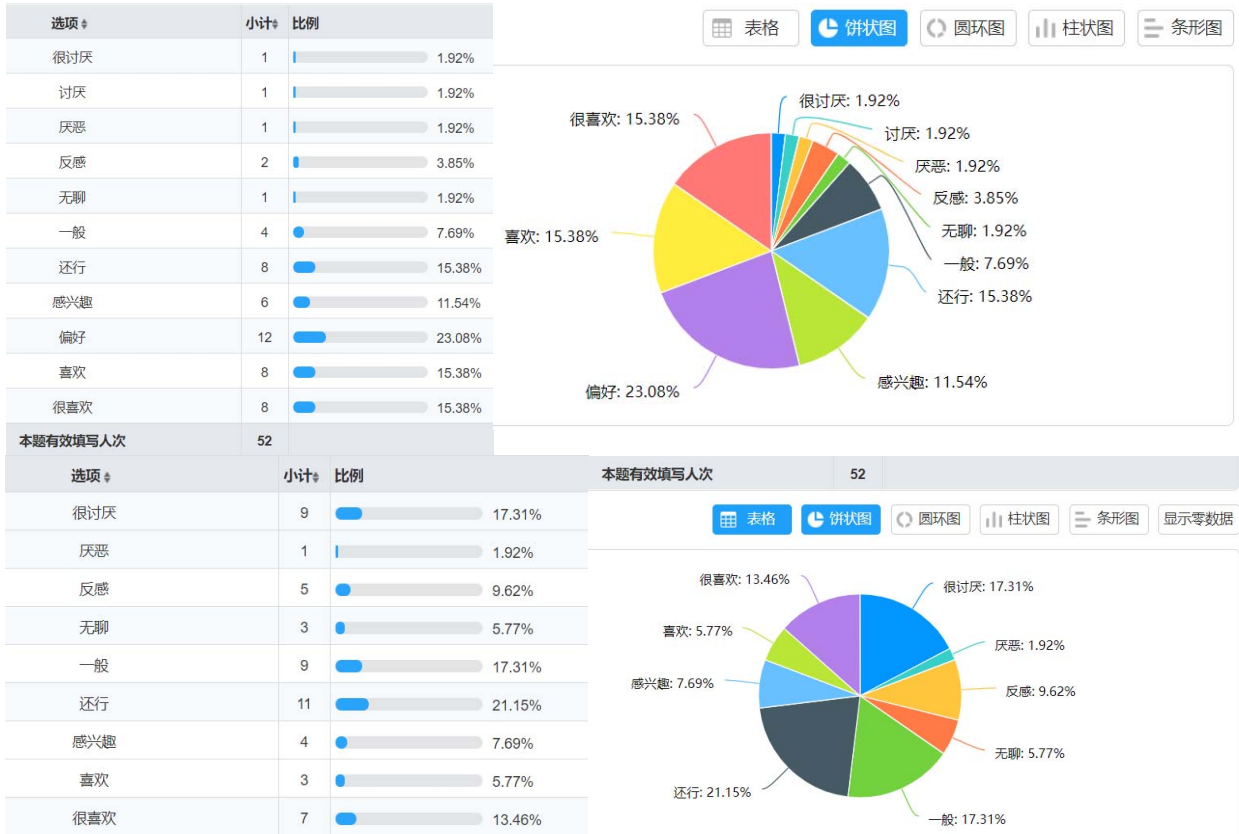


图 9 问卷结果
Fig.9 Questionnaire results

表3 基于深度学习的汽车造型设计工具和设计师的评价对比

Tab.3 Evaluation and comparison of automotive modeling design tools based on deep learning and designers

要素	AI	设计师
数量	1	1
耗时	3.6 s	18000 s
速率	0.27777	0.00005
质量平均分	0.43	0.02
总分	0.68000	0.02005

速率上的优势。从设计质量上看,受被试者审美喜好的影响,定性判断会有一定主观因素的影响,但对比造型设计水平一般的设计师而言, AI 设计已初现质量上的优势。但由于 AI 学习的图片受到量产车造型设计限制,没有学习到概念车设计等具备想象力的外观造型,导致输出的汽车造型普遍都偏向量产车的造型,而非概念车的造型,因此深度学习算法目前依然无法取代。

基于深度学习的汽车造型设计工具能够部分可控设计目标进行造型设计,是辅助设计师进行汽车造型设计的新工具,通过对比实验证明新工具的生成图像的速率比普通设计师手绘造型更快,图像质量上虽处于动态波动的状态,但是也体现出了初步的优势。后续可研究如何稳定生成图像质量,探寻 StyleGAN2 生成数据与造型要素的部分映射关系,实现部分可控的 AI 汽车造型设计,达到设计质量优于水平一般设计师的目标。由于 AI 生成结果与人类理想造型高度匹配的概率不稳定,因此 AI 生成结果只能作为设计师的参考,最终设计结果的应用依然由设计师把握是比较合适的工具使用方式。

7 结语

标签数据库和基于 StyleGAN2 的汽车图片生成模型,本文创建出了基于深度学习的汽车造型设计工具。通过实验对比 AI 与一般设计师在设计速率和质量上的优劣,检验了基于深度学习的汽车造型设计工具的使用效果。基于深度学习的汽车造型设计工具能够实现人工智能辅助设计师开展汽车造型设计,且该工具产出方案是可行的。本研究对未来汽车造型设计工具的技术进步有启发意义,还与其他工业产品设计工具的改进提供了经验和路径。

参考文献:

- [1] 韩晔彤. 人工智能技术发展及应用研究综述[J]. 电子制作, 2016(12): 82.
HAN Ye-tong. Development and Application of Artificial Intelligence Technology[J]. Electronic Production, 2016(12): 82.

- [2] 李开复, 王咏刚. 到底什么是人工智能[J]. 科学大观园, 2018(2): 48-49.
LI Kai-fu, WANG Yong-gang. What is Artificial Intelligence[J]. Science Grand View Park, 2018(2): 48-49.
- [3] 中国国务院. 新一代人工智能发展规划[J]. 科技导报, 2017(17): 113.
State Council of China. New Generation Artificial Intelligence Development Plan[J]. Science & Technology Review, 2017(17): 113.
- [4] 严扬, 刘志国, 高华云. 汽车造型设计概论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
YAN Yang, LIU Zhi-guo, GAO Hua-yun. An Introduction to Automotive Modeling Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [5] CATALANO C. Towards an Auto Matic Semantic Annotation of Car Aesthetics[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacturing, 2007, 21(1): 73-90.
- [6] 梁峭, 赵江洪. 汽车造型特征与特征面[J]. 装饰, 2013(11): 87-88.
LIANG Qiao, ZHAO Jiang-hong. Car Styling Features and Feature Surfaces[J]. Zhuangshi, 2013(11): 87-88.
- [7] 韩笑. 基于功能层面的汽车色彩研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2018.
HAN Xiao. Automotive Color Research Based on the Functional Level[D]. Qingdao: Qingdao University, 2018.
- [8] 尹彦青, 赵丹华, 谭征宇. 汽车内饰品质感的感知模态研究[J]. 包装工程, 2016, 37(20): 35-40.
YIN Yan-qing, ZHAO Dan-hua, TAN Zheng-yu. A Study on the Perceptual Modality of Interior Ornament Texture [J]. Automobile Packaging Engineering, 2016, 37(20): 35-40.
- [9] 胡伟峰, 赵江洪, 赵丹华. 基于造型特征线的汽车造型意象研究[J]. 中国机械工程, 2009, 20(4): 496-500.
HU Wei-feng, ZHAO Jiang-hong, ZHAO Dan-hua. A Study on the Image of Automobile Modeling Based on Line[J]. China Mechanical Engineering, 2009, 20(4): 496-500.
- [10] 中华人民共和国标准化管理委员会. GB 1589-2016 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
The Standardization Administration Committee of the People's Republic of China. GB 1589-2016 Limits of Dimensions Axle Load and Masses for Motor Vehicles Trailers and Combination Vehicles[S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2016.
- [11] PHILIPSON. Aesthetics Today[M]. USA: Word Publishing Press, 1961.
- [12] 姜思羽, 钟晓玲, 邱少健. 结合标签相关性和不平衡性的多标签学习模型[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2019, 51(1): 142-149.
JIANG Si-yu, ZHONG Xiao-ling, QIU Shao-jian. A multi-label Learning Model Based on Label Correlation and Imbalance[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2019, 51(1): 142-149.
- [13] 高翔, 李春庚, 安居白. 基于注意力和多标签分类的图像实时语义分割[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2020(12): 1-9.
GAO Xiang, LI Chun-geng, AN Ju-bai. Real-time Semantic Segmentation of Images Based on Attention and Multi-label[J]. Classification Journal of Computer-Aided Design and Graphics, 2020(12): 1-9.