

基于 AR 技术的设计评价系统研究

董梦瑶, 高增桂, 刘丽兰
(上海大学, 上海 200444)

摘要: **目的** 增强现实技术 (AR) 的应用研究是产品设计领域的研究趋势之一, 旨在研究 AR 技术与产品设计评价之间的关联性, 探求 AR 技术在此领域的应用方法。 **方法** 基于产品模型、AR 体验创建平台和设计评价三大模块构建基于 AR 技术的设计评价系统, 再以在机场环境中的安防机器人为例, 以形态、色彩、曲面、人机交互、环境适配和经济适用为主要评价参数, 分析此系统的实际应用情况。 **结果** 与现有 AR 系统对比分析, 此系统在颜色更改、比例调整、动态展示三方面具有优势, 对产品展示、产品完善、产品设计相关参数的评价以及与客户沟通等方面具有重要意义。 **结论** 在三维层面, 基于 AR 技术的设计评价系统实现了产品展示的多空间、多角度、多层级的转变, 对于评价产品设计更具直观性、实用性和经济性, 且具有十分重要的实际意义。

关键词: AR 技术; 产品设计; 设计评价; 交互; 安防机器人

中图分类号: TB472; J524 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)06-0192-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.06.027

Design Evaluation System Based on AR Technology

DONG Meng-yao, GAO Zeng-gui, LIU Li-lan
(Shanghai University, Shanghai 200444, China)

ABSTRACT: The application research of augmented reality technology (AR) is one of the research trends in the field of product design. It aims to study the correlation between AR technology and product design evaluation, and explore the application method of AR technology in this field. Based on the product model, AR experience creation platform and design evaluation, the design evaluation system based on AR technology was built. Then, the security robot in the airport environment was taken as an example to analyze the actual application of this system with shape, color, surface, human-computer interaction, environmental adaptation and economic applicability as the main evaluation parameters. Compared with the existing AR system, this system had advantages in color change, scale adjustment and dynamic display and had great significance for product display, product improvement, evaluation on product design related parameters and communication with customers. The design evaluation system based on AR technology achieves the multi-space, multi-angle and multi-level transformation of product display in three-dimensional level, which is more intuitive, practical and economical for evaluating product design, and has very important practical significance.

KEY WORDS: augmented reality technology; product design; design evaluation; interactive; security robot

目前 AR 主要用于生产制造、维修、医疗、军事等企业级应用, 但也涉及娱乐、游戏等消费领域的少量应用。在已发布的《中国制造 2025》重点领域技术路线图中, 中国企业智能制造处于转型过程, AR 技术已成为智能制造核心信息设备领域的关键技术

之一。由此, 针对 AR 技术在产品设计方面的功用进行分析研究也是趋势之一。本次研究基于在产品设计中的一个有效需求, 即设计后可以立体观看, 利用 AR 技术可以将虚拟信息与真实世界融合的特点, 在产品完善阶段或最终产品方案的展示中构建一个基

收稿日期: 2020-12-12

基金项目: 上海市工业互联网创新发展专项资金 (2018-GYHLW-02009)

作者简介: 董梦瑶 (1996—), 女, 河北人, 上海大学硕士生, 主攻产品设计和人机交互。

通信作者: 高增桂 (1986—), 男, 江苏人, 博士, 上海大学讲师, 主要研究方向为人机交互和智能制造工程。

于AR技术的设计评价系统,导入产品模型使其与真实场景融合,实现三维方向的产品展示,并且通过与系统交互来调整模型的色彩、比例等产品设计参数,以此在真实场景中便可评审模型来达到与实际场景更适配的最佳效果。

1 AR技术与产品设计

AR是在虚拟现实的基础上发展起来的新技术,也称为混合现实^[1],具体指将虚拟数字内容信息(文字、图形、声音、动画、视频、虚拟三维物体等)添加到真实环境中,将虚拟的信息应用于真实世界,但真实环境信息和虚拟数字信息并不是简单叠加,而是无缝融合,使观者产生一种现实与虚拟和谐共存的场景体验^[2-3]。

1994年, Milgram提出了“现实—虚拟”的统一体概念,他认为统一体的最左端是真实世界,最右端是虚拟世界,中间部分则是由增强现实和增强虚拟构成的混合现实,在这个统一体上,虚拟物体的份额从左端到右端由0向100不断增强直至最终成为完全虚拟现实,反之,现实世界的份额从右端向左端不断增强直至达到完全现实^[4]。由此描述可得,人们熟知的AR技术是一种部分或局部虚拟,是连接现实与虚拟的桥梁。如果左端是应用各种材料经过制造加工得到的实际产品展示,那么右端则是具备应用AR技术辅助的新型产品展示。

艺术与技术的统一是设计师在设计中遵循的设计原则之一^[5]。将AR技术与产品设计相结合,在三维层面与真实场景搭配进行产品效果展示,这能增强产品的互动性、体验感、吸引力。在产品设计完善阶段或与客户沟通阶段,需要展现产品的外观效果,以便更好地分析方案或与客户讲解方案。而传统的产品效果展示分为二维方向的手绘表达、渲染效果图展示,三维方向的软件建模展现、实际生产完成的产品展示。但再精确多方位的二维平面展示也会限制设计师设计理念的表达,影响与客户的沟通效率,并且传统的三维展示也有诸多限制,电脑软件建模的展现缺少与产品应用环境的结合,若要展现产品在实际场景中的应用情况而将其生产制造出来,则需要消耗大量的时间、人力和财力^[6]。AR技术恰恰弥补了这些缺陷,在设计完善阶段,设计师可以通过AR技术将创意快速、有效、逼真地融合于产品的实际应用场景中,使得设计师、客户能够对前期产品外观设计有直观和切身的感受,也更有利于最终设计方案的完善。

AR技术不仅能够从理性角度解决产品设计问题,而且还可以给人的感官带来直观的刺激与认知^[7]。其所具有的将虚拟信息与真实信息相融合的特点,可以在现有的产品外观上融合更多的动态、声音、三维视图以及真实的真实环境信息,让人们在虚拟信息与现实信息中创造出更多维度的信息表现形式^[8]。本研

究中构建的系统使得AR技术可以应用于产品设计阶段的装配仿真、外观设计分析、评审产品模型等方面,使设计师或客户能基于现实世界对产品的实际使用、功能以及细节的理解分析有更加切身直观的了解。

2 产品设计评价

设计评价是在设计中利用设计学、统计学等相关学科的理论知识,在综合权衡设计方案的各种影响因素后,对其价值作出判断的过程^[9]。由于产品设计开发是一个周期过程,需要考虑影响设计方案进行的各种因素和指标,因此,可从设计美学、功能技术、人机交互、环境适配以及经济适用等方面进行研究^[10]。

产品本身并无任何的感性特性可言,而产品之所以能够具有感性特征是因为人们把自身的情感注入到了产品之中^[11],这种情感注入是在人们对产品的认知过程中产生的,对产品的认知过程主要包含视觉、触觉、嗅觉、听觉和味觉的感知。此系统便是利用AR技术增强产品在设计完善阶段的视觉刺激来彰显产品的视觉特征。

产品的视觉特征主要体现在形态和色彩上。形态作为产品造型的基本要素,其线条、曲面、比例等语言都对视觉获取的信息起到了重要作用。二维图形、界面平面效果和三维形态这些能够看见的产品元素在很大程度上影响着用户的心理感受^[11]。色彩作为产品的重要元素,其包含着丰富的视觉信息,可以传递产品的相关信息,丰富产品的视觉效果。

为了能够得到准确的评价结果,应结合产品的诸多特征属性,全方位、多角度地进行分析,基于与设计美学、社会要求、科学创新相结合的准则对产品的设计进行评价。

产品的形态、色彩等评价指标与设计美学相结合,可以在充分考虑时代特征、大众接受度等前提下评审产品的美观性,反映产品设计的美的本质。产品设计评价时应尽可能涵盖影响产品的各项因素,以准确细致地分析产品特征,包括产品的用户特征、市场竞争、社会属性、环境属性、安全属性、需求因素、法律政策等。科学性是产品的物质基础,合理的产品结构、完善的产品功能、先进的制造技术都是基于在设计中对科学技术的应用。此外,任何产品都必须有自身独特的设计特征,只有这样设计出来的产品才有新颖性和竞争性,才容易被市场接受,体现产品自身的价值^[12-14]。

3 基于AR的设计评价系统

通过AR技术,真实产品与数字化虚拟产品可以直观便利地联系起来,同时结合物联网技术,智能产品各项终端用户使用参数将一目了然,从而促使智能产品的全生命周期管理变得更加完整。随着AR技术



图1 系统总体框架示意

Fig.1 Diagram for overall framework of system

在产品设计研发全生命周期中逐渐被应用,将在产品设计和监控、评审产品以及指导人们如何正确使用并维护产品方面打造全新的工作方式。

3.1 系统整体框架

本文介绍的基于AR技术的设计评价系统主要由产品模型、AR体验创建平台和设计评价模块三部分组成,系统总体框架示意图1。

基于AR技术的设计评价系统各层次主要功能如下:(1)产品模型层,创建需设计评价的产品模型,其可直接利用与AR体验创建平台集成的Creo软件直接建模,也可利用三维参数化设计软件如Solidworks或三维造型设计软件如Rhino建模,再将模型导入Creo软件对模型的各个参数进行调整,以适配于AR体验创建平台;(2)AR体验创建平台层,采用PTC发布的一款增强现实应用工具——Vuforia Studio,通过交互或者影射的方式把数据模型、操作对象集成在一个统一的环境里,以便让用户体验;(3)设计评价模块层,利用Vuforia View应用程序,在手机、平板等AR设备对产品的形态、色彩、曲面、人机交互、环境适配和经济适用等参数进行设计评价,在实际的评价过程中,不同评价参数对所评价对象的影响程度不同,因此不同评价参数应分配以不同的权重。本研究采用专家法即通过结合多位专家的意见来确定各个参数的权重,并不断更新意见,直至获得较好的评价参数权重^[15]。产品设计评价参数体系见表1。

表1 产品设计评价参数体系
Tab.1 Evaluation parameter system of product design

权值	参数	指标
W_1	形态 (S_1)	形态与功能的统一性 (S_{11})
		形态的美观性与独创性 (S_{12})
		形态与时代特征的匹配度 (S_{13})
W_2	色彩 (S_2)	色彩的美观性 (S_{21})
		色彩与功能的匹配性 (S_{22})
		色彩均衡的稳定性 (S_{23})
W_3	曲面 (S_3)	曲面的美观性 (S_{31})
		曲面与功能的匹配性 (S_{32})
W_4	交互 (S_4)	控制模块的合理性 (S_{41})
		交互的安全性 (S_{42})
W_5	环境适配 (S_5)	信息传递的准确性与效率 (S_{43})
		形态、色彩、曲面的环境适配性 (S_{51})
		空间比例的环境适配性 (S_{52})
W_6	经济适用 (S_6)	质感的环境适配性 (S_{53})
		材料的经济适用性 (S_{61})
		产品是否为模块化设计 (S_{62})

指标 S_{ij} 表示所有用户为所选择的设计方案的对应指标所评分数的平均值,其中 i 指第 i 个参数, j 指第 i 个参数中的第 j 个指标, N 为选择该设计方案

的用户数量: $S_{ij} = \frac{\sum_{n=1}^N f_{n_{ij}}}{N}$; 则参数 S_i 的评价分数可表示为: $S_i = \sum_{j=1}^n S_{ij}$ 。

权值 W_i 依据专家法所获得, f_i 表示专家根据设计需求为对应参数的重要程度所打的总分, M 表示评价参数的个数: $W_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^M f_i}$ 。最终可获得该设计方案

的评分: $S = \sum_{i=1}^M S_i W_i$ 。

3.2 系统工作流程

系统工作流程见图2。

创建AR体验。采用Creo Direct——一款直接建模的CAD软件。在展示案例中则是事先通过三维造型设计软件构建产品然后导入Creo对产品进行调整,以适配于接下来使用的软件。Vuforia Studio与Creo集成,设计AR体验,把数字设计转化为物理现实。发布AR体验。通过Vuforia Studio将AR体验发布于Experience Service。

扫描ThingMark。在支持的设备上使用Vuforia View扫描ThingMark。

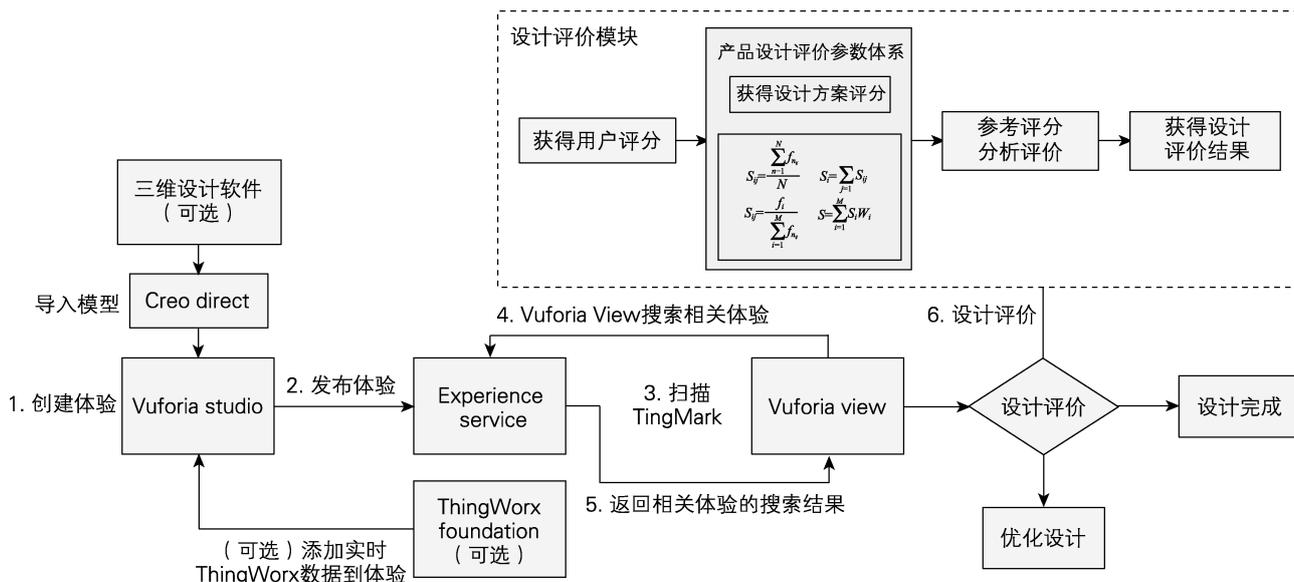


图 2 系统工作流程
Fig.2 System work flow chart

查看相关 AR 体验的搜索。扫描 ThingMark 后，Vuforia View 会在体验服务中搜索与 ThingMark 相关的体验。

返回相关 AR 体验的搜索结果。返回可用体验后，选择要查看的体验，并享受体验。

设计评价。利用 AR 设备中的 Vuforia View 应用程序对产品进行 3D 方向的设计评价。当用户选定设计方案后为每个指标打分，最后对多个用户的打分进行汇总和整理，通过上述的设计评价模块获得每个设计方案的分数，可据此分析评价结果，得到相应的参考意见。

优化设计/完成设计。设计师可凭借上步的参考意见进行优化设计直至产品达到最佳效果，当最终达到设计评价中的指标要求时即完成设计。

4 应用实例及对比分析

本研究实际应用以安防机器人的外观设计为例，利用创建的基于 AR 技术的机器人交互式设计评价系统，导入初步设计创建的安防机器人模型，将其与实际工作场景相融合，通过调整各种参数来达到环境适配的最佳效果。系统应用实例及现有 AR 系统展示见图 3^[6]，应用实例展示依次为机器人设计建模、创建 AR 体验、AR 体验查看、设计评价界面及现有 AR 系统展示。

现有的 AR 系统主要以三维可视化为目的，产品多以静态多角度展示为主，对于产品设计评价而言缺乏变通性。针对色彩配置、比例调整、动态展示三类功能与现有的 AR 系统进行对比分析，本系统与改进前系统的对比分析见表 2。

在色彩配置方面，本系统相较于选定几种色彩搭

配，再将不同色彩的模型融入真实场景以实现对具有不同色彩的产品进行评价的方法，选择在创建 AR 体验时通过编写脚本，设定几种要更改的颜色，设置“颜色配置”按钮，通过与应用程序交互快速直接地更改产品某部分的颜色，此方法提高了展示自由度，减少了模型构建时间，使得交互方式和界面更加简洁。

在比例调整方面，本系统改进以手势调整比例的操作方式，通过创建调整模型比例的滑钮，设定比例档次，调整滑钮位置可以准确地改变模型在真实场景中的比例大小，该交互方式使比例的调整更具精确性。

在动态展示方面^[17]，改进前系统对产品展示多以静态、旋转多角度为主，在针对具有工作动作的产品时，便缺乏对产品实际工作情况的展示，而导致设计评价依据不全面。本系统增加了动态展示功能，针对该应用实例设置了“前进”按钮，可以使模型在真实场景中进行移动动作，达到更精确地评估审核产品在真实场景中工作情况的的目的，使得设计评价更全面直观。

本系统除了增设可获取用户对设计方案评价分数的界面之外，还引入了评价模型和知识库等来完善设计评价模块，这是未来研究的重难点，还需要进一步的发掘和改善。

5 结语

随着 AR 技术的不断发展，它将逐渐渗入到各个方面，将改变传统产品设计评价的方式，从传统的二维平面展示、三维建模展示、实际产品展示升级为三维立体、节省成本、直观的基于 AR 技术的产品设计效果展示。通过编写脚本程序在基于 AR 技术的



图3 系统应用实例及现有AR系统展示

Fig.3 Diagrams of system application example and existing AR system

表2 本系统与改进前系统的对比分析

Tab.2 Comparative analysis on the system before and after improvement

	色彩配置	比例调整	动态展示
改进前系统	选定的色彩搭配	手势操作	静态、多角度展示
本系统	设置“颜色配置”按钮	设定比例档次的滑钮操作	动态展示, 设置“前进”按钮
改进意义	提高效率、展示自由度	提高比例调整的精确性	使设计评价更全面

设计评价系统内设置多种按钮与其交互可以模拟产品在真实场景中的实际工作形式, 可以更加直观地认知到产品的外观形态和真实运行情况。此系统使得产品在最终效果展示中让设计师和客户对产品能够更快速便捷、具体直观地了解、分析、评价, 从而完善产品的设计, 达到评审模型与实际场景更适配的效果, 其交互方式简单直观, 且相较于其他展示方式更具空间性、真实性、经济性以及社会性。

参考文献:

[1] 程娟, 王玉林. 基于 AR 技术的少儿图书创新设计策略[J]. 出版发行研究, 2015(7): 44-46.
 CHENG Juan, WANG Yu-lin. Innovative Design and Development of Cultural Tourist Commodities Based upon AR Technique[J]. Hundred Schools in Arts,

- 2013(4): 181-185.
- [2] 余日季, 唐存琛, 胡书山. 基于AR技术的文化旅游商品创新设计与开发研究[J]. 艺术百家, 2013(4): 181-185.
YU Ri-ji, TANG Cun-chen, HU Shu-shan. Innovative Design and Development of Cultural Tourist Commodities Based upon AR Technique[J]. Hundred Schools in Arts, 2013(4): 181-185.
- [3] 赵云洁. 基于AR技术的文化旅游商品的设计与开发[J]. 西部皮革, 2017(4): 18.
ZHAO Yun-jie. Design and Development of Cultural Tourism Commodities Based on AR Technology[J]. West Leather, 2017(4): 18.
- [4] 谢琼. 基于AR技术的现代品牌包装创新设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(2): 60-63.
XIE Qiong. Modern Brand Design Packaging Innovation Based on AR Technology[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 60-63.
- [5] 陈建, 高申南. 基于AR技术的文创产品展示设计研究[J]. 西部皮革, 2019, 41(10): 23-24.
CHEN Jian, GAO Shen-nan. Research on the Design of Wenchuang Product Display Based on AR Technology[J]. West Leather, 2019, 41(10): 23-24.
- [6] YE J, BADIYANI S, RAJA V. Applications of Virtual Reality in Product Design Evaluation[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2007, 4553(4): 1190-1199.
- [7] 郭娟, 杜文超. 基于AR技术的包装信息设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 26-29.
GUO Juan, DU Wen-chao. Packaging Information Design Based on AR Technology[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 26-29.
- [8] 吕志梅, 司占军, 韦嘉琦. AR技术在互动宣传册中的设计与制作应用[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(11): 229-231.
LYU Zhi-mei, SI Zhan-jun, WEI Jia-qi. Design and Application of AR Technology in Interactive Brochure[J]. Computer Knowledge and Technology, 2019, 15(11): 229-231.
- [9] 李付星, 孙健. 产品造型设计方案的评价方法[J]. 机械设计, 2017, 34(4): 104-108.
LI Fu-xing, SUN Jian. Evaluation Method of Product Modeling Design Scheme[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(4): 104-108.
- [10] PARK J. Design Evaluation Method for Universal Product Development[J]. Advanced Materials Research, 2014(8): 1481-1484.
- [11] 姜文, 于帆. 产品设计评价中感官评价方法的应用研究[J]. 现代服务, 2012, 12(136): 198.
JIANG Wen, YU Fan. Application of Sensory Evaluation Method in Product Design Evaluation[J]. Modern Service, 2012, 12(136): 198.
- [12] 潘萍, 杨随先. 产品形态设计评价体系与评价方法[J]. 机械设计与研究, 2013, 29(5): 39-41.
PAN Ping, YANG Sui-xian. Research on Evaluation System and Method of Product Form Design[J]. Machine Design and Research, 2013, 29(5): 39-41.
- [13] 陈胜男. 基于设计评价原则对相关产品设计进行设计评价[J]. 西部皮革, 2018, 40(20): 137-138.
CHEN Sheng-nan. Design Evaluation of Related Product Design Based on Design Evaluation Principle[J]. West Leather, 2018, 40(20): 137-138.
- [14] LI P, SHANG K. Research on the Evaluation Index of Product Design Based on Consumer, Designer and Manufacturer[J]. Advanced Materials Research, 2013(710): 794-797.
- [15] 张敏, 黄华. VR交互技术下的产品设计评价系统研究[J]. 现代电子技术, 2019, 42(19): 173-177.
ZHANG Min, HUANG Hua. Research on Product Design Evaluation System Based on VR Interaction Technology[J]. Modern Electronics Technology, 2019, 42(19): 173-177.
- [16] Amazon. Amazon's New 3-D Feature is Augmented Reality that People Might Actually Use[EB/OL]. (2017-01-05) [2020-09-10]. <https://www.vox.com/2017/11/1/16592238/amazon-app-augmented-reality-ar-view-3d>.
- [17] 廖巍, 林琳. 基于增强现实技术的包装设计创意维度研究[J]. 包装世界, 2017(6): 144-145.
LIAO Wei, LIN Lin. Research on the Creative Dimension of Packaging Design Based on Augmented Reality[J]. Packaging World, 2017(6): 144-145.