

基于模糊层次分析法的儿童教育机器人设计

王宇, 周俊杰, 石元伍
(湖北工业大学, 武汉 430068)

摘要: **目的** 为了提升用户对儿童教育机器人的满意度, 节约产品设计开发时间的同时, 能获得较科学合理的儿童教育机器人设计方案, 增加产品的市场竞争力。**方法** 借用模糊层次分析法, 从马斯洛的需求层次理论出发, 收集儿童教育产品用户的需求并借助 KJ 法归纳采集的数据。提取出易操作性、安全需求、审美需求、儿童发展需求这四个准则, 从而构建出儿童教育机器人设计评价指标体系模型。经多轮问卷调查, 将获取的数据经计算得出各项评价指标要素的权重。**结果** 设计人员根据构建的设计评价模型进行方案设计, 再根据各项评价指标要素对设计方案的进行模糊综合评价, 最终得出儿童教育机器人设计方案的综合评价分值, 通过分值可以判断该设计方案是否具有可行性。**结论** 通过对评价结果的进一步分析, 可为设计决策、设计优化提供参考依据。

关键词: 模糊层次分析法; 儿童教育机器人; 需求分析; 产品设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)10-0151-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.10.021

Design of Educational Robot for Children Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process

WANG Yu, ZHOU Jun-jie, SHI Yuan-wu
(Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the satisfaction of users to educational robot for children, save the time of product design and development while being able to obtain a more scientific and reasonable design scheme of children's educational robot, and increase the market competitiveness of the product. Using fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) and Maslow's hierarchy of needs theory, the needs of users of children's educational products were collected and the collected data were summarized with the help of KJ method. Four criteria, namely, operability, safety, aesthetic and children's development, were extracted to construct the evaluation index system model of educational robot design for children. After multiple rounds of questionnaire survey, the weight of each evaluation index element can be calculated from the obtained data. The designer designed the scheme according to the design evaluation model, and then evaluated the design scheme by fuzzy comprehensive evaluation according to various evaluation index elements, and obtained the comprehensive evaluation score of the design scheme of educational robot for children, through which the feasibility of the design can be judged. Through further analysis of the evaluation results, it can provide reference for design decision-making and design optimization.

KEY WORDS: FAHP; educational robot for children; demand analysis; product design

随着电子信息技术、互联网的快速发展及国家对机器人产业的高度重视^[1], 人工智能正给儿童教育带来一场革命。在政策和消费升级的背景下, 儿童教育机器人市场快速壮大, 能力风暴教育机器人的六大产

品系列、Wonder Workshop 的 Dash 和 Dot、科大讯飞的阿尔法大蛋智能机器人、优必选的阿尔法系列机器人等产品深受家长和孩子们的欢迎。儿童教育机器人类别主要有类人型、拆装组合型、可移动型、编程控

收稿日期: 2021-02-20

作者简介: 王宇 (1995—), 女, 江苏人, 湖北工业大学硕士生, 主攻儿童教育产品创新设计。

通信作者: 石元伍 (1971—), 男, 湖北人, 硕士, 湖北工业大学教授, 主要研究方向为老年人产品设计。

制型等,用户可通过“按键+语音”、全语音控制、编程控制等方式操控机器人。儿童教育机器人通过培养儿童分析能力、创造能力、动手能力和实践能力来提升孩子们的综合素质。然而当前行业内水平参差不齐,创新性产品并不多,市面上的儿童教育机器人造型、功能等方面同质化现象日趋明显,不能很好地满足市场多样性的需求,存在儿童使用体验感较差的现象。因此在儿童教育机器人设计中,创新设计与设计方案的决策尤为重要。近年来,模糊层次分析法广泛运用产品设计评价中,杨柳等^[2]运用模糊层次分析法成功构建了智能电饭煲评价模型,为系统开发设计提供参考。杜鹤民^[3]通过感性工学与模糊层次分析法的结合构建出评价模型,并对应急通信车内部布局设计方案进行评价并验证了该模型的科学性。时吉星等^[4]将模糊层次分析法运用在设计战略选优中,模糊综合评价提供了量化的决策依据。魏峰等^[5]通过模糊层次分析法构建了高速列车座椅舒适度评价模型并对设计方案进行评价,通过评价结果分析对设计方案进一步优化设计。模糊层次分析法是定性分析和定量分析有效结合的决策方法。可以将多目标、多因素的评价问题系统化,使评价结果更直观。通过层次分析法确定指标要素的权重值,然后进行模糊综合评价得出评价结果。因此本研究尝试用模糊层次分析法构建儿童教育机器人设计方案的设计评价模型,将评价模型作为设计参考准则进行方案设计,得出设计方案后再进行方案的模糊综合评价,为儿童教育机器人的创新设计开发及产品是否具有合理性提供参考。

1 儿童教育机器人设计要素分析

在对儿童教育机器人设计的评价分析中,将用户对儿童教育机器人的需求作为设计评价指标要素。儿童时期是培养动手能力、养成创新意识的关键期。儿童教育机器人的用户需求分析不仅仅要考虑到儿童的需求,同时也要考虑到家长的需求。儿童教育机器人作为辅助儿童学习的产品,既需要满足儿童使用产品时的易操作性、安全性的需求,也要满足家长对于教育机器人能促进儿童智力等全方位发展的需求。美国心理学家马斯洛于1943年提出马斯洛需求层次理论,该理论将人的需求分成生理需求、安全需求、社会需求、尊重需求和自我实现需求这五类。将该理论引入到对儿童教育机器人的用户需求分析中^[6],结合儿童教育机器人用户需求分析归纳提取出易操作性、安全需求、审美需求、儿童发展需求这四类设计指标要素。

2 构建儿童教育机器人设计评价模型

根据儿童心理发展划分,将儿童分为四个年龄段:婴儿期(0~3岁)、幼儿期(3~6岁)、童年期(7~12岁)、青少年期(12~18岁)。本研究主要侧重研究的

用户对象年龄段为7~12岁。由于儿童用户群体特征的特殊性,所以儿童教育机器人设计评价问题呈多态性、模糊性。因此本研究中引入模糊层次分析法,首先构建指标层次结构模型,其次分析问卷调查获得的数据,构建判断矩阵,求出各指标权重。最后结合模糊评价计算,得出评价结果。

2.1 评价指标层次结构模型构建

通过对儿童教育机器人的调研、查阅儿童产品设计和以需求为导向的设计方法相关文献和收集相关专家和设计人员的意见后,再借助KJ法将收集到的资料进行归类,对收集到的评价指标要素进行补充、筛选。将儿童教育机器人方案的评价问题作为一个系统,构建出的层次分析结构,即总目标层、各层子目标层、评价准则层。最终确定儿童教育机器人设计方案评价指标并建立层次结构模型。

目标层:即该层次结构模型的总目标:对儿童教育机器人设计方案进行评价,得出评价分析结果。

准则层:将根据马斯洛需求层次理论和用户的需求分析提取出的易操作性 X_1 、安全需求 X_2 、审美需求 X_3 、儿童发展需求 X_4 这四类设计指标要素作为准则层评价要素。易操作性 X_1 对应的是生理需求,产品设计方案所需要满足的基本、合理的使用功能。7~12岁儿童认知能力和掌握能力有限,设计中需要保证产品的易用性,避免过于复杂的使用方式,同时考虑到儿童身体成长速度快的特点,设计中要将人机尺寸方面考虑全面。儿童产品设计还需要做到使用的可持续性,延长产品的使用寿命,以满足不同年龄儿童的需求。安全需求 X_2 是家长和儿童共同的需求,也是基本需求之一,设计方案需要保证儿童产品的结构合理性、材料的安全性,能够保证儿童使用时的安全性和舒适性。由于儿童缺乏自我保护意识和自我保护的能力,作为服务类机器人的儿童教育机器人,同时需要具备监护儿童安全的功能,保障儿童安全。审美需求 X_3 是较生理需求和安全需求更高的层次需求。趣味性的造型设计、亮丽的色彩^[7],可以满足儿童的好奇心,激发儿童使用兴趣。儿童发展需求 X_4 涵盖了需求层次理论中的社会需求、尊重需求和自我实现需求,即儿童心智成长、独立性发展过程的需求。儿童在成长过程中,逐渐形成个性,会渴望获得成年人的认可^[8]、渴望与外界互动。近年来STEAM教育在国内兴起,更多家长开始关注孩子核心素养的培养^[9]。因此对于家长来说,儿童教育机器人产品需要满足孩子从使用教育产品过程中智力得到开发、获得陪伴等需求。

子准则层:根据准则层的四个评价要素,将评价指标细分为二级评价指标,即子准则层。根据调研分析和归纳筛选出 C_1 - C_{13} 这13个二级评价指标。最终构建出儿童教育机器人设计方案评价指标层次结构模型见表1。

表 1 儿童教育机器人设计方案评价模型
Tab.1 Evaluation model of design scheme
for children's educational robot

目标层	准则层	子准则层
儿童教育机器人设计与 方案评价	易操作性 X_1	人机尺寸 C_1
		可持续性 C_2
		人机交互性 C_3
	安全需求 X_2	材料安全性 C_4
		结构安全性 C_5
		儿童安全看护性 C_6
	审美需求 X_3	色彩协调性 C_7
		外观造型美观 C_8
		社会交往 C_9
	儿童发展需求 X_4	趣味性 C_{10}
		儿童陪伴 C_{11}
		益智性 C_{12}
		教育性 C_{13}

表 2 1-9 标度法
Tab.2 1-9 scale method

序号	重要性等级含义	C_{ij} 赋值
1	i 与 j 评价要素同等重要	1
2	i 要素比 j 要素稍微重要	3
3	i 要素比 j 要素明显重要	5
4	i 要素比 j 要素强烈重要	7
5	i 要素比 j 要素极端重要	9
6	i 要素比 j 要素稍微不重要	1/3
7	i 要素比 j 要素明显不重要	1/5
8	i 要素比 j 要素强烈不重要	1/7
9	i 要素比 j 要素极端不重要	1/9

2.2 构造评价指标的判断矩阵

通过将各层评价指标要素中进行相互比较,构造出判断矩阵。判断矩阵也是权重计算的重要依据。针对 1 级评价指标层 X_1 ,其下分的 2 级评价指标 $C_1, C_2, \cdots, C_{13}$ 经过比较重要性大小后,根据重要性赋予一定的数值,将赋予的数值标记为 C_{ij} ($i, j=1, 2, \cdots, n$),其中 C_{ij} 表示因素 i 和 j 相对于目标的重要值; n 为指标个数。将 2 级评价指标两两比较,得出判断矩阵(1):

$$C = (C_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & \cdots & C_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

为了使判断矩阵定量化,结合 1-9 标度法(见表 2),构成数值判断矩阵。

以市场上已有的儿童教育类机器人为评价对象进行问卷调查。参与问卷层次分析评分的人员为设计专业的老师和学生共 5 人、目标消费者 17 人及对该类产品较了解的导购人员 3 人,共 25 人。利用德尔菲法多轮进行,使最后调研结果趋于一致,构建出判断矩阵,见表 3—7。

表 3 目标层评价指标判断矩阵
Tab.3 Judgment matrix of target layer evaluation index

X	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	1	1/7	3	1/5
X_2	7	1	5	5
X_3	1/3	1/5	1	1/5
X_4	5	1/5	5	1

表 4 易操作性准则判断矩阵
Tab.4 Judgment matrix of operability criteria

X_1	C_1	C_2	C_3
C_1	1	1/5	1
C_2	5	1	1/3
C_3	1	3	1

表 5 安全需求准则判断矩阵
Tab.5 Judgment matrix of safety requirement criteria

X_2	C_4	C_5	C_6
C_4	1	1	3
C_5	1	1	3
C_6	1/3	1/3	1

表 6 审美需求准则判断矩阵
Tab.6 Judgment matrix of aesthetic demand criterion

X_3	C_7	C_8
C_4	1	1/3
C_5	3	1

表 7 儿童发展需求准则判断矩阵
Tab.7 Judgment matrix of children's development needs

X_4	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}
C_9	1	1/5	1/3	1	1/7
C_{10}	5	1	1/3	1/5	1/5
C_{11}	3	3	1	3	1/3
C_{12}	1	5	1/3	1	1
C_{13}	7	5	3	1	1

2.3 检测判断矩阵的一致性

为了保证得到的结论合理,还需要对判断矩阵进行一致性检测。首先进行层次单排序计算,即计算判断矩阵的最大特征根及其特征向量的问题。本研究运用和积法进行求解,计算步骤:

1) 将判断矩阵的每一列元素做归一化处理;

$$\bar{C}_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_{k=1}^n C_{kj}} \quad (2)$$

式中: $i, j=1, 2, \cdots, n$ 。

2) 将归一化的判断矩阵按行相加;

$$\bar{W}_i = \sum_{j=1}^n \bar{C}_{ij} \quad (3)$$

式中： $i=1,2,\cdots,n$ 。

3) 对相加得到的向量归一化处理，即为近似特征根；

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{W}_j}$$

(4)

式中： $i=1,2,\cdots,n$ 。

4) 计算最大判断矩阵 $\lambda_{\max}$ ：

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(CW)_i}{nW_i}$$

(5)

计算出最大特征值 $\lambda_{\max}$ ，再计算一致性指标 CI ：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

(6)

式中： n 为判断矩阵的阶数。

衡量不同阶判断矩阵是否具有满意的一致性时，需要引入判断矩阵的平均随机一致性指标 RI 值，1-9 阶 RI 值见表 8。

将判断矩阵的一致性指标 CI 与同阶对应的 RI 值之间的比值称为随机一致性比率，记为 CR 。当 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$ 时，即认为判断矩阵具有满意的一致性，否则就要重新调整矩阵。一致性检验结果见表 9。

根据一致性检验结果，各判断矩阵的 CR 值均小于 0.1，说明均具有满意的一致性。

2.4 模糊评价计算

邀请专家对构建的层次结构模型中各子准则层指标进行评价，从而构建出模糊评价矩阵 R 。通过模

糊矩阵的合成运算，得到综合评价结果 B ，结果一般是一个模糊向量，需要将综合评判结果 B 转换成综合分值，通过分值可以反映出设计方案的优劣和设计需要优化的地方。

3 应用实例

3.1 产品设计定位

为了激发儿童对博物馆展品的学习兴趣^[10]，促进儿童对知识的有效掌握及丰富博物馆解说形式，根据构建的设计评价指标层次结构模型提出一款展厅儿童解说教育机器人设计方案，该机器人用户年龄定位在 7~12 岁，设计考虑了产品的易操作性、教育性、趣味性、安全性等方面，具体设计方案见表 10。设计方案见图 1。

表 8 1-9 阶判断矩阵 RI 值对应表
Tab.8 Correspondence table of RI values of 1-9th order judgment matrix

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

表 9 一致性检验结果
Tab.9 Consistency test results

	X	X_1	X_2	X_3	X_4
$\lambda_{\max}$	4.002 5	3	3	2	5
CI	0.000 8	0	0	0	0
RI	0.90	0.58	0.58	0	1.12
CR	0.000 9	0	0	0	0

表 10 评价指标层次结构模型下的方案设计
Tab.10 Scheme design based on hierarchy model of evaluation index

准则层	子准则层	设计方案
易操作性 X_1	人机尺寸 C_1	机器人高度 1.02 m，可调节角度的屏幕
	可持续性 C_2	可更新解说内容，根据用户年龄解说
	人机交互性 C_3	语音互动（声音可选），触屏操作，表情反馈，家长扫码点播
安全需求 X_2	材料安全性 C_4	ABS 塑料，橡胶，磨砂软胶
	结构安全性 C_5	顶部高清摄像头，头部可转动，可调节屏幕，底部万向轮
	儿童安全看护性 C_6	远距离人体感应，高清摄像头，跟随式解说
审美需求 X_3	色彩协调性 C_7	黑色、白色、蓝色、灰色
	外观造型美观 C_8	亲和的卡通形象，造型圆润
儿童发展需求 X_4	社会交往 C_9	互动解说游戏，语音互动亲子互动
	趣味性 C_{10}	可选择解说声音，动画解说，游戏互动，表情互动
	儿童陪伴 C_{11}	跟随解说，带路
	益智性 C_{12}	互动游戏（如拼图、模拟体验等），语音互动
	教育性 C_{13}	讲解展厅展品，拓展知识



图 1 儿童展厅解说教育机器人设计方案
Fig.1 Design scheme of children's exhibition hall explanation education robot

3.2 评价指标体系的建立

根据层次分析法将总目标层标记为集合 X ，根据层次关系将准则层确定为第一层评价指标，建立评价指标集 $X=(X_1, X_2, X_3, X_4)$ 。将子准则层各评价指标要素确定为第二层评价指标集： $X_1=(C_1, C_2, C_3)$ ； $X_2=(C_4, C_5, C_6)$ ； $X_3=(C_7, C_8)$ 和 $X_4=(C_9, C_{10}, C_{11}, C_{12}, C_{13})$ 。

3.3 确定评语集

采用 5 级李克特量表，设置评语集为 $E=(e_1, e_2, \dots, e_m)=\{\text{很不满意, 不满意, 一般, 满意, 非常满意}\}$ ，对各评价指标要素进行评价。很不满意记为 40 分，不满意记为 50 分，一般记为 60 分，满意记为 75 分，非常满意记为 90 分。邀请儿童产品设计师、企业工程师、儿童教育研究专家等共 20 位评价人员根据儿童教育机器人设计方案评价模型对该设计方案进行评价，从而建立评价指标体系中第二层准则层中各设计要素所对应的模糊评价矩阵 R 。

3.4 指标权重的确定

对各判断矩阵（表 3—7）内的数值进行计算得出对应的权重向量 $W_1 \sim W_5$ ，具体如下：

准则层： $W_1=(0.1033, 0.5778, 0.0643, 0.2546)$

易操作性： $W_2=(0.2064, 0.3651, 0.4286)$

安全需求： $W_3=(0.4286, 0.4286, 0.1429)$

美观需求： $W_4=(0.2500, 0.7500)$

儿童发展需求： $W_5=(0.0708, 0.1076, 0.2392, 0.2025, 0.3798)$

3.5 综合评价

根据模糊数学知识，将计算出的权重向量 W 分别和相对应的模糊评价矩阵 R 进行综合评价计算，得出综合评价向量 B ，将子准则层各评价指标要素的综合评价向量标记为 $B_{X1}, B_{X2}, B_{X3}, B_{X4}$ ：

$$B=W \circ R=(B_{X1}, B_{X2}, B_{X3}, B_{X4}) \quad (7)$$

为使评价结果更清晰，将数据进行处理，使模糊

评价矩阵 R 各行总和为 1。处理后的评价结果如下所示：
易操作性模糊评价矩阵：

$$R_{X1}=\begin{bmatrix} 0.2 & 0.45 & 0.25 & 0.1 & 0 \\ 0.35 & 0.6 & 0.05 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.05 & 0.05 \end{bmatrix} \quad (8)$$

同样得到安全需求 R_{X2} 、审美需求 R_{X3} 、儿童发展需求 R_{X4} 的模糊评价矩阵。

将模糊评价矩阵与层次分析法得到的权重向量进行合成运算，例如由易操作性的权重向量 $W_2=(0.2064, 0.3651, 0.4286)$ 可以得到“易操作性”的评价向量：

$$B_{X1}=W_2 \circ R_{X1}=(0.2976, 0.4834, 0.1556, 0.0421, 0.0214),$$

同样得出安全需求 R_{X2} 、审美需求 R_{X3} 、儿童发展需求 R_{X4} 的评价向量：

$$B_{X2}=W_3 \circ R_{X2}=(0.0786, 0.3215, 0.4643, 0.1072, 0.0286);$$

$$B_{X3}=W_4 \circ R_{X3}=(0.125, 0.4125, 0.325, 0.125, 0.0125);$$

$$B_{X4}=W_5 \circ R_{X4}=(0.3105, 0.5424, 0.1144, 0.0292, 0.019),$$

再由 $W_1=(0.1033, 0.5778, 0.0643, 0.2546)$ ，建立出儿童教育机器人设计方案的综合评价向量：

$$B=W_1 \circ R=(0.1632, 0.4003, 0.3344, 0.0817, 0.0244)。$$

4 评价结果与分析

最后将综合评价向量 B 与评价分值加权计算，最终得到该设计方案的总得分为 69.84 分。根据评价等级与分值的对应关系，该设计方案属于“一般”等级，与非常满意（90 分）有较大差距。评价结果验证了该方案具有一定的科学合理性，基本满足儿童教育机器人用户的需求，但该方案仍需研究改进。

结合表 3 数据分析可知，准则层各评价指标要素权重分配值最高的是安全需求。在评价结果中安全需求得分最低，评价结果隶属于满意、非常满意的程度为 40%。而在安全需求下的子准则层得分均不理想，说明该方案中的安全监护功能不能满足保障儿童安全的需求。因此需要着重在材料安全性、结构安全性、看护性这三个方面对该设计方案进行改进，更好地满足用户的安全需求。在准则层其他指标要素的评价结果中，发现产品在人机尺寸、人机交互性、色彩协调性、外观造型美观等方面有较大改进空间，需进一步设计与改良。

5 结语

儿童群体特征具有特殊性，文中基于需求层次理论对儿童教育机器人用户进行需求分析，借助层次分

析法从易操作性、安全需求、审美需求、儿童发展需求这四个方建立了层次结构模型。将层次结构模型中的子准则层作为设计准则进行产品方案设计,让设计师更加直观地了解用户的需求,保证了方案设计的全面性。再结合模糊综合评价法对设计方案进行综合评价,从而分析出设计方案是否合理及重点优化方向,从而设计出各方面更加满足用户需求的创新设计方案。本研究构建的设计评价方法仅从设计角度考虑,存在一定的片面性,将在进一步研究中不断优化设计评价模型。

参考文献:

- [1] 工信部. 2020 年实现儿童教育等家庭服务机器人批量生产应用[J]. 家庭服务, 2018(11): 38.
Ministry of Industry and Information Technology. To Realize the Mass Production and Application of Home Service Robots Such as Children's Education in 2020[J]. Home Service, 2018(11): 38.
- [2] 杨柳, 汪天雄, 张润梅, 等. 基于模糊层次分析法的智能电饭煲设计评价与应用[J]. 机械设计, 2019, 36(4): 129-133.
YANG Liu, WANG Tian-xiong, ZHANG Run-mei, et al. Design Evaluation and Application of Intelligent Rice Cooker Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process[J]. Mechanical Design, 2019, 36(4): 129-133.
- [3] 杜鹤民. 感性工学和模糊层次分析法产品设计造型评价[J]. 西安工业大学学报, 2014, 34(3): 244-249.
DU He-min. Perceptual Engineering and Fuzzy Analytic Hierarchy Process Product Design Modeling Evaluation[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2014, 34(3): 244-249.
- [4] 时吉星, 郑建启, 黄雪飞. 模糊层次分析法在企业设计战略优选中的运用研究[J]. 包装工程, 2019, 40(6): 147-151.
SHI Ji-xing, ZHENG Jian-qi, HUANG Xue-fei. Study on the Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process in the Optimization of Enterprise Design Strategy[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(6): 147-151.
- [5] 魏峰, 董石羽, 徐伯初, 等. 基于模糊层次分析的高速列车座椅舒适度评估与应用[J]. 机械设计, 2017, 34(4): 119-123.
WEI Feng, DONG Shi-yu, XU Bo-chu, et al. Seat Comfort Evaluation and Application of High-speed Train Based on Fuzzy AHP[J]. Mechanical Design, 2017, 34(4): 119-123.
- [6] 姚姮. 基于儿童需求层次的儿童产品设计研究[J]. 艺术与设计(理论), 2015, 2(10): 88-90.
YAO Jia. Research on Children's Product Design Based on Children's Demand Level[J]. Art and Design (Theory), 2015, 2 (10): 88-90.
- [7] 陈菲菲. 基于儿童体验需求的卫浴产品设计研究[J]. 艺术教育, 2018(1): 179-181.
CHEN Fei-fei. Research on Bathroom Product Design Based on Children's Experience Needs[J]. Art Education, 2018(1): 179-181.
- [8] 徐文静. 儿童学习型智能机器人设计研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2019.
XU Wen-jing. Research on the Design of Children's Learning Intelligent Robot[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2019.
- [9] 师保国, 高云峰, 马玉赫. STEAM 教育对学生创新素养的影响及其实施策略[J]. 中国电化教育, 2017(4): 75-79.
SHI Bao-guo, GAO Yun-feng, MA Yu-he. The Impact of STEAM Education on Students' Creative Quality and Its Implementation Strategy[J]. China Educational Technology, 2017(4): 75-79.
- [10] 王杰. 基于儿童视角下的博物馆教育活动研究[J]. 江西科学, 2019, 37(3): 456-464.
WANG Jie. Research on Educational Activities in Museums from the Perspective of Children[J]. Jiangxi Science, 2019, 37(3): 456-464.