

# 基于 AHP 层次分析法的智能婴儿手推车设计研究

侯建军<sup>1,2</sup>, 张玉春<sup>1,2</sup>, 吴丽<sup>1,2</sup>

(1.南京工程学院 艺术与设计学院, 南京 211167;

2.南京工程学院 文化艺术创意设计研究院, 南京 211167)

**摘要:** **目的** 建立智能婴儿手推车功能需求指标体系, 从而为设计智能婴儿手推车提供理论依据和指导。

**方法** 通过婴儿手推车相关文献研究和市场产品分析, 运用 KJ 亲和图法建立智能婴儿手推车功能需求指标。通过问卷调查法、访谈法和 AHP 层次分析法计算得出各功能指标的权重值, 并完成一致性检验。

**结论** 得出智能婴儿手推车功能需求指标的目标层 1 个、一级指标 4 个和二级指标 17 个, 其中一级指标的重要排序分别为安全性、舒适性、便捷性和智能化, 监护人对影响安全性的智能刹车辅助系统、防抱走、速度调节、智能助力和实时定位功能评价较高, 同时希望婴儿手推车具有智能坐姿调节、智能遮阳、智能控温和自动摇椅等功能。最后, 将研究结论和设计实践相结合设计了一款智能婴儿手推车, 并从智能动力、智能防护、智能识别、智能安全、智能语音、APP 界面等方面进行设计应用。

**关键词:** 智能婴儿手推车; KJ 亲和图法; AHP 层次分析法

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)02-0050-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.02.007

## The Research and Design of Smart Baby Stroller Based on Analytic Hierarchy Process

HOU Jian-jun<sup>1,2</sup>, ZHANG Yu-chun<sup>1,2</sup>, WU Li<sup>1,2</sup>

(1.College of Art and Design, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China;

2.Cultural and Artistic Creativity Design Institute, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

**ABSTRACT:** This paper aims to establish the functional requirement index system for intelligent baby stroller which provided theoretical basis and guidance for the design of smart baby stroller. Through the relevant literature research and market research methods, the functional demand index system of smart baby stroller is established by using KJ affinity graph method. Through the questionnaire survey, depth interviews and AHP analytic hierarchy process, the weight value of each functional index is calculated, and consistency inspection is completed. It is concluded that the functional requirement indexes of smart baby stroller of 1 target layer, 4 first level indexes and 17 second level indexes. The important order of the first level indexes is safety, comfort, convenience and internalization. The guardian have a high evaluation on the functions of intelligent brake assist system, prevent the baby from being carry away, speed regulation, intelligent assistance and real-time positioning and also hope have the function of intelligent sitting posture adjustment, intelligent sunshade, intelligent temperature control and automatic rocking chair. Finally, the research conclusion and design practice are combined to design a smart baby stroller. This design includes intelligent power, intelligent protection, intelligent recognition, intelligent security, intelligent voice and APP interface design.

**KEY WORDS:** smart baby stroller; KJ affinity graph method; analytic hierarchy process

收稿日期: 2021-10-17

基金项目: 2020 年度教育部人文社会科学青年基金项目“人工智能视域下的工业设计教育体系再构建与系统化发展研究”(20YJC760030); 南京工程学院教研教改重点课题(JG2019009); 南京工程学院优质课程建设项目(YZKC2019067); 南京工程学院高等教育研究课题(2020YB26); 南京工程学院文化艺术创意设计研究院开放基金项目(CACD202003); 南京工程学院课程思政示范课程(KCXZ2021037); 南京工程学院“课程思政”示范专业建设点项目(SFZY2021P07)

作者简介: 侯建军(1983—), 女, 天津人, 博士, 南京工程学院艺术与设计学院副教授, 主要研究方向为工业设计。

随着互联网、大数据和人工智能等技术的不断发展,智能技术已经逐渐进入到母婴用品领域。市场上已出现的高端智能婴儿手推车不仅从人机工程角度更加考虑婴儿和监护人的使用操作舒适性和安全性,同时能够对婴儿的生理和行为进行实时分析与判断,并通过数据形式及时反馈给监护人,同时可对周围的环境自发地进行判断和处理。

## 1 国内外婴儿车相关研究

国外婴儿车的理论研究起步较早,研究也主要针对婴儿车的安全问题展开:FRISBEE S (2000 年)和 POWELL E C (2002 年)研究发现婴儿车的设计缺陷、产品性能和错误的使用方式是造成婴儿受到伤害的主要原因<sup>[1-2]</sup>。FOWLER E (2013 年)统计发现 1990 年至 2010 年美国 5 岁及以下儿童由于手推车造成相关伤害的发生率较高,其中多数损伤在头部(44%)或面部(43%)<sup>[3]</sup>。BIRKEN C (2015 年)通过访谈法研究了父母对婴儿车使用与孩子身体活动之间关系,发现便携性、时间、距离和儿童偏好是影响婴儿车使用的重要因素<sup>[4]</sup>。

我国有关婴儿车的研究主要集中在从人机工程学角度讨论婴儿手推车舒适性,代表研究如李俊(2010 年)从人性化设计和人机工程学角度分析了婴儿车特点,发现婴儿车设计兼具感性和理性特征<sup>[5]</sup>。穆秋阳(2014 年)从婴儿生理、心理、运动能力、人机关系等进行分析,运用系统化和模块化的设计方法,提出了婴儿手推车再利用设计的具体步骤<sup>[6]</sup>。周铎(2016 年)从安全性和功能性角度研究了婴儿车的功能和部件,利用模块设计给予婴儿手推车新的功能<sup>[7]</sup>。任欣禾(2017 年)从婴儿的身体尺寸、生理和心理需求、材质选择、色彩分析等角度进行研究,为婴儿车设计提供了强有力的支撑<sup>[8]</sup>。

综合文献研究发现,已有的婴儿手推车研究多集中在婴儿安全性和人机工程学应用上,对智能技术的研究应用较少,同时缺少针对智能婴儿手推车功能层次化需求的系统研究。本文通过 KJ 法建立智能婴儿手推车设计功能需求指标体系,运用 AHP 层次分析法计算得出婴儿手推车各指标体系的重要程度排序<sup>[9-11]</sup>,为设计智能婴儿手推车提供理论依据和参考。

## 2 智能婴儿手推车层次化功能指标

### 2.1 基于 KJ 亲和图智能婴儿手推车功能指标建立

KJ 亲和图法是将处于混乱状态中的语言文字通过其内在相互关系加以归纳和整理,然后找出解决问题的新途径的方法<sup>[12]</sup>。

智能婴儿手推车设计要素的选择是一个涉及多层次、多因素、多指标等诸多因素的集合。在评价指标选择时,通过收集相关专家和设计人员意见,借助

KJ 法将收集到的资料进行归类,并对评价指标要素进行补充、筛选。通过以上分析方法,最终确定婴儿手推车层次结构为目标层 1 个、一级指标 4 个和二级指标 17 个。

目标层:即该层次结构模型的总目标,为智能婴儿手推车的层次化功能需求。

一级指标:根据 KJ 法提取出 B1 安全性(针对婴儿)、B2 舒适性(针对婴儿)、B3 便捷性(针对监护人)、B4 智能化(针对监护人)4 类设计指标要素并将其作为准则层评价要素。

二级指标:根据一级指标设计要素进行详细划分,通过 KJ 法分析和归纳筛选出 C1~C17 共 17 个二级评价指标。智能婴儿手推车设计层次化功能指标见表 1。

### 2.2 各指标功能描述

通过研究已有的智能技术应用,并结合现有智能技术对婴儿手推车各功能的实现,同时便于受访者理解各评价指标,将各功能指标详细描述如下。

C1 智能刹车辅助系统:智能安全芯片技术可检测车体溜坡等异常运动,同时启动刹车系统。

C2 防抱走功能:指纹识别和人脸识别技术可以快速识别监护人身份,同时座椅压力传感器可感知重力变化,如遇陌生人强行抱走婴儿,系统会迅速发送警告信号给监护人。

C3 速度调节和智能助力功能:速度传感器技术可感应速度变化,如婴儿车速度过快,速度传感器发出警示并减速;角度传感器可检测角度,上坡时马达给婴儿车传递动力辅助上坡。

C4 实时定位功能:内部定位器技术可通过 APP

表 1 智能婴儿手推车设计层次化功能指标  
Tab.1 Hierarchical function index of intelligent baby stroller

目标层	一级指标	二级指标
智能婴儿手推车功能需求	B1 安全性	C1 智能刹车辅助系统
		C2 防抱走功能
		C3 速度调节和智能助力功能
		C4 实时定位功能
智能婴儿手推车功能需求	B2 舒适性	C5 智能坐姿调节功能
		C6 智能遮阳功能
		C7 智能控温功能
		C8 自动摇椅功能
智能婴儿手推车功能需求	B3 便捷性	C9 显示屏、麦克风、音箱和摄像头
		C10 手机 APP
		C11 奶瓶加热功能
		C12 手机充电功能
智能婴儿手推车功能需求	B4 智能化	C13 哭声监测功能
		C14 自动折叠功能
		C15 尿不湿监测功能
		C16 早教
		C17 一键锁车功能

方式查看实时位置或行驶轨迹,在紧急情况下可以启动一键报警功能。

C5 智能坐姿调节功能:监护人可通过语音或 APP 控制车体角度和高度变化,智能改变婴儿的不同姿势。

C6 智能遮阳功能:光线传感器技术可检测光线强度,当婴儿车上的阳光强度大于预设值,遮阳棚会根据光线强度和方向调节开启角度和遮阳面积。

C7 智能控温功能:温度感应器技术可检测婴儿车内部温度和婴儿体温,当温度高出或低于预设值时会及时给监护人发送提醒,也可智能调节车内部温度。

C8 自动摇椅功能:可智能监测婴儿哭声并及时提醒监护人,摇椅功能自动开启以安抚婴儿,监护人也可用 APP 开启摇椅功能。

C9 显示屏、音箱和摄像头等功能:显示屏可实时监控婴儿状态和操作婴儿车,音箱可播放婴儿喜欢的音乐,摄像头可实时监控和记录婴儿成长。

C10 手机 APP:各操作功能不仅可在婴儿车显示屏上操作,还可配合手机 APP 功能远程监控和操作。

C11 奶瓶加热功能:婴儿车内置保温装置可使婴儿随时喝上适温奶。

C12 手机充电功能:车体上设置充电孔,帮助监护人随时手机充电。

C13 哭声监测功能:声音传感器可收集声波检测婴儿哭声,并对婴儿情绪进行预判。

C14 自动折叠功能:语音或 APP 操作可实现车体自动折叠,方便存放或搬运。

C15 尿不湿监测功能:婴儿车坐垫上温度和湿度的传感器技术可感知温湿度变化,实时提醒监护人婴儿尿不湿状态。

C16 早教:智能芯片技术可智能推送音乐、故事、

儿歌等,促进婴儿的大脑发育。

C17 一键锁车功能:监护人可语音或 APP 界面控制婴儿车的锁车或解锁功能。

### 3 AHP 层次分析各功能需求要素权重

AHP 层次分析法是一种将复杂问题系统化的方法,其基本思想是将复杂的决策问题建立层次结构模型,将评价指标进行两两比较和判断,通过量化方式进行综合评价,得出决策方案相对重要性的排序<sup>[13]</sup>。本研究在构建完成层次化功能指标体系后,通过访谈调研,运用 AHP 层次分析法分析智能婴儿手推车的各功能需求指标,得出各指标权重值并完成一致性检验。

#### 3.1 构造判断矩阵并计算各指标权重

本研究选取 50 名有育儿经验的父母,组成决策者,对各评价指标用 1~9 的比例标度进行两两比较,判断矩阵 A 如下:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中,  $a_{ij}$  表示  $X_i$  相对  $X_j$  对  $a$  的重要程度,  $a_{ij}$  的赋值通常由相关领域的专家打分或者根据问卷调查的数据给出,并且有  $a_{ij} \times a_{ji} = 1$ 。通过以上判断矩阵,各指标的权重值为判断矩阵的最大特征值对应的特征向量,采用方根法计算判断矩阵的权重值,得出智能婴儿手推车层次化功能指标综合权重,见表 2。

表 2 智能婴儿手推车层次化功能指标综合权重

Tab.2 Comprehensive weight of hierarchical function index for intelligent baby stroller

目标层	一级指标	权重值	二级指标	权重值	综合权重值
智能婴儿手推车功能需求	B1 安全性	0.366	C1 智能刹车辅助系统	0.274	0.100
			C2 防抱走功能	0.286	0.105
			C3 速度调节和智能助力功能	0.210	0.077
			C4 实时定位功能	0.229	0.084
	B2 舒适性	0.263	C5 智能坐姿调节功能	0.250	0.066
			C6 智能遮阳功能	0.274	0.072
			C7 智能控温功能	0.257	0.068
			C8 自动摇椅功能	0.218	0.057
	B3 便捷性	0.216	C9 显示屏、音箱和摄像头等	0.239	0.052
			C10 手机 APP	0.269	0.058
			C11 奶瓶加热功能	0.267	0.058
			C12 手机充电功能	0.225	0.049
			C13 哭声监测功能	0.170	0.026
	B4 智能化	0.154	C14 自动折叠功能	0.238	0.037
			C15 尿不湿监测功能	0.183	0.028
			C16 早教	0.199	0.031
			C17 一键锁车功能	0.209	0.032

根据一级指标权重值可知，婴儿手推车重要等级的排列顺序分别为 B1 安全性、B2 舒适性、B3 便捷性和 B4 智能化，即监护人希望把儿童的安全性和舒适性放在首位，其次是考虑操作便捷和智能化等功能。根据对二级指标的权重值可知，监护人对影响安全性的 C1 智能刹车辅助系统、C2 防抱走功能、C3 速度调节和智能助力功能、C4 实时定位功能评级较高，同时希望婴儿手推车具有 C5 智能调节功能、C6 智能遮阳功能、C7 智能控温功能和 C8 自动摇椅功能。与此同时，监护人对 C13 哭声监测和 C15 尿不湿监测功能等认可程度较低。

### 3.2 一致性检验

为了避免受试者主观因素影响，对数据进行一次性检验，检验过程如下：

$$M_1 = B1 \times B2 \times B3 \times B4 = 5.5902, M_2 = 1.4919,$$

$$M_3 = 0.6762, M_4 = 0.1773, W_1 = \frac{\sqrt{M_1}}{\sum_i \sqrt{M_i}} = 0.3662,$$

$$W_2 = 0.2632, W_3 = 0.2160, W_4 = 0.1546,$$

$$BW = A * W = \begin{bmatrix} 1 & 1.3913 & 1.6957 & 2.3696 \\ 0.7188 & 1 & 1.2188 & 1.7031 \\ 0.5897 & 0.8205 & 1 & 1.3974 \\ 0.4220 & 0.5872 & 0.7156 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.3662 \\ 0.2632 \\ 0.2160 \\ 0.1546 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.4649 \\ 1.0529 \\ 0.8639 \\ 0.6182 \end{bmatrix},$$

$$\text{可得判断矩阵的最大特征值 } \lambda_{\max} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{(BW)_i}{W_i} =$$

4。接着，可以算出该矩阵的一致性比例为  $CI = \frac{\lambda_{\max} - 4}{4 - 1} = 0$ ，查询平均随机一致性表可知  $RI = 0.90$ ，

则  $CR = \frac{CI}{RI} = 0 < 0.1$ ，因此该判断矩阵通过了一致性检验。同理，其余的判断矩阵的  $CR$  值均是 0，表明所有的判断矩阵都通过了一致性检验。

## 4 智能婴儿手推车的设计实践

根据智能婴儿手推车设计要素权重分析结果，运用产品设计流程与方法，将研究结论和设计实践相结合，针对 0~18 个月的婴儿设计一款智能婴儿手推车。该设计造型力求简洁，具有现代设计美感和科技感，以婴儿安全性和舒适性为主要功能，同时为监护人增加便携性和智能化的辅助功能。

### 4.1 智能婴儿手推车设计效果及功能

智能婴儿手推车设计效果及功能见图 1。

### 4.2 智能技术在设计中的应用

以现有的人工智能技术为基础，根据婴儿的生理和心理需求，从智能安全、智能动力、智能防护、智能识别、智能语音 5 个方面开展婴儿手推车的设计实践。

1) 智能安全系统：智能安全系统包括指纹识别、人脸识别、速度识别、障碍物识别、防抱走等功能，具体功能描述如 C1~C4。

2) 智能动力系统：包括智能刹车辅助系统和智能助力功能。具有全自动行走和半自动行走两种模式，全自动行走模式时，婴儿车可以始终保持在监护人的前方行走；半自动辅助推行模式时，当监护人手握在把手上时，婴儿车就会进行识别，根据监护人的移动速度移动，见图 2。



图 1 智能婴儿手推车设计效果及功能

Fig.1 The design effect and function of intelligent baby stroller



图 2 全自动和半自动行走模式

Fig.2 Automatic and semi-automatic walking mode

3) 智能防护系统: 包括智能遮阳、智能照明和智能控温等功能, 具体功能描述如 C5 和 C6。

4) 智能识别系统: 根据婴儿的姿势调整坐垫、椅背的角度, 让婴儿更舒适, 如 C5。同时坐垫会检测婴儿的体温、汗液, 根据不同的情况调节座椅的温度, 给婴儿提供更舒适的座椅环境, 如 C7。婴儿车内部有声音传感器收集声波, 婴儿哭闹会启动摇椅功能并播放音乐, 如哭闹不止会发警报给监护人, 如 C13。智能摄像和指纹识别功能见图 3。

5) 智能多媒体功能: 显示屏、音箱、摄像头和 APP 等多媒体实现监护人与婴儿的互动、早教和记录婴儿成长的功能, 如 C9、C10、C16, 见图 4—5。

### 4.3 APP 界面设计

结合婴儿手推车的各项功能设计手机 APP 界面, 界面分为三级页面层次, 主要操作功能有监护人信息界面、婴儿车功能操作界面、婴儿状态监控界面、智能早教和社交平台界面等, 见图 6。

### 4.4 智能婴儿手推车专利保护

以上设计结构已申请国家发明专利并进入实质审查阶段, 发明名称为《一种多功能婴儿手推车》,

专利号为 202010482696.1。



图 3 智能摄像和指纹识别功能  
Fig.3 The function of intelligent camera and fingerprint identification



图 4 四轮避震和自动调节角度和温度功能  
Fig.4 The function of wheel shock absorber and automatic adjustment of angle and temperature

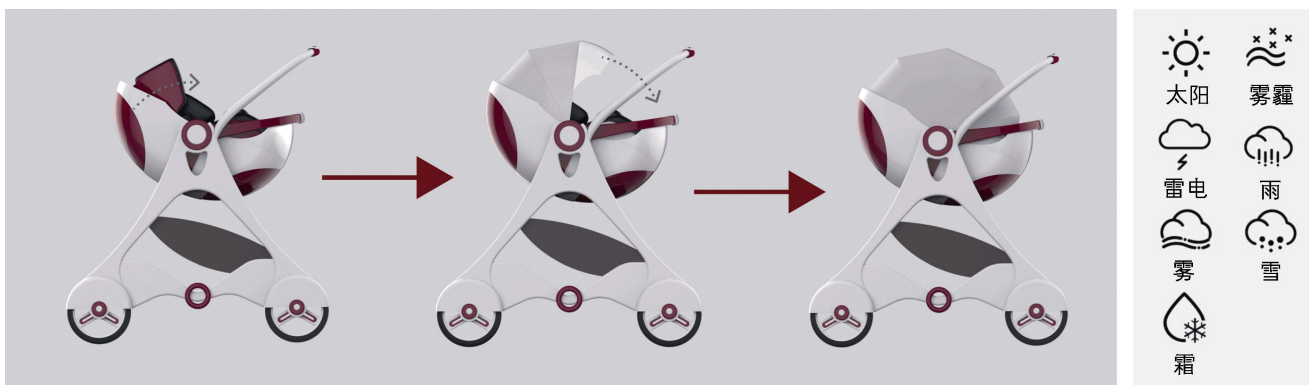


图 5 可自动智能开启的遮阳棚功能  
Fig.5 The function of intelligent sunshade



图 6 婴儿手推车 APP 界面设计  
Fig.6 The APP interface design

## 5 结语

借助 KJ 法将大量的婴儿车相关文献、市场调研和专家意见等进行归类整理, 确定智能婴儿手推车层次化功能需求指标为目标层 1 个、一级指标 4 个和二级指标 17 个。通过问卷访谈和层次化分析研究发现, 监护人在一级指标评价中希望把儿童的安全性和舒适性放在首位, 其次是考虑操作便捷和智能化等功能。同时对二级指标的智能刹车、防抱走、速度调节、智能助力和定位等功能评级较高。最后根据工业产品设计流程, 结合婴儿手推车层次化功能指标结论, 设计了一款智能婴儿手推车。该设计不仅注重婴儿安全性和舒适性, 同时为监护人增加了便携性和智能化的辅助功能, 以最大限度满足婴儿和监护人的使用需求。

### 参考文献:

- [1] FRISBEE S J, HENNES H. Adult-worn Child Carriers: a Potential Risk For Injury[J]. *Inj Prev*, 2000, 6(2): 56-58.
- [2] POWELL E C, JOVTIS E, TANZ R R. Incidence and Description of Stroller Related Injuries to Children[J]. *Pediatrics*, 2002, 110(5): 62.
- [3] FOWLER E, KOBE C, ROBERTS K J, et al. Injuries Associated with Strollers and Carriers among Children in the United States, 1990 to 2010[J]. *Academic Pediatrics*, 2016, 16(8): 726-733.
- [4] BIRKEN C. Parents' Perception of Stroller Use in Young Children: a Qualitative Study[J]. *BMC Public Health*, 2015, 15(6): 808.
- [5] 李俊. 童车设计创新研究——婴儿车的设计探讨[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2010.  
LI Jun. Baby Carriage Design Innovation and Research: Approach to the Design of Baby Stroller[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2010.
- [6] 穆秋阳. 婴儿手推车的再利用研究与设计[D]. 天津: 天津科技大学, 2014.  
MU Qiu-yang. The Reuse Research and Design of Baby Stroller[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2014.
- [7] 周铎. 手推婴儿车改进设计研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2016.  
ZHOU Yi. Improvement Design Research on the Baby Carriage[D]. Shenyang: Shenyang Jianzhu University, 2016.
- [8] 任欣禾. 基于人机工程学理论的儿童出行设备研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2017.  
REN Xin-he. Children Travelling Equipment Based on Ergonomics[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2017.
- [9] 徐悬, 刘键, 严扬, 等. 智能化设计方法的发展及其理论动向[J]. *包装工程*, 2020, 41(4): 10-19.  
XU Xuan, LIU Jian, YAN Yang, et al. Development and Theoretical Trend of Intelligent Design Methods[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(4): 10-19.
- [10] 银宇堃, 陈洪, 赵海英. 人工智能在艺术设计中的应用[J]. *包装工程*, 2020, 41(6): 252-261.  
YIN Yu-kun, CHEN Hong, ZHAO Hai-ying. The Application of Artificial Intelligence in Art Design[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(6): 252-261.
- [11] 郑刚强, 白铭玉, 饶飞云. 工业设计视角下的高端装备创新设计原理与方法探析[J]. *包装工程*, 2020, 41(12): 87-92.  
ZHENG Gang-qiang, BAI Ming-yu, RAO Fei-yun. Principle and Method of High-End Equipment Innovation Design from the Perspective of Industrial Design[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(12): 87-92.
- [12] 川喜田二郎. KJ 法[M]. 北京: 中央公论社, 1996.  
JIRO K. KJ Method[M]. Beijing: Central Commune, 1996.
- [13] NADERZADEH M, ARABALIBEIK H, MONAZZAM M R, et al. Comparative Analysis of AHP-TOPSIS and Fuzzy AHP Models in Selecting Appropriate Nanocomposites for Environmental Noise Barrier Applications[J]. *Fluctuation & Noise Letters*, 2017, 16(4): 1-20.