

基于 AHP-YAAHP 的电梯安全评估方法研究

Research on Elevator Safety Assessment Method Based on AHP-YAAHP

◆ 黄德文 / HUANG Dewen

摘要: 针对传统电梯安全评估算法中信息有效性及计算复杂性的问题, 利用层次分析法 AHP 能确定指标权重的优点, 采用专家打分模式, 建立层次结构模型和算法矩阵, 经过 YAAHP 软件计算出电梯安全风险评估模型。实例证明, 结合层次分析法分析和 YAAHP 软件的使用, 计算得出的电梯安全风险等级与电梯运行实际状况相符合, 整个分析和计算过程简单准确。

关键词: 电梯风险; 安全评估; 层次分析法; 算法矩阵

Abstract: Aiming at the problem of information validity and computational complexity in traditional elevator safety assessment algorithm, the advantages of using AHP to determine the weight of indicators are put forward, and hierarchical structure model and algorithm matrix are established with adopting expert scoring mode, and elevator safety risk assessment model through YAAHP software calculation are obtained. The example is proved that the calculated elevator safety risk level is in accordance with the actual situation of elevator operation combined with the analytic hierarchy process and the use of YAAHP software, and the whole process of analysis and calculation is simple and accurate.

Keywords: elevator risk; safety assessment; analytic hierarchy process; algorithm matrix

电梯是人们生产生活不可缺少的运输工具。一旦发生安全事故, 造成的人员伤亡和重大财产损失不可想象。因此, 保障电梯的安全运行非常重要。如何有效准确地评估一部在用电梯的使用安全性却不是一件简单的事情, 因为电梯结构复杂, 乘客使用习惯差异较大, 电梯安全管理人员技能参差不齐等, 这些因素直接影响到电梯安全评估的科学性和有效性。目前国内众多学者针对电梯安全评估方法进行了大量模型研究, 并获得一定的成果。例如: 国内庆光蔚等提出一种多级模糊综合安全评价方法, 把电梯的评价分值划分为几个安全级别, 达到评价结果量化目的^[1]; 范俊燕把电梯安全风险评价结合机器学习算法, 并且以此核心算法为基础研发一套简单易操作的电梯安全风险评价软件, 方便检测工作人员使用^[2]; 靳杰针对评估过程中专家数量不足的问题, 运用离散型 Houfield 神经网络算法, 建立记忆-学习-联想的算法机制来解决这个问题^[3]; 栾玮建立基于风险的电梯安全评价机制, 得出电梯安全评价过程及结果^[4]; 陈兆芳, 张

作者单位: 广东省特种设备检测研究院惠州检测院, 广东惠州 516001

岐山等人研究工作中建立人、机、环境、管理等四个方面指标评价体系, 降低电梯安全水平评价中主观因素的影响权重, 在计算指标的权重系数过程中采用信息熵表示数据的效用值, 通过灰色关联分析方法计算结果, 完成电梯事故风险的量化评估过程^[5]。然而, 电梯作为一个复杂的机电一体化设备, 安全评估中有着众多不确定影响因素, 每个因素都会影响到电梯的安全运行, 而且每个因素的权重又不一样, 计算过程复杂。所以, 对电梯安全评估的有效评价需要采用多个客观指标和准确简捷的计算模式来衡量, 笔者这里提出 AHP-YAAHP 评估模型, 主要是利用层次分析法 AHP 能确定指标权重的优点, 采用专家打分模式, 建立层次结构模型和算法矩阵, 经过 YAAHP 软件计算出电梯安全风险评估模型, 整个过程客观有效, 计算准确快捷。

1 电梯安全系统评价算法对比

目前, 电梯安全风险评价的方法主要有安全检查表法、专家评议法、故障树分析法、模糊分析法、大

数据挖掘评估法等。安全检查表法由安全风险评价组专家成员根据电梯系统中的工程以及设施设备、人员操作、机械电气装置、施工工艺、系统管理等环节中存在的各类危险因素列出检查对象，并对这些需要检查对象细化成单个检查项并一一检查，这是一种比较常见的电梯安全评估方法；专家评议法由众多理论和实践经验丰富的专家组成评估小组对电梯安全风险进行评估；故障树分析从上往下，逐层寻找目标事件的原因事件，用特定的表示方式表达它们之间的关系；模糊分析法主要是通过数学方式去表达出模糊事件，达到定量处理目的；大数据挖掘法是从同一类电梯一堆杂乱无章的数据中寻找出我们所需要的数据，并对整理出的关键数据加以分析，得出隐藏在数据后面的电梯安全评估信息。表 1 是各个安全风险评估方法的优缺点对比表。

表 1 各种安全风险评估方法优缺点对比表

电梯安全评价方法	优点	缺点
安全检查表法	系统全面，不容易遗漏，定性非定量，直观，有利于操作人员作出正确处理	宏观非微观，只能对已经存在的电梯安全作出判断，不能区分各个影响因素的权重
专家评议法	从业多年的专家经验，各个指标安全等级参数比较切合实际	局限于专家人数，无法大量培养
故障树分析法	分类清楚，比较精确	工作量大，故障树编制出错会导致结果失真
模糊分析法	可分析多影响因素被评价对象，区分各个因素权重，同时适用多重客观和主观因素系统评价	主观性比较大，计算量大
大数据挖掘评估法	基于大数据算法的优势，有利发现隐藏规律	算法的可靠性，权重赋值的主观局限性

以上各个电梯安全风险分析法均有各自的优缺点，主要体现在定性定量兼顾和计算量大小上，在这里笔者提出利用层次分析法安全评价方法结合专家评议法和专门辅助计算软件 YAAHP，三者相结合来解决定性和定量兼顾和计算量大的问题。

2 层次分析法安全评价及 YAAHP 计算

层次分析法是由美国 Saaty 教授提出的一种定性与定量相结合的多方案多目标的实用决策分析方法^[6]。其主要思想是把分层处理方法应用到分解复杂问题上，把一个复杂的问题层层分解成几个层次和指标，通过

两两对比指标之间的权重，建立目标判断矩阵，求出最大特征值和特征向量，得出各个指标占最高层决策层目标权重值，从而对所需解决的复杂问题做出科学准确判断。

运用层次分析问题一般需要以下 4 个步骤：(1) 建立自上往下的层次结构模型，其中决策目标为最高层，影响因素为中间层，决策对象为最低层，并用箭头线段连接出结构图；(2) 构造判断矩阵，逐一确定两两因素之间的权重；(3) 层次单排序及其一致性检验；(4) 层次总排序及其一致性检验。

YAAHP 是一款层次分析法辅助计算软件，可以快速地完成多准则决策问题的分析任务，在层次分析法的决策过程中提供模型构造、分析及各项计算等功能，是计算层次分析问题的主流软件之一。它的计算步骤如下：首先建立层次结构模型，确定每个层次的元素，并用连线连接起来，最后点击计算即可。

3 实例分析

笔者以惠州某小区一台使用 9 年客货电梯为例，应用 AHP-YAAHP 模式来进行安全风险评价，以人、机、管理 3 个因素为依据，筛选出影响电梯安全风险评估最大的 9 个重要评价指标：人员培训 C_1 、人员工龄 C_2 、人员学历 C_3 、磨损程度 C_4 、老化程度 C_5 、使用频率 C_6 、供电质量 C_7 、整洁程度 C_8 、保养频率 C_9 。根据以上的评价指标构建层次结构模型，如图 1 所示。

查阅参考文献，把电梯安全风险状况分为 5 个等级：{好，较好，合格，较差，特别差}，分别为对应分数值 {91-100, 76-90, 61-75, 41-60, 0-40}。9 个重要指标得分由 7 位经验丰富的专家采用打分模式进行打分，并算出每个重要指标的平均值，以集合 $M(M_1, M_2, \dots, M_9)$ 表示，经过现场详细调查打分计算出 $M(82.4, 80.7, 75.2, 61.1, 63.4, 60.5, 78.9, 71.6, 65.1)$ 。

专家评价组通过现场电梯硬件软件详细检查，查阅以往的维修记录等，分别对上面中间层及底层各个因素进行两两对比，给出合理权重值。表 2 ~ 表 5 是各层要素的排序权重。

在表 2 准则层中要素对决策目标的排序权重中，经过 YAAHP 计算验证一致性比例：0.0176；对“电

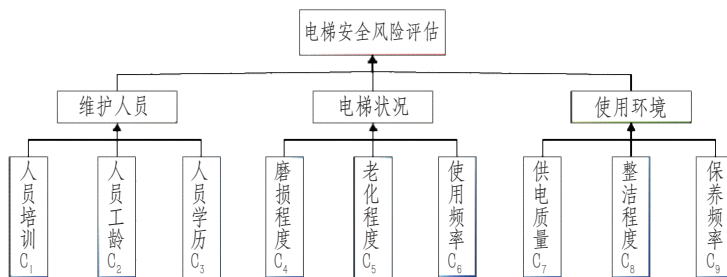


图1 电梯安全风险评估层次结构模型图

梯安全风险评估”

的权重: 1.000 0;

λ_{\max} : 3.018 3。

在表3维护人员中, 经过YAAHP计算验证一致性比例: 0.009 1; 对“电梯安全风险评估”的权重: 0.110 2; λ_{\max} : 3.009 5。

在表4电梯状况中, 经过YAAHP计算验证一致性比例: 0.017 6; 对“电梯安全风险评估”的权重: 0.504 7; λ_{\max} : 3.018 3。

在表5使用环境中, 经过YAAHP计

算验证一致性比例: 0.005 3; 对“电梯安全风险评估”的权重: 0.385 1;

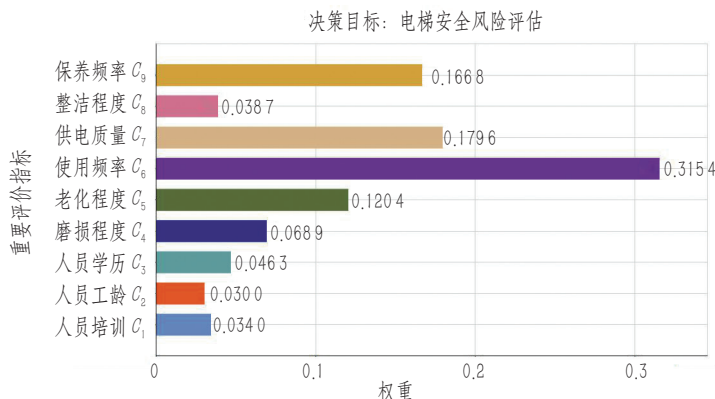


图2 所有因素的权重

λ_{\max} : 3.005 5。

$C_1 \sim C_9$ 因素所占权重如图2所示。所以这台电梯的总得分

$$S = \sum_{i=1}^n M_i \times C_i$$

求得 $S=67.5035$, 评价为合格, 符合该电梯的实际运行状况。

4 结语

经过实例验证, 应用 AHP-YAAHP 相结合方式对电梯安全风险计算评价的结果和电梯实际安全状态相符合, 是电梯安全风险评价方法中较简单精准的一种。其方法把一个复杂的电梯系统按照人、机、环境等综合角度分解成多个个体因素, 然后按支配关系分组形成上下层次结构, 很好解决定量和定性的相结合问题, 最终将其转化成数值模式的电梯安全系数, 确定电梯安全级别, 达到准确建模、快速计算的科学评价目的。

参考文献

- [1] 庆光蔚, 岳林, 胡静波. 老旧电梯模糊定量安全技术评价方法研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(12): 126-131.
- [2] 范俊燕. 基于机器学习的电梯安全评价研究[D]. 西安: 西安工业大学, 2011.
- [3] 靳杰. 基于离散型 Houfield 神经网络的电梯安全评价[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2015.
- [4] 栾玮. 基于风险的老旧电梯安全评价方法及应用[J]. 特种设备安全技术, 2016(03): 36-38.
- [5] 陈兆芳, 张岐山. 基于熵权和灰色关联方法的电梯安全评价及其应用[J]. 安全与环境工程, 2016, 23(4): 109-112.
- [6] Rahman S, Frair L C. A hierarchical approach to electric utility Planning. International Journal of Energy Resource, 1984, 8(2): 185-196.

(编辑: 陈会民)