

文章编号: 1006 5013(2010)05-0499-04

客车车身造型方案灰色关联评估模型

林开荣¹, 李延平¹, 廖忠传², 彭庆华³

(1. 集美大学 机械工程学院, 福建 厦门 361021;

2. 厦门金龙汽车车身有限公司, 福建 厦门 361023;

3. 郑州宇通客车股份有限公司, 河南 郑州 450016)

摘要: 根据客车车身造型特点, 确定客车外观造型的前围、后围、侧围、顶盖、灯饰、车门、整车协调性等 7 个评价指标, 构建评估指标体系。然后, 应用灰色系统理论建立造型方案灰关联分析评估模型, 确定各评估指标的权重值。最后, 分别对不同造型方案各项指标进行评估, 并将各项指标的情况运用灰色关联模型分析, 从而实现对客车车身造型方案优劣的评估, 选出最佳造型方案。实例分析表明, 评估结果清晰明了、准确合理, 而且操作简便, 具有很强的实用性。

关键词: 客车车身; 造型方案; 评估指标体系; 灰色系统理论

中图分类号: U463.82+1.02; TB114.1

文献标识码: A

客车的车身造型是客车研发的关键步骤, 它涉及美学、空气动力学、机械工程学及人机工程学等学科^[1-2]。车身造型除了要满足其使用功能外, 还必须满足人们的审美习惯, 同时还应有较好的工艺特性, 能充分利用现有的设备和技术生产。如何从多种车身造型方案中选出最佳方案, 是一个急需解决的问题。但由于评估人员工程经历、审美差异的普遍性和审美标准的模糊性, 要对车身造型进行定性, 甚至定量的优劣评价却非易事。由于车身造型方案影响因素错综复杂, 有的还相互矛盾或具有一定的模糊性, 通常只能根据专家的经验进行评估。为了保证评估结果的合理性, 文中根据车身造型方案主要影响因素, 确定了评估指标体系; 然后, 应用灰色系统理论对各种备选车身造型方案进行评估, 选出最佳方案。

1 灰色关联评估模型的建立

1.1 评估指标体系和实施原则

为了进行客车的外观造型评价, 首先必须确定客车外观造型的评价要素或评价指标。选择的评价指标是否合理, 直接影响到评价结果的有效性。在构建评估指标体系时, 通过研究外观造型方案和咨询相关专家, 同时遵照“系统优化”和“通用可比”等原则, 确定客车外观造型的 7 个评价指标, 分别是前围、后围、侧围、顶盖、灯饰、车门、整车协调性。

客车外观造型评价工作, 是由一个外观造型评价小组完成的。组成这个小组的成员应来自于项目决策部门、市场部门、车身设计部门、整车设计部门、售后服务部门、典型用户等 6 类评估人员组成。为了保证评估的科学性, 评估中的每一类成员要求至少 3 名, 评估时对同一类成员的评估分值取平均值, 以提高评估的准确性。

灰色系统理论中的灰关联分析法, 是用于分析系统各因素或系统各方案关联程度的一种方法。其基本思想是: 根据统计数据的几何关系及相似程度来判断各因素或方案间的关联程度, 进而根据关联度大小确定优劣次序。它具有对样本量大小要求不高和不需要具有典型概率分布等优点, 克服了系统分析中传统定量分析法的缺陷^[3-4]。影响客车车身造型方案优劣的 7 种因素难于量化, 具有模糊性。因此, 要

收稿日期: 2009 10 27

通信作者: 林开荣(1977-), 男, 讲师, 主要从事汽车设计与制造技术的研究。E-mail: kaironglin@163.com.

基金项目: 福建省科技计划重点项目(2008H0030)

准确评估客车车身造型方案优劣具有一定的困难. 采用灰色系统理论, 可对不同造型方案各项指标进行分别评估, 并将各项指标的情况运用灰色关联模型分析, 从而实现对客车车身造型方案优劣的评估.

1.2 指标数据列的确定及规范化

设 m 个客车车身造型方案 7 个重要指标经专家评分统计后, 可得 m 个指标数据列为 $x_i^{(0)}(k) (i=1, 2, \dots, m, k=1, 2, \dots, 7)$, 参考数列 $x_0(k)$ 由造型各项指标值的最优值所构成.

由于评估体系中各指标代表不同的物理量, 且其数值大小可能相差较大, 从而出现小数值序列的作用被大数值序列掩盖. 为了避免出现这种现象, 一般要求各序列的数据在大小上应比较接近, 即所谓的等权; 而为了避免非等权情况, 则必须对原始数据进行规范化. 灰色系统作为等权处理的方法, 常见的有初值化、均值化、最大法和最小法等.

假设对原始数列 $x_i^{(0)}(k) (k=1, 2, \dots, n)$ 进行数据处理, 即 $x(k) = x^{(0)}(k)/\alpha$ α 取不同值对应不同的处理方法, 如 $\alpha = \max\{x^{(0)}(k)\}$ 时采用最大法, 而 $\alpha = \min\{x^{(0)}(k)\}$ 时采用最小法^[3-4].

1.3 关联系数的确定

灰色关联分析中, 常用关联系数表示指标数列与参考数列中相应指标值的接近程度. 它是关联程度的衡量尺度. 关联系数值越大, 则接近程度越高, 即越接近最优. 对于第 i 个造型方案的第 k 个指标的关联系数, 可以由以下公式计算得到^[3, 5], 即

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_{i \in m} \min_{k \in n} |x_0(k) - x_i(k)| + \xi \cdot \max_{i \in m} \max_{k \in n} |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \xi \cdot \max_{i \in m} \max_{k \in n} |x_0(k) - x_i(k)|}. \quad (1)$$

式(1)中: ξ 为分辨系数, 取值在 0~1 之间, 一般取值为 0.5; $\min_{i \in m} \min_{k \in n} |x_0(k) - x_i(k)|$ 为两极最小差; $\max_{i \in m} \max_{k \in n} |x_0(k) - x_i(k)|$ 为两极最大差.

1.4 评估指标权重的确定

评估体系中各指标的重要程度往往不同, 指标权重是指标集合中各项指标所占的比重. 指标权重确定方法的科学性, 很大程度上决定了评估结果的权威性. 客车车身造型方案评估指标体系中的 7 项指标综合性强, 难以量化, 只能依赖专家的经验 and 主观判断来做出定性评估.

评估中, 采用 6 类专家对评估体系各指标分别给定权重, 然后应用灰色关联分析法确定评估指标权重. 在用灰色关联分析法确定评估指标权重的过程中, 可根据各类专家的资历水平和以往的业绩表现取不同的权重值.

1.5 关联度的确定

虽然可用前面所述的关联系数表示指标数据列与参考数据列的接近程度, 但它是两数列在相应指标上的相对差, 数据量很大, 信息分散, 难于从整体上进行比较. 因此, 有必要将各关联系数综合成一个值. 用于处理这类信息的常用方法就是求关联系数列的关联度, 它是关联程度的数量表征, 可选用加权平均型算子进行运算. 其运算公式^[3-4]为

$$R_i = \sum_{k=1}^n w_k \zeta_{i,k}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

式(2)中: w_k 为各指标的权重值, 一般可由专家根据经验判断确定.

用以上方法计算得到各评估对象的关联度后, 通过比较它们的大小可确定各造型方案的优劣.

2 灰色关联评估模型的修正

以往的评估通常选择若干个专家组成评估小组进行评估. 但是, 由于不同专家工程经历、审美习惯的不一致, 往往对同一造型方案存在一定的差异, 给评估带来困难和偏差. 为了克服以上缺陷, 采用前述的分类专家组代替单个专家的形式进行评估, 即评估由一个外观造型评估大组完成.

一般情况下, 关联度大的会被认为是优秀方案. 但这种认定方法存在着一定不足. 因为各项评价因素得分存在较大差距的产品很可能是非理想的产品, 这是由于产品某一评价因素的水平过高, 往往不能弥补另一评价因素的不足; 而单个功能评价因素的过高, 有时可能由于产品的整体水平较低, 但事实上造成了浪费. 这种不足在总分评价中可能会被掩盖. 针对这一问题, 可采用计算各方案指标方差的方法

来评价某一方案各评价指标的离散程度并辅助灰色关联评估. 如果两个方案关联度非常接近而指标方差值相差较大, 就可以认为指标方差值小的方案较优.

3 评估实例分析

针对现有某客车车身造型的 4 种方案, 要求根据前面所述评估指标体系选出最佳方案. 评估过程中要求专家确定了评估指标体系各指标的权重值, 以及 4 种车身造型方案对应各指标的评估得分情况.

3.1 确定评估指标权重

评估中, 由 6 类专家对评估体系各指标根据经验判断分别给定权重值, 然后对同类专家取平均值, 结果如表 1 所示. 从表 1 可看出, 各专家给出的各指标权重值最大值为 0.25. 因此, 可设定参考数列为 $q^0(k) = (0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25)$. 将表 1 中数列 $q_i(k)$ 代入式 (1), 可得关联系数矩阵为

$$Q = \begin{bmatrix} 0.760\ 0 & 0.655\ 2 & 0.619\ 2 & 0.826\ 1 & 0.904\ 8 & 1.000\ 0 \\ 0.372\ 5 & 0.404\ 3 & 0.372\ 5 & 0.333\ 3 & 0.358\ 5 & 0.358\ 5 \\ 0.655\ 2 & 0.612\ 9 & 0.826\ 1 & 1.000\ 0 & 0.760\ 0 & 0.760\ 0 \\ 0.372\ 5 & 0.404\ 3 & 0.387\ 8 & 0.372\ 5 & 0.358\ 5 & 0.345\ 5 \\ 0.404\ 3 & 0.422\ 2 & 0.372\ 5 & 0.404\ 3 & 0.387\ 8 & 0.404\ 3 \\ 0.441\ 9 & 0.422\ 2 & 0.463\ 4 & 0.422\ 2 & 0.463\ 4 & 0.472\ 2 \\ 0.513\ 5 & 0.487\ 2 & 0.513\ 5 & 0.463\ 4 & 0.463\ 4 & 0.487\ 2 \end{bmatrix}.$$

表 1 评估指标权重值

Tab. 1 Weights of evaluation indices

指标	评估专家					
	1	2	3	4	5	6
前围	0.22	0.20	0.19	0.23	0.24	0.25
后围	0.09	0.11	0.09	0.06	0.08	0.08
侧围	0.20	0.19	0.23	0.25	0.22	0.22
顶盖	0.09	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
灯饰	0.11	0.12	0.09	0.11	0.10	0.11
车门	0.13	0.12	0.14	0.12	0.14	0.12
整车协调性	0.16	0.15	0.16	0.14	0.14	0.15

由于评估中聘请的 6 类不同的人员, 其资历水平不同, 所以对项目决策部门、市场部门、车身设计部门、整车设计部门、售后服务部门、典型用户等 6 类评估人员取不同的权重值, 分别为 0.20, 0.20, 0.10, 0.20, 0.15, 0.15. 将它们和关联系数矩阵 Q 一起代入式 (2), 可得评估指标体系各指标关联度矩阵为

$$W_R = [0.795\ 3, 0.366\ 8, 0.764\ 2, 0.374\ 2, 0.402\ 2, 0.436\ 4, 0.486\ 8].$$

对各指标的关联度进行归一化处理, 即可以得到评估指标体系各指标的权重值为

$$W = [0.219\ 3, 0.101\ 2, 0.210\ 8, 0.103\ 2, 0.110\ 9, 0.120\ 4, 0.134\ 2].$$

3.2 造型方案评估

各类评估人员采用上述类似的专家评分法, 对 4 种造型方案各项评估指标进行评分, 其平均值如表 2 所示. 用最大法对表 2 中数据进行规范化处理, 其比较数列 $x_i(k)$ 如表 3 所示. 根据以往经验, 参考数列可由专家对 4 种不同造型方案各指标评估的最优值构成. 从表 3 可知, 参考数列为

$$x_0(k) = [1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0, 1.000\ 0].$$

表 2 4 种造型方案专家评分值

Tab. 2 Scores evaluated by different experts for four styling plans

造型方案	前围	后围	侧围	顶盖	灯饰	车门	整车协调性
1	87.62	72.13	80.15	83.45	68.26	78.25	86.25
2	66.18	85.26	75.47	88.62	76.82	80.51	74.52
3	73.25	80.28	78.67	83.54	85.22	80.13	79.18
4	83.86	78.55	63.18	80.73	83.19	80.20	76.33

表 3 表 2 中数据的比较数列
Tab.3 Comparison series derived from data in Table 2

造型方案	前围	后围	侧围	顶盖	灯饰	车门	整车协调性
1	1.000 0	0.823 2	0.914 7	0.952 4	0.779 0	0.893 1	0.984 4
2	0.746 8	0.962 1	0.851 6	1.000 0	0.866 8	0.908 5	0.840 9
3	0.859 5	0.942 0	0.923 1	0.980 3	1.000 0	0.940 3	0.929 1
4	1.000 0	0.936 7	0.753 4	0.962 7	0.992 0	0.956 4	0.910 2

将以上比较数列 $x_i(k)$ 代入式(1), 可得关联系数矩阵为

$$D = \begin{bmatrix} 0.100\ 0 & 0.417\ 3 & 0.597\ 6 & 0.726\ 8 & 0.364\ 3 & 0.542\ 1 & 0.890\ 1 \\ 0.333\ 3 & 0.769\ 5 & 0.460\ 4 & 1.000\ 0 & 0.487\ 4 & 0.580\ 4 & 0.443\ 1 \\ 0.474\ 1 & 0.685\ 9 & 0.622\ 3 & 0.865\ 3 & 1.000\ 0 & 0.679\ 5 & 0.641\ 1 \\ 1.000\ 0 & 0.666\ 6 & 0.339\ 2 & 0.772\ 3 & 0.940\ 6 & 0.743\ 6 & 0.585\ 1 \end{bmatrix}.$$

然后, 将前面计算所得到的各指标权重矩阵 W 代入式(2), 可得评估结果矩阵为

$$R = [0.687\ 6, 0.534\ 6, 0.672\ 6, 0.710\ 3].$$

从评估结果矩阵可以得出: $R_4 > R_1 > R_3 > R_2$, 即造型方案 4 为最佳方案, 造型方案 2 最差.

4 结束语

设计客车外形方案需要考虑的影响因素很多, 且难以量化, 对同一造型方案, 不同评估人员的评估结果往往不尽相同, 甚至存在较大的差别. 文中所建立的评估方法符合生产实际, 操作简便、评估结果清晰明了. 通过设计的软件系统, 可大大简化统计和计算过程, 缩短评估时间, 提高评估的有效性.

参考文献:

[1] 王望予. 汽车设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
[2] 《汽车工程手册》编辑委员会. 汽车工程手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005
[3] 袁嘉祖. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术出版社, 1991.
[4] 陈玉良. 基于灰色理论的液压设备故障诊断[J]. 液压与气动, 2005(7) : 73-75.
[5] 杨文慧. 一种新的灰关联系数表达式[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2008, 36(1) : 23-28.

On Gray Relational Evaluation Model of Bus Body Styling Plan

LIN Kai-rong¹, LI Yan-ping¹,
LIAO Zhong-chuan², PENG Qing-hua³

(1. College of Mechanical Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;
2. Xiamen Golden Dragon Auto Body Co. Ltd., Xiamen 361023, China;
3. Zhengzhou Yutong Bus Co. Ltd., Zhengzhou 450016, China)

Abstract: According to the bus body styling characteristics, seven evaluation indices including front wall, side wall, rear wall, lamps, roof, door and harmony were determined, and an evaluation index system was established. Then a gray relational evaluation model of styling plans was established on grey system theory, and the weights of evaluation indices were determined. As last, based on grey system theory, each index of different styling plans was evaluated, and analyzed based on gray relational model analysis to achieve the evaluation of the advantages and disadvantages of the bus body styling plans so that the best plan could be selected. The case study has shown that the evaluation results are clear, accurate, easy to use, and very practical.

Keywords: bus body; styling plan; evaluation index system; grey system theory

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 郑亚青)