

层次分析法在商用飞机供应商选择中的研究与实践

Research and Realization of Analytic Hierarchy Process in Supplier Selection for Commercial Aircrafts

秦 淋 / QIN Lin

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘 要:

运用层次分析法对供应商选择问题进行定性和定量分析,阐述了层次分析法的基本原则和主要步骤,并以航空领域供应商选择为案例,从5个准则角度建立了供应商评价的数学模型,构建对比矩阵并计算,最终确定了最佳供应商。结果表明,在各类复杂因素的影响下,该方法能够为供应商选择提供借鉴,能够提高决策的准确性。

关键词:层次分析法;供应商选择;矩阵;最佳供应商

中图分类号:F274

文献标识码:A

[Abstract] The thesis applies Analytic Hierarchy Process on supplier selection qualitatively and quantitatively. The basic principle and major steps of Analytic Hierarchy Process were explained. Taking an example of the supplier selection in aviation field, the paper establishes the mathematics model and the supplier evaluation system. At last, the best suppliers were determined through calculating the comparison matrices. The result indicates that the method can provide reference for the following supplier selection, and improve the accuracy of the decision-making during all kinds of complex factors.

[Keywords] analytic hierarchy process; supplier selection; matrix; the best supplier

0 引言

在国际化产业链的生产环境中,强有力的供应商支持对企业的生存发展具有至关重要的作用。企业与供应商间的关系已不再是简单的买卖关系,而是一种战略同盟关系,即战略合作伙伴关系^[1]。商用飞机的研制投资巨大、周期长、涉及面广,为了有效地利用资源,降低成本,从而赢得市场、获取更大利润,世界民机巨头纷纷将大量的工作进行外包,形成了围绕核心企业“利益共享、风险共担”的合作模式。这其中供应商的选择成为影响民机国际竞争力的关键要素之一。因此,供应商的选择尤为重要,在供应商评估中亟需更加科学有效的方法,能够全面地比较各个潜在供应

商的综合实力。

1 供应商选择的方法研究

从20世纪90年代初至今,国外对供应商的评价及选择研究已经形成一些较为成熟的理论和方法,包括定性、定量及二者结合的方法。同期,国内学者和企业也在供应商选择方法方面做了大量卓有成效的研究工作,在供应商选择方法方面,主要采用主观判断法、考核选择法、协商选择法、招标法、德尔菲法、作业成本法和ABC成本法等。这些方法主要是定性的,缺少定量的因素,受主观因素影响较大^[2],而且有的只适用于特定环境下的物质采购。

商用飞机供应商的选择,受多种因素的影响,各因素之间的联系难以精确定量和不完全确知。不仅

要考虑研发和设计成本、单价,供应商的技术能力、技术开放程度、集成能力,还要兼顾飞机全生命周期中的其他要素,包括与航空公司的、客户服务等相关方面,甚至包括试飞、响应速度、配合程度以及出口限制等因素。这些因素共同体现了供应商的实力、供应商合作的意向、选择该供应商所需支付的成本以及与飞机主制造商要求的吻合程度等,最终根据这些因素对供应商做出综合评价,以决定对供应商的选择。然而,仅仅依靠上面所提到的定性方法和一般的数学评价方法很难做出合理、准确判断。因此,本文针对难于完全量化的复杂决策问题,采用定性定量相结合的方法选优排序,完成商用飞机供应商的选择。

2 层次分析法研究

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP) 是美国运筹学家匹兹堡大学教授萨蒂 T. L. Saaty 在 20 世纪 70 年代初,为美国国防部研究“根据各个工业部门对国家福利的贡献大小而进行电力分配”课题时,应用网络系统理论和多目标综合评价方法,提出的一种层次权重决策分析方法,是将半定性、半量化的问题转化为定量计算的一种方法。这种方法首先把复杂的决策系统层次化,然后通过逐层比较各种关联因素的重要性程度建立模型判断矩阵,并通过一套定量计算方法为决策提供依据。

2.1 主要原理

层次分析法先对复杂决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析,然后利用较少的定量信息使决策的思维过程数学化,对难于完全量化的复杂系统做出决策的模型和方法,将定量分析与定性分析结合起来。为了使目标实现,决策者根据经验盘算衡量标准之间的相对重要程度,并合理地给出每个决策方案每个标准的权数,利用权数求出各方案的优劣次序,从而做出相对最优决策,适用于多选择、多准则或无结构的复杂决策问题^[3]。

层次分析法的最大优点在于提出了层次,使得买方能够认真地考虑和衡量指标的相对重要性。不仅适用于存在不确定性和主观信息的情况,还允许以合乎逻辑的方式运用经验、洞察力和直觉。因此,根据实际情况抽象出较为贴切的层次结构模型,分解简化问题时把握主要因素,以避免 AHP 结果不准确。

2.2 实现步骤

2.2.1 建立递阶层次结构模型

在深入分析实际问题的基础上,把问题条理化、层次化,构造出一个有层次的结构模型。这样,复杂问题被分解为元素的组成部分。这些元素又按其属性及关系形成若干层次。

1) 目标层:在最上层,通常只有一个元素,是问题的预订目标和理想结果;

2) 准则层:也叫指标层,当准则过多,譬如多于 9 个时,可划分为子准则层。层次数与问题的复杂程度及需要分析的详尽程度有关,它包含了为实现目标所涉及的中间环节。

3) 方案层:也叫对象层,是实现目标可供选择的各种措施、决策对象等。

2.2.2 构造对比矩阵

从层次结构模型的第 2 层开始,对于从属于或影响上一层每个因素的同一层诸因素,用两两比较法和 1~9 比较尺度构建成对比较阵,直到最下层。

设某层有 n 个因素(准则), $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$

比较他们对上一层某一准则的影响程度,确定在该层中相对于某一准则所占的比重(即把 n 个因素对上层某一目标的影响程度排序)。

上述比较是两两因素之间进行得比较,比较时取 1~9 尺度。用 a_{ij} 表示第 i 个因素相对于第 j 个因素的比较结果,则

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, \text{ 可见, } a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}},$$

A 即为成对比较阵。

表 1 九分比较尺度表

标度值	含义
1	第 i 个元素与第 j 个元素的影响相同
3	第 i 个元素与第 j 个元素的影响稍强
5	第 i 个元素与第 j 个元素的影响强
7	第 i 个元素与第 j 个元素的影响明显强
9	第 i 个元素与第 j 个元素的影响绝对地强

2,4,6,8 表示第 i 个因素相对于第 j 个因素的影响介于上述两个相邻等级之间。不难定义以上各尺度倒数的含义: $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$,

成对比较矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 是正互反阵。满足以下性质:

- 1) $a_{ij} > 0$;
- 2) $a_{ij} = 1/a_{ji}$;

3) $a_{ii} = 1$ 。

2.2.3 计算权向量并做一致性检验

1) 准则优先权值矩阵计算

根据判断矩阵,计算出对于上一层次中某一因素而言本层次与之有联系的元素重要性次序的权值,即层次单排序。理论上讲,层次单排序问题归结为计算判断矩阵的最大特征根及其特征向量。计算方法如下^[4]:

第一步:将判断矩阵的每一列向量归一化,得到 $\tilde{w}_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}$ 。

第二步:按行求和 $\tilde{w}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_{ij}$ 。

第三步:对向量 $\tilde{w} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n]^T$ 作归一

化处理,即: $w_i = \frac{\tilde{w}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_i}$

$w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$, 即为所求特征向量。

第四步:计算特征向量的最大特征根 $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{nw_i}$ 。

一个正确的判断矩阵重要性排序是有一定逻辑规律的。因此,在进行层次单排序时需要做一致性检验。

首先,计算一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$

然后,计算一致性率 $AR = \frac{CI}{RI}$, 其中 RI 是自由度指标,可查表得到。见表 2。

表 2 平均随机自由度指标值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

当 $AR < 0.1$ 时,认为判断矩阵的一致性可以接受,否则应调整矩阵中的元素。若检验通过,特征向量(归一化后)即为权向量;若不通过,需重新构建对比较阵。

2) 方案权向量矩阵计算

列出方案权向量矩阵的方法与准则优先权值矩阵的方法相同。每一个准则对应一个矩阵,其中各元素表示对此准则的偏好程度。

计算方案对目标的组合权向量,并根据公式做组合一致性检验,若检验通过,则可按照组合权向量表示的结果继续决策,否则需要重构模型,构建一致性比率较大的成对比较阵。

2.2.4 加权计算综合评价结果

按层次结构模型由上向下逐层计算,计算出最底层因素对目标层的相对重要性,即层次总排序。也就是说,层次总排序是针对最高层而言的。

有最新研究指出,在层析分析法中不必检验层次总排序的一致性,即实际操作中,总排序一致性检验可省去。

3 应用举例

M 公司是一家大型商用飞机企业,在某型号开发初期,全球多家企业均表示有意愿参与项目研制工作。经初选后,决定通过项目经验、技术水平、报价范

围、客服能力以及本土化程度 5 个准则对某系统参与竞标的 3 家供应商进行再次评估,最终确定最佳供应商。供应商 A、B、C 的各准则符合性见表 3。

表 3 各家供应商的准则特征

准则	供应商 A	供应商 B	供应商 C
项目经验	丰富	较丰富	较少
技术水平	很强	一般	较强
报价范围	很高	较低	非常低
客服能力	一般	良好	优秀
本土化程度	低	很低	高

3.1 建立层次结构模型

根据 AHP 的运用步骤,建立层次结构模型。最上层目标层为最佳供应商,中间层为准则层,包括技术能力、项目经验、报价范围、客服水平及本土化程度。最底层为对象层,为各备选供应商。模型结构如图 1 所示。

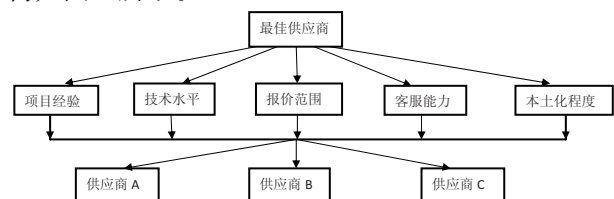


图 1 递阶层次结构模型

3.2 构造成对比较矩阵

在进行两两指标和供应商之间各个指标重要性判定时,采用专家打分法,专家组可以包括供应商选择方面的研究学者,企业各个部门的技术人员,具有多年经验的采供人员,高层管理人员等。采用共同打分求平均值的方法评分,减少判断的主观性。评分标准即九分尺度判断表。经过评估,判断矩阵结果见表4。

表4 准则对比结果

准则	技术水平	报价范围	项目经验	本土化程度	客服能力
技术水平	1	4	3	7	5
报价范围	1/4	1	1/2	5	3
项目经验	1/3	2	1	4	3
本土化程度	1/7	1/5	1/4	1	1/3
客服能力	1/5	1/3	1/3	3	1

按行求和,并列向量归一化,得:

$$A_0 = \begin{bmatrix} 0.519 & 0.531 & 0.590 & 0.350 & 0.405 \\ 0.130 & 0.133 & 0.098 & 0.250 & 0.243 \\ 0.173 & 0.265 & 0.197 & 0.200 & 0.243 \\ 0.074 & 0.027 & 0.049 & 0.050 & 0.027 \\ 0.104 & 0.044 & 0.066 & 0.150 & 0.081 \end{bmatrix}$$

得到特征向量 $w = (0.479 \ 0.171 \ 0.216 \ 0.045 \ 0.089)^T$,

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{nw_i} = 5.23,$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.058,$$

表10 CI及AR计算结果

	技术水平	报价范围	项目经验	本土化程度	客服水平
λ_{\max}	3.073	3.093	3.007	3.017	3.028
CI	0.037	0.046	0.004	0.008	0.014
AR	0.070	0.089	0.007	0.016	0.027

3.3 结果分析

各供应商的层次总排序结果如表11所示。从总排序表中可以发现,供应商A、B、C的各准则分值排序与表3各自准则特征吻合。从各供应商的加权总分可以看出,3家供应商的排序为A、C、B。即在综合5个方面的准则考虑后,供应商A的实力最强,其次为C,最差的是B。供应商评价和选择过程合理、公正、有说服力。

当 $n=5$ 时,查表得知 $RI=1.12$,于是 $AR = \frac{CI}{RI} =$

$0.051 < 0.1$,一致性检验通过,该矩阵具有可以接受的满意一致性。

同理,得到如表5~表9所示的各准则的两两对比矩阵。

表5 技术水平

	A	B	C
A	1	5	2
B	1/5	1	1/3
C	1/2	3	1

表6 报价范围

	A	B	C
A	1	1/4	1/6
B	4	1	1/2
C	6	2	1

表7 项目经验

	A	B	C
A	1	3	7
B	1/3	1	3
C	1/7	1/3	1

表8 本土化程度

	A	B	C
A	1	2	1/5
B	1/2	1	1/8
C	5	8	1

表9 客服能力

	A	B	C
A	1	1/2	1/3
B	2	1	1/2
C	3	2	1

根据各对比矩阵,计算出各自的 λ_{\max} ,CI及AR值,如表10所示。由表10可知,AR值都小于0.1,一致性检验通过。

4 结论

层析分析法把复杂问题中的各种因素通过划分为相互联系的有序层次,使之条理化,根据对一定客观现实的主观判断结果,把专家意见和分析者的客观判断结果直接而有效地结合起来,通过层次对比以定量描述。层次化清晰,最后用加权和方法递阶归并得到各备选方案对总目标的最终权重。

表 11 层次总排序结果

	技术水平	报价范围	项目经验	本土化程度	客服水平	加权总分
权值	0.419	0.171	0.216	0.045	0.089	1.000
供应商 A	0.581	0.089	0.669	0.162	0.164	0.425
供应商 B	0.110	0.324	0.243	0.087	0.297	0.184
供应商 C	0.309	0.587	0.088	0.750	0.539	0.331

借助应用案例,层次分析方法可以将商用飞机主制造商在选择供应商时面临各类复杂问题化为简单的权重进行计算,所得结果简单明确,容易为决策者了解和掌握,值得进一步推广应用。

参考文献:

[1] Thomas L. Saaty. The Analytic Hierarchy Process [M].

Mcgraw-Hill(Tx), 1980.

[2] 徐小莉. 浅谈供应商选择的策略和方法[J]. 经营管理者,四川成都经营管理者杂志编辑部,2011,18:260-260.

[3] 董明望. 基于层次分析法的供应商选择评价系统[J]. 武汉理工大学学报,2011,33(5):828-831.

[4] 姜启源. 数学模型[M]. 北京:高等教育出版社,2011.

[5] 施晓东. 浅谈供应商选择和管理企业生产经营中的作用[J]. 现代经济信息,2014(8).

(上接第 79 页)

功能、标记标牌等方面的要求。针对这些要求,具体的适航验证规划见表 1。

表 1 后储藏室相关适航条款符合性的验证方法

CCAR-25 条款	符合性验证方法	备注
301(a)	MC2	通过静力分析报告表明符合性
303	MC2	
305(a)(b)	MC2、MC4	通过静力分析报告、试验报告表明符合性
307(a)	MC2、MC4	
561(b)	MC2、MC4	通过设计报告和静力分析、试验报告表明符合性
561(c)	MC1、MC2、MC4	
625(a)	MC2	通过静力分析报告表明符合性
787(a)	MC1、MC2、MC7	通过设计报告,静力分析、试验报告,并进行机上检查表明符合性
787(b)	MC1、MC4、MC7	
789(a)	VMC2、MC4	通过静力分析、试验报告表明符合性
853(a)(d)	MC1、MC4	通过设计报告、防火试验报告表明符合性
1541(a)(b)	MC1、MC7	通过设计报告,并进行机上检查表明符合性
1561(c)	MC1、MC7	

备注:

MC1、MC2、MC4、MC7 指适航条款的验证方法;MC1-设计说明;MC2-分析和计算;MC4-试验室试验;MC7-机上检查。

5 结论

本文以某具体的民用飞机型号上的后储藏室为例,结合民航相关法律法规的要求,详细地阐述了后储藏室构建的要求及思路,阐述了后储藏室的适坠性设计要求及适航验证思路。后储藏室虽为某具体型号飞机上存储空间构建的特例,但其构建过程中考虑到的适坠性设计验证思路可为其它民用飞机型号上储存设备(隔间)的设计及适航验证提供一定的参考。

参考文献:

[1] 张维方. 民用飞机舱内装饰与设备的适坠性研究[J]. 民用飞机设计与研究,2009,1:5-9.

[2] 孙侠生. 民用飞机结构适坠性评估技术现状与发展趋势[J]. 结构强度研究,2006,3:1-7.

[3] 中国民用飞机航空局. CCAR-25-R3 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,2011.