

文章编号: 1674-8190(2022)01-121-08

商用飞机经济效益评价指标体系构建和评价分析

侯盼盼, 许松林

(中国商用飞机有限责任公司 上海飞机设计研究院, 上海 201210)

摘要: 目前, 国内外缺乏面向制造商的对商用飞机经济效益进行综合分析和评价的研究。通过技术经济的价值理论和飞机设计工程相结合, 建立面向制造商的商用飞机经济效益评价指标体系, 确立成本、产品、商务、市场等四个层面的指标, 构建三层指标体系, 并以灰色关联方法对某型飞机的经济效益进行分析。结果表明: 该体系科学地反映了商用飞机技术能力和市场表现之间的关系, 符合市场规律, 对商用飞机制造商产品策划、工程技术评估、项目论证及营销策略的制定具有指导意义。

关键词: 商用飞机; 产品价值; 经济效益; 评价体系; 灰色关联方法

中图分类号: V221+.8; F416.5

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2022.01.14

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The Construction and Analysis of Commercial Aircraft Economic Benefit Evaluation Index System

HOU Panpan, XU Songlin

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Commercial Aircraft Corporation of China Ltd., Shanghai 201210, China)

Abstract: At present, there is a lack of comprehensive analysis and evaluation of commercial aircraft economic benefits for manufacturers at home and abroad. In this paper an index system for OEM is developed to evaluate commercial aircraft economic performance, which combined value analysis of technology economics and aircraft design engineering. Four layers index, including cost, product, business and market are established. Gray relational method is adopted to analyze a type of aircraft. Results show that this index system reflects the relation between commercial aircraft technology capability and market performance, which is in compliance with market regularity and will be useful in product planning, engineering evaluation, project demonstration and marketing strategy.

Key words: commercial aircraft; product value; economic benefit; evaluation index; gray relational method

收稿日期: 2021-03-15; 修回日期: 2021-07-18

通信作者: 侯盼盼, hpanpan1983@sina.com

引用格式: 侯盼盼, 许松林. 商用飞机经济效益评价指标体系构建和评价分析[J]. 航空工程进展, 2022, 13(1): 121-128.

HOU Panpan, XU Songlin. The construction and analysis of commercial aircraft economic benefit evaluation index system[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2022, 13(1): 121-128. (in Chinese)

0 引言

大型客机研发和生产制造能力是一个国家航空水平的重要标志,也是一个国家整体实力的重要标志。国产商用大飞机的最终目标是实现商业成功,三大航国产商用飞机的顺利运营,联手为其商业成功打开了新的历史篇章。随着越来越多的商用飞机交付市场,如何对商用飞机的经济效益进行评价将逐渐成为业内未来普遍关注的焦点。

商用飞机经济效益是随着国产飞机的研制并投入运营而产生的一个新的研究主题,该研究内容需要大量的实践数据,目前理论研究缺乏,尤其是有关评价指标体系的研究更为鲜见。国内的研究主要集中在飞机总体设计和飞机经济性两方面,郭博智等^[1]、陈迎春等^[2]对飞机技术经济、飞机经济性设计提出了分析思路和分析方法;宋文滨^[3]、褚双磊等^[4]从价值和运营角度对飞机总体设计提出了分析方法,并给出了实践案例;许松林^[5]、演克武等^[6]从航空公司角度对飞机选型的经济效益进行了研究;林文进等^[7]、向林曦等^[8]对运营经济性在市场上的应用进行了分析研究。国外的研究多为 20 世纪飞机研制成本的统计分析^[9-11]。目前国内外缺乏面向制造商的对商用飞机经济效益进行综合分析和评价的研究。

商用飞机是一种系统复杂的特殊商品,其研制成本高、周期长。制造商不仅需要实现技术上的成功,更需要将其出售给航空公司,在一定周期内占领市场,使产品在全生命周期覆盖成本,产生经济效益,维持企业的正常商业运转^[1]。因此商用飞机的经济效益需体现技术和经济两大要素^[1-3]。

根据技术经济价值理论,商用飞机经济效益涉及产品成本、产品功能、产品价值三方面因素。其中产品价值由产品特征决定,实际成交价格受商务因素、经济环境、供求关系等市场因素的影响而围绕价值波动,事实上竞争机型、研发和制造成本、成交价格、市场因素之间存在相互影响关系^[12],但又不完全确知其关系信息。同时商用飞机进入门槛极高,除公务机、直升机等外,主流商

用飞机制造商为美国的波音公司和欧洲的空客公司,这两家公司的单机数据总量丰富却难以获得。灰色关联方法,用于部分明确系统的综合评价,适用于外延明确,内涵不明确的小样本、贫信息问题,广泛应用于社会、经济等系统的评价研究^[13-14],因此,可选用灰色关联方法对商用飞机经济效益评价体系进行案例分析和验证。

本文重点研究面向制造商的商用飞机经济效益评价问题,以商用飞机为评价主体,以飞机价值理论为出发点,运用层次分析法和灰色关联方法建立评价指标体系和评估决策模型,评价商用飞机全生命周期的经济效益水平。

1 商用飞机经济效益评价指标体系

1.1 评价指标体系

评价指标要根据研究的对象和目的反映研究对象某方面情况的特征,评价指标的选择会直接影响评价结果的有效性。

从经济学理论出发,经济效益体现了经济活动中的投入和产出关系,涉及到多个指标,每个指标往往只能反映经济效益的某方面特性。对商用飞机制造商来讲,商用飞机全生命周期的经济效益影响因素包含成本因素、产品因素、商务因素、市场因素四部分^[12-15],这些因素相互关联和影响,特点如下:

(1) 飞机的全生命周期成本包括研制成本、单机成本、运营成本三部分,受飞机规格、飞机设计水平、型号经验、国家工业基础水平等因素影响较大,尤其是研制成本和单机成本^[12,14];

(2) 飞机产品的设计指标和性能是飞机价值的基础因素,直接影响飞机成本和客户接受程度,以飞机传统的安全性、舒适性、经济性、环保性四性为出发点,考虑运营商关注的重点指标作为飞机产品的评价指标,其中安全性作为非 1 即 0 的判断标准,默认所评价的飞机均满足安全性要求;

(3) 不同生命周期阶段对应不同的商务策略,在飞机产品性能满足客户要求的前提下,商务因

素的焦点集中在飞机价格与运营保障、售后服务上,飞机价格往往是商业机密,尽管无法获取,但其基础因素是飞机产品技术因素(飞机价值),与运营成本密切相关,同时受市场因素直接影响,作为高资产高技术产品,飞机的运营保障和售后服务直接影响运营商的经济效益和对产品的使用黏性;

(4) 市场因素反映经济环境、竞争状态、二级市场流动性等特点。

商用飞机经济效益评价涉及到的影响因素之间关系复杂,评价指标之间相互影响和制约,按照评价指标全面、层次清晰,能够简明科学地反映评价对象特征和评价目的的原则,建立商用飞机经济效益评价指标,指标之间的结构如图 1 所示。

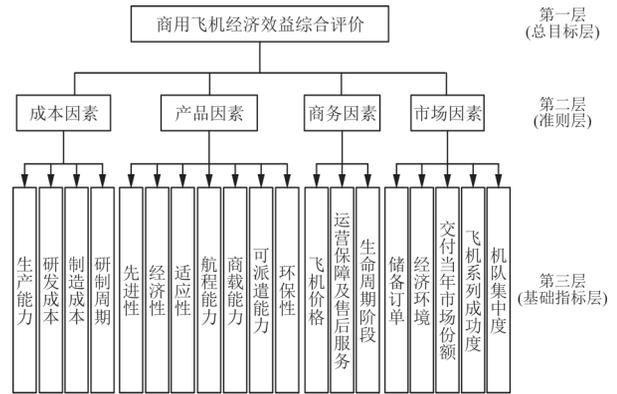


图 1 商用飞机经济效益评价指标体系

Fig. 1 Economic benefit evaluation index system of commercial aircraft

1.2 评价标准

商用飞机经济效益评价体系中基础层评价指标的评价标准如表 1 所示。

表 1 商用飞机经济效益评价指标评价标准
Table 1 Evaluation criteria of commercial aircraft economic benefit evaluation index

一级指标	二级指标	评价标准
成本因素	生产能力	制造商每月生产该型号飞机数量。
	研发成本	全设计阶段的研发成本,包括设计成本、试验成本、适航验证和试飞成本、设计工程支持等成本 ^[12-15] ,如无法获得具体值,可用研发能力代替。
	制造成本	生产每架飞机的成本,包括原材料、发动机和设备成品的采购、机体制造、总装、产品质量控制和批生产试飞等成本 ^[10,12] ,如无法获得具体值,可用制造能力代替。
	研制周期	现代商用飞机的研发周期,一般按 5~7 年计算。
产品因素	先进性	飞机技术先进性水平。
	经济性	飞机运营成本和运营收益,经济性指标就包含直接运营成本、间接运营成本、运营收益等,在不考虑间接运营成本和收益的前提下,可以用直接运营成本指标表征本文的经济性指标,直接运营成本指标计算详见参考文献[12]。
	适应性	飞机对运行环境的适应能力,通常分为机场适应性和航线适应性。
	航程能力	飞机在一定运行环境和载重条件下所能飞的距离。
	商载能力	飞机的客货运输能力,表现为座位数和货邮能力。
	可派遣能力	每 1 000 次飞行计划中没有延误或撤销航班(技术原因)的可签派放行的次数。
商务因素	环保性	噪声、NO _x 、CO、HC、Smoke 等排放量 ^[16] 。
	飞机价格	飞机价格,一般以第三方公布的市场价值作为平均价格代替实际价格。
	运营保障能力	制造商能提供的运营保障支持力度和售后服务保障能力,一般采用专家打分。
	生命周期阶段	飞机所处生命周期位置。
市场因素	储备订单	当年该型号飞机储备订单数量。
	经济环境	当年的经济环境趋势。
	市场份额	当年该型号飞机交付量占当年同类机型总交付量的比例。
	系列成功度	该飞机系列到当年的交付总数量占当期飞机的总交付量的比例。
	机队集中度	机队的赫芬达尔-赫尔希曼指数,市场份额平方的总和,反映二级市场飞机流动性。

2 多层灰色关联模型构建

2.1 分析研究步骤

多层灰色关联方法以单层灰色关联方法^[12-15]为基础,根据评价体系中指标构成的不同层次进行评估,并将评估结果作为下一层次的原始指标进行单层评估,以此评估至最高层。其步骤如下:

- (1) 构建评价指标矩阵;
- (2) 确定最优指标集;
- (3) 指标值的规范化;
- (4) 计算关联度系数;
- (5) 进行单层综合评估;
- (6) 完成多层综合评估。

2.2 评价模型构建

构建商用飞机经济效益评价体系中第 i 个方案的指标数列 $a_{ik}=[a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}]$, ($i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, m$), 则 n 个评价方案 m 个评价指标的评价矩阵为

$$a = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

标记最优指标集为 a_{0k} , 规范化处理各指标值, 得到规范化矩阵:

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{01} & \alpha_{02} & \cdots & \alpha_{0m} \\ \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \cdots & \alpha_{nm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

评价各方案与最优方案的关联度, 计算关联系数 $\xi_i(k)$:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |\alpha_{0k} - \alpha_{ik}| + \zeta \max_i \max_k |\alpha_{0k} - \alpha_{ik}|}{|\alpha_{0k} - \alpha_{ik}| + \zeta \max_i \max_k |\alpha_{0k} - \alpha_{ik}|} \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

式中: $\zeta \in [0, 1]$, 推荐取 $\zeta \leq 0.5$ 。

构建关联系数矩阵:

$$E = \begin{bmatrix} \xi_1(1) & \xi_2(1) & \cdots & \xi_n(1) \\ \xi_1(2) & \xi_2(2) & \cdots & \xi_n(2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \xi_1(m) & \xi_2(m) & \cdots & \xi_n(m) \end{bmatrix} \quad (4)$$

建立单层评价模型 $R = P \times E$, 其中 $R = [r_1, r_2, \dots, r_n]$, 为单层评价结果矩阵; $P = [P_1, P_2, \dots, P_m]$, 为评价权重矩阵; 权重分配可由专家打分法确定。因此, 第 i 个方案的评价结果 r_i 可表示为

$$r_i = \sum_{k=1}^m P_k \xi_i(k) \quad (5)$$

建立多层评价模型, 将单层评价结果 $R_k (R_k = P_k \times E_k)$ 作为初始值, 根据下一层级的权重进行评估, 直至最高层。

3 实例分析

3.1 实例分析特点

本文选取某制造商 A 型号飞机在 1999—2018

年的经济效益为分析对象, 根据商用飞机经济效益评价体系和评价模型进行经济效益分析论证。该案例评价对象的特点是评价同一制造商同一型号飞机在不同年份的经济效益, 评价时间周期长, 横跨该型号的成熟期和衰退期。

3.2 评价指标选取

根据商用飞机经济效益评价指标体系, 结合实例选取评价指标及原始数据。

对于同一款成熟飞机, 其研制周期、飞机系列成功率、机队集中度均为固定值, 航程能力、商载能力、适应性、环保性、可派遣能力已经稳定, 变化很小^[7]; 生产能力根据市场调研结果, 研发成本和制造成本由工程—参数法计算, 先进性、经济性和运营保障售后服务能力采用专家打分数据, 选取 CPI 指数作为经济环境原始数据, 飞机价格、储备订单、市场份额根据第三方数据库 (Cirium) 数据计算。

选取的评价指标及原始数据如表 2 所示。

表 2 某 A 型飞机 1999—2018 年经济效益评价指标体系及数据表
Table 2 A aircraft economic benefit evaluation index system and data table between 1999 and 2018

年份	生产能力 a_{11} / (架·月 ⁻¹)	研发成本 a_{12} / 万美元	制造成本 a_{13} / 万美元	先进性 a_{14}	经济性 a_{15}	飞机价格 a_{16} /万美元	运营保障和售 后服务能力 a_{17}	生命周期阶 段 a_{18} /%	储备订单 a_{19} /架	经济环境 (CPI) a_{110} /%	当年市场份 额 a_{111} /%
1999	20	95	2 356	1.1	4	4 270	7	37	493	2.20	16.00
2000	20	85	2 331	1.1	5	4 300	7	40	526	3.40	17.30
2001	20	75	2 307	1.2	4	4 260	8	43	526	2.80	19.00
2002	20	68	2 287	1.2	4	4 160	8	47	479	1.60	23.50
2003	20	63	2 268	1.2	5	3 850	7	50	434	2.30	28.70
2004	30	57	2 249	1.1	6	4 000	8	53	512	2.70	21.90
2005	30	51	2 228	1.1	6	4 170	8	57	955	3.40	23.80
2006	30	47	2 209	1.0	8	4 340	9	60	1 086	3.20	26.50
2007	30	41	2 185	1.0	8	4 300	9	63	1 633	2.90	28.40
2008	30	38	2 167	0.9	10	4 420	9	67	1 881	3.80	31.50
2009	40	35	2 150	0.9	7	4 210	9	70	1 851	-0.40	29.30
2010	40	31	2 129	0.8	9	3 950	10	73	1 866	1.60	39.10
2011	40	28	2 109	0.8	10	4 110	10	77	1 570	3.20	39.60
2012	40	25	2 090	0.7	10	4 130	10	80	1 338	2.10	39.00
2013	40	23	2 072	0.7	10	4 160	10	83	1 062	1.50	38.50
2014	50	21	2 059	0.6	9	4 260	9	87	852	1.60	31.70
2015	50	20	2 043	0.6	8	4 230	9	89	465	1.80	26.10
2016	50	18	2 030	0.5	8	4 190	9	93	280	1.91	20.50
2017	50	17	2 019	0.5	7	4 160	8	96	196	1.87	15.50
2018	50	16	2 011	0.5	7	4 090	8	99	70	1.84	9.80

3.3 实例评价过程

生产能力、飞机价格、订单市场份额越多,所创造的经济效益越高,对应的研发成本、制造成本越低越好;先进性、经济性、运营保障售后服务能力按照打分规则,分数越高证明产品越优;对于飞机产品,成熟期的产品构型、性能、保障均趋于稳定,处在运营黄金期,因此最优值定为生命周期的

50%,经济环境以微通胀 2% 为最优。

因此,确定最优指标集 a_{0i} 如下:

$$a_{0i} = [50, 21, 2\ 011, 1.2, 10, 4\ 420, 10, 50\%, 1\ 881, 2\%, 39.6\%]$$

规范化处理的关联系数矩阵如表 3 所示。根据市场调研和专家打分准则层和基础层所得到的指标权重如表 4 所示。

表 3 A 型飞机 1999—2018 年经济效益评价关联系数结果
Table 3 Results of a aircraft correlation coefficient of economic benefit evaluation between 1999 and 2018

年份	关联系数矩阵	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}	x_{i4}	x_{i5}	x_{i6}	x_{i7}	x_{i8}	x_{i9}	x_{i10}	x_{i11}
1999	a_1	0.334	0.333	0.335	0.779	0.334	0.656	0.334	0.706	0.396	0.913	0.388
2000	a_2	0.334	0.366	0.351	0.779	0.376	0.705	0.334	0.757	0.402	0.601	0.402
2001	a_3	0.334	0.400	0.370	1.000	0.334	0.642	0.430	0.817	0.402	0.725	0.421
2002	a_4	0.334	0.431	0.386	1.000	0.334	0.524	0.430	0.912	0.394	0.841	0.482
2003	a_5	0.334	0.461	0.403	1.000	0.376	0.334	0.334	1.000	0.386	0.876	0.579
2004	a_6	0.430	0.492	0.421	0.779	0.430	0.406	0.430	0.912	0.399	0.751	0.458
2005	a_7	0.430	0.529	0.444	0.779	0.430	0.534	0.430	0.817	0.496	0.601	0.487
2006	a_8	0.430	0.565	0.467	0.638	0.601	0.782	0.601	0.757	0.534	0.638	0.533
2007	a_9	0.430	0.610	0.499	0.638	0.601	0.705	0.601	0.706	0.786	0.701	0.572
2008	a_{10}	0.430	0.648	0.527	0.540	1.000	1.000	0.601	0.647	1.000	0.540	0.649
2009	a_{11}	0.601	0.682	0.555	0.540	0.501	0.577	0.601	0.609	0.968	0.468	0.593
2010	a_{12}	0.601	0.727	0.595	0.468	0.751	0.379	1.000	0.576	0.984	0.841	0.968
2011	a_{13}	0.601	0.771	0.639	0.468	1.000	0.480	1.000	0.536	0.745	0.638	1.000
2012	a_{14}	0.601	0.812	0.687	0.413	1.000	0.497	1.000	0.510	0.626	0.955	0.961
2013	a_{15}	0.601	0.851	0.738	0.413	1.000	0.524	1.000	0.486	0.526	0.808	0.932
2014	a_{16}	1.000	0.882	0.785	0.370	0.751	0.642	0.601	0.458	0.469	0.841	0.655
2015	a_{17}	1.000	0.918	0.844	0.370	0.601	0.601	0.601	0.443	0.391	0.913	0.526
2016	a_{18}	1.000	0.948	0.903	0.334	0.601	0.555	0.601	0.423	0.362	0.958	0.440
2017	a_{19}	1.000	0.973	0.958	0.334	0.501	0.524	0.430	0.405	0.351	0.943	0.383
2018	a_{20}	1.000	0.990	1.000	0.334	0.501	0.465	0.430	0.389	0.334	0.928	0.334

表 4 评价指标权重
Table 4 Quota of evaluating indicator

准则层指标	权重	基础层指标	权重
成本因素	0.10	生产能力	0.4
		研发成本	0.2
		制造成本	0.3
产品因素	0.35	先进性	0.4
		经济性	0.6
商务因素	0.35	飞机价格	0.5
		运营保障能力	0.3
		生命周期阶段	0.2
市场因素	0.30	储备订单	0.4
		经济环境	0.2
		当年市场份额	0.3

根据权重进行单层评价,得到准则层综合评价结果如下:

$$R_1 = P_1 \times E_1 = [0.301, 0.312, 0.325, 0.336, 0.347, 0.425, 0.444, 0.460, 0.543, 0.564, 0.397, 0.411, 0.586, 0.609, 0.632, 0.812, 0.837, 0.860, 0.882, 0.898]$$

$$R_2 = P_2 \times E_2 = [0.512, 0.537, 0.601, 0.601, 0.626, 0.569, 0.569, 0.616, 0.616, 0.816, 0.517, 0.638, 0.787, 0.765, 0.765, 0.598, 0.509, 0.495, 0.435, 0.435]$$

$$R_3 = P_3 \times E_3 = [0.585, 0.620, 0.666, 0.690, 0.667, 0.666, 0.644, 0.715, 0.674, 0.704, 0.601, 0.664, 0.664, 0.654, 0.648, 0.537, 0.522, 0.503, 0.436, 0.416]$$

$$R_4 = P_4 \times E_4 = [0.445, 0.422, 0.442, 0.474, 0.512, 0.458, 0.503, 0.544, 0.692, 0.814, 0.768, 0.963, 0.836, 0.793, 0.717, 0.581, 0.497, 0.453, 0.423, 0.394]$$

将准则层的综合评价结果作为输入,得到评价周期内各年经济效益的综合评价结果,如图 2 和表 5 所示。

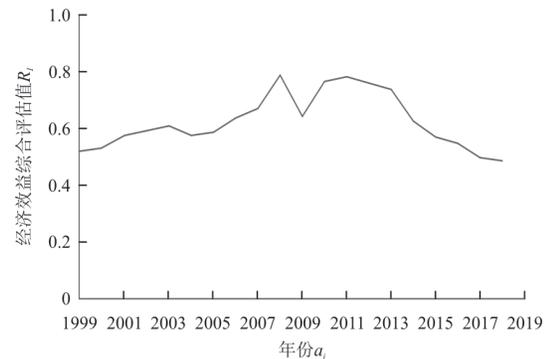


图 2 A 型飞机 1999—2018 年经济效益综合评价结果图
Fig. 2 A aircraft of comprehensive evaluation result chart of economic benefits between 1999 and 2018

表5 A型飞机1999—2018年经济效益综合评价结果
Table 5 A aircraft of comprehensive evaluation results of economic benefits between 1999 and 2018

年份	综合评价价值	年份	综合评价价值
1999	0.518	2009	0.645
2000	0.531	2010	0.767
2001	0.574	2011	0.784
2002	0.592	2012	0.762
2003	0.607	2013	0.740
2004	0.576	2014	0.626
2005	0.584	2015	0.567
2006	0.635	2016	0.545
2007	0.669	2017	0.498
2008	0.786	2018	0.484

3.4 实例评价结果分析

根据上述评价结果,A型飞机从1999年开始,经济效益逐步提升,在2008年达到顶峰后迅速滑落,并在2011年复苏至2008年水平,保持两年的稳定后,于2014年开始经济效益一直下滑。联系该机型的发展以及1999—2018年整个航空运输业的实际发展情况看,该结果可信可靠,原因分析如下:

(1) 到1999年,该机型已经进入成熟期,产品性能、构型趋于稳定,保障和售后已经完善,并全面打开了市场,此时整个航空运输业也处于蓬勃发展时期,经济环境向好,因此1999—2008年该机型经济效益稳步提高;

(2) 2003年由于SARS病毒的出现造成航空运输业业绩下滑,经过短暂的恢复期后又反弹上升;

(3) 2008年全球经济危机爆发,制造业和航空运输业同样受到打击,同时这一年中国商用飞机有限责任公司成立,打破了原有的市场格局,给A机型造成很大的竞争威胁;

(4) 为应对市场格局变化,A机型制造商采取多种措施应对,包括推出A的新一代飞机,并转换原有订单等手段,随着全球经济的复苏,A机型的经济效益也逐步恢复;

(5) 2014年新一代的A机型交付,各项性能均优于A机型,原有的A机型市场萎缩,预示着A机型走入生命周期末期。

因此,从上述分析可知,利用多层灰色关联方法和模型可以综合分析商用飞机的经济效益,符

合企业和产品发展实际和 market 发展趋势,能够反映技术水平和经济发展对飞机经济效益的影响规律,该评价方法具有很强的实用价值:该评价方法可用于权衡各个评价方案的利弊得失,进行优选评比,选择出技术上先进、经济上合理、现实中可行的最佳或满意的评价方案,并根据方案的反馈情况对方案进行修正控制;正向运用本文方法,对于成熟机型可进行经济效益对比、预测、敏感性分析等,对于新型号机型,可根据预测数据进行项目经济效益判断;反向运用本文方法,可以根据经济效益需求,找出需改进的设计指标、成本控制方向或市场战略、销售指标、商务指标等。例如,飞机方案是决定飞机各项性能、成本等的根本因素,研制周期和研制成本是成本因素的重要构成部分,是飞机方案的资金投入体现,反向应用本文方法,在一定经济效益需求条件下,可以分析成本各因素与先进性指标的关系,从而找出特定经济效益条件下成本因素与先进性的较优组合,从而实现对不同机型设计方案、市场销售目标、市场表现进行对比分析评价和预测。

4 结论

(1) 商用飞机的经济效益包含技术和经济两方面,不可分割。

(2) 本文提出的评价方法评价体系层次清晰,评价指标涵盖全面,能够反映商用飞机经济效益的各方影响因素;构建的评价模型具有客观性和科学性,同时具有较强的可操作性。

(3) 本文方法将管理学方法应用到商用飞机系统工程实践和市场营销分析中,从而支撑商用飞机项目论证、设计方案权衡、市场销售规划等工作,具有创新性和实用性。

参考文献

- [1] 郭博智,任启鸿. 商用飞机项目中的技术经济方法[J]. 民用飞机设计与研究, 2014(4): 1-6.
GUO Bozhi, REN Qihong. Technology economics method in commercial aircraft projects[J]. Civil Aircraft Design & Research, 2014(4): 1-6. (in Chinese)
- [2] 陈迎春,李晓勇,宋文斌. 商用飞机的经济性设计[J]. 民用飞机设计与研究, 2014(1): 1-11.
CHEN Yingchun, LI Xiaoyong, SONG Wenbin. Design for economics of commercial transport aircraft[J]. Civil Aircraft Design & Research, 2014(1): 1-11. (in Chinese)

- [3] 宋文滨. 航空经济学及面向价值的飞机设计理论与实践[J]. 航空学报, 2016, 37(1): 81-95.
SONG Wenbin. Aero-economics and value-driven aircraft design methodology and applications [J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2016, 37(1): 81-95. (in Chinese)
- [4] 褚双磊, 李佳妮, 魏志强, 等. 基于运营要求的民用飞机概念设计参数优化[J]. 南京航空航天大学学报, 2018, 50(6): 834-841.
CHU Shuanglei, LI Jiani, WEI Zhiqiang, et al. Optimization of conceptual design parameters of civil aircraft based on operational requirements [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2018, 50(6): 834-841. (in Chinese)
- [5] 许松林. 航空公司飞机选型评估方法[J]. 南京航空航天大学学报, 2020, 52(4): 650-658.
XU Songlin. An evaluation method of aircraft selection for airlines [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2020, 52(4): 650-658. (in Chinese)
- [6] 演克武, 朱金福, 刘锋. 基于灰色层次分析法的航空公司机型适应性综合评价研究[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(14): 19-24.
YAN Kewu, ZHU Jinfu, LIU Feng. The synthetic evaluation of airline's airplane adaptation based on grey hierarchy process method [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2009, 39(14): 19-24. (in Chinese)
- [7] 林文进, 任和, 彭奇云. 国产支线飞机航线运营经济性分析框架[J]. 民用飞机设计与研究, 2019(4): 21-30.
LIN Wenjin, REN He, PENG Qiyun. A general analysis model of economical efficiency for regional aircraft operation [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2019(4): 21-30. (in Chinese)
- [8] 向林曦, 王如华, 丁淑君. 机型运营经济性对比与支线市场探索——以内蒙古为例[J]. 民用飞机设计与研究, 2019(4): 14-20.
XIANG Linxi, WANG Ruhua, DING Shujun. Operational economics comparison and regional market for civil aircraft—case study of Inner Mongolia [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2019(4): 14-20. (in Chinese)
- [9] TIROVOLIS N L, SERCHIDES V C. Unit cost estimation methodology for commercial aircraft [J]. Journal of Aircraft, 2005, 42(6): 1377-1386.
- [10] CURRAN R, CASTAGNE S, EARLY J, et al. Aircraft cost modeling using the genetics causal technique within a systems engineering approach [J]. The Aeronautical Journal, 2007, 111: 409-420.
- [11] WONG J S, SCANLAN J P, ERES M H. A systems engineering approach to aero-engine life cycle costing: AIAA-2010-0969 [R]. Reston: AIAA, 2010.
- [12] 叶叶沛. 商用飞机经济性[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2017: 54-72.
YE Yepai. Commercial aircraft economy [M]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2017: 54-72. (in Chinese)
- [13] 刘思峰, 杨英杰. 灰色系统研究进展(2004—2014)[J]. 南京航空航天大学学报, 2015, 47(1): 1-18.
LIU Sifeng, YANG Yingjie. Advances in grey system research (2004—2014) [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2015, 47(1): 1-18. (in Chinese)
- [14] LI Yongping, CHEN Ming, LIU Ming. Estimation method for aircraft similarity based on fuzzy theory and grey incidence analysis [J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2007, 24(3): 194-198.
- [15] MARKISH J. Valuation techniques for commercial aircraft program design [M]. [S. l.]: MIT, 2002.
- [16] 王鹏, 陈迎春, 司江涛, 等. 基于层次分析法的民用客机发动机技术评价与选型[J]. 航空发动机, 2016, 42(5): 98-102.
WANG Peng, CHEN Yingchun, SI Jiangtao, et al. Technology evaluation and choice of civil aircraft engine based on analytic hierarchy process [J]. Aeroengine, 2016, 42(5): 98-102. (in Chinese)

作者简介:

侯盼盼(1983—),女,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞机设计,运营经济性,飞机价值等。

许松林(1981—),男,硕士,研究员。主要研究方向:飞机设计,飞机构型与选型,飞机虚拟仿真。

(编辑:马文静)