

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.04.007

基于 GM(1,1) 分段组合的宽体货机 预测模型研究

Research on Fleet Forecast Model for a Wide-body Freighter Based on GM(1,1)

舒姚涵 / SHU Yaohan

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

摘要:

航空货运市场是全球航空运输市场的重要组成部分,与全球经济、贸易的发展息息相关。航空货运市场的发展趋势及需求直接影响到货机市场的发展趋势及货机行业的发展规划。而作为全球航空货运市场的运输载体,货机尤其是远程宽体货机对货物的国际间运输和交流起到了至关重要的作用。当前主流的预测方法为根据需求与供应的对应关系进行预测,预测过程相对复杂,预测的精度相对较高,不足之处在于预测工作周期较长,难以快速获得预测的结果。根据当前灰色系统理论,建立了宽体货机机队预测的灰色预测模型 GM(1,1),并用分段组合的方式,较为精确地预测宽体货机未来机队的发展情况,预测较为快速,效率较高,能满足一般精度的预测需求。

关键词: 宽体货机; 预测模型; 货运市场; 货机需求

中图分类号: F407.5

文献标识码: A

[Abstract] Air freight market is one of the most important parts in the global air transport market, which is closely linked to global economy and trade. The development trends and demands of air freight market will directly affect freighter fleet development tendency and planning. As the carrier of air freight market, freighters, especially long range wide-body freighters make a significant contributing to the international transporting and communicating. The mainstream forecast method is based on correspondence between demand and supply. The forecast process is very complex and the accuracy is very high. The disadvantage is the long forecast period and the results cannot be gained rapidly. This thesis models a GM(grey model) (1, 1) of wide body air freighter forecast based on the grey forecast method. The model can forecast the future wide body air freighter fleet development, which can meet normal forecast precision requirement quickly and efficiently.

[Keywords] wide-body freighters; forecast model; freight market; freight aircraft demand

0 引言

宽体货机是货机机队的重要组成部分,多用于国际间航空货物运输。最近几年,全球航空货运行业整体增长较为缓慢,但宽体货机的机队规模从2010年后总体保持震荡增长的趋势。在该市场条件下,有必要对宽体货机的市场进行更为细致的分

析,以把握市场发展的趋势。

当前,对宽体货机的市场分析和预测集中在飞机制造商和专业咨询公司。由于航空货运市场与客运市场相比有很多不同,因此不能完全照搬客机的市场分析和预测。同时,由于宽体货机与窄体货机在市场上不是独立存在的,相互之间的竞争和协作已非常深入,难以简单的割裂,所以进行宽体货

机的市场分析和预测是个很大的挑战。

目前已有的研究成果多是基于需求与供应的关系,根据预测的 ATK 数据及各类货机、客机腹舱运输周转量的比例建立模型,预测未来一定时期内的货机需求量^[1]。传统方法需投入大量的人力物力、耗时长,难以进行快速地预测。本文的预测方法则不考虑需求与供应的关系,主要依据历史数据本身的发展规律,根据灰色系统理论,建立宽体货机机队预测的 GM(1,1)模型,由于该模型是线性模型,故需通过分段组合的方式才能较为精确地预测宽体货机未来机队的发展情况。该预测方法过程简洁明了且非常快速,能够为具体的市场分析工作提供数据参考。

1 宽体货机机队发展现状

目前,行业内对货机的分类主要根据最大起飞重量或业载、航程能力、运营模式、用途等划分。航空公司引进货机时,运营经济性是考量的最基本要素,主要体现在货机的航程和业载上,其次才考虑货舱容积、装载布局等^[2]因素。本文根据行业通行的方法,选取业载、货舱布局两个主要因素作为分类依据,将宽体货机分为中型宽体货机和大型宽体货机,参见表 1。

表 1 宽体货机按照业载的分类

类型	业载	主要机型
中型宽体货机	40 T ~ 80T	A330-200F, A300-600F, A310-300F, B767-200/300F
大型宽体货机	>80T	DC-10-30F, MD-11F, B777-200F, B747-400F, B747-8F

从 1990 年至今,宽体货机机队规模的增长保持相对稳定,在 2008 年金融危机之前,增长十分迅速,2007 年达到顶峰,共 1 032 架。金融危机后急剧缩减,到 2009 年仅 946 架。之后,宽体货机机队规模增速放缓,到 2016 年才超过 2007 年,达到 1 040 架,如图 1 所示。

从全新货机的储备订单情况来看,未来需求最旺盛的机型仍是宽体货机, B747、B767、B777、A330 等宽体货机订单合计达到 117 架,且中型宽体货机需求更为突出。同时,全新宽体货机的总需求量并不是很大,主要原因为航空货运市场近年发展相对缓慢,同时,大幅增长的宽体客机机队为航空货运

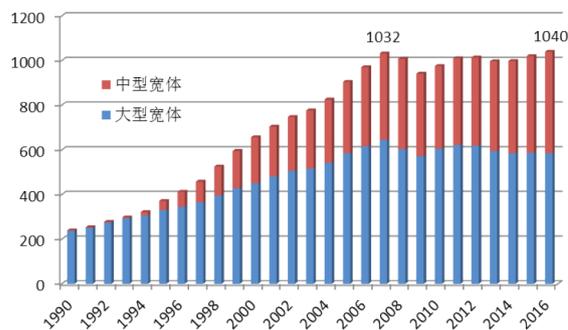


图 1 全球宽体货机机队规模发展趋势 (1990 - 2016) (数据来源:航升在线)

市场提供了充足的腹舱运力,客改货市场的发展也为市场带来了数量可观的客改货飞机,影响了全新货机的部分需求^[3]。全球货机订单数据详见表 2。

表 2 全球货机订单数据

序号	机型	数量
1	747	15
2	767	67
3	777	31
4	A330	4
5	An-178	10
6	CRJ700 Regional Jet	1
7	Dash 8	1
8	Il-76	6
9	Y-12	4
总计		139

(数据来源:航升在线)

2 宽体货机机队预测

2.1 GM(1,1)模型

GM(1,1)模型需考虑累加生成算子。通过累加可以挖掘灰量累积过程中的演化态势,使离乱的原始数据中蕴涵的积分特征或规律清晰地呈现出来^[4]。

设 $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 为原始序列, D 为序列算子,

$X^{(0)}D = (x^{(0)}(1)d, x^{(0)}(2)d, \dots, x^{(0)}(n)d)$, 其中,

$$x^{(0)}(k)d = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

则称 D 为 $X^{(0)}$ 的一次累加生成算子, 记为 1-AGO (accumulating generation operation)。称 r 阶算子 D^r 为 $X^{(0)}$ 的 r 次累加生成算子, 记为 r-AGO,

习惯上记:

$$X^{(0)}D = X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$$

$$X^{(0)}D^r = X^{(r)} = (x^{(r)}(1), x^{(r)}(2), \dots, x^{(r)}(n))$$

其中,

$$x^{(r)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(r-1)}(i), k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

设序列 $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$, 其中 $x^{(0)}(k) \geq 0, k = 1, 2, \dots, n$;

$X^{(1)}$ 为 $X^{(0)}$ 的 1-AGO 序列: $X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$, 其中

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$Z^{(1)}(k) = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (4)$$

其中,

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)) \quad (5)$$

称 $x^{(0)}(k) + ax^{(1)}(k) = b$ (6) 为 GM(1,1) 模型的均值形式。称均值 GM(1,1) 模型中的参数 -a 为发展系数, b 为灰色作用量。采用最小二乘法求解式(6), 获得发展系数与灰色作用量。均值 GM(1,1) 模型的时间响应式为:

$$\hat{x}^{(1)}(k) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}, k = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

发展系数的不同, 所运用的预测类型也不一样, 具体详见表 3。

表 3 不同发展系数适用的预测类型

序号	发展系数取值范围	适用的预测类型
1	$-a \leq 0.3$	适用于中长期预测
2	$0.3 < -a \leq 0.5$	适用于短期预测
3	$0.5 < -a \leq 0.8$	作短期预测应十分谨慎
4	$0.8 < -a \leq 1$	应采用残差修正的均值 GM(1,1) 模型
5	$-a > 1$	不宜采用均值 GM(1,1) 模型

对于宽体货机机队规模的预测, 一般为长期预测, 故应选择上述的第一种情况, 即 $-a \leq 0.3$ 时使用该模型。

2.2 分段组合模型

组合预测就是使用两种或两种以上不同的单项预测法对同一个预测对象进行预测, 然后加权平均, 以期得到一个更加精确的预测值。根据宽体货机机队发展的状况, 总的来看是平稳发展的, 但从

2008 年后出现一定的波动, 如果使用单一的 GM(1, 1) 模型进行预测, 则误差会相对较大, 因此, 本文主要考虑分段组合预测的方法, 确定各段预测的权重, 通过加权各段数据的预测数据, 进行宽体货机未来市场规模的预测, 最终获得精确度较高的预测数据^[5]。

设 f 为预测对象, f_1, f_2, \dots, f_n 是第 n 阶段预测的方法, 则组合模型为:

$$f = w_1 f_{1i} + w_2 f_{2i} + \dots + w_n f_{ni},$$

$$\text{其中, } w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1,$$

式中, w_1, w_2, \dots, w_n 分别为 $f_{1i}, f_{2i}, \dots, f_{ni}$ 为 n 段预测在组合模型中权重, 建立组合预测模型为:

$$\min f = \sum_{i=1}^n [x_i - w_1 f_{1i} - w_2 f_{2i} \dots - w_n f_{ni}]^2$$

$$\text{其中, } w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1, 0 \leq w_1, w_2, \dots, w_n \leq 1.$$

该分段组合模型的最佳权重通过 lingo 软件计算得出, 然后根据各段预测的结果及最优的权重值, 加权后获得未来货机机队的预测值。

2.3 未来 10 年机队预测

由于上文中将宽体客机分为中型宽体和大型宽体客机, 为了预测准确, 将分别用模型对两类宽体客机机队预测, 最终进行合计。

根据表 4 中宽体客机的历史数据, 对未来 10 年的宽体货机机队规模进行预测。

表 4 宽体货机历史机队规模

货机类型	大型宽体	中型宽体	合计
1990	237	3	240
1991	251	3	254
1992	275	3	278
1993	294	4	298
1994	306	16	322
1995	330	42	372
1996	345	68	413
1997	366	92	458
1998	396	130	526
1999	428	168	596
2000	451	206	657
2001	482	223	705
2002	507	241	748
2003	517	260	777
2004	542	284	826
2005	585	320	905
2006	616	355	971
2007	645	387	1 032
2008	604	404	1 008
2009	572	370	942
2010	606	370	976
2011	623	388	1 011

续表 4

货机类型	大型宽体	中型宽体	合计
2012	619	395	1 014
2013	595	402	997
2014	586	412	998
2015	588	432	1 020
2016	585	455	1 040

(数据来源:航升在线)

根据表 4 中大型宽体的数据,可以发现其机队规模的变化主要集中于 4 个阶段,即 1990 年 - 2007 年、2007 年 - 2009 年、2009 年 - 2011 年、2011 年 - 2016 年,因此需通过四段 GM(1,1)模型来分别计算未来十年的预测数据,并根据 2.2 节中的组合模型求解 4 个阶段的权重值,用 lingo 软件算出权重分别为 0.016 2,0.039 3,0,0.944 5。根据上述 4 段数据分别进行 GM(1,1)预测未来 10 年的值,所得结果详见表 5。

表 5 四段 GM(1,1)预测结果

年份	第 1 段预测	第 2 段预测	第 3 段预测	第 4 段预测
2017	1 225	370	735	572
2018	1 297	350	756	565
2019	1 373	332	777	558
2020	1 453	314	799	551
2021	1 538	298	821	544
2022	1 628	282	845	537
2023	1 723	267	868	530
2024	1 824	253	893	523
2025	1 931	239	918	517
2026	2 044	227	943	510

根据上述计算得出的权重和表 5 的预测数据,加权后得出大型宽体货机未来十年的预测数据,见表 6。

表 6 未来 10 年宽体货机机队规模预测数据

年份	大型宽体货机	中型宽体货机	合计
2017	575	461	1 036
2018	568	476	1 045
2019	562	492	1 054
2020	556	508	1 064
2021	550	525	1 076
2022	545	543	1 088
2023	539	562	1 101

续表 6

年份	大型宽体货机	中型宽体货机	合计
2024	534	582	1 116
2025	529	603	1 132
2026	524	625	1 149

同理,中型宽体货机的数据变化主要集中于 1990 年 - 2008 年、2008 年 - 2010 年、2010 年 - 2016 年等 3 个阶段,因此需通过三段 GM(1,1)模型来分别求解未来十年的机队数据,并根据计算的权重,最终获得中型宽体未来 10 年的预测数据。

在分别计算大型宽体和中型宽体货机数据后,汇总得出宽体货机总的预测结果见表 6。通过与相关飞机制造商发布的预测年报数据的对比,总体预测结论在波音、空客两家制造商的预测值之间,故所预测的结论相对精确。

3 结论

灰色预测方法用于宽体货机机队规模是货机市场预测的一种补充。该方法相对于需求与供应关系进行预测的方法要简洁,并通过分段组合预测降低了预测的误差。该方法提供了较为快速的机队规模预测方法,有利于对民机市场研究工作提供支持。后续将进行更为深入的研究,对模型进行完善,确保预测结果更为客观。

参考文献:

- [1] 胡耀明. 全球货机市场需求分析与预测[J]. 物流工程与管理,2014(6):108 - 109.
- [2] 舒姚涵. 全球窄体货机市场现状分析[J]. 国际航空,2017(1):36 - 38.
- [3] 王战超. 中国航空货运市场分析与预测[J]. 国际航空,2016(10):52 - 54.
- [4] 屈拓. 组合模型在机场旅客吞吐量预测中的应用[J]. 计算机仿真,2012(4):108 - 111.
- [5] 孟繁星. 组合预测在大连机场货邮吞吐量中的应用[J]. 中国储运,2009(2):107 - 109.

作者简介

舒姚涵 男,硕士,工程师。主要研究方向:民用飞机市场研究和销售支援;E-mail: shuyaohan@comac.cc