

文章编号:1005-0523(2013)03-0061-04

基于灰色 Verhulst 模型的民航远期货运量预测研究

冯社苗

(广州民航职业技术学院民航经营管理学院,广东 广州 510403)

摘要:从分析民航远期货运量预测的难点入手,引入灰色 Verhulst 模型,并分析了此理论应用于中国民航长期货运量预测的可行性及方法,在此基础上建立了民航货运量的 Verhulst 预测模型,结合中国民航货运量的历史数据进行了研究和分析。研究表明,灰色 Verhulst 模型在民航长期货运量预测方面具有较好的应用效果。

关键词:民航;货运量;预测;灰色理论;灰色 Verhulst 模型

中图分类号:F562·5

文献标志码:A

随着我国产业结构和消费结构的逐渐演变,民航运输业快速发展,在综合运输体系中的地位逐渐提高,发挥着越来越重要的作用。民航运输业的迅猛发展,迫切需要对民航运输业进行科学管理。作为反映民航运输业务重要指标的民航货物(邮)运输量,一直是决策中重要的参数指标,因此科学准确地对民航货运量进行预测,发现其动态变化规律进而采取相应的措施,是民航业安全和稳健发展的有力保障。虽然民用航空是我国综合运输体系的重要组成部分,但由于民航业市场化改革时间较短,民航业与公路、铁路、水运等其他运输方式在经济技术方面具有较大的差异,同时在整个综合运输体系中所占的比重较小,因此目前针对民航运输量的预测和研究还处在探索阶段,相关文献很少。分形理论^[1]、灰色 GM(1,1)模型^[2]、BP 神经网络^[3]、灰色马尔可夫链模型^[4]、ARIMA 模型^[5]、最优加权法^[6]等方法模型分别被应用于航空货运量的预测。

对以上文献分析可以发现,以上方法都是针对民航近期或中期运输量的预测,而没有涉及远期预测。短期预测可以为企业的日常经营提供战术决策依据,但在企业或行业发展战略决策中,远期货运量的预测显得更加重要。本文引入灰色 Verhulst 模型,将其应用于民航远期货运量的预测。研究表明,该模型具有一定的应用价值。

1 灰色 Verhulst 模型

灰色系统理论^[7]是由邓聚龙教授首创,目前得到广泛应用的一种理论方法。该理论以“部分信息已知,部分信息未知”的不确定系统为研究对象,主要通过“部分”已知信息的生成、开发,提取有价值的信息,实现对系统运行行为、演化规律做出分析判断。民航远期货运量不仅受经济、自然环境等因素的影响,而且还要受政治、战争等各种偶发社会因素的制约,而且这些因素基本上都是不可控因素,因此可以认为民航远期货运量受灰色系统的影响。灰色 Verhulst 模型是灰色系统理论的一个组成部分,Verhulst 模型为单序列一阶非线性动态模型,是 1837 年德国生物学家 Verhulst 在研究生物繁殖规律时提出的。其基本思想是生物个体数量是呈指数增长的,受周围环境的限制,增长速度逐渐放慢,最终稳定在一个固定值。该模

收稿日期:2013-03-31

基金项目:广州民航职业技术学院教改项目(XY13127B)

作者简介:冯社苗(1970—),男,讲师,博士,研究方向为民航运输。

型主要用来描述具有饱和状态的过程,即“S”型过程(如图1所示),常用于人口预测、生物生长、繁殖预测及产品经济寿命预测等。

灰色 Verhulst 模型是建立在灰色理论基础上的一个应用。首先以时间序列数据建立原始数据序列 $X^{(0)} = \{x^{(0)}(t) | t = 1, 2, \dots, n\}$, 对数据进行累加处理并确定

紧邻均值生成序列,令 $X^{(1)}(k) = \sum_{t=1}^k x^{(0)}(t)$, 则累加生成序列是 $X^{(1)} = \left\{ x^{(0)}(1), \sum_{t=1}^2 x^{(0)}(t), \dots, \sum_{t=1}^n x^{(0)}(t) \right\}$, $Z^{(1)}$ 是

$X^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列: $Z^{(1)} = (z_2^{(1)}, z_3^{(1)}, \dots, z_n^{(1)})$,

$z_k^{(1)} = (x_k^{(1)} + x_{k-1}^{(1)})/2$, 其中 $k = 2, 3, \dots, n$ 。

然后建立 Verhulst 模型函数: $X^{(0)} + aZ^{(1)} = b(Z^{(1)})^2$, a, b 是待定参数。

该函数的微分方程式是

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b(x^{(1)})^2 \quad (1)$$

该微分方程的解是

$$\hat{x}^{(1)}(t) = \frac{ax_0^{(1)}}{bx_0^{(1)} + (a - bx_0^{(1)})e^{at}} \quad (2)$$

Verhulst 模型的时间响应序列是

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \frac{ax_0^{(1)}}{bx_0^{(1)} + (a - bx_0^{(1)})e^{ak}} \quad (3)$$

最后得到 Verhulst 预测模型:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) \quad (4)$$

待定参数 a, b 用最小二乘估计:

$$[a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y_n, \text{ 其中: } B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & (z^{(1)}(2))^2 \\ -z^{(1)}(3) & (z^{(1)}(3))^2 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & (z^{(1)}(n))^2 \end{bmatrix}, Y_n = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}。$$

以上过程可用软件在计算机上实现。

2 数据计算

我国民航业在改革开放以前,受管理体制的影响,在此期间的历史数据基本上难以反映民航货运量的发展规律。改革开放后,随着民航体制改革,民航业才逐渐向市场化转变,本文搜集了改革开放后 1978—2012 年间共 35 年的民航货运(邮)量数据^[8](由于数据量太大,不再列出,详见参考文献 8)。对这些数据的时间序列作图,如图 2 所示。显然,该曲线与 Verhulst 模型曲线相似度很高。

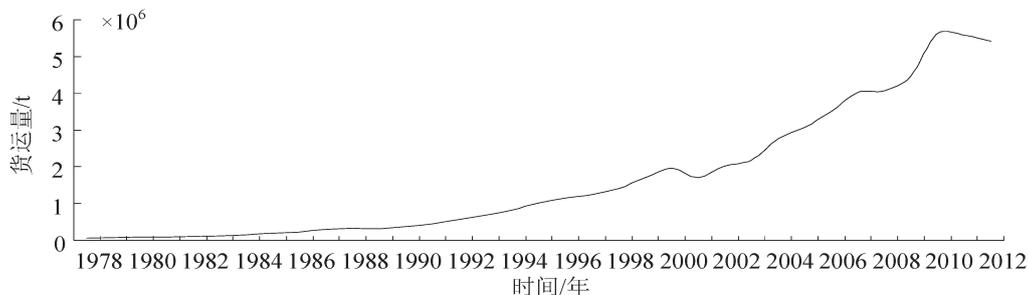


图2 历年货邮运输量

Fig.2 Freight volume of the past years

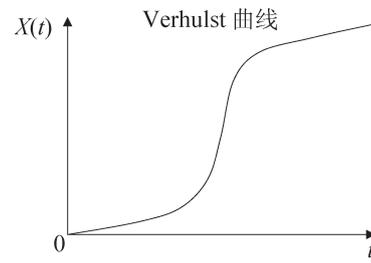


图1 Verhulst 模型曲线
Fig.1 Verhulst model curve

根据前述灰色 Verhulst 模型的建立过程,应用 MATLAB 编程,可得到该时间序列的 Verhulst 预测模型的时间响应式如下:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \frac{1}{0.001388 + 0.154862e^{-0.190868k}} \quad (5)$$

以此模型计算得到 1978-2012 年民航货运量数据的实际值与拟合值的平均相对残差为 7.16%,虽然精度不算太高,但考虑到数据的时间跨度长,数据量大,也能接受。

由于远期货运量与历史数据的关联程度随时间跨度的增加而逐渐减弱,因此对远期货运量预测,采用等维灰数递补数据处理技术来建立等维灰数递补 Verhulst 模型,以此对灰色 Verhulst 模型进行改进^[9]。该方法是根据现有的最新数据预测出一个近期预测值,然后将此数据加入到样本序列之后,同时舍弃样本序列中最早的那个数据。该做法可以保证在序列维数不变的前提下,尽可能使样本数据中包含有最新的数据信息。这样周而复始直到预测期结束为止。根据公式(5),可以预测我国未来 2022,2032 年远期民航货运量是分别是 1 187.41 万吨、1 934.16 万吨。可以看出,与目前相比,未来 10~20 年我国民航货运量仍将保持快速增长趋势,但增速有一定下降。

3 结果分析

民航货运量的变化,其根源在于经济和社会的发展变化,这个变化可以用工业化来解释。根据经典的产业结构划分理论,一个经济体最初的增长在于第一产业的兴旺,然后经历第二产业即工业为主导产业的阶段,最终演化为第三产业为主导产业的阶段。第一产业运作的对象主要是农副产品和初级工业原材料,第三产业的发展以金融、通讯等服务业为主。第二产业的演变比较复杂,各个国家和地区由于自然禀赋及发展思路等的区别,经历的演变过程也不一样,这个过程通常被称为工业化。关于工业化阶段划分的理论很多,其区别在于划分的依据存在不同。被普遍接受的工业化理论是发展经济学中钱纳里的论述,该理论也是工业化阶段划分的重要方法,即基于人均 GDP、城市化水平、工业在国民经济中所占比例等因素进行划分。根据这个理论,在初步工业化阶段,由于适合航空货运的货物很少,民航货运长期稳定,占综合运输体系的比重较低;随着工业化的发展,经济体进入高速成长阶段,家电、服装、食品等与人们消费相关的产品增长迅速,重工业的比重逐步降低,民航货运量开始高速增长;在工业化发展到一定阶段后,经济体的产业结构逐渐稳定,知识和技术的创新成为社会发展的核心力量。在这个阶段,为了开发新的经济增长点和满足人们日益个性化的需求,技术创新对经济增长的作用逐步强化,各种技术含量高的产品出现,虽然经济总量仍然继续扩大,但由于产品价值结构的变化,民航货运量的增速放缓而趋于稳定。根据我国目前所处的工业化阶段分析,民航货运仍将继续高速增长有充分理由。

另外,根据发达国家民航业发展实践及国际民航业的经验总结,大型经济体的民航运输业的成长期一般会持续 30~40 年。而中国民航业货物运输从上世纪 90 年代初期进入成长期,这意味着在国民经济稳步增长的前提下,中国民航业在未来 10~20 年仍将保持较高的增长速度。

从不利方面分析,随着民航业市场化程度的加深和民航业对外开放的扩大,国际货运航权开放,同时,高速铁路等其他运输方式也加入到航空适运货物的争夺中^[10],导致民航货运业务的增长速度会放慢,这与本文预测基本相符。

4 结论

结合经济发展和产业结构的演变规律,分析了将灰色 Verhulst 模型用于我国民航长期货运量预测的可行性,并通过实际数据和预测数据的对比,表明该方法具有较好的预测效果。但是远期货运量往往受各种偶发因素的影响,预测期离现期越远,精度下降越明显,因此对于民航长期货运量的预测,这一模型的效果还有待检验,不过作为一种辅助决策工具,应用 Verhulst 模型来预测远期民航货运量仍有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 方向清,蒋由辉,文军. 分形理论用于航空货运量的预测[J]. 交通科技与经济,2009(2):105-107.
- [2] 白杨,李卫红. 中国国际航空货运量预测[J]. 统计与决策,2006(3):55-57.
- [3] 吴璇. 基于BP神经网络的航空运输量短期预测模型[J]. 西安电子科技大学学报:社会科学版,2007,17(3):67-70.
- [4] 文军. 基于灰色马尔可夫链模型的航空货运量预测研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2010,34(4):695-698.
- [5] 周叶,肖灵机. 基于ARIMA模型的我国航空货运量预测分析[J]. 南昌航空大学学报,2010,12(3):23-27.
- [6] 文军,刘雄,谭朝阳. 基于最优加权法的航空货运量组合预测[J]. 科学技术与工程,2010,26(9):6505-6598.
- [7] 刘思峰,郭天榜,党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2004:195-198.
- [8] 国家统计局.《中国统计年鉴》[EB/OL]. [2013-03-13]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/>.
- [9] 刘宗明,贾志绚,李兴莉. 基于灰色马尔科夫链模型的交通量预测[J]. 华东交通大学学报,2012,29(1):30-34.
- [10] 冯社苗. 郑西客运专线对沿线公路客运市场的影响及对策研究[J]. 华东交通大学学报,2009,26(4):53-57.

Long-Term Prediction of Civil Aviation Freight Volume Based on Grey Verhulst Model

Feng Shemiao

(School of Civil Aviation Management, Guangzhou Civil Aviation College, Guangzhou 510403, China)

Abstract: After analyzing the difficulty of civil aviation's long-term freight volume prediction, this paper introduces the grey Verhulst theory and explores the feasibility of the theory being applied to long-term freight volume prediction of civil aviation. Then, based on the relevant theory the grey Verhulst model of freight volume prediction is built. Finally the paper illustrates the proposed model's effect on long-term freight volume prediction. The study indicates that the grey Verhulst model is effective in civil aviation freight volume prediction.

Key words: civil aviation; freight volume; prediction; grey theory; grey Verhulst model