

基于模糊时间序列的机场旅客周转量预测

邵维亮 刘 雄 景崇毅

(中国民航飞行学院航空运输管理学院,广汉 618307)

摘要 在分析了各种机场旅客周转量预测模型的基础上,提出了采用模糊预测法的建议,剖析了模糊时间序列预测模型的基本算法,实例验证了模型的有效性,并对双流机场未来5年的客运周转量进行了预测,其结果具有较高的精度,该方法可作为预测航空客运量的有效工具。

关键词 旅客周转量 模糊预测 时间序列

中图法分类号 F560.1; **文献标志码** A

航空旅客周转量是反映国民经济水平和航空运输经济发展水平的一项重要经济指标,也是航空运输企业和机场进行生产计划与组织需要考虑的重要内容之一。因此,科学准确地预测航空客运量,是航空运输各级决策部门制定发展战略和规划的重要依据^[1]。目前,航空旅客周转量预测技术十分丰富,总体上可分为两类,即定性方法和定量方法;许多学者对这些方法从时间范围、资料模式、费用、精确度及适用性五个角度将这些方法进行了对比分析,提出了选择预测方法的基本判据^[2]。

采用模糊时间序列预测模型对机场旅客周转量进行预测。原因在于,由于机场统计上的不完备性和目标市场划分的模糊性,引起了历史旅客周转量预测数据本身的不确定性,这样的数据系列较适合用模糊预测的方法来进行处理。其次机场旅客周转量预测的主要目的往往是为了计划而不是为了投机,而模糊预测的精度完全可以达到机场制定计划的要求。

1 模糊时间序列预测模型的基本原理

模糊时间序列预测的一般模型^[3,4]如下。

$$X^*(t) = \hat{A}_0 + \hat{A}_1 t + \cdots + \hat{A}_k t^k + \varepsilon \quad (1)$$

式(1)中 $X^*(t) \in \bar{R}$, $k \in N$, $\hat{A}_i \in \bar{R}$, $i = 1, 2, \dots, k$; \bar{R} 是模糊数集合, ε 是随机误差项,且其期望值 $E\varepsilon = 0$ 。此模型与普通时间序列模型的不同点主要有四个方面,一是预测方程的系数是模糊数;二是时间序列是模糊时间序列,即 $X^*(t)$ 是一个模糊数;三是模型包含两类不确定性因素即模糊因素和随机因素,因此预测适用范围更加宽泛;四是模型有效性评价的标准与传统模型不同,传统预测模型有效性评价的标准就是指模型预测结果的准确性,而模糊时间序列模型有效性评价标准是预测模糊带是否包络了实际值变化的曲线。

2 建立模糊预测模型

2.1 获取模糊数据

(1) 如果获取的历史数据本身是模糊数,则可以直接使用。

(2) 如果历史数据是一组实数,需要构造一组模糊数,以还原原始数据的不确定性。设 $U_t = \max(x_{t-1}, x_t, x_{t+1})$, $V_t = \min(x_{t-1}, x_t, x_{t+1})$, ($t = 2, 3, \dots$,

2010年12月13日收到 国家自然科学基金(60472129,60776820)、

中国民航飞行学院自然科学基金(J2008-28)资助
第一作者简介:邵维亮(1984—),男,汉,山西阳泉人,硕士,研究方向:航空运输管理。

$\dots, T-1), V_1 = \min(x_1, x_2), U_1 = \max(x_1, x_2), U_T = \max(x_{T-1}, x_T), V_T = \min(x_{T-1}, x_T)$, 其中: $c_t = (U_t - V_t)/2, \alpha_t = (U_t + V_t)/2, t = 1, 2, \dots, T$ 。

2.2 确定时间序列阶数

确定时间序列阶数的方法主要有以下两种:(1)作出 $X^*(t)$ 中心值的折线图,根据折线图的大致形状选择时间序列的阶数 k 。(2)将 k 取为若干个不同的自然数,相应于每个 k 值求 \hat{A}_t 的估计值,即

$$X^*(t) = \hat{A}_0 + \hat{A}_1 t + \dots + \hat{A}_k t^k \quad (2)$$

再按下式计算拟合偏差

$$d = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \delta(x(t), x^*(t)) \quad (3)$$

其中 δ 是某种贴近度,选择其中拟合偏差最小的 k 。

2.3 确定模糊系数

设 \hat{A}_i 为三角模糊数,表示为 (a_i, c_i) 。其中 a_i 为中心值, c_i 是模糊幅度。确定模糊数的准则有两条:(1)贴近度不小于事先给定的水平 h_0 ;(2)系统模糊度 $S = \sum_i^k w_i \times c_i$ 最小。其中 $W = (w_0, w_1, \dots, w_k)$ 为权向量。 w_i 的确定可以利用普通线性回归来确定。不妨设原始时间序列对时间 t 的线性回归方程为

$$\begin{aligned} X(t) &= \hat{a}_0 + \hat{a}_1 t + \hat{a}_2 t^2 + \dots + \hat{a}_k t^k, \\ w_i &= \frac{|\hat{a}_i|}{\sum_{j=0}^k |\hat{a}_j|}, i = 0, 1, \dots, k \end{aligned} \quad (4)$$

设每个 h_t 不小于预先给定 h_0 ,在此范围内,使趋势方程的模糊度最小,这样问题可以转化为如下线性规划问题

$$\begin{cases} \min S = \sum_i^k w_i \times c_i \\ \text{s. t. } h_t \geq h_0, t = 0, 1, 2, \dots, T \end{cases} \quad (5)$$

由于

$$h_t = (X(t), X^*(t)) = 1 - \frac{\left| \alpha_t - \sum_{i=0}^k a_i t^i \right|}{c_t + \sum_{i=0}^k c_i t^i} \quad (6)$$

将式(6)代入式(5),得

$$\begin{cases} \min S = \sum_i^k w_i \times c_i \\ \sum_{i=0}^k t^i a_i - (1-h_0) \sum_{i=0}^k t^i c_i \leq \alpha_t + c_t (1-h_0) \\ \sum_{i=0}^k t^i a_i + (1-h_0) \sum_{i=0}^k t^i c_i \geq \alpha_t - c_t (1-h_0) \\ c_i \geq 0, i = 0, 1, \dots, T \\ t = 1, 2, 3, \dots, T \end{cases} \quad (7)$$

这样就可以得到 A_i 的估计值 $\hat{A}_i = (a_i, c_i)$, $i = 0, 1, \dots, k$, 将预测时间 t 代入 $X^*(t) = \hat{A}_0 + \hat{A}_1 t + \dots + \hat{A}_k t^k$ 即可得到预测集 $X^*(t)$ 。由此可预测出,当时间变动时 $X^*(t)$ 不是一条曲线,而它的每一个水平截集都是一个曲线带,其支集的两条边界曲线分别为 $x_1(t) = a(t) + c(t)$ 和 $x_2(t) = a(t) - c(t)$, 中心线为 $x_o(t) = a(t)$ 。

3 应用实例

3.1 模型的应用

选取成都双流机场近五年国内旅客周转量数据为样本(见表1),首先对这些数据利用三角模糊数对原始数据模糊化,根据原始数据的趋势图的特点选用2阶时间序列模型。

表1 双流机场2005—2009年旅客周转量/万人次

2005	2006	2007	2008	2009
1 389.99	1 628.02	1 857.43	1 724.68	2 263.78

由表1可见,历史数据是实数,故根据上述方法构造一组模糊数(见表2)。

表2 历史数据所构造的模糊数

t	U_t	c_t	V_t	α_t
1	1 628.02	119.015	1 389.99	1 509.005
2	1 857.43	233.72	1 389.99	1 623.71
3	1 857.43	114.705	1 628.02	1 742.725
4	2 263.78	269.55	1 724.68	1 994.23
5	2 263.78	269.55	1 724.68	1 994.23

根据上述介绍方法确定时间序列阶数,可得 $k =$

2, 贴近偏差最小, 则模糊多项式为, $X^*(t) = \hat{A}_0 + \hat{A}_1 t + \hat{A}_2 t^2$ 。采用普通线性回归来确定上述权系数可得 $w_0 = 0.0182, w_1 = 0.1632, w_2 = 0.8186, \delta = 0.97$, 将参数代入方程(7), 利用 LINGGO8.0 软件解得

$$a_0 = 1481.3150, a_1 = 0, a_2 = 30.78717, c_0 = 407.7972, c_1 = 0, c_2 = 0,$$

即回归系数 \hat{A}_0 和 \hat{A}_2 分别是以 (1481.3150, 407.7972) 和 (30.7871, 0) 为参数的三角模糊数。这样我们得到了模糊预测方程

$$X^*(t) = (1481.3150, 407.7972) + (30.7871, 0)t^2.$$

当时间 t 变动时, $X^*(t)$ 不是一条曲线而它的每一个水平截集都是一个曲线带, 图 1 给出了其支集的曲线带。

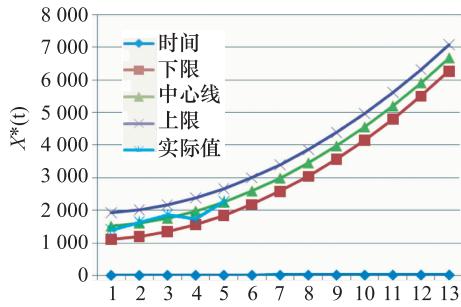


图 1 模糊预测方程的计算结果

3.2 模型的检验

由上述模糊预测方程求原始数据的预测值, 并与原数据进行残差检验, 残差 $\varepsilon = x_t - X^*(t)$, 其中 x_t 是原始数据值, $X^*(t)$ 是模型预测值, 相对误差 $e = \left[\frac{|\varepsilon|}{x_t} \right] \times 100\%$, 具体验证结果见表 3。

表 3 双流机场客流量预测模型残差检验

t	年份	原始数据	模型预测值	残差	相对误差
1	2005	1389.99	1512.10217	-122.112	8.79%
2	2006	1628.02	1604.46368	23.55632	1.45%
3	2007	1857.43	1758.39953	99.03047	5.33%
4	2008	1724.68	1973.90972	-249.23	14.45%
5	2009	2263.78	2250.99425	12.78575	0.56%

由表 3 的计算结果可知, 预测的平均相对误差为 6.12%。其中 2008 年由于全球经济危机的影响导致预测误差较大为 14.45%, 如果剔除 2008 年的影响, 可以看到平均相对误差仅为 4.03%。最大相对误差为 8.79%, 根据预测精度的要求, 中期预测 (1~5 年的预期) 的相对误差在 10%~20%, 因此模型满足精度的要求。

3.3 模型的预测

根据 2005 年~2009 年双流机场客运周转量的数据和建立的模型, 对 2010 年~2014 年的客运量周转进行预测, 预测 2010 年的客运周转量时, 即 $t = 6$, 代入 $X^*(t) = (1481.3150, 407.7972) + (30.7871, 0)t^2$ 得,

$X^*(6) = (2181.853, 2589.651, 2997.448)$, 则应用模糊时间序列模型预测 2011 年~2014 年的客运周转量时, 其结果分别为: 2989.883 万人次, 3451.689 万人次, 3975.07 万人次, 4560.025 万人次。

4 结论

采用模糊时间序列模型, 对 2009 年双流机场的客运周转量进行了验证, 证明了该模型的可行性和科学性。并根据模型预测了成都双流机场未来 5 年的客运周转量, 其成果对于机场和航空公司的经营决策以及生产组织而言具有重要实际价值。

参 考 文 献

- 1 文军, 刘雄, 谭朝阳. 基于最优加权法德航空货运量组合预测. 科学技术与工程, 2010; 10(26): 113—117
- 2 李鸿吉. 模糊数学基础及实用算法. 北京: 科学出版社, 2005: 273—279
- 3 范周田. 模糊矩阵理论与应用. 北京: 科学出版社, 2006: 116—122
- 4 岳娟, 钱自立. 模糊多项式预测在城市需水量预测中的应用. 水利科技与经济, 2009; 15(9): 761—762

Prediction of Airport Passenger Turnover Based on Fuzzy Time Series

SHAO Wei-liang, LIU Xiong, JING Chong-yi

(Aviation Transportation Management School Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, P. R. China)

[Abstract] The fuzzy time series prediction model is analyzed, and forecaste airport passenger turnover are forecasted, demonstrate the effectiveness of the model. Finally the Shuangliu airport for the next five years passenger turnover are forecasted, and the result has high accuracy, this method can be used as a effective tool to prediecte aviation passenger turnover.

[Key words] passenger turnover fuzzy forecasting time sequence



(上接第 1630 页)

Lanthanated Doped Nano TiO₂ Processing Printing and Dying Wastewater Research

SUN Yu-ling, ZHANG Wei, SUN Cui-hua, SUN Jin

(College of Chemical Environmental and Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, P. R. China)

[Abstract] Aims to study the photocatalytic degradation of printing and dying wastewater by using La₂O₃-doped TiO₂ as catalyst and ultraviolet as light source, the optimum conditions are found, that is, La₂O₃ accounts for 0.8 percent of La₂O₃-doped TiO₂ catalysts. The calcining temperature is 500°C. The proper dosage of La₂O₃-Doped TiO₂ is 2.0 g/L. The photocatalytic reaction time is 20 min. The highest degradation rate is about 60%.

[Key words] printing and dying wastewater La₂O₃-doped TiO₂ photocatalytic oxidation