

# 基于 GM(1,1)模型的我国航空货邮吞吐量的趋势预测研究

刘晓爽

(石家庄邮电职业技术学院,河北 石家庄 050000)

**摘要:**为了推动我国航空物流以高质量发展,采用年度机场生产公报中 2011-2020 年民航货邮吞吐量数据建立三种 GM(1,1)模型,首先对货邮吞吐量准指数规律性进行检验,从检验结果可得该数据列符合使用 GM(1,1)模型的基本要求,然后将原始数据列分为试验组和训练组,利用一般、新信息以及新陈代谢三种模型进行计算,得到 SSE 最小的模型为新信息 GM(1,1)模型,最终选择新信息 GM(1,1)模型对我国航空货邮吞吐量进行趋势预测,从预测结果可以看出新信息 GM(1,1)进行预测的效果是可行的,平均相对残差为 0.033185,平均级比偏差为 0.02662,拟合效果较好。基于预测结果,对我国航空物流未来的发展提出对策建议。

**关键词:**货邮吞吐量;GM(1,1)模型;物流量预测

**【DOI】**10.12231/j.issn.1000-8772.2022.27.010

## 1 引言

物流业作为关系我国经济发展的最为基础性的行业,是我国在对外贸易和经济竞争中取得先导优势的重要环节,而航空物流业则是在走向民航强国路的重要一步。各国的贸易与产业链条竞争愈加多元化,为稳固我国产业链和供应链的稳定性,大力发展航空物流业有着重要的经济与现实意义。

航空运输方式作为航空物流业发展的主要方式,以机场为核心,终端配送为串联,实现货物的门到门运输,集成了航空运输、终端配送、中间仓储以及信息服务等多种核心功能,作为现代产业的重要支撑。大力发展航空物流运输业可以加强国内国际双循环、加深国际间的产业分工与合作、保障产业链供应链的稳定,对实现我国经济又好又快的高质量发展有着深刻的现实意义。

## 2 文献综述

在物流预测领域研究文献十分广泛,冉叶子使用深度学习模型对贵州省的物流量进行预测。汪芸芳等使用 GM(1,1)预测北京首都机场航空货邮吞吐量。李明书等建立时间序列分析对长春市物流量进行预测。杨粟涵等构建 BP 神经网络模型对城市区域圈物流量进行预测。桂德怀等使用三次指数平滑法对上海港货邮吞吐量进行预测。孙旭等使用灰色优势分析对区域物流进行 GM(1,1)预测,通过以上模型的建立都取得了较好的预测结果。王振振等建立 ES-Markov 模型对港口集装箱季度吞吐量分析与预测。

## 3 GM(1,1)模型

为了更好地对航空物流量进行预测,本文基于民航生产统计公报 2011-2020 年的 10 年数据分别使用传统、新信息、新陈代谢的 GM(1,1)模型进行预测对比,根据三

组试验组的误差平方和结果进行选择,选择其中最小的进行最终的预测。

### 3.1 GM(1,1)原理

设  $X^{(0)}=(X^{(0)}(1), X^{(0)}(2) \cdots X^{(0)}(n))$  是非负数的原始数据列,对原始数据列进行一次新的累加得到新的数据列  $X^{(1)}$ 。(  $X^{(0)}$  的 1-AGO 序列):

$$X^{(1)}=(X^{(1)}(1), X^{(1)}(2) \cdots X^{(1)}(n))$$

$$\text{其中, } X^{(1)}(m)=\sum_{i=1}^m X^{(0)}(i), m=1, 2, 3, \dots, n$$

令  $Z^{(1)}$  为  $X^{(1)}$  的相邻均值的生成列,即  $Z^{(1)}=(Z^{(1)}(2), Z^{(1)}(3), \dots, Z^{(1)}(N))$ ,其中  $Z^{(1)}(m)=\delta X^{(1)}(m)+(1-\delta)X^{(1)}(m-1)$ ,  $m=2, 3, 4, 5 \cdots n$ ,且  $\delta=0.5$

称  $X^{(0)}(K)+az^{(1)}(K)=b$  被称为 GM(1,1)的基本形式 ( $K=2, 3, \dots, n$ ),其中  $b$  是灰作用量,  $-a$  表示发展系数

在此基础上,建立 GM(1,1)的灰微分方程,模型一般形式  $X^{(0)}(K)+az^{(1)}(K)=b$ ,GM(1,1)模型白化微分方程:

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} = -\hat{a}x^{(1)}(t) + \hat{b}$$

并且引入矩阵形式:  $u=(a, b)T$

$$Y = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ X^{(0)}(4) \\ \dots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2)1 \\ -Z^{(1)}(3)1 \\ -Z^{(1)}(4)1 \\ \dots \\ -Z^{(1)}(n)1 \end{bmatrix}$$

GM(1,1)模型一般形式  $X^{(0)}(K)+az^{(1)}(K)=b$  可以表示为:  $Y=Bu$ ,使用最小二乘法估计  $a$  和  $b$ ,其估计值为:

$$\hat{u} = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

在这假设初始值为:  $\hat{x}^{(1)}(t)|_{t=1} = x^{(0)}(1)$ , 对其求解的结果为:

$$\hat{x}^{(1)}(t) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}(t-1)} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}$$

$$\text{所以 } \hat{x}^{(1)}(m+1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}m} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, m=1, 2, \dots, n-1$$

通过  $X^{(1)}(m) = \sum_{i=1}^m x^{(0)}(i)$ ,  $m=1, 2, 3, \dots, n$  所以可以得出:

$$\begin{aligned} \hat{x}^{(0)}(m+1) &= \hat{x}^{(1)}(m+1) - \hat{x}^{(1)}(m) \\ &= (1 - e^{\hat{a}}) \left[ \hat{x}^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}m}, m=1, 2, 3, \dots, n-1 \end{aligned}$$

### 3.2 GM(1,1)拓展模型

设原始数据:  $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2) \cdots X^{(0)}(n))$

(1)  $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2) \cdots X^{(0)}(n))$  建立 GM(1,1) 是一般的 GM(1,1) 模型;

(2) 设  $X^{(0)}(n+1)$  最新的信息, 将  $X^{(0)}(n+1)$  置换到  $X^{(0)}$ , 则新模型叫做  $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2) \cdots X^{(0)}(n))$  的新信息 GM(1,1);

(3) 置换  $X^{(0)}(n+1)$ , 则去掉  $X^{(0)}(1)$ , 则称  $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2) \cdots X^{(0)}(n))$  新模型是新陈代谢 GM(1,1)。

## 4 实证分析

### 4.1 准指数检验

将我国民航统计公报中 2011 年至 2020 年货邮吞吐量数据导入 MATLAB 中, 模型运算结果显示, 货邮吞吐量原始数据光滑比小于 0.5 的部分为 77%, 一般要求的是大于 60%。除去前两个时期数据, 货邮吞吐量原始数据光滑比小于 0.5 的部分为 100, 一般要求为超过 90%, 上述两个指标均满足, 该原始数据可通过 GM(1,1) 模型准指数检验。其次我们通过数据列可知原始数据均为非负项, 同时因数据列期数大于 4 期, 可将数据分为训练组和试验组两组数据, 其中训练组数据为 7 个, 为原始数据前 7 项数据, 试验组为 3 个, 为原始数据后 3 项数据。

### 4.2 计算误差平方和

通过对一般、新信息还有新陈代谢 GM(1,1) 模型试验组预测数据误差平方和计算结果如下: 一般 GM(1,1) 模型的 SSE 为 11378.7, 新信息的 GM(1,1) 模型 SSE 为 110554.6693, 新陈代谢 GM(1,1) 模型 SSE 为 11378.4578, 基于 SSE 结果, 选择其中 SSE 值最小模型, 即新信息 GM(1,1) 对航空货邮吞吐量进行预测。

### 4.3 模型的评价

通过 MATLAB 计算得到航空货邮吞吐量的数据的拟合结果的平均相对残差是 0.33, 与之相对应的平均级比偏差为 0.027, 从这二者的结果均可证明航空货邮吞吐量的数据预测结果效果良好。

## 4.4 绘制最终的预测效果图

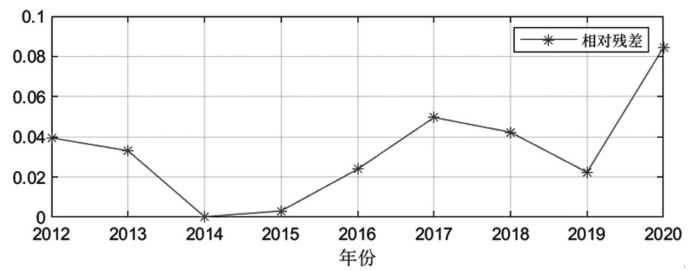


图1 相对残差

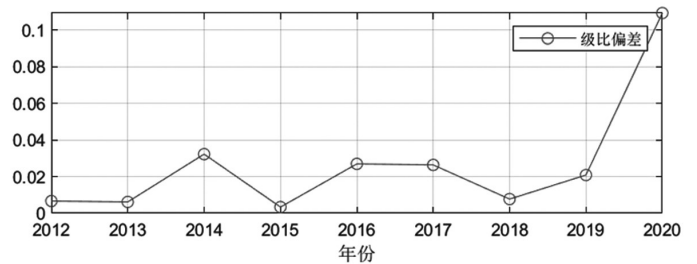


图2 级比偏差

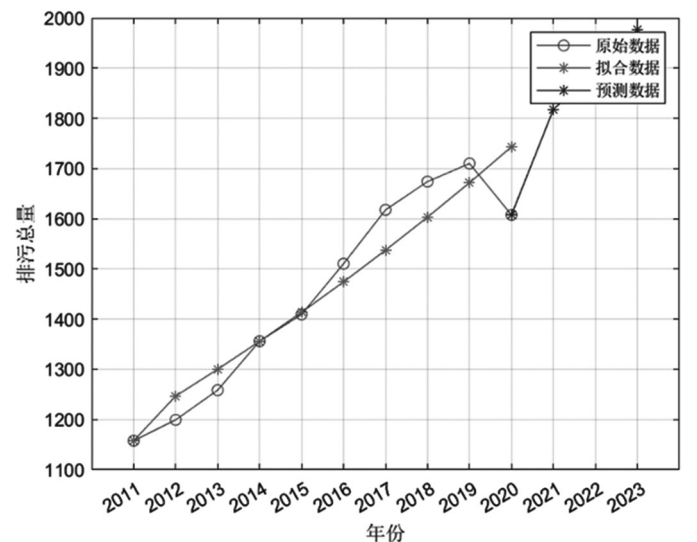


图3 预测效果图

通过新信息 GM(1,1) 模型进行预测, 预计 2021 年民航货邮吞吐量为 1817.908 万吨, 2022 年民航货邮吞吐量为 1895.6403 万吨, 2023 年民航货邮吞吐量为 1976.6867 万吨。

## 5 发展建议

从 2011 年至 2020 年我国民航业民航货邮吞吐量年平均增长率为 4%, 但与世界平均水平 8% 有着不小的差距, 主要体现在以下几方面:

第一, 在市场货源方面, 航空物流业所运输的产品为电子信息产品、精密仪器、生物医药、高端纺织品等, 具有技术知识密集、附加价值高、对时效和配套物流服务体系敏感度高的物品, 尤其货源组织方式是通过航空货运代理集货为航空物流业提供货源。以郑州机场为例, 机场周围环绕着新型产业集群和资源, 包括智能终端、航空物流、航空制造、电子信息、生物医药、精密机械、电子商务

和商贸会展等 8 个产业园区。引进国内外先进制造业，并通过与货运航空公司和货运代理的有效联动为机场航空物流发展提供动力和引擎。

第二，在机场货运保障能力方面，完备的机场的货运基础设施是航空货邮吞吐量发展的根本。机场应该根据现实情况拓展货运区面积、飞行跑道、以及保障货运操作的设备，目前机场自动化和智能化程度偏低，尤其体现在无法有效保障“冷”“鲜”“贵”“危”“快”等航空货运最为盈利业务的进行。同时机场的多式联运能力也是拓展了机场物流的辐射能力，可以更加有效为物流提高效率，同时也是更好加强与周边货源的有效联动性，通过空铁、空海、空空等多种联运方式在货运保障能力上会有质的提升。

第三，培养强大的主基地货运航司，我国还尚未培养出一批大型的航空物流企业。在供给端提供高质量的航空物流服务，全货机的规模较小。在与航空货代以及国内制造业的有效联动性方面与国际发展较快的航空物流企业相比服务能力略显不足，基础的货运保障和数字化水平会成为航空物流企业在民航货运竞争中取得有力竞争地位的重要因素。现有货运航空的货运能力不足，主要体现在货运航线较少，更多的是通过客运飞机腹仓带货支持航空物流业的发展，应争取更多的货运航线。另外在物流企业信息数据领域尚未建立共享机制，目前区块链以及互联网等技术与航空物流主体信息系统融合程度不够高，不能有效支撑航空物流业产业链和供应链的发展。

第四，政策的扶持方面，航空运输业是重资产行业。在初期运营阶段对于政策的依赖性较强，可通过补贴货运航线，培育优质货运航线，一旦货运航线发展成熟则会成为机场和航司的竞争优势；提前为机场规划未来建设货运区的土地使用资源，一旦货运吞吐量增加，可以保障货运基础设施建设的及时性；政府加强对主基地货运航司的大力扶持，包括直接投资、给予有利的税费政策；再者高效的海关、检验检疫是保障航空物流通关效率的有效途径，尤其是对于 7\*24 小时、电子化、信息化的先进海关电子系统也是实现航空物流高效持续运转的重要保障。

## 6 结束语

航空物流业作为物流业发展的重要组成形式，同时也是支撑高端制造业以及支持我国实现民航强国道路的重要一步，对航空物流业的研究有其重要意义，机场货邮吞吐量作为机场物流发展的重要生命线，支撑航空物流业朝着纵深发展。文章通过文献综述部分梳理出最新的预测模型，确定了三种 GM(1,1)模型作为模型主体部分，接着构建了三种 GM(1,1)模型，并利用历史数据进行最优模型的选择，再最优模型的基础上进行未来 3 年的机场货邮吞吐量的预测，基于预测数据进行对策分析。不足之处在于文章在进行预测时未充分对多种影响机场货邮吞吐量因素进行分析研究，在下一步的研究中会充分考虑因素分析计量模型，并结合神经网络等模型加以研究。

## 参考文献

- [1]冉叶子.基于深度学习模型的贵州省物流需求预测[J].物流工程与管理,2021.
- [2]汪芸芳.基于 GM(1,1)的北京首都机场航空货邮吞吐量预测研究[J].中国储运,2021.
- [3]李明书.基于时间序列分析的长春市物流研究及预测[J].科技创新与应用,2020.
- [4]杨粟涵.基于遗传神经网络算法的城市区域圈物流预测研究[J].科技视界,2020.
- [5]桂德怀,张显璇.基于三次指数平滑法的上海港集装箱吞吐量预测分析[J].产业与科技论坛,2020(24).
- [6]肖云梅,刘琼,祁爽,刘一.基于二次指数平滑法的长株潭地区典型农产品冷链需求量预测研究[J].农村经济与科技,2019(11).
- [7]孙旭,晋民杰,王晓军,贾庆林.基于灰色优势分析的区域物流 GM(1,1)预测模型[J].太原科技大学学报,2021(04).
- [8]杨燕.改进神经网络的港口物流量建模与估计研究[J].舰船科学技术,2020(10).
- [9]奉代敏,朱萍.区域物流预测指标的选择及评价[J].投资与合作,2020(11).
- [10]王振振,裴道方,朱宗良,罗天.基于 ES-Markov 模型的港口集装箱季度吞吐量分析与预测[J].中国航海,2019(04).

作者简介:刘晓爽(1994-),男,汉族,河北唐山人,硕士研究生,助教,研究方向:航空物流。