

基于 GM(1,1) 季节指数模型的快递业务量预测

王芳, 叶耀军

(浙江科技学院 理学院, 杭州 310023)

摘要: 快递业务量存在季节性波动和总体变化等问题,为了更好地预测其趋势,提出基于季节指数的灰色系统模型预测方法。首先以 2014—2019 年的全国快递季度业务量为基础,分别建立 GM(1,1)模型和 GM(1,1)季节指数模型,并计算出 2014—2019 年的季度快递量拟合值;然后与实际值进行比较,同时做出拟合效果图;最后经过模型的精度指标计算,比较 2 种方法的模拟效果。结果显示,GM(1,1)季节指数模型精度指标平均绝对误差、均方差和平均绝对百分误差,分别降低了 36.840%, 74.547% 和 50.314%。这表明该模型模拟出来的数值更贴近实际值,不仅精度高,而且在数据变化上体现季节波动性,更适合快递业务量的预测。

关键词: 季节指数模型; GM(1,1)模型; 快递业务量预测

中图分类号: F259.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2021)06-0504-05

Prediction of express business volume based on seasonal index model

WANG Fang, YE Yaojun

(School of Sciences, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: There are seasonal fluctuations and overall changes in express business volume. In order to better predict its trend, a grey system model prediction method was proposed on the basis of seasonal index. Firstly, based on the quarterly express business volume of China from 2014 to 2019, a grey model and a seasonal index model were established respectively, calculating the fitting value of the quarterly express business volume from 2014 to 2019 to be compared with the actual value and then drawing up the fitting effect diagram. Finally, the simulation effects of the two methods were compared through the precision index calculation of the models. The results show that the mean absolute error, the mean square error and the mean absolute percentage error of precision index of the seasonal index model are reduced by 36.840%,

收稿日期: 2020-10-24

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(LY17A010009);南京航空航天大学灰色系统主题创新区项目(GS2019012)

通信作者: 叶耀军(1965—),男,河南省正阳人,教授,博士,主要从事灰色系统预测与预测决策方法及关联分析研究。E-mail: yiye2013@163.com。

74.547% and 50.314% respectively. This shows that the numerical value simulated by this model is closer to the actual value, not only with high precision, but also with seasonal fluctuations in data changes, which is more suitable for predicting the express business volume.

Keywords: seasonal index model; GM(1,1) model; prediction of express business volume

自从中国在改革开放初期同日本签署的第一份快递代理协议开始,快递这一新型的运输形式才进入民众的视野。在随后不到30年的时间里,快递行业就发展得风生水起。从最初的邮政快递(Express Mail Service, EMS)到如今的申通、圆通、顺丰等民营快递企业,快递行业的前景十分光明^[1]。

目前,有不少研究者运用不同评价方法和模型分析预测了快递行业的影响因素和发展潜力。孙丽等^[2]指出快递业务量是量化快递行业的一个重要指标,对其进行建模预测,有助于企业高管做出正确的决策。肖焱岚等^[3-5]提出快递行业有着发展迅速、跨度空间大等发展特点,认为未来几年之内应提高快递分拣技术,以及快递运输效率。邹志云等^[6-7]运用灰色关联度评价法分析了各个指标的权重,确定了应急物流的路径选择,表明物流产业在未来发展中的多样性。除此之外,研究者还从定量角度进行快递需求量预测,如利用差分整合移动平均自回归模型(autoregressive integrated moving average model, ARIMA)和误差反向传播算法模型^[8-10]进行快递业务量的预测,预测效果良好。为了减少误差,王惠婷等^[11-12]在ARIMA模型的基础上加入二次指数平滑模型和多项式指数预测模型进行组合预测,发现组合模型预测的精度更高。以上研究成果为本研究运用季节指数模型提供了理论基础。

通过对现有文献的整理,发现关于快递业务量的预测研究,大多是单独使用GM(1,1)模型、ARIMA模型或者神经网络等算法定量分析,较少利用组合模型进行业务量的预测。2014—2019年的快递业务量明显呈季节性周期变化,若单独使用GM(1,1)模型,则精度并不会很高,而且只能反映序列的总体变化趋势。因此,本研究应用季节指数修正的GM(1,1)模型进行预测,从而得到更好的预测效果。

1 2种预测模型的建立

1.1 GM(1,1)模型的建立

灰色模型^[13-14]主要适用于数据结构分布不明确、信息量少的非典型过程,其优点在于不需要大量的数据。其中GM(1,1)模型结合微分方程和差分方程的特性,能较好地描述序列的内部特征和发展趋势。建模步骤如下:

给定观测数据序列 $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n))$, 其中 $X^{(0)}(k) \geq 0, k = 1, 2, \dots, n$ 。接着对观测序列进行累加生成一次累加生成算子序列(one-accumulating generation operator, 1-AGO):

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), \dots, X^{(1)}(n)); \quad (1)$$

$$z^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) = \frac{1}{2}(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)), k = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

构造数据矩阵 B 和 Y :

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}; Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}. \quad (3)$$

根据最小二乘法计算参数向量 $a = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 。因此,得到GM(1,1)模型的白化微分方程:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b. \quad (4)$$

式(4)所对应的时间相应函数为

$$x^{(1)}(k) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}, k = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (5)$$

式(5)通过累减算出预测值

$$x^{(0)}(k) = \alpha^{(1)}x^{(1)}(k) = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1), k = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (6)$$

1.2 GM(1,1)季节指数模型的建立

原序列的观测值除以季节指数后得到一组没有季节性波动的平稳光滑序列,然后以平稳光滑序列为基础建立预测模型,计算出的模拟值乘以季节指数,恢复其季节波动,进行结果分析。以下是求季节指数的方法,假设数据量为 n ,季节性波动周期为 N (一般为一年的季度数 4 或者月数 12)。

1)求时间序列移动平均值

$$M_i = \frac{x(i) + x(i+1) + \dots + x(i+N-1)}{N}, i = 1, 2, \dots, n-N. \quad (7)$$

2)计算中心移动平均值

$$C = \frac{1}{2} [M_{(i+\frac{N-1}{2})} + M_{(i+\frac{N+1}{2})}]. \quad (8)$$

3)计算比例因子

$$R = \frac{x\left(i + \frac{N}{2}\right)}{C}. \quad (9)$$

4)比例因子乘以 100 后取平均值,调整平均比例,使各季度的平均值等于 100N,即得到季节指数。

1.3 精度检验

根据文献[15],主要采取以下 3 个指标进行模型的精度检验,精度检验公式见表 1。 P 是模型的预测值, Z 是原始值, n 是预测数据量。

表 1 精度检验公式

Table 1 Precision test formula

精度指标	公式
平均绝对误差	$\Delta_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P - Z $
均方差	$\Delta_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P - Z)^2$
平均绝对百分误差	$\Delta_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{P - Z}{Z} \right \times 100\%$

2 实例分析

本文从文献[16-17]获取 2014—2019 年的全国快递业务量的季度数据(表 2),以表 2 数据为基础,运用灰色系统理论软件和 Excel 软件分别建立 GM(1,1)模型和 GM(1,1)季节指数模型。最后,计算出精度指标,选出最优的预测模型。

2.1 GM(1,1)预测模型分析

根据表 1,给出原始数列

$X^{(0)} = (26.1, 33.0, 34.8, 45.8, 37.0, 47.6, 52.4, 69.7, 57.8, 74.8, 78.5, 101.9, 75.8, 97.2, 100.7, 126.6, 99.2, 121.6, 126.6, 159.7, 121.4, 156.0, 165.5, 196.1)$ 。

通过式(2)计算出 1-AGO 序列

$X^{(1)} = (26.1, 59.1, 93.9, 139.7, 176.7, 224.3, 276.7, 346.4, 404.2, 479.0, 557.5, 659.4, 735.2, 832.4, 933.1, 1059.7, 1158.9, 1280.5, 1407.1, 1566.8, 1688.2, 1844.2, 2009.7, 2205.8)$ 。

通过式(3)计算出 $a = -0.070$ $b = 36.902$,得到预测模型

$$x^{(1)}(k) = 553.27142857e^{-0.070k} - 527.17142857, k = 1, 2, 3, \dots, n.$$

表 2 2014—2019 年的全国快递业务量的季度数据

Table 2 Quarterly data of express business volume of China from 2014 to 2019 亿件

年份	季度			
	1	2	3	4
2014	26.1	33.0	34.8	45.8
2015	37.0	47.6	52.4	69.7
2016	57.8	74.8	78.5	101.9
2017	75.8	97.2	100.7	126.6
2018	99.2	121.6	126.6	159.7
2019	121.4	156.0	165.5	196.1

通过式(6)累减还原,得出预测值

$$x^{(0)}(k)=x^{(1)}(k)-x^{(1)}(k-1)=(40.110,43.013,46.126,49.464,53.044,56.883,60.999,65.414,70.148,75.225,80.669,86.507,92.767,99.481,106.680,114.401,122.680,131.559,141.079,151.289,162.238,173.980,186.571)。$$

2.2 GM(1,1)季节指数预测模型分析

数据 $n=24$,季节性波动周期 $N=4$,用 Excel 软件计算季节指数,过程见表 3~4。原始序列根据季节指数去掉季节性波动后得到一组新的建模序列,利用灰色系统理论软件建立 GM(1,1)季节指数模型,最终得到模型参数 $a=-0.067, b=38.208$,预测模型方程为

$$\hat{x}^{(1)}(k)=600.958\ 656\ 716\ 4e^{-0.067k}-570.268\ 656\ 71,k=1,2,3,\cdots,n。$$

(10)

表 3 2014—2019 年各季度快递业务量的中心化移动平均值及比值

Table 3 Centralized moving average and ratio of express business volume in each quarter from 2014 to 2019									
年份	季度	实际值	平均值	比值	年份	季度	实际值	平均值	比值
2014	1	26.1	—	—	2017	1	75.8	91.125	0.831 8
	2	33.0	—	—		2	97.2	96.988	1.002 2
	3	34.8	36.288	0.959 0		3	100.7	103.000	0.977 7
	4	45.8	39.475	1.160 2		4	126.6	108.975	1.161 7
2015	1	37.0	43.500	0.850 6	2018	1	99.2	115.263	0.860 6
	2	47.6	48.688	0.977 7		2	121.6	122.638	0.991 5
	3	52.4	54.275	0.965 5		3	126.6	129.550	0.977 2
	4	69.7	60.275	1.156 4		4	159.7	136.625	1.168 9
2016	1	57.8	66.938	0.863 5	2019	1	121.4	145.788	0.832 7
	2	74.8	74.225	1.007 7		2	156.0	155.200	1.005 2
	3	78.5	80.500	0.975 2		3	165.5	—	—
	4	101.9	85.550	1.191 1		4	196.1	—	—

表 4 季节指数计算表

Table 4 Seasonal index calculation table					%
年份	季度				
	1	2	3	4	
2014	—	—	95.90	116.02	
2015	85.06	97.77	96.55	115.64	
2016	86.35	100.77	97.52	119.11	
2017	83.18	100.22	97.77	116.17	
2018	86.06	99.15	97.72	116.89	
2019	83.27	100.52	—	—	
合计	423.93	498.43	389.55	467.81	
平均	84.79	99.69	97.39	116.95	
季节指数	85.04	99.98	97.68	117.30	

2.3 2 种模型的精度评价

2 种模型 2014—2019 年的快递业务量拟合值与实际值的精度对比见表 5,拟合效果如图 1 所示。

表 5 2 种模型精度对比

Table 5 Precision comparison of two models			
评价指标	平均绝对误差	均方差	平均绝对百分误差
GM(1,1)模型	0.114	132.131	8.908
GM(1,1)季节指数模型	0.072	33.630	4.426

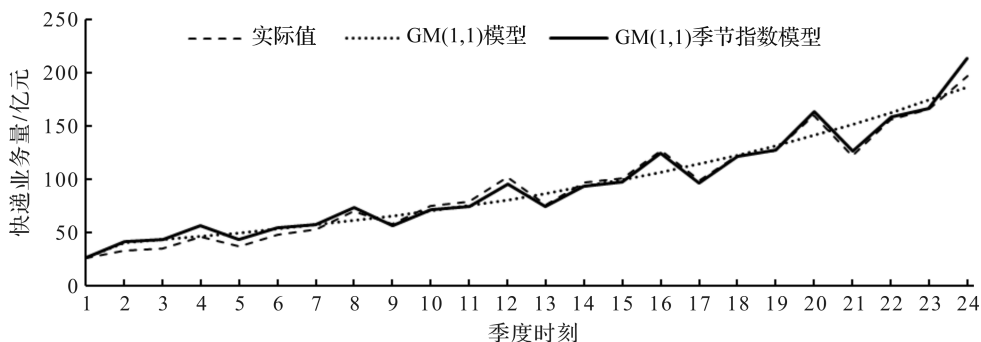


图 1 2014—2019 年各季度快递业务量拟合效果

Fig. 1 Fitting effect of express business volume in each quarter from 2014 to 2019

根据表 5, GM(1,1)模型仅仅反映了总体趋势并没有体现出季节因素,精确度很低,加入季节指数后的 GM(1,1)模型,不仅反映了快递业务量的总体趋势,而且精度指标平均绝对误差、均方差和平均绝对百分误差降低了 36.840%, 74.547% 和 50.314%。

从图 1 可以明显地看出, GM(1,1)季节指数模型拟合值比 GM(1,1)模型更贴近实际值,图 1 中的 GM(1,1)模型模拟出来的发展趋势表明全国的快递量会持续上涨。结合这几年的形势,在电商、外贸等行业的背景下,快递运输业的业务量大概率会出现新的增长。季节时刻的变化可以说明,每年的第四季度是业务量的高峰,这说明商家的双十一、双十二等促销活动在很大程度上吸引了消费者的目光,从而影响到快递行业的业务量。

2.4 GM(1,1)季节指数模型的预测结果

运用式(10)累减还原计算出 2020—2024 年全国快递季度业务量预测结果,如图 2 所示。

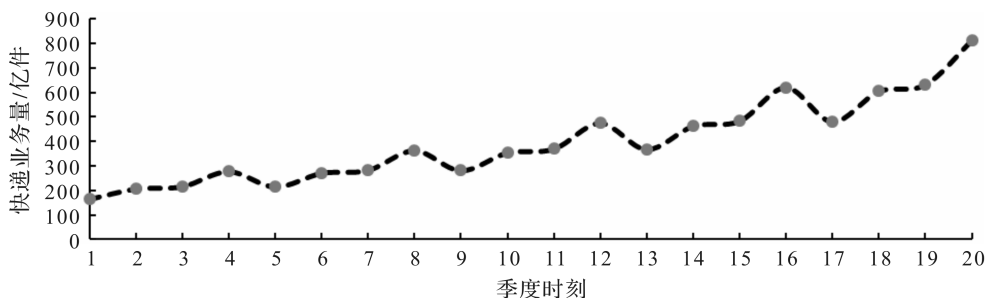


图 2 2020—2024 年全国快递季度业务量预测结果

Fig. 2 Prediction results of express business volume of China from 2020 to 2024

由图 2 可以看出,未来几年的快递业务量迅猛增长,展现了消费市场的蓬勃活力。总体来看,在未来的一段时间内快递行业将维持高景气状态,预计 2024 年快递业务量将超过两千亿件。

3 结 语

本研究以国家统计局、国家邮政局对全国快递量的有关统计数据为基础,应用灰色模型预测快递业务量。先利用 2014—2019 年的季度快递业务量求出季节指数,接着建立 GM(1,1)季节指数模型。通过与 GM(1,1)模型对比,得出 GM(1,1)季节指数模型精度高于 GM(1,1)模型,平均绝对误差降低了 36.840%、均方差降低了 74.547%、平均绝对百分误差降低了 50.314%。通过绘制模拟数据与实际数据的拟合图,得出 GM(1,1)季节指数模型计算出的模拟值更接近实际值,能够很好地预测快递业务量。

参考文献:

- [1] 匡旭娟. 演化视角下的快递业网络形态研究[D]. 北京:北京交通大学,2008:19.
- [2] 孙丽. 基于灰色预测模型的快递行业市场需求预测[J]. 铁道运营技术,2017,23(4):7.