



# 基于 ARIMA 和 GM(1,1) 模型的中国大豆进口量及进口额预测

彭世广, 耿献辉

(南京农业大学 经济管理学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 为准确预测 2020 – 2022 年中国大豆的进口量及进口额, 分别采用 ARIMA 模型、GM(1,1) 模型以及 ARIMA-GM 组合模型对 2016 – 2019 年大豆进口量及进口额数据进行拟合, 以降低预测风险, 并根据拟合结果选择最优预测模型进行预测。研究表明: 大豆进口量及进口额均可采用 ARIMA-GM 组合模型进行预测, 预测结果显示, 2020 – 2022 年中国大豆进口量将分别为  $8.76 \times 10^7$ ,  $8.94 \times 10^7$  和  $9.33 \times 10^7$  t; 大豆进口额将分别为  $357.59 \times 10^8$ ,  $375.73 \times 10^8$  和  $398.44 \times 10^8$  USD。研究结论科学、可靠, 可为中国大豆产业的经营和管理提供一定的科学依据。

**关键词:** 大豆; 进口量; 进口额; 预测

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Forecasting for Import Quantity and Value of China's Soybean Based on ARIMA and GM(1,1) Models

PENG Shi-guang, GENG Xian-hui

(College of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** In order to accurately forecast China's soybean import quantity and value in 2020 – 2022, the ARIMA model, GM(1,1) model and ARMIA-GM combination model were used to fit the 2016 – 2019 import quantity and value data respectively, reducing the forecasting risk, and the optimal forecasting model was selected for forecasting based on the fitted results. The results showed that: The ARMIMA-GM model was selected for the forecasting of soybean import quantity and value, and China's soybean import quantity in 2020 – 2022 will be  $8.76 \times 10^7$ ,  $8.94 \times 10^7$  and  $9.33 \times 10^7$  t, respectively. Import value in 2020 – 2022 will be  $357.59 \times 10^8$ ,  $375.73 \times 10^8$  and  $398.44 \times 10^8$  USD, respectively. The research conclusions are scientific and reliable, which can provide a certain scientific basis for the operation and management of the China's soybean industry.

**Keywords:** Soybean; Import quantity; Import value; Forecasting

大豆是中国乃至世界重要的粮油作物之一<sup>[1]</sup>, 中国是目前世界上最大的大豆消费国。据美国农业部(United States Department of Agriculture, USDA)统计数据显示, 2018 年中国大豆消费总量达  $10.20 \times 10^7$  t, 占世界大豆消费总量的 29.71%。而中国的大豆产量虽达到  $1.59 \times 10^7$  t, 位居世界第四位, 但与其庞大的大豆消费总量比起来, 却存在着  $8.61 \times 10^7$  t 的巨大供给缺口, 需要靠国际市场予以补充。因此, 在中国加入世界贸易组织(World Trade Organization, WTO)后大豆进口量持续增长、国内大豆产业呈现低迷态势的背景下<sup>[2]</sup>, 2019 和 2020 年连续两年的中央一号文件均提到了国内大豆“振兴计划”。文件指出, 通过扩大国内大豆种植面积、完善大豆生产者补贴政策等途径保护国内豆农利益, 支持国内大豆产业发展。科学、合理、准确地对中国大豆

进口量和进口额进行预测研究, 不仅对国内大豆生产者、经营者调整大豆播种规模和销售渠道具有重要的指导实践意义, 可以进一步提高豆农收益, 同时对政府相关部门制定政策应对大豆市场的变化也具有积极的意义, 有利于促进中国大豆产业的持续健康发展。

目前, 差分整合移动平均自回归模型(Autoregressive Integrated Moving Average Model, ARIMA 模型)和灰色预测模型(Grey Model, GM 模型)在卫生<sup>[3-6]</sup>、能源<sup>[7-8]</sup>和经济<sup>[9-11]</sup>等领域的短期预测中较常运用。在大豆产业相关指标的预测研究中, ARIMA 模型和 GM 模型也有较好的应用成效, 主要集中在进口量预测、价格预测和产量预测等方面。进口量预测方面, 杨军等<sup>[12]</sup>、任永泰等<sup>[13]</sup>和赵杭莉等<sup>[14]</sup>先后基于 GM 模型对中国大豆进口量数据进

收稿日期: 2019-12-30

基金项目: 国家自然科学基金(71333008); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-28); 江苏省社科基金重大项目(K0201900192)。

第一作者简介: 彭世广(1993-), 男, 博士, 主要从事农业经济研究。E-mail: 2018206003@njau.edu.cn。

通讯作者: 耿献辉(1978-), 男, 博士, 博导, 主要从事农业经济研究。E-mail: gengxh@njau.edu.cn。

行了预测,均得出中国大豆进口量将持续上升的结论;价格预测方面,方燕等<sup>[15]</sup>、朱婧等<sup>[16]</sup>、张婷等<sup>[17]</sup>和滕永平等<sup>[18]</sup>先后探讨了 GM 模型和 ARIMA 模型在中国及世界大豆价格预测中的可行性,结论显示模型预测效果良好;产量预测方面,蔡承智等<sup>[19]</sup>、李炳军等<sup>[20]</sup>分别基于 ARIMA 模型和 GM 模型对世界大豆单产、中国大豆总产进行了预测,均得出具有代表意义的结论。

综上,在大豆产业相关指标的预测研究中,ARIMA 模型和 GM 模型虽然经常被用到,但大多数学者仅单一使用 ARIMA 模型或 GM 模型进行预测,这种依靠单一模型的预测方法带来的预测风险较大,且运用 ARIMA 模型对中国大豆进口量预测方面的文献较为匮乏。因此,为降低预测风险,提升预测精度,准确对中国大豆进口量及进口额进行预测,本研究通过运用 ARIMA 模型、GM(1,1)模型以及经过赋权组合的 ARIMA-GM 模型来拟合 2016 -

2019 年中国大豆进口量和进口额数据,并将拟合结果进行对比,以期选出拟合精度最高的预测模型来对 2020 - 2022 年中国大豆进口量及进口额进行预测,旨在为中国大豆产业的经营和管理提供一定的科学依据。

## 1 中国大豆进口贸易特征分析

### 1.1 进口量变化

根据联合国商品贸易统计数据库(United Nations Comtrade Database, UNComtrade 数据库)统计数据的测算结果显示,2002 - 2018 年中国大豆进口量大体呈现出逐渐上升的趋势,进口量绝对值由 2002 年的  $1.13 \times 10^7$  t 增加到了 2018 年的  $8.80 \times 10^7$  t,世界占比由 22.64% 上升至 63.10%。但是在 2018 年,受中美贸易摩擦的影响,由于美国作为中国大豆主要进口来源国之一,中国大豆进口总量和世界占比相较于 2017 年均有一定程度的下降(图 1)。

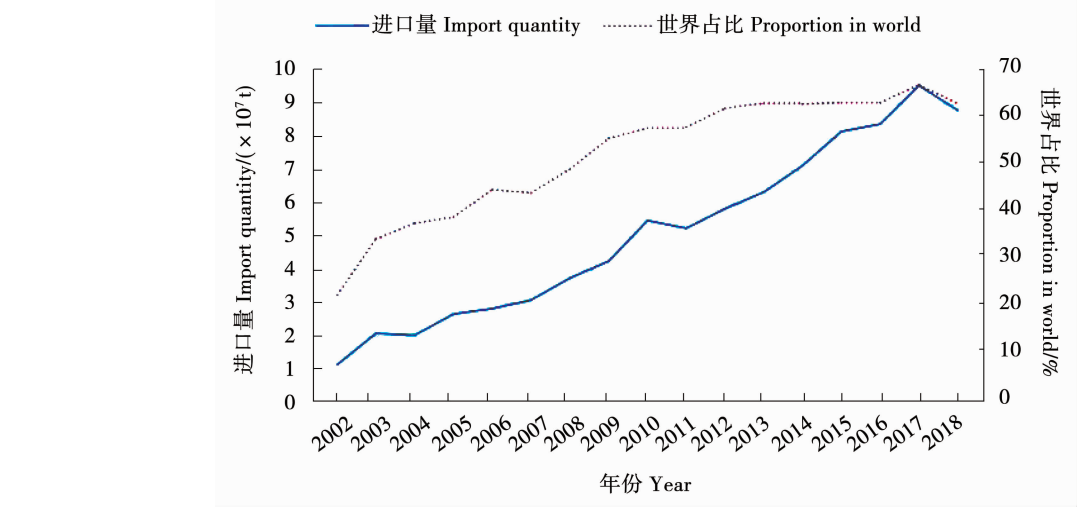


图 1 2002 - 2018 年中国大豆进口量变化趋势

Fig. 1 Changes in China's soybean import quantity from 2002 to 2018

### 1.2 进口额变化

由图 2 可知,相对于进口量,2002 - 2018 年中国大豆进口额的变化波动较大,但大体为上升趋势,进口额绝对值由 2002 年的  $24.83 \times 10^8$  USD 增加到了 2018 年的  $380.78 \times 10^8$  USD,世界占比由 23.06% 上升至 60.95%。同样在 2018 年,中国大豆进口总额和世界占比相较于 2017 年均有一定程度的下降。

### 1.3 进口市场结构变化

在中国大豆进口来源国的市场结构方面,2002 - 2018 年,中国主要从巴西、美国和阿根廷三国进口大豆产品,进口量及进口额的市场总份额均达到 99%。由表 1 可知,2002 - 2018 年中国从巴西进口大豆的市场份额呈波动上升的趋势,进口量占比和

进口额占比分别由 2002 年的 34.55%、36.46% 增加至 2018 年的 75.07%、75.75%,并于 2006 年成为中国最大的大豆进口来源国。特别地,由于 2018 年中国与第二大大豆进口来源国美国发生贸易摩擦,受此影响中国所产生的大豆进口缺口主要从巴西市场来弥补。因此,在 2018 年,中国从巴西进口大豆的进口量占比和进口额占比均出现了陡增。美国曾是中国最大的大豆进口来源国,2002 - 2018 年中国从美国进口大豆的市场份额大体呈波动下降的趋势,进口量占比和进口额占比分别由 2002 年的 40.82% 和 38.79% 下滑至 2018 年的 18.90% 和 18.54%。特别是,2018 年,受中美贸易摩擦的影响,中国从美国进口大豆的进口量占比及进口额占比相较于 2017 年均出现了大幅下滑。2002 - 2018

年中国从阿根廷进口大豆的市场份额下降速度较快,进口量占比和进口额占比分别由 2002 年的 24.52% 和 24.58% 下滑至 2018 年的 1.66% 和 1.63%,几乎退出中国大豆主要进口来源国市场行列。

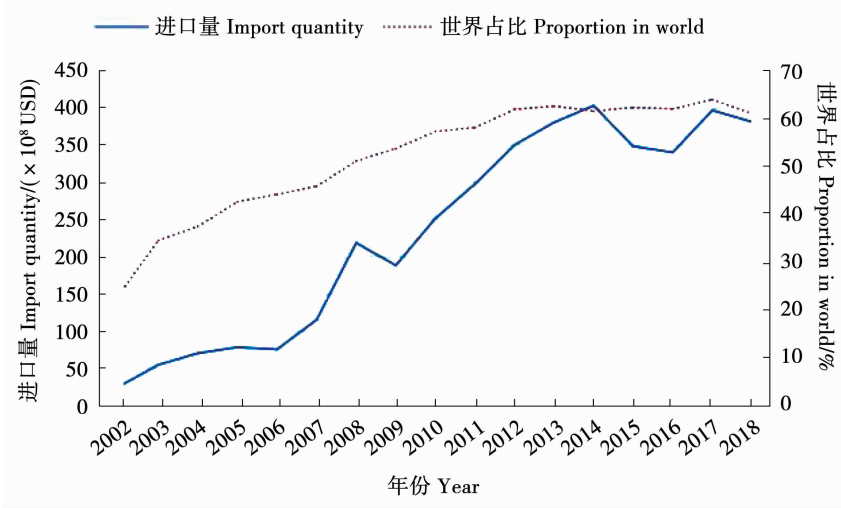


图 2 2002 – 2018 年中国大豆进口额变化趋势  
Fig. 2 Changes in China’s soybean import value from 2002 to 2018

表 1 2002 – 2018 年中国大豆进口市场结构变化

Table 1 Changes in China’s soybean import market structure from 2002 to 2018 (%)

年份 Year	巴西 Brazil		美国 USA		阿根廷 Argentina	
	进口量占比 Proportion of import quantity	进口额占比 Proportion of import value	进口量占比 Proportion of import quantity	进口额占比 Proportion of import value	进口量占比 Proportion of import quantity	进口额占比 Proportion of import value
2002	34.55	36.46	40.82	38.79	24.52	24.58
2003	31.20	31.08	39.98	40.93	28.75	27.92
2004	27.76	29.76	50.41	47.98	21.76	22.19
2005	29.90	30.61	41.55	40.63	27.82	28.02
2006	41.15	40.32	35.00	36.30	22.02	21.62
2007	34.34	33.94	37.54	36.92	26.86	27.72
2008	31.13	33.38	41.22	38.70	26.31	26.55
2009	37.59	39.12	51.25	49.68	8.80	8.78
2010	33.92	32.47	43.06	45.15	20.42	19.85
2011	39.32	39.66	42.37	42.32	14.84	14.56
2012	40.92	40.77	44.48	43.98	10.10	10.54
2013	50.19	50.37	35.09	34.97	9.66	9.62
2014	44.82	46.51	42.06	40.56	8.41	8.35
2015	49.06	48.54	34.78	35.67	11.55	11.25
2016	45.53	45.77	40.72	40.50	9.55	9.51
2017	53.31	52.77	34.39	35.17	6.89	6.77
2018	75.07	75.75	18.90	18.54	1.66	1.63

2 模型概述

2.1 ARIMA 模型

ARIMA 模型是自回归模型 AR 模型和 MA 模型

的整合模型,是一种常用的时间序列预测模型,其模型具体形式如下:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \cdots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

(1)

其中,  $\{y_t\}$  为所要预测的数据序列, 需要满足平稳性要求。若不满足平稳性要求, 则需要对原序列进行差分处理, 以转换成平稳的时间序列;  $p$  为自回归阶数;  $q$  为滑动平均阶数;  $\beta$  和  $\theta$  为待估参数;  $\{\varepsilon_t\}$  为白噪声序列。ARIMA 模型具体建模过程如下:

第一步: 利用单位根检验判断所预测的时间序列是否满足平稳性要求, 若时间序列非平稳, 则需对原序列进行差分, 使其转换为平稳的时间序列, 并代入建模;

第二步: 对自回归阶数和滑动平均阶数均尝试取值 1 ~ 3 进行参数估计, 利用 AIC、BIC、HQC 等信息准则挑选出最优的 ARIMA 预测模型;

第三步: 利用挑选出来的最优 ARIMA 预测模型对时间序列进行预测分析。

2.2 GM(1,1) 模型

GM(1,1) 模型一般通过对原始数列进行一次累加来弱化原始数据的随机性和波动性, 其符号的具体意义为, GM: Grey Model ; (1,1): 1 阶方程, 1 个变量。

可见, GM(1,1) 模型是一个包含单变量的一阶微分方程动态模型, 则 GM(1,1) 模型建模过程如下:

第一步: 确定原始非负变量数据序列 (光滑序列):

$$X^{(0)}(k) = [X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)] \quad (2)$$

第二步: 作一阶累加生成序列数据

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

其中,  $X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n。$

若序列  $X^{(1)}(k)$  具有准指数规律, 则序列  $X^{(1)}(k)$  满足下述一阶线性微分方程模型:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u \quad (4)$$

其中,  $a$  称为发展灰数, 反映了累加数据序列  $X^{(1)}$  和原数据序列  $X^{(1)}$  的发展趋势,  $u$  称为内生控制灰数, 反映了数据间的变化关系。

第三步: 确定数据矩阵  $B$ 、 $Y_n$

$$B = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$Y_n = [X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n)]^T \quad (6)$$

在矩阵  $B$  中,  $Z^{(1)}(k)$  为背景值, 满足:

$$Z^{(1)}(k) = \mu X^{(1)}(k) + (1 - \mu) X^{(1)}(k - 1), k = 2, 3, \dots, n \quad (7)$$

其中,  $\mu$  为权重系数, 通常取值为 0.5。

第四步: 基于普通最小二乘法估计参数可得

$$U = [\dot{a}, \dot{u}]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y_n \quad (8)$$

第五步: 解得时间响应序列为

$$\dot{X}^{(1)}(k) = [X^{(1)}(p) - \frac{\dot{u}}{a}] e^{-a(k-p)} + \frac{\dot{u}}{a}, k = 1, 2, \dots, n, p = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

其中,  $X^{(1)}(p)$  为时间响应函数的初始条件, 在 GM(1,1) 模型中, 通常假设  $p = n$ , 即假定时间响应函数的初始条件为  $X^{(1)}(p) = X^{(1)}(n)。$

第六步: 求得原始数据序列  $X^{(0)}$  的拟合值

$$\dot{X}^{(0)}(k) = \dot{X}^{(1)}(k) - \dot{X}^{(1)}(k - 1), k = 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

需要注意,  $\dot{X}^{(0)}(k) (k = 2, 3, \dots, n)$  是原始数据序列  $X^{(0)}(k)$  的拟合值;  $\dot{X}^{(0)}(k) (k > n)$  是原始数据序列  $X^{(0)}(k)$  的预测值。

2.3 ARIMA-GM 组合模型

ARIMA-GM 组合模型是一种通过对 ARIMA 模型及 GM(1,1) 模型拟合结果进行赋权加总从而组合成新拟合结果的预测模型, 可以降低使用单一模型的预测风险, 其具体建模过程如下:

第一步: 利用平均相对误差所蕴含的信息对各模型进行权重分配:

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^2 e_i - e_i}{\sum_{i=1}^2 e_i} \quad (11)$$

其中,  $w_i$  为 ARIMA 模型或 GM(1,1) 模型的权重;  $e_i$  为 ARIMA 模型或 GM(1,1) 模型拟合结果的平均相对误差。

第二步: 通过赋予权重加总计算组合模型的拟合及预测结果:

$$Y = \sum_{i=1}^2 w_i y_i \quad (12)$$

其中,  $y_i$  为 ARIMA 模型或 GM(1,1) 模型的拟合及预测结果;  $Y$  即 ARIMA-GM 组合模型的拟合及预测结果。

3 实证分析

3.1 数据说明

由于本研究所用 ARIMA 模型和 GM(1,1) 模型均属于短时间序列动态预测模型, 拟合时间过长会造成信息的失真。因此, 本研究选取 2016 - 2019 年的大豆进口量和进口额作为拟合对象; 进口量及进口额 ARIMA 模型回归样本均选取 2002 - 2019 年数据, 2002 - 2019 年数据来源于国研网对外贸易统计

数据库。

3.2 大豆进口量预测

首先,根据单位根检验及信息准则筛选(附表1)表明,ARIMA(2,1,3)模型为最优 ARIMA 进口量预测模型,拟合结果显示,2016 – 2019 年,中国大豆进口量分别为  $8.25 \times 10^7$ ,  $9.27 \times 10^7$ ,  $8.47 \times 10^7$  和  $8.59 \times 10^7$  t,4 年数据的平均相对误差为 2.65%,模型拟合效果较好。进一步利用 ARIMA(2,1,3)模型对 2020 – 2022 年中国大豆进口量进行预测,得出 2020 – 2022 年中国大豆进口量将分别为  $8.52 \times 10^7$ ,  $8.76 \times 10^7$  和  $9.35 \times 10^7$  t 的结论(表 2)。

接下来利用 GM(1,1)模型对 2016 – 2019 年中国大豆进口量数据进行拟合,为提高数据序列的光滑性,研究将原始数据取对数代入建模。结果表明,2016 – 2019 年中国大豆进口量数据分别为  $8.74 \times 10^7$ ,  $8.83 \times 10^7$ ,  $8.92 \times 10^7$  和  $9.01 \times 10^7$  t,4 年数据的平均相对误差为 3.91%,高于使用 ARIMA(2,1,3)模型拟合的平均相对误差,拟合效果一般。进一步利

用 GM(1,1)模型预测 2020 – 2022 年中国大豆进口量,得出 2020 – 2022 年中国大豆进口量将分别为  $9.11 \times 10^7$ ,  $9.20 \times 10^7$  和  $9.30 \times 10^7$  t 的结论(表 2)。

通过赋予权重构造大豆进口量 ARIMA-GM 组合模型对 2016 – 2019 年中国大豆进口量数据进行拟合,检验组合模型的拟合精度,其中,ARIMA(2,1,3)模型权重为 59.62%,GM(1,1)模型权重为 40.38%。结果显示,2016 – 2019 年中国大豆进口量分别为  $8.45 \times 10^7$ ,  $9.09 \times 10^7$ ,  $8.65 \times 10^7$  和  $8.76 \times 10^7$  t,组合模型 4 年数据的拟合结果的平均相对误差仅为 2.27%,低于单一使用 ARIMA(2,1,3)模型和 GM(1,1)模型的平均相对误差,拟合效果最好,达到了提升预测精度的目的。故本研究使用 ARIMA-GM 组合模型对 2020 – 2022 年中国大豆进口量数据进行预测,结果显示,2020 – 2022 年中国大豆进口量将分别达到  $8.76 \times 10^7$ ,  $8.94 \times 10^7$  和  $9.33 \times 10^7$  t(表 2)。

表 2 大豆进口量各模型拟合及预测结果对比

Table 2 Comparison of fitting and forecasting results of import quantity models for soybean (× 10 <sup>7</sup> t)					
类别 Type	年度 Year	实际值 Actual	ARIMA 模型 ARIMA model	GM(1,1)模型 GM(1,1) model	组合模型 Combination model
拟合值 Fitting	2016	8.32	8.25	8.74	8.45
	2017	9.55	9.27	8.83	9.09
	2018	8.80	8.47	8.92	8.65
	2019	8.86	8.59	9.01	8.76
预测值 Forecasting	2020	–	8.52	9.11	8.76
	2021	–	8.76	9.20	8.94
	2022	–	9.35	9.30	9.33

3.3 大豆进口额预测

首先,检验表明,ARIMA(2,1,2)模型为最优 ARIMA 进口额预测模型,拟合结果显示,2016 – 2019 年,中国大豆进口额分别为  $353.48 \times 10^8$ ,  $407.46 \times 10^8$ ,  $393.40 \times 10^8$  和  $367.10 \times 10^8$  USD,4 年数据的平均相对误差为 3.36%,模型拟合效果较好。进一步利用 ARIMA(2,1,2)模型对 2020 – 2022 年中国大豆进口额进行预测,得出 2020 – 2022 年中国大豆进口额将分别为  $347.51 \times 10^8$ ,  $374.66 \times 10^8$  和  $409.07 \times 10^8$  USD 的结论(表 3)。

接着,使用改进 GM(1,1)模型对进口额进行拟合和预测。结果表明,2016 – 2019 年中国大豆进口额数据分别为  $363.18 \times 10^8$ ,  $366.00 \times 10^8$ ,  $368.85 \times 10^8$  和  $371.72 \times 10^8$  USD,4 年数据的平均相对误差为 5.67%,高于使用 ARIMA(2,1,2)模型拟合的平均相对误差。进一步利用 GM(1,1)模型对 2020 – 2022 年中国大豆进口额进行预测,得出 2020 – 2022

年中国大豆进口额将分别为  $374.62 \times 10^8$ ,  $377.55 \times 10^8$  和  $380.50 \times 10^8$  USD 的结论(表 3)。

通过赋予权重构造大豆进口额 ARIMA-GM 组合模型对 2016 – 2019 年中国大豆进口额数据进行拟合,其中,ARIMA(2,1,2)模型权重为 62.80%;GM(1,1)模型权重为 37.20%。结果显示,2016 – 2019 年中国大豆进口额分别为  $357.09 \times 10^8$ ,  $392.03 \times 10^8$ ,  $384.27 \times 10^8$  和  $368.82 \times 10^8$  USD,组合模型 4 年数据拟合结果的平均相对误差仅为 2.85%,显著低于单一使用 ARIMA(2,1,2)模型和 GM(1,1)模型的平均相对误差,拟合效果最好,达到了提升预测精度的目的。故本研究使用 ARIMA-GM 组合模型对 2020 – 2022 年中国大豆进口额数据进行预测,结果显示,2020 – 2022 年中国大豆进口额将分别达到  $357.59 \times 10^8$ ,  $375.73 \times 10^8$  和  $398.44 \times 10^8$  USD(表 3)。

表 3 大豆进口额各模型拟合及预测结果对比

Table 3 Comparison of fitting and forecasting results of import value models for soybean ( × 10<sup>8</sup> USD)

类别 Type	年度 Year	实际值 Actual	ARIMA 模型 ARIMA model	GM(1,1)模型 GM(1,1) model	组合模型 Combination model
拟合值 Fitting	2016	340. 18	353. 48	363. 18	357. 09
	2017	397. 39	407. 46	366. 00	392. 03
	2018	380. 61	393. 40	368. 85	384. 27
	2019	354. 21	367. 10	371. 72	368. 82
预测值 Forecasting	2020	—	347. 51	374. 62	357. 59
	2021	—	374. 66	377. 55	375. 73
	2022	—	409. 07	380. 50	398. 44

4 讨 论

由于 GM(1,1)模型是基于具有指数规律的预测,拟合和预测的数据必定呈递增趋势,在一定程度上限制了因特殊因素带来的负增长模拟精度,如中国与美国在 2018 年发生的贸易摩擦导致中国大豆进口总量和进口额相较于 2017 年均有一定程度的下降,这在 GM(1,1)模型中是不可捕捉的。在相关研究方面,杨军等<sup>[12]</sup>和赵杭莉等<sup>[14]</sup>基于 GM(1,1)模型对中国大豆进口量进行的拟合与预测数据均显示为持续上升趋势,因此,若进口量在样本期间存在负增长将显著降低拟合精度。ARIMA 模型虽然能模拟数据的波动,但在中国大豆进口量及进口额预测上鲜有运用,而根据拟合与预测结果显示,随着预测时间的增长,ARIMA 模型预测数据的变动幅度将逐步增大,逐渐超过 GM(1,1)模型的预测数值。因此,若单一使用 GM(1,1)模型或者单一使用 ARIMA 模型进行拟合与预测,均会造成不同程度的信息失真。

以降低单一模型预测风险为建模思想,本研究构造的 ARIMA-GM 组合模型达到了提升拟合与预测精度的目的,其中,组合模型对中国大豆进口量拟合结果的平均相对误差仅为 2.27%,低于单一使用 ARIMA(2,1,3)模型和 GM(1,1)模型的平均相对误差 2.65% 和 3.91%;对进口额拟合结果的平均相对误差仅为 2.85%,低于单一使用 ARIMA(2,1,2)模型和 GM(1,1)模型的平均相对误差 3.36% 和 5.67%,说明经过赋权后的 ARIMA-GM 组合模型具有更好的拟合优度,可以显著提高预测精度。同时相较于以往使用单一模型对大豆产业相关指标进行预测的研究,本研究使用的组合模型得到的拟合平均相对误差显著降低,在方法上是对国内大豆产业相关指标预测研究的有益补充。但组合模型的预测精度同样随着预测时间的延长而降低,如何更好地保持对长期时间序列的预测精度将是未来研

究的探讨方向。

5 结 论

为降低使用单一预测模型的预测风险,提高预测精度,本研究分别采用 ARIMA 模型、GM(1,1)模型以及 ARIMA-GM 组合模型对 2016 – 2019 年中国大豆进口量、进口额数据进行拟合,并根据拟合效果选择最优预测模型对 2020 – 2022 年中国大豆进口量及进口额进行预测。结果显示:无论对中国大豆进口量的预测还是进口额的预测,ARIMA-GM 组合模型均为最优预测模型。预测结果显示 2020 – 2022 年中国大豆进口量分别为  $8.76 \times 10^7$ 、 $8.94 \times 10^7$  和  $9.33 \times 10^7$  t;进口额分别为  $401.94 \times 10^8$ 、 $418.70 \times 10^8$  和  $435.23 \times 10^8$  USD,具有重要的指导与实践意义。

附表 1 可扫描开放科学(资源服务)标识码(OSID)查看。

参考文献

[1] 蔡承智,张建成,梁颖. 基于 ARIMA 模型的世界大豆总产预测分析[J]. 大豆科学,2019,38(2):298-303. (Cai C Z, Zhang J W, Liang Y. Analysis of global soybean production quantity predicted by ARIMA model[J]. Soybean Science,2019, 38(2): 298-303. )

[2] 祁旺定,尚明瑞. 中国大豆产业发展问题研究[J]. 中国农学通报,2014,30(17):88-96. (Qi W D, Shang M R. Research on China's soybean industry development[J] Chinese Agricultural Science Bulletin,2014,30(17):88-96. )

[3] 王永斌,柴峰,李向文,等. ARIMA 模型与残差自回归模型在手足口病发病预测中的应用[J]. 中华疾病控制杂志,2016,20(3):303-306. (Wang Y B, Chai F, Li X W, et al. Application of ARIMA model and auto-regressive model in prediction on incidence of hand-foot-mouth disease[J]. Chinese Journal of Disease Control and Prevention,2016,20(3):303-306. )

[4] 张芳芳,廖瑞斌,宫晓,等. 基于 ARIMA 模型的广东省卫生总费用趋势预测及构成分析[J]. 现代预防医学,2019,46(2):289-293. (Zhang F F, Liao R B, Gong X, et al. Trend prediction and composition analysis of total health expenditure in Guangdong

based on ARIMA model[J]. Modern Preventive Medicine, 2019, 46(2): 289-293. )

[5] 范引光,吕金伟,戴色莺,等. ARIMA 模型与灰色预测模型 GM (1,1)在 HIV 感染人数预测中的应用[J]. 中华疾病控制杂志,2012,16(12):1100-1103. ( Fan Y G, Lyu J W, Dai S Y, et al. Prediction on the number of HIV with models of ARIMA and GM (1, 1) [J]. Chinese Journal of Disease Control and Prevention,2012,16(12):1100-1103. )

[6] 李立,杨召,叶中辉,等. 灰色 GM(1,1)模型在结核病发病率预测中应用[J]. 中国公共卫生,2014,30(4):396-397. ( Li L, Yang Z, Ye Z H, et al. Application of gray GM (1, 1) model to predict incidence of tuberculosis in Henan province[J]. Chinese Journal of Public Health,2014,30(4):396-397. )

[7] 薛黎明,侯运炳,闫旭,等. 基于 ARIMA 模型的我国能源消费结构趋势分析与预测[J]. 中国矿业,2011,20(4):24-27,35. (Xue L M, Hou Y B, Yan X, et al. Chinese energy consumption structure prediction by application of ARIMA[J]. China Mining Magazine,2011,20(4):24-27,35. )

[8] 毛文晋,郑寿春. 改进 GM(1,1)模型在四川天然气需求预测中的应用[J]. 西南石油大学学报(社会科学版),2010,3(6):19-21,130. (Mao W J, Zheng S C. Improved GM(1, 1) model and application in natural gas demand forecasting of Sichuan province [J]. Journal of Southwest Petroleum University ( Social Sciences Edition ),2010,3(6):19-21,130. )

[9] 许立平,罗明志. 基于 ARIMA 模型的黄金价格短期分析预测[J]. 财经科学,2011(1):26-34. ( Xu L P, Luo M Z. Short-term analysis and prediction of gold price based on ARIMA model[J]. Finance and Economics,2011(1):26-34. )

[10] 李娜,薛俊强. 基于最优 ARIMA 模型的我国 GDP 增长预测[J]. 统计与决策,2013(9):23-26. ( Li N, Xue J Q. Forecast of China's GDP growth based on optimal ARIMA model [J]. Statistics and Decision,2013(9):23-26. )

[11] 田梓辰,刘森. 基于改进灰色 GM(1,1)模型的 GDP 预测实证[J]. 统计与决策,2018,34(11):83-85. ( Tian Z C, Liu M. Empirical study of GDP forecast based on improved grey GM (1,1) model[J]. Statistics and Decision,2018,34(11):83-85. )

[12] 杨军,刘斌,尚曼龙. 中国大豆进口的预测与分析[J]. 系统工程理论与实践,2006(6):141-144. ( Yang J, Liu B, Shang M L. Forecast of soybean import in China [J]. Systems Engineering-Theory and Practice,2006(6):141-144. )

[13] 任永泰,宁海龙,邓华玲. 灰色系统预测模型改进及大豆供需分析与预测[J]. 农机化研究,2007(12):20-22. ( Ren Y T, Ning H L, Deng H L. Improvement of gray system forecast model and forecast of supply and demand of domestic soybean [J]. Journal of Agricultural Mechanizati,2007(12):20-22. )

[14] 赵杭莉,孙印法. 基于灰色预测模型的中国大豆市场供求分析[J]. 商业研究,2015(3):58-63. ( Zhao H L, Sun Y F. An analysis of China's soybean market supply and demand based on grey prediction model [J]. Commercial Research, 2015 (3): 58-63. )

[15] 方燕,马艳. 我国大豆价格波动及其未来走势预测[J]. 价格理论与实践,2014(6):67-69. ( Fang Y, Ma Y. China's soybean price fluctuation and forecast of its future trend[J]. Price:Theory and Practice,2014(6):67-69. )

[16] 朱婧,范亚东,徐勇. 基于改进 GM(1,1)模型的中国大豆价格预测[J]. 大豆科学,2016,35(2):315-319. ( Zhu J, Fan Y D, Xu Y. Soybean price prediction in China based on modified GM (1,1) model[J]. Soybean Science,2016,35(2):315-319. )

[17] 张婷. 基于 ARIMA 模型的国际粮食短期价格分析预测——以大豆为例[J]. 价格月刊,2016(7):28-32. ( Zhang T. Analysis and forecast of temporary price of international grain based on ARIMA model- taken soybean as example [J]. Prices Monthly, 2016(7):28-32. )

[18] 滕永平,周婷婷. 大豆期货价格预测实证研究[J]. 沈阳工业大学学报(社会科学版),2017,10(4):331-334. ( Teng Y P, Zhou T T. Empirical study on price prediction of soybean futures[J]. Journal of Shenyang University of Technology ( Social Science Edition ), 2017, 10(4): 331-334. )

[19] 蔡承智,张建威,梁颖. 基于 ARIMA 模型的世界大豆单产预测分析[J]. 大豆科学,2018,37(3):452-457. ( Cai C Z, Zhang J W, Liang Y. Analysis of potential yield of global soybean forecasted by ARIMA model[J]. Soybean Science,2018,37(3):452-457. )

[20] 李炳军,杨卫明. 基于灰色区间预测和 GM(1,N)模型的我国粮食供需结构平衡分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(18):325-329. ( Li B J, Yang W M. Analysis of grain supply and demand structure balance in China based on grey interval forecast and GM (1, N) model[J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2019, 47(18):325-329. )