

基于ARIMA模型的山东省GDP的研究与预测

孙秀秀

云南财经大学统计与数学学院, 云南 昆明

收稿日期: 2023年10月27日; 录用日期: 2023年11月21日; 发布日期: 2023年11月27日

摘要

GDP是衡量一个国家或地区经济发展状况的重要指标, COVID-19流行期间, 各地经济的发展均受到或大或小的影响, 经济发展策略和经济体系需要进行调整, 所以GDP预测研究更是显得尤为重要。因此, 本文基于ARIMA模型, 对山东省近年来的GDP进行拟合和预测。结果表明, 山东省的经济一直处于稳定增长状态, 受疫情影响增速变缓。预测结果显示, 未来5年山东省GDP仍保持增长状态。最后根据预测结果对山东省发展提出合理的建议。

关键词

COVID-19, 经济体系, GDP预测, ARIMA模型

Research and Forecasting of GDP in Shandong Province Based on ARIMA Modeling

Xiuxiu Sun

School of Statistics and Mathematics, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Received: Oct. 27th, 2023; accepted: Nov. 21st, 2023; published: Nov. 27th, 2023

Abstract

GDP is an important indicator to measure the economic development of a country or region, during the COVID-19 epidemic, the development of the economy of each place is affected to a greater or lesser extent, the economic development strategy and the economic system need to be adjusted,

so the GDP forecasting research is more important. Therefore, this paper is based on ARIMA model to fit and forecast the GDP of Shandong Province in recent years. The results show that the economy of Shandong Province has been in a stable growth state, and the growth rate has been slowed down by the epidemic. The prediction results show that the GDP of Shandong Province still maintains the growth state in the next five years. Finally, reasonable suggestions for the development of Shandong Province are made based on the prediction results.

Keywords

COVID-19, Economic System, GDP Forecast, ARIMA Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

山东省的经济发展状况一直处于全国前列，并且经济增长也一直处于稳定增长状态。即使在国家提倡高质量发展的情况下，山东省的经济依然呈现稳定增长态势，更是在 2017 年达到新的高峰。所以，拟合研究和预测山东省经济发展状况，既是对山东省自身的经济发展提供一些理论帮助，也是国家的区域经济进行一个研究和预测，从而对山东省的经济发展和政策制定提供一些思路。

GDP 是反应一个国家或地区经济发展状况的重要指标，它和就业率、失业率、经济增长率、通货膨胀率等众多经济指标息息相关。想要了解一个地区的经济发展状况以及受影响程度，GDP 是一个非常合适的经济指标。自从新冠疫情开始，GDP 的增速明显放缓。为了今后更好更有效的持续发展，我们研究和预测 GDP 的发展与将来的走势情况，这对于了解经济发展情况并及时做出判断，从而提出有效的建议是很有必要的。

在此背景下，本文基于 ARIMA 模型，通过 R 软件，对山东省近年来的 GDP 进行了拟合和预测。通过分析可知，COVID-19 的流行对山东省 GDP 的增长速度产生了影响。

2. 文献综述

近几年来，国内众多学者着手研究国内各地区 GDP 发展情况。关于 GDP 的理论和应用研究有很多，目前，学者们采用最多的研究方法是时间序列分析法。在近几年对各省、各地区的 GDP 研究中，王霞等(2021) [1]等采用的是混频动态因子模型，将 GDP 预测频率从“季度”提高到“日度”，从而可以更加及时的判断当前经济的运行状况，制定更加具有时效性的经济政策。申佳帆和黄云开(2022) [2]基于 ARIMA 模型和 VAR 模型，从单变量和多变量两个角度对云南省 GDP 进行拟合预测分析，研究结果表明 ARI(1,1) 模型、IMA(1,2)模型以及 VAR(1)模型都很好的解释了云南省 GDP 发展的规律，但从预测角度 ARI(1,1) 模型和 VAR(1)模型更优。杨智凯等(2021) [3]采用时间序列方法建立 ARIMA 模型，预测了 2020 年桂林市的 GDP，将预测值与真实值作比较，结果的相对误差在合理范围之内，最后利用 ARIMA 模型对桂林市未来 5 年的 GDP 进行了预测。查华和石舳(2022) [4]基于 ARIMA 模型，选取江苏省 1975 年到 2020 年的生产总值，然后对未来两年的经济发展做出预测，研究结果表明，江苏省的经济处于稳步增长，但是 2020 年的经济发展受到疫情的影响，这为之后的发展规划提供了重要的参考依据。

通过阅读文献，我们发现很多学者对预测 GDP 经常采用的还是基于时间序列分析方法建立模型。时

间序列分析法预测结果比较准确,模型构建简洁,对预测 GDP 十分有用。关于时间序列分析方法,学者们将其用于多个领域的价格预测研究。基于此,本文采用时间序列分析方法,选取山东省 1975 年~2020 年的 GDP 数据,通过建立 ARIMA 模型,对山东省的 GDP 进行预测分析,以探究 COVID-19 流行期间对山东省 GDP 造成的影响,并根据预测结果对山东省未来发展提出合理建议。

3. 方法与数据

3.1. 模型方法

时间序列分析法预测结果比较准确,模型构建简洁,对预测 GDP 十分有用。本文采用 ARIMA 模型方法来进行 GDP 的分析预测。ARIMA 模型一般是对平稳时间序列进行建模,对于非平稳序列,我们通过差分使之变得平稳,其中, I 表示的就是差分。另外, AR 表示的是自回归模型, MA 表示的是移动平均模型。模型方法如下:

$$\begin{cases} \phi(B)\nabla^d x_t = \theta(B)\varepsilon_t \\ E(\varepsilon_t) = 0, \text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2, E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0, s \neq t \\ E(x_s \varepsilon_t) = 0, \forall s < t \end{cases}$$

式中, $\nabla^d = (1-B)^d$; $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p$, 为平稳可逆 ARMA(p,q)模型的系回归系数多项式; $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$, 为平稳可逆 ARMA(p,q)模型的移动平均系数多项式[5]。

模型建立好之后,还要对模型进行显著性检验。关于模型的显著性检验一般包括模型的显著性检验和模型参数的显著性检验。关于模型的显著性检验是检验模型是否有效,提取信息是否充分;参数的显著性检验是指模型中的每一个参数是否显著不为 0。除此之外,还要对数据进行平稳性检验,一般选用 ADF 检验。

3.2. 数据来源与处理

本文首先以山东省以 1975~2016 年的 GDP 数据为训练集,预测未来四年的 GDP 发展趋势,将得到的预测值与真实值作比较,来检验模型的预测效果。如果所拟合的模型预测效果良好,那么我们将该模型用于预测未来某期间内的 GDP 发展情况。本文中所用到的数据来自于均来自于山东省统计局网站中,2021 年官方所发布的山东省统计年鉴。其中选用 1975~2020 年的山东省 GDP 数据。

根据时间序列的建模原则,对于获得的时间序列数据,我们首先要判断数据的平稳性。对于平稳性序列,我们可以直接对其建立模型,对于非平稳序列,我们可采用适当的差分运算,使其变得平稳之后,在对其进行建模分析。平稳时间序列一般分为两种,一是严平稳时间序列,另一种是宽平稳时间序列。严平稳序列一般只存在于理论之中,现实生活中我们所研究的大多还是宽平稳时间序列。在本文中,我们提到的平稳时间序列指的是宽平稳时间序列。

4. 建模分析过程

4.1. 模型的识别与定阶

模型的识别与定阶实际上就是确定 ARIMA(p,d,q)模型中的 p、d、q。ARIMA(p,d,q)模型是对平稳序列进行建模分析,当数据不平稳时,可通过差分处理使序列变得平稳,使序列平稳进行的差分的次数就是 d 的值。p 和 q 的值则通过样本的自相关系数(ACF)和偏自相关系数(PACF)来确定,确定准则见表 1:

Table 1. Model ordering
表 1. 模型定阶

ACF	PACF	模型定阶
拖尾	P 阶截尾	AR(p)模型
q 阶截尾	拖尾	MA(q)模型
拖尾	拖尾	ARMA(p,q)模型

4.2. 模型的优化

在时间序列分析中对于平稳时间序列建模时，有时候我们可以对同一个平稳非白噪声序列建立多种模型，此时，我们需要选择最优模型来进行拟合分析。在选择最有模型时，一般根据 AIC 准则或者 BIC 准则来进行确定，判断规则是 AIC 或者 BIC 数值越小，说明模型拟合越好。

4.3. 模型的估计

对于模型的估计，我们常见的一共有三种方法，分别是矩估计，极大似然估计和最小二乘估计。在本文中，我们采用的是最小二乘估计所以在这里我们只详细介绍最小二乘估计。最小二乘估计：

在 ARMA(p,q)模型场合，记

$$\tilde{\beta} = (\phi_1, \dots, \phi_p, \theta_1, \dots, \theta_q)'$$

$$F_t(\tilde{\beta}) = \phi_1 x_{t-1} + \dots + \phi_p x_{t-p} - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

残差项为：

$$\varepsilon_t = x_t - F_t(\tilde{\beta})$$

残差平方和为：

$$Q(\tilde{\beta}) = \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 = \sum_{t=1}^n (x_t - \phi_1 x_{t-1} - \dots - \phi_p x_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q})^2$$

使得残差平方和达到最小的那组参数即为 $\tilde{\beta}$ 的最小二乘估计值。

4.4. 模型的拟合和预测

本文选取了 1979~2020 年的山东省 GDP 数据，数据来源于 2021 年的山东省统计年鉴。数据如表 2 所示：

Table 2. Shandong Province GDP in 1979-2020
表 2. 山东省 1979~2020 年 GDP

年份	GDP	年份	GDP	年份	GDP
1979	251.6	1993	2770.37	2007	22718.06
1980	292.13	1994	3844.5	2008	27106.22
1981	346.57	1995	4953.35	2009	29540.8
1982	395.38	1996	5883.8	2010	33922.49
1983	459.83	1997	6537.07	2011	39064.93
1984	581.56	1998	7021.35	2012	42957.31
1985	680.46	1999	7493.84	2013	47344.33

Continued

1986	742.05	2000	8278.06	2014	50774.84
1987	892.29	2001	9076.22	2015	55288.79
1988	1117.66	2002	10076.52	2016	59762.46
1989	1293.94	2003	10903.23	2017	63012.1
1990	1511.19	2004	13308.08	2018	66648.87
1991	1810.54	2005	15947.51	2019	70540.48
1992	2196.53	2006	18967.8	2020	73129

注：单位(亿元)。

首先，我们要判断数据的平稳性，在本文中，我们应用到的是时序图检验和单位根检验。首先，做出数据的时序图，如图 1：

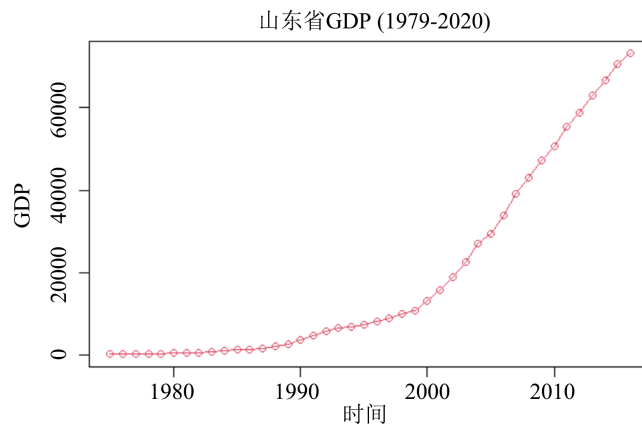


Figure 1. Timing diagram of the original sequence
图 1. 原始序列时序图

通过时序图，我们发现 GDP 数据有明显的增长趋势，可以非常容易地判断出 GDP 原始序列为非平稳序列。接下来我们对数列进行一阶差分处理。

进行一阶差分后，数据的时序图如图 2 所示：

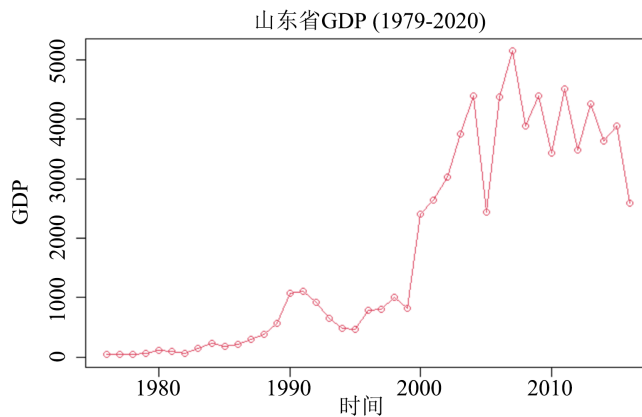


Figure 2. Timing diagram after first-order differencing
图 2. 一阶差分后时序图

由时序图可知，一阶差分后的数据还是存在轻微的增长趋势，接下来对数据进行单位根检验，来判断数据是否平稳，单位根检验结果如图 3 所示：

```
Augmented Dickey-Fuller Test
alternative: stationary

Type 1: no drift no trend
lag      ADF p.value
[1,]    0 -0.6078  0.455
[2,]    1  0.0933  0.665
[3,]    2  0.1892  0.692
Type 2: with drift no trend
lag      ADF p.value
[1,]    0 -1.474  0.524
[2,]    1 -0.966  0.701
[3,]    2 -0.906  0.722
Type 3: with drift and trend
lag      ADF p.value
[1,]    0 -2.73  0.280
[2,]    1 -1.62  0.715
[3,]    2 -1.44  0.788
-----
Note: in fact, p.value = 0.01 means p.value <= 0.01
```

Figure 3. Unit root test results

图 3. 单位根检验结果

由单位根检验结果可知，一阶差分后的 P 值均大于 0.05，这表示此时数据仍为非平稳序列，所以需要继续对数据进行差分处理。二阶差分后，数据的时序图如图 4 所示：

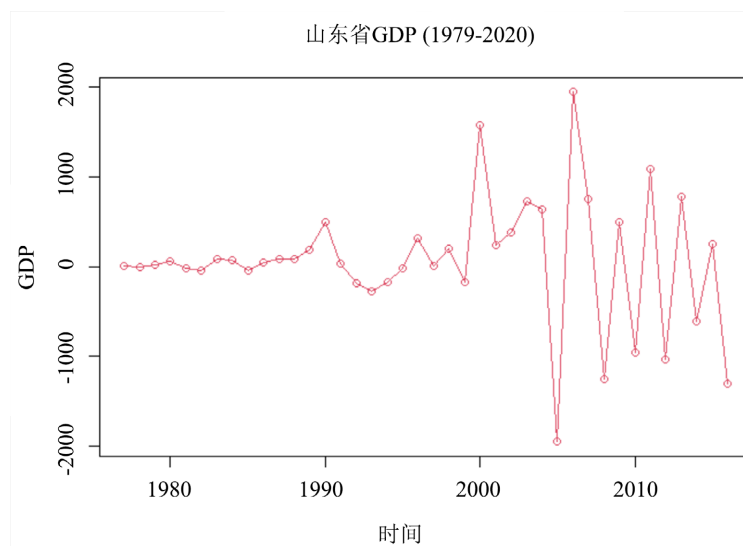


Figure 4. Timing diagram after second-order differencing

图 4. 二阶差分后时序图

通过观察时序图，我们可以发现，序列表现出了平稳的特征，二阶差分后的序列基本上围绕着均值上下波动，这说明了二阶差分对原始序列所蕴含的长期趋势提取的比较充分。接下来，我们可以再通过单位根检验，来进一步确定 2 阶差分后的数据是否平稳。单位根检验的输出结果如图 5 所示：

```
Augmented Dickey-Fuller Test
alternative: stationary

Type 1: no drift no trend
lag ADF p.value
[1,] 0 -9.55 0.01
[2,] 1 -5.23 0.01
[3,] 2 -3.49 0.01
Type 2: with drift no trend
lag ADF p.value
[1,] 0 -9.61 0.0100
[2,] 1 -5.37 0.0100
[3,] 2 -3.66 0.0101
Type 3: with drift and trend
lag ADF p.value
[1,] 0 -9.49 0.0100
[2,] 1 -5.29 0.0100
[3,] 2 -3.56 0.0486
----
Note: in fact, p.value = 0.01 means p.value <= 0.01
```

Figure 5. Unit root test results
图 5. 单位根检验结果

由 R 软件的输出结果可知，二阶差分后，P 值均小于 0.05，可认为在 95%的水平下，二阶差分后的序列为平稳性序列。

接下来，对二阶差分后的数据进行随机性检验。R 的输出结果如图 6 所示：

```
Box-Ljung test

data: GDP
X-squared = 165.77, df = 6, p-value < 2.2e-16
```

Figure 6. Randomness test results
图 6. 随机性检验结果

由 R 软件的输出结果可知，该序列可拒绝纯随机性的原假设，说明数据的波动有统计规律。由上述分析可知，二阶差分后的序列可通过平稳性检验和纯随机性检验，这说明二阶差分后，序列为平稳序列。接下来就可以对处理后的序列拟合 ARIMA 模型，并通过自相关系数和偏自相关系数为模型定阶。二阶差分后 GDP 的自相关图和偏自相关图如图 7 和图 8 所示：

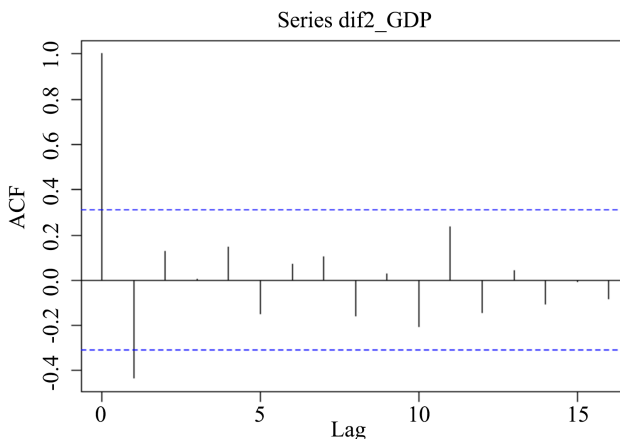


Figure 7. Sequence autocorrelation diagram
图 7. 序列自相关图

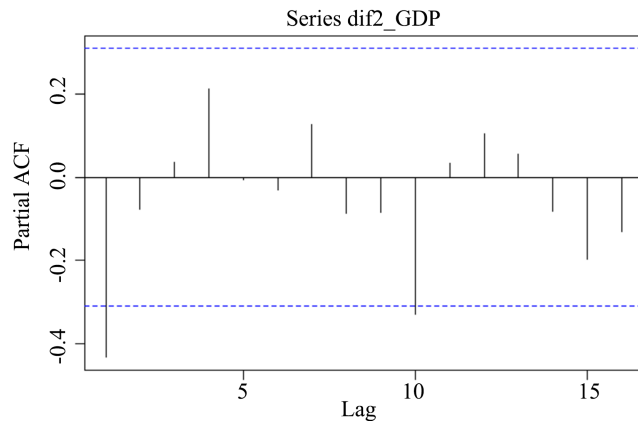


Figure 8. Sequence biased autocorrelation plot
图 8. 序列偏自相关图

根据自相关系数和偏自相关系数的特征，我们可以判断该序列自相关系数一阶截尾，偏自相关系数一阶截尾。我们可以拟合的模型有 ARIMA(1,2,0)模型，ARIMA(0,2,1)模型，ARIMA(1,2,1)模型。根据 AIC 准则，BIC 准则，我们选取这三个模型中最优的模型，R 软件的输出结果如表 3 所示：

Table 3. Model optimization test results
表 3. 模型优化检验结果

模型类别	AIC	BIC
ARIMA(1,2,0)	634.519	637.8968
ARIMA(0,2,1)	615.8541	629.2319
ARIMA(1,2,1)	626.6829	633.2333

最小信息量准则检验显示，无论是使用 AIC 准则还是使用 BIC 准则，ARIMA(0,2,1)模型都要优于其他两个模型，所以，在本文中我们拟合的模型为 ARIMA(0,2,1)模型。选择模型后，我们要对拟合模型进行显著性检验，其中包括，模型的显著性检验和参数的显著性检验。检验输出结果如图 9 所示：

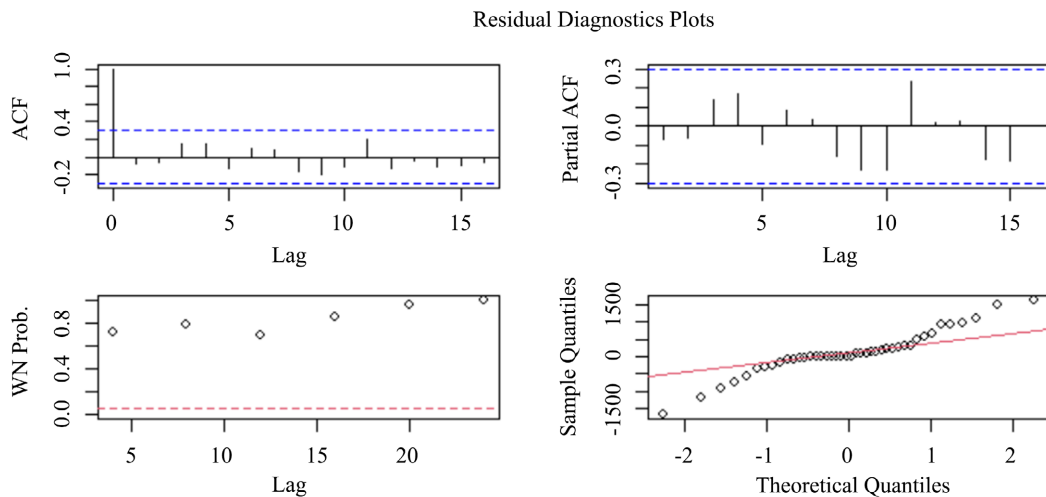


Figure 9. Model significance test
图 9. 模型显著性检验

由上图可知，模型的显著性成立。

接下来，检验参数的显著性，R 的输出结果如表 4 所示：

Table 4. Significance test of parameters

表 4. 参数的显著性检验

P 值	0.001238206
-----	-------------

由参数的检验的输出结果可知，P 值远远小于 0.05，所以模型的参数的显著性检验成立。当模型通过检验后，就可以进行拟合与预测。模型的拟合结果如图 10 所示：

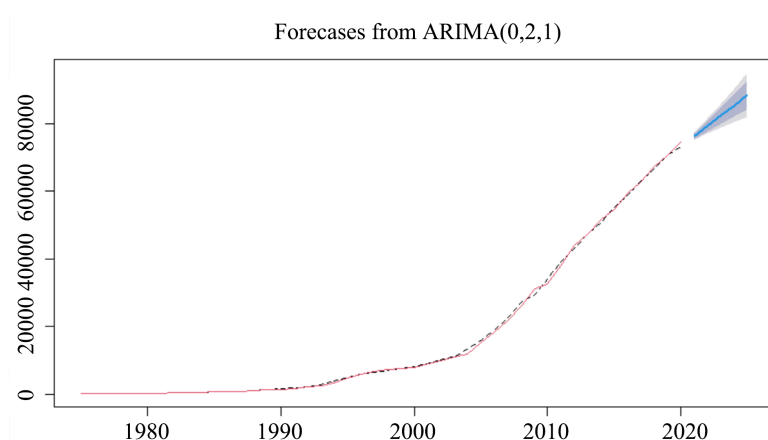


Figure 10. Model fitting results

图 10. 模型拟合结果

由模型拟合的输出结果图可知，序列的真实值和拟合值基本一致，这说明我们所拟合的模型效果良好，可用该模型来进行预测。根据上述步骤，我们首先选取 1979~2016 年的山东省 GDP 数据作为测试集，用来预测未来四年(2017、2018、2019、2020 年)的 GDP 数据，将预测值与真实值做对比，看相对误差的情况。

真实值与预测值的对比情况如表 5 所示：

Table 5. Comparison of relative errors

表 5. 相对误差对比表

年份	真实值	预测值	相对误差
2017	63012.1	62613.15	0.32%
2018	66648.87	66366.66	0.42%
2019	70540.48	70145.22	0.56%
2020	73129	73917.32	1.0%

通过上表，我们可以看出，拟合模型的相对误差都在 5% 以下，说明我们建立的模型预测效果良好。相比较而言，2020 年的相对误差稍微大了一点，我们猜测可能有两种原因，一是本文所拟合的 ARIMA 模型，可能更适合于短期预测；还有一种可能就是，2019 年末，新冠疫情爆发，经济发展受到影响，可能导致了真实值与预测值相差有点大。但结果的相对误差仍然在合理范围之内。所以，我们可将模型用于预测山东省未来五年的 GDP 发展情况。预测结果如表 6 所示：

Table 6. GDP projections
表 6. GDP 预测值

年份	预测值
2021	76184.17
2022	79239.34
2023	82294.51
2024	85394.69
2025	88404.86

通过观察预测结果，我们发现，山东省 GDP 依然是呈现增长趋势，但 2021 年、2020 年的增长态势相较于之前，增速有点放缓，可能是新冠疫情对山东省的经济发展造成了一定的影响。

5. 结论

本文通过建立 ARIMA 模型，对山东省的 GDP 发展做出了一定的分析和预测。本文选取山东省统计局 2021 年公布的 1979~2020 年 GDP 数据为测试集，通过建立 ARIMA 模型，来预测未来五年的山东省 GDP 发展情况。从模型的测试情况来看，模型的相对误差全都在 5% 以下，说明拟合的该模型预测效果良好，预测结果有一定的参考价值。从最后预测的结果来看，山东省 GDP 仍然是保持了稳定增长的态势，但在疫情刚开始阶段对山东省经济也是产生了轻微的影响，疫情对经济发展的影响会持续多长时间，还需要我们进一步的研究探索。模型的预测结果也可为当地经济政策决定者提供一定的参考价值。同时，由测试集可知，随时预测年份的逐渐增加，预测的相对误差也有增加，说明随着预测年份的增加，预测的精度也发生了下降，反映出 ARIMA 模型可能更适合于短期预测的模型，还有一种可能性就是，2020 年的预测精度下降，也有可能是新冠疫情对经济产生了影响，使得模型的预测精度下降了一些，这说明，疫情的发生，确实对经济的发展产生了影响。这提醒我们，面对经济现象的复杂性和不确定性，我们要提高管科的科学水平。减少决策的盲目性，就要及时预测，在疫情期间更是如此。所谓预测，也就是“鉴往知来”，综合各方方面的信息，运用定性和定量的方法，揭示经济运行的规律，据此来推断经济现象和经济未来发展的方向和结果。选取合适的经济模型，会让我们的研究结果更具参考价值。

通过本文的预测结果，我们得出以下几条结论：(一) 时间序列分析方法在用于预测价格波动和经济发展状况时，短期的预测效果良好，说明该方法非常适合短期预测；(二) ARIMA 模型构建简单，准确性较高，是值得我们好好学习并熟练掌握的模型方法；(三) 根据模型的预测结果，我们可以清楚的看到，新冠疫情确实给经济发展带来了一定的影响。

参考文献

- [1] 王霞, 司诺, 宋涛. 中国季度 GDP 的即时预测与混频分析[J]. 金融研究, 2021(8): 22-41.
- [2] 申佳帆, 黄云开. 云南 GDP 预测及分析[J]. 红河学院学报, 2022, 20(4): 96-102.
- [3] 杨智凯, 范彦勤, 印海廷, 等. 于 ARIMA 模型对桂林市 GDP 的预测研究[J]. 桂林航天工业学院学报, 2021, 26(4): 477-483.
- [4] 查华, 石舫. 基于 ARIMA 模型对江苏省 GDP 的预测[J]. 兰州文理学院学报, 2022, 36(3): 33-36, 54.
- [5] 肖东亚. 基于 ARIMA 模型的江苏省 GDP 的预测分析[J]. 中小企业管理与科技, 2021(19): 120-121.