

基于时间序列分析的广东省GDP的预测

程淮淋

华南师范大学数学科学学院, 广东 广州

收稿日期: 2023年5月14日; 录用日期: 2023年6月4日; 发布日期: 2023年6月16日

摘要

GDP是衡量一个国家或地区经济状况和发展水平的重要指标。因此, 我们运用时间序列的方法对GDP变化作出预测是十分有意义的。在本文中, 我们研究了ARIMA模型、指数平滑模型和方差倒数法组合预测模型三种模型对广东省2018~2021年GDP的预测效果。结果发现Holt两参数指数平滑模型的预测精度优于方差倒数法组合预测模型, 组合预测模型优于ARIMA模型。

关键词

GDP预测, ARIMA模型, Holt两参数指数平滑模型, 组合预测模型

The Forecast of GDP in Guangdong Province Based on Time Series Analysis

Huilin Cheng

School of Mathematical Sciences, South China Normal University, Guangzhou Guangdong

Received: May 14th, 2023; accepted: Jun. 4th, 2023; published: Jun. 16th, 2023

Abstract

GDP is an important indicator for measuring the economic status and development level of a country or region. Therefore, it is very meaningful for us to use the time series method to predict changes in GDP. In this article, we studied the predictive effects of three models, ARIMA model, exponential smoothing model, and reciprocal variance method combination prediction model, on the GDP of Guangdong Province from 2018 to 2021. The results showed that the prediction accuracy of the Holt two-parameter exponential smoothing model was superior to the reciprocal variance combined prediction model, and the combined prediction model was superior to the ARIMA model.

Keywords

GDP Prediction, ARIMA Model, Holt Two-Parameter Exponential Smoothing Model, Combined Prediction 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

GDP 是判断宏观经济运行状况的一个重要指标,同时也是政府制定经济发展战略的重要依据。广东省的经济一直保持迅猛发展,且其经济发展状况可以代表中国一线城市和新一线城市的发展水平。对广东省 GDP 进行有效地分析预测对于研究其经济水平有着重大意义。

近年来,国内外学者们从各个不同角度对 GDP 预测进行了研究。许多学者在预测精度要求不高时会选择经典的时间序列方法对 GDP 进行预测。严彦文[1]对 1975~2015 年山东省 GDP 进行分析,运用统计学原理,建立了 ARIMA(1,1,1)模型,实验结果表明 ARIMA(1,1,1)型有良好的预测效果。范恒瑞等[2]使用 ARIMA 模型与指数平滑法对江苏省未来若干年的 GDP 进行了预测,结果显示两种方法在较长的时间内预测结果有较大差别,但 ARIMA 模型在近期预测中效果较好。随着研究的逐步加深,越来越多研究者发现经典模型在理论和应用上存在很多局限性。在人们锲而不舍地研究下,时间序列分析在多变量、异方差、非线性等条件下取得了前所未有的进展。渐渐地,更多的 GARCH 族模型出现在人们的视野中。王丹和冯长焕[3]用 HP 滤波法将我国 GDP 序列分解成趋势序列和循环序列,由 GDP 序列减去预测的循环序列得到新的趋势序列并对其进行建立 ARIMA-ARCH 预测模型,与直接对 GDP 序列进行建模的预测结果进行比较,该方法的预测结果精度更高,验证了其可行性。此外,也有学者将 ARIMA 模型与 BP 神经网络进行组合来构建组合预测模型。莫东序[4]在广西的 GDP 预测中,利用 ARIMA-BP 神经网络混合预测,从预测结果看,混合模型的预测值优于应用单一的时间序列模型的预测值。

多数学者对于 GDP 的预测在预测精度要求不高时较多选择经典时间序列方法,由于此类传统方法操作方便,且具备较高的准确度能在一定程度上满足人们的预测目的。因此,本文以广东省 GDP 数据集为例,利用 ARIMA 模型和指数平滑模型建立单项预测模型,并在两项单项预测模型基础上建立方差倒数法组合预测模型,根据 MAPE、SSE、RMSE 和 Theil IC 四项指标,探讨出预测效果最好的模型用于广东省 GDP 的预测。

2. 广东省 GDP 的分级预测

2.1. 基于 ARIMA 模型的广东省 GDP 预测

2.1.1. 数据选取

本文采用广东省 1978~2021 年 44 年的 GDP 历史数据作为样本观测值,其中以 1978~2017 年 GDP 数据为训练集,以 2018~2021 年 GDP 数据为测试集。

2.1.2. 数据的平稳性检验及处理

对广东省 1978~2017 年 GDP 共 40 个数据绘制时序图,如图 1 所示。时序图蕴含显著的线性递增趋势,说明该序列非平稳,因此我们需对其进行差分处理,使非平稳时间序列转化成平稳的。先进行一阶

差分处理,一阶差分后的序列(如图 2 所示)在波动中有上升趋势,表示序列未达到平稳状态。为使序列达到平稳状态,我们在此基础上继续对一阶差分后时间序列做差分处理得到二阶差分后时序图,如图 2 所示。

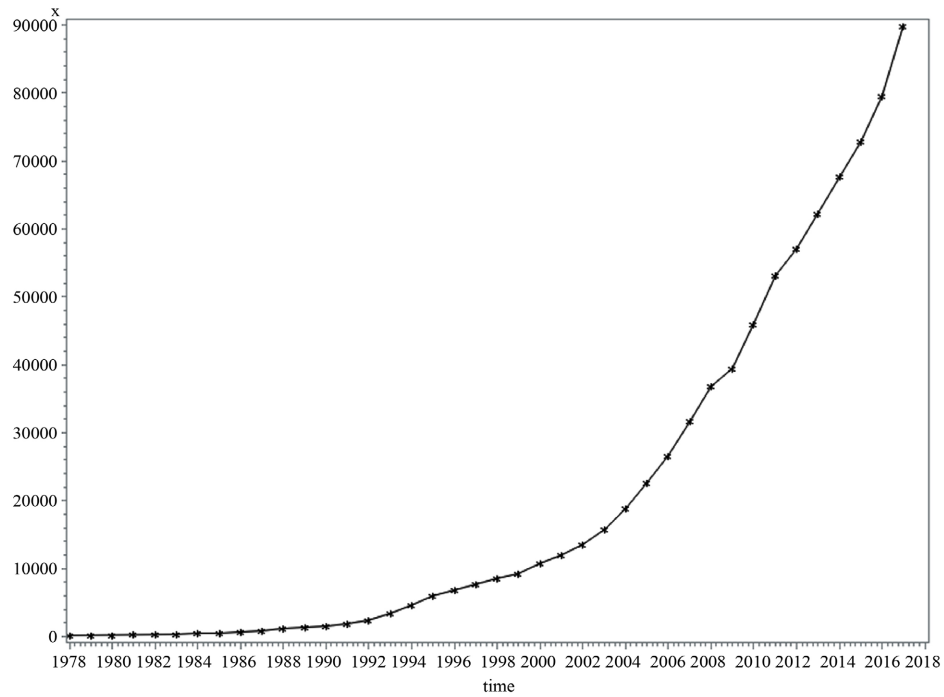
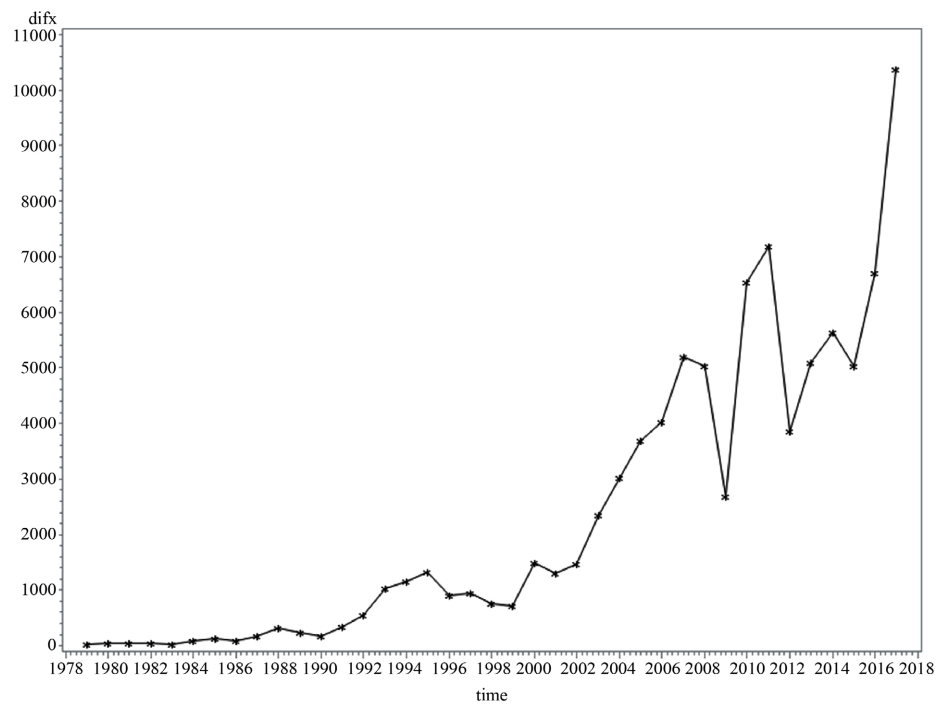


Figure 1. GDP time series of Guangdong Province from 1978 to 2017

图 1. 广东省 1978~2017 年 GDP 时序图



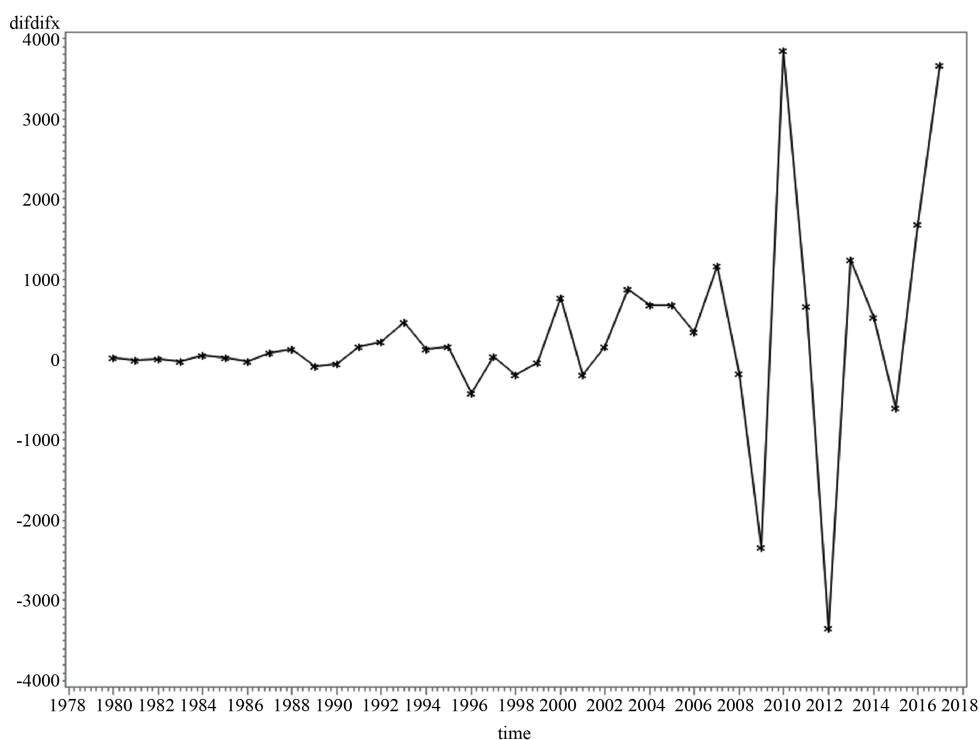


Figure 2. Time series of Guangdong Province's GDP after first and second order difference from 1978 to 2017

图 2. 广东省 1978~2017 年 GDP 一阶、二阶差分后时序图

二阶差分后的序列基本围绕在 0 值附近波动，此时已经没有明显的趋势特征，因此我们可以认为二阶差分后的序列是平稳的。为验证二阶差分后的时间序列是否真正达到平稳状态，我们需要继续对其进行 ADF 平稳性检验，结果如表 1 所示。

Table 1. Stationary test results of Guangdong Province's GDP second-order difference series from 1978 to 2017

表 1. 广东省 1978~2017 年 GDP 二阶差分后序列平稳性检验结果

增广 Dickey-Fuller 单位根检验							
类型	滞后	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
Zero Mean	0	-41.8117	<0.0001	-5.93	<0.0001		
	1	-163.718	0.0001	-6.37	<0.0001		
	2	-17.4680	0.0018	-1.69	0.0851		
Single Mean	0	-43.6785	0.0002	-6.22	0.0002	19.46	0.0010
	1	-228.720	0.0001	-7.29	0.0002	26.82	0.0010
	2	-36.0712	0.0002	-2.35	0.1614	3.04	0.3206
Trend	0	-44.9348	<0.0001	-6.47	0.0001	21.27	0.0010
	1	-268.552	0.0001	-7.97	0.0001	32.37	0.0010
	2	-57.3922	<0.0001	-2.86	0.1874	4.62	0.2875

ADF 检验结果显示, 二阶差分后序列的所有 ADF 检验统计量的 P 值全部小于 0.05, 因此我们可以确认实现了平稳。下面我们应该继续对二阶差分后的序列做白噪声检验, 结果如表 2 所示。

Table 2. White noise test results of the second order difference series of GDP in Guangdong Province from 1978 to 2017
表 2. 广东省 1978~2017 年 GDP 二阶差分后序列白噪声检验结果

白噪声的自相关检查									
至滞后	卡方	自由度	Pr > 卡方	自相关					
6	22.92	6	0.0008	-0.140	-0.398	0.430	-0.039	-0.357	0.175

表 2 显示延迟 6 阶、12 阶、18 阶的 LB 统计量的 P 值小于 0.05, 则拒绝原假设, 认为二阶差分后的序列为非白噪声序列, 也就是说二阶差分后的序列是平稳的非白噪声序列。

2.1.3. ARIMA 模型定阶

图 3 显示延迟 2 阶、3 阶自相关系数大于 2 倍标准差, 延迟 2 阶、3 阶的偏自相关系数大于 2 倍标准差。因此, 首先尝试构建疏系数模型 ARIMA((2,3),2,(2,3)), 接着根据模型和各参数检验结果调整系数。最后, 在通过参数检验和残差白噪声检验的所有模型中, ARIMA(0,2,(2,3))去除常数项后模型的 AIC 和 BIC 信息量同时达到最小。因此, 我们选取 ARIMA(0,2,(2,3))去除常数项后的模型为广东省 GDP 的拟合模型, 拟合模型的形式为:

$$\nabla^2 X_t = (1 - 0.49682B^2 + 0.50318B^3)\varepsilon_t, \varepsilon_t \sim NID(0, 951752.7)$$

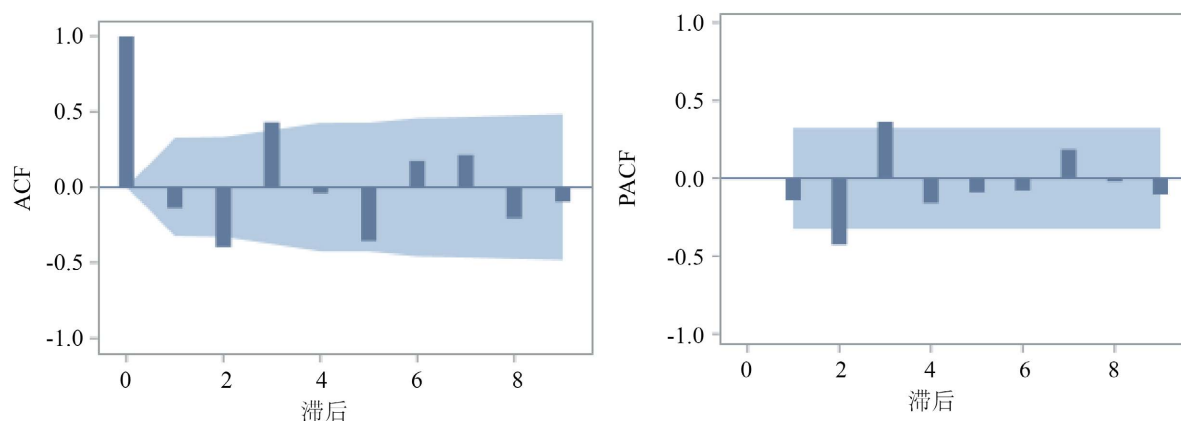


Figure 3. Sequential auto-correlation and partial auto-correlation of GDP after second-order difference in Guangdong Province from 1978 to 2017

图 3. 广东省 1978~2017 年 GDP 二阶差分后序列自相关图、偏自相关图

2.1.4. ARIMA 模型白噪声检验

表 3 显示在各延迟阶数下, 所有 P 值均大于 0.05, 则我们可认为 ARIMA(0,2,(2,3))去除常数项后模型通过了残差白噪声检验, 即该模型显著成立。

2.1.5. ARIMA 模型预测

我们借助 ARIMA 拟合模型, 对广东省 2018~2021 年 GDP 进行预测, 预测结果分别为 99213.01、107719.73、117995.68 和 128271.62。预测效果如图 4 所示, 可以看出 ARIMA(0,2,(2,3))去除常数项后模

型对广东省 GDP 测试集数据的拟合效果是不错的。

Table 3. Test results of residual white noise

表 3. 残差白噪声检验结果

残差的自相关检查									
至滞后	卡方	自由度	Pr > 卡方	自相关					
6	4.29	4	0.3687	0.094	-0.137	0.148	-0.041	-0.111	0.179
12	13.21	10	0.2122	0.238	-0.237	-0.035	0.181	0.125	0.098
18	15.91	16	0.4591	0.152	0.062	0.056	0.054	0.094	0.006
24	17.45	22	0.7380	-0.055	-0.030	-0.057	0.047	0.057	0.061

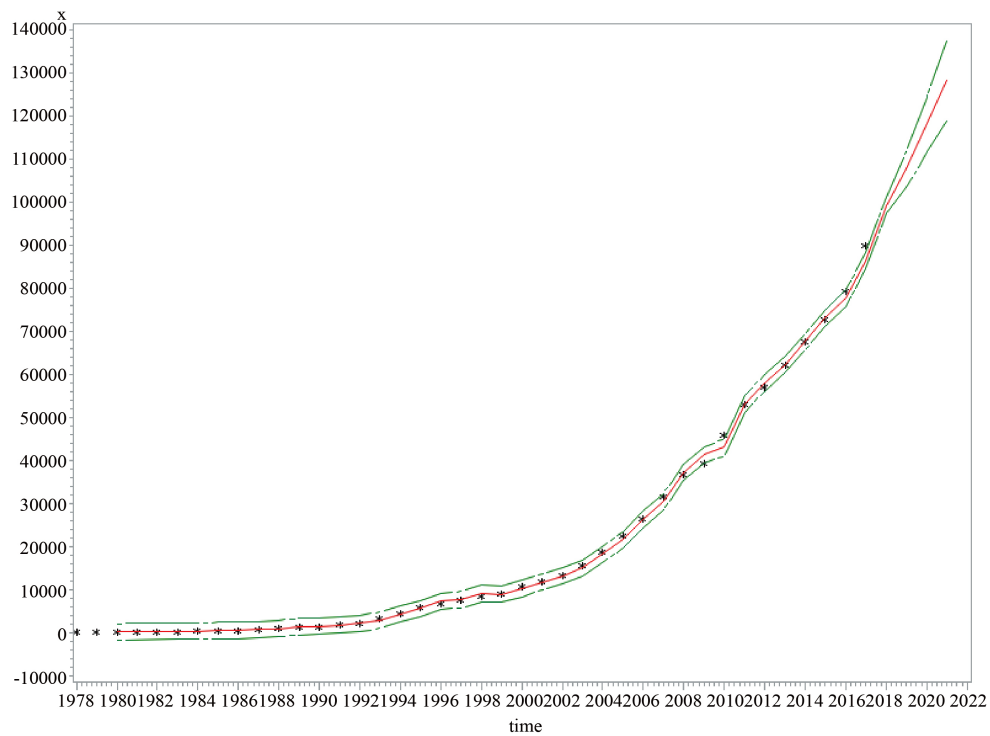


Figure 4. GDP ARIMA model prediction effect in Guangdong Province from 1978 to 2021

图 4. 广东省 1978-2021 年 GDP ARIMA 模型预测效果

下面对广东省 2018~2021 年 GDP 的预测值和真实值进行比较分析，如表 4 所示。

Table 4. Analysis of ARIMA Model Prediction Results

表 4. ARIMA 模型预测结果分析

年份	真实值	预测值	绝对误差	相对误差	平均相对误差
2018	97277.77	99213.01	-1935.24	0.019893959	0.029259552
2019	107671.07	107719.73	-48.66	0.000451931	
2020	110760.94	117995.68	-7234.74	0.065318513	
2021	124369.67	128271.62	-3901.95	0.031373806	

由表 4 可知, ARIMA 拟合模型对广东省 2018~2021 年 GDP 预测的平均相对误差为 0.029259552, 近似 2.93%。相对误差都在 0.07 以下, 可以说明预测结果是好的, 预测是有效的。2020 年预测相对误差较大, 我们考虑到是受到了新冠肺炎疫情的影响。

2.2. 基于指数平滑模型的广东省 GDP 预测

广东省 1978~2017 年 GDP 序列蕴含显著的线性递增趋势, 对于含有线性趋势的序列, 我们可以采用 Holt 两参数指数平滑进行预测。当时间序列数据是上升(或下降)的发展趋势类型, 应在 0.6~1 之间取较大的平滑系数值[4], 故我们选取平滑系数 $\alpha=0.8$, $\beta=0.8$ 。

通过 Holt 两参数指数平滑法, 不断迭代, 得到最后一期的参数估计值为: $a(t)=88975.1$, $b(t)=9036.61$ 。

因此未来任意 k 期的预测值为: $\hat{x}_{t+k} = 88975.1 + 9036.61k, \forall k \geq 1$ 。

基于 Holt 两参数指数平滑预测模型, 对广东省 2018~2021 年 GDP 的预测结果分别为 98011.71、107048.32、116084.93、125121.54, 预测效果如图 5。

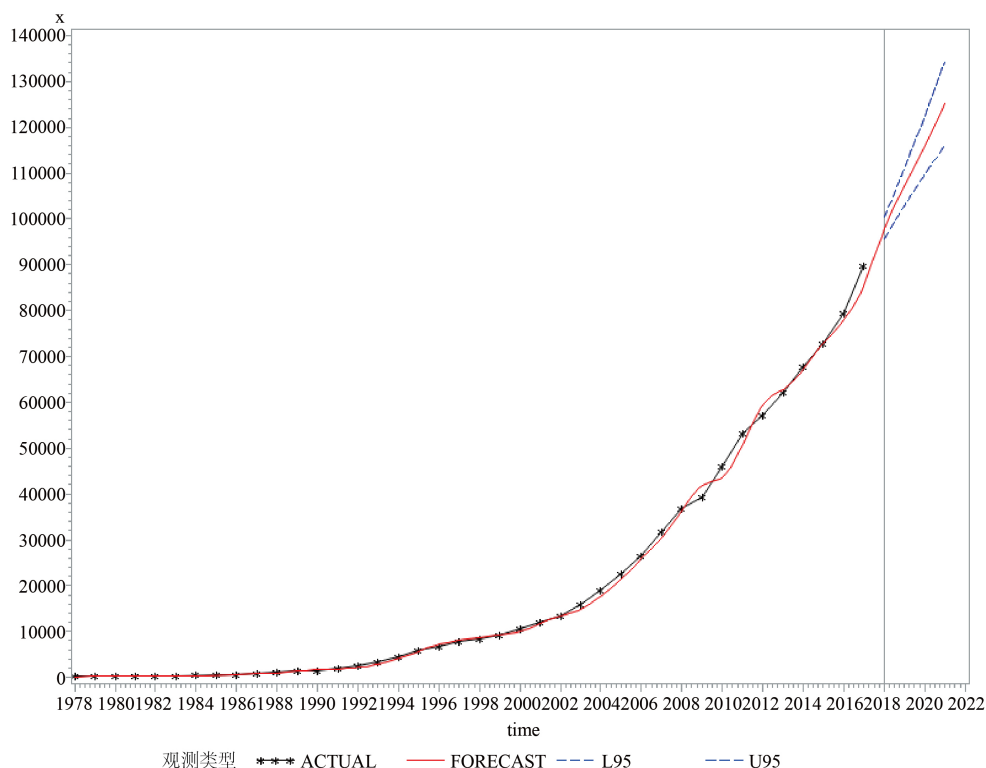


Figure 5. Prediction effect of the smooth model for GDP index in Guangdong Province from 2018 to 2021

图 5. 广东省 2018~2021 年 GDP 指数平滑模型预测效果

下面对广东省 2018~2021 年 GDP 的真实值和预测值进行比较分析, 预测结果分析如表 5 所示。

由表 5 可知, 指数平滑预测模型对广东省 2018~2021 年 GDP 预测的平均相对误差为 0.0168603615, 近似 1.69%。相对误差都在 0.05 以下, 可以说明预测结果是好的, 预测是有效的。2020 年预测相对误差较大, 我们考虑到是受到了新冠肺炎疫情的影响。

Table 5. Analysis of forecast results of exponential smoothing model**表 5.** 指数平滑模型预测结果分析

年份	真实值	预测值	绝对误差	相对误差	平均相对误差
2018	97277.77	98011.71	-733.94	0.007544786	0.0168603615
2019	107671.07	107048.32	622.75	0.005783819	
2020	110760.94	116084.93	-5323.99	0.048067396	
2021	124369.67	125121.54	-751.87	0.006045445	

2.3. 基于组合预测模型的广东省 GDP 预测

对于权系数的确定, 本文选取方差倒数法来讨论组合预测模型的预测结果。设在组合预测模型中共有 k 个单项预测模型(其中 $k=1,2,3,\dots$), w_i 是第 i 个单项模型在组合预测模型中的权系数, 其中 $1 \leq i \leq k$, $\sum_{i=1}^k w_i = 1$, 且 $w_i \geq 0$ 。

$$w_i = \frac{D_i^{-1}}{\sum_{i=1}^k D_i^{-1}}, i=1,2,\dots,k$$

其中, D_i 是第 i 个单项模型真实值与预测值之间差值的平方和, $D_i = \sum_{j=1}^n (y_j - \hat{y}_i(j))^2$ 。因此 ARIMA 模型预测结果的 $D_1 = 71314198.32$, Holt 两参数指数平滑模型预测结果的 $D_2 = 29836663.50$ 。

通过上述分析, 我们可以得到 $w_1 = 0.295$, $w_2 = 0.705$, 构建方差倒数法组合预测模型: $f = 0.295f_1 + 0.705f_2$ 。

基于方差倒数法组合预测模型, 对广东省 2018~2021 年 GDP 的预测结果分别为 98366.09、107246.39、116648.60 和 126050.81。

2.4. 预测模型的综合分析

我们结合平均绝对百分误差(MAPE)、残差平方和(SSE)、均方根误差(RMSE)和希尔不等系数(TheilC)对三种模型的预测结果进行综合分析, 如表 6 所示。

Table 6. Comprehensive analysis of prediction models**表 6.** 预测模型综合分析

模型评估指标	ARIMA	Holt 两参数指数平滑	组合预测
MAPE	2.925955301	1.686036174	2.045143474
SSE	71314198.32	29836663.5	38855565.5
RMSE	4222.386716	2731.147355	3116.711628
Theil IC	0.018827409	0.012276612	0.013976405

由表 6 可知, 从 MAPE 和 Theil IC 来看, 各模型的 MAPE 均小于 3, Theil IC 都小于 1, 说明各模型预测精准度高, 预测效果好。其中 Holt 两参数指数平滑预测模型的 MAPE 值和 Theil IC 最小, 预测精准度最高, 而 ARIMA 预测模型的 MAPE 值和 Theil IC 最大, 预测精准度在三种模型中最低。组合预测模型的 MAPE、Theil IC 均比 ARIMA 预测模型的小, 比 Holt 两参数指数平滑预测模型的大, 说明组合预测模型的预测精准度相对于 ARIMA 模型有所提高, 相对于 Holt 两参数指数平滑预测模型准确度降低。

从 SSE 和 RMSE 来看, Holt 两参数指数平滑预测模型最小, 预测效果最好, 而 ARIMA 预测模型的

SSE 和 RMSE 最大, 预测效果在三种模型中最差。组合预测模型的 SSE、RMSE 均比 ARIMA 预测模型的小, 比 Holt 两参数指数平滑预测模型的大, 说明组合预测模型的预测效果相对于 ARIMA 模型有所提高, 相对于 Holt 两参数指数平滑预测模型降低。

综合来看, 对于广东省 GDP 数据的预测, 预测效果最好的是 Holt 两参数指数平滑预测模型, 其次方差倒数法组合预测模型, 最后是 ARIMA 模型。由对比结果可以看出, 在一定条件下, 组合模型会优于部分单项模型, 但当其中一项单项模型的准确度最高时, 使用组合预测模型会降低预测效果。

3. 总结

本文先使用 ARIMA 模型进行拟合, 确定 ARIMA(0,2,(2,3))去除常数项后模型为拟合模型, 模型通过了白噪声检验说明模型显著成立, 利用该模型进行预测。接着, 使用 Holt 两参数指数平滑模型对广东省 GDP 进行预测, 确定两次平滑系数后, 通过不断迭代得到最后一期的参数估计值, 并得到未来任意 k 期的预测公式。最后, 我们在这两种单项模型的基础上, 建立了方差倒数法组合预测模型。

我们从 MAPE、Theil IC、SSE 和 RMSE 可以看出, 三种模型预测精准度高, 预测效果好。经过对比分析这三种预测模型, 从短期的预测结果来看, 预测效果最好的是 Holt 两参数指数平滑预测模型, 其次方差倒数法组合预测模型, 最后是 ARIMA 模型。从以上分析可以看出, 在一定条件下, 组合模型会优于部分单项模型, 在一定程度上弥补单项预测模型的不足, 但当其中一项单项模型的准确度最高时, 使用组合预测模型会降低预测效果。

我们选取广东省 1978~2021 年 GDP 共 44 个数据作为本文实证分析的依据, 由于数据样本相对较少, 因此会对预测的精度有一定的影响。在之后的研究中, 我们可以考虑将年度 GDP 数据扩展为季度 GDP 数据进行研究。

我们在拟合模型时, 忽略了一些因素的影响。在实际问题的研究中, 只把广东省 GDP 数据为预测的指标来考虑问题不是十分全面, 如我们没有考虑到国家政策、自然灾害或者重大传染性疾病等其它因素带来的影响。2020 年的新冠肺炎疫情爆发对广东省 GDP 的增速产生了影响。在之后的研究中, 我们可以考虑把自然灾害等影响经济的因素加入到模型中进一步完善模型。

参考文献

- [1] 严彦文. 基于 ARIMA 模型的山东省 GDP 的分析与预测[J]. 数学的实践与认识, 2018, 48(4): 285-292.
- [2] 范恒瑞, 任黎秀. ARIMA 与指数平滑法在江苏省 GDP 预测中的应用[J]. 江西农业学报, 2011, 23(2): 187-189. <http://doi.org/10.19386/j.cnki.jxnyxb.2011.02.059>
- [3] 莫东序. ARIMA 与 BP 神经网络混合模型在广西 GDP 预测中的应用[J]. 广西财经学院学报, 2011, 24(6): 31-34.
- [4] 张德南, 张心艳. 指数平滑预测法中平滑系数的确定[J]. 大连铁道学院学报, 2004, 25(1): 79-80.