

# The Relationship between Guangdong Import-Export and the Three Major Industries

Jiean Mo, Jinshan Liu

South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong  
Email: [annst@qq.com](mailto:annst@qq.com)

Received: Mar. 11<sup>th</sup>, 2015; accepted: Mar. 24<sup>th</sup>, 2015; published: Mar. 30<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

In this paper, the univariate dynamic Gray Model of time series GM (1,1) is established to analyze the inherent tendency of the total import-export volume in Guangdong Province, and the forecasting value accurately agrees with the actual value; then to explore the relationship between the total import-export volume and the production of three major industries in Guangdong. After establishing the multivariate Gray Model of time series GM (1,4) on the examination, the fitting value is found precise. Thus, the model can better reflect the dynamic relationship between three major industry and total import-export volume in Guangdong in terms of time, which can provide a scientific basis to develop foreign trade policy for the relevant department.

## Keywords

Grey Model of Time Series, Imports-Exports Volume, Three Major Industrial Production in Guangdong Province

---

# 广东进出口与三大产业的关系研究

莫洁安, 刘金山

华南农业大学, 广东 广州  
Email: [annst@qq.com](mailto:annst@qq.com)

收稿日期：2015年3月11日；录用日期：2015年3月24日；发布日期：2015年3月30日

## 摘要

本文先对广东省的进出口总额进行分析，建立相应的实用单变量动态灰色时间序列预测模型GM(1,1)，分析进出口总额的内在变化趋势，模拟预测效果佳，然后进一步探讨进出口总额和广东三大产业生产总值的影响关系，建立多变量灰色时间序列预测模型GM(1,4)，经检验模型的拟合预测效果比较好，能反映广东省进出口总额影响三大产业生产总值方面的动态关系，能够比较准确预测未来的生产总值进而明确三大产业发展的方向。

## 关键词

灰色时间序列预测，进出口总额，广东三大产业

## 1. 引言

进出口总额指实际进出我国国境的货物(包括贸易和非贸易)的价值总和,反映一个国家在对外经济贸易方面实际进出口货物的总规模,我国的对外贸易作为我国经济体系的重要组成部分,在促进我国经济发展、增加就业、增进与世界各国人民的联系与友谊等诸多方面都发挥着重要的作用。广东省作为我国南方的经济大省,得天独厚的自然和社会环境下,进出口贸易尤为突出,对外贸易对广东省经济发展的影响也越来越显著,其中广东省经济发展是关乎三大产业的生产总值的直接体现。因此,研究广东省的进出口总额和广东省的三大产业生产总值的可持续发展具有重要的意义。

## 2. 文献分析与方法分析

进出口总额是一国经济贸易的重要指标,对进出口总额的影响因素进行实证分析可以知道,生产总值 GDP 与我国进出口总额存在正相关关系[1],三大产业生产总值与总生产总值 GDP 之间的关系对于我国经济的可持续发展十分重要[2],因此研究进出口总额对三大产业的影响尤为重要。

赵娟(2012)对广西进出口贸易与三大产业关系实证分析,用 VAR 模型实证分析三大产业分别对进出口贸易的贡献度[3]。张世晴与陈文政总结了既有的有关进出口贸易拉动 GDP 增长的研究成果基础上,运用 HP 滤波、相关系数矩阵及协整分析,进一步研究了进出口总额和生产总值与 GDP 增长的关系[4]。常静利用灰色关联评价方法对云南的三大产业与 GDP 的关联度进行了分析[5]。宋秀英运用灰色序列预测通过鉴别系统因素之间发展趋势的相异程度,并对原始数据进行生成处理来寻找系统变动的规律,介绍了灰色序列预测模型 GM(1,1)的基本原理和精度检验方法,并用 GM(1,1)模型对经济指标进行了预测[6],Liu Sifeng 成功运用灰色系统预测河南省干旱和洪水泛滥的案例[7][8]。

这些文献都表明,进出口总额对三大产业生产总值的影响比较重要,综合研究进出口总额与三大产业之间的影响的成果,顺着上述文献的思路,本文提出进出口总额影响广东三大产业的灰色时间序列预测模型。

在接下来的文章中,建立进出口总额单变量灰色时间序列预测模型 GM(1,1),通过进行检验后分析进出口总额的内在变化趋势,紧接着进一步探讨进出口总额和广东三大产业生产总值的影响关系,建立多变量灰色时间序列预测模型 GM(1,4),经检验后得出进出口总额影响三大产业生产总值方面的动态关

系模型，从而可以准确预测未来的生产总值进而明确三大产业发展的方向。

### 3. 模型建立与分析

#### 3.1. 单变量灰色时间序列预测模型 GM(1,1)

本节先建立进出口总额单变量灰色时间序列预测模型 GM(1,1)，运用原始时间序列进行数据处理生成处理来寻找系统变动的规律，生成有较强规律性的数据序列，然后建立相应的动态微分方程模型，进而建立微分方程形式的模型，建模的实质是建立微分方程的系数。用观察到的反映预测对象特征的时间序列来构造灰色预测模型，预测未来某一时刻的特征量，或达到某一特征量的时间[9]。

单变量灰色时间序列预测模型 GM(1,1)建立的步骤：

(1) 设时间序列  $X^{(0)}$  有  $n$  个观察值， $X^{(0)} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)\}$ ，通过累加生成新序列  $X^{(1)} = \{X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)\}$ ，则 GM(1,1)模型相应的微分方程为：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + \alpha X^{(1)} = \mu \quad (1)$$

其中： $\alpha$  称为发展灰数； $\mu$  称为内生控制灰数。

(2) 为了得到模型参数的估计值，需要将上述微分方程(1)得到参数的估计值，先进行转化，设待估参数向量为  $\hat{\alpha}$ ，则记为  $\hat{\alpha} = \begin{pmatrix} \alpha \\ \mu \end{pmatrix}$ ，可利用最小二乘法求解，可得：

$$\hat{\alpha} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n \quad (2)$$

其中  $B$  为已知数据矩阵， $Y_n = (X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n))^T$ 。

求解微分方程，即可得预测模型：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left[ X^{(0)}(1) - \frac{\mu}{\alpha} \right] e^{-\alpha k} + \frac{\mu}{\alpha}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

(3) 模型检验

灰色预测检验一般有残差检验、关联度检验和后验差检验。

#### 3.2. 多变量灰色时间序列预测模型 GM(1,N)理论

进一步探讨进出口总额和广东三大产业生产总值的影响关系，建立多变量灰色时间序列预测模型 GM(1,N)，其步骤如下：

(1) 设有  $N$  个数列  $X_i^{(0)} = (X_i^{(0)}(1), X_i^{(0)}(2), \dots, X_i^{(0)}(n))$ ， $i = 1, 2, \dots, N$

对  $X_i^{(0)}$  做累加生成，得到生成数列

$$\begin{aligned} X_i^{(1)} &= \left( X_i^{(0)}(1), \sum_{m=1}^2 X_i^{(0)}(m), \dots, \sum_{m=1}^n X_i^{(0)}(m) \right) \\ &= (X_i^{(1)}(1), X_i^{(1)}(1) + X_i^{(0)}(2), \dots, X_i^{(1)}(n-1) + X_i^{(0)}(n)), \quad i = 1, 2, \dots, N. \end{aligned}$$

(2) 我们将数列  $X_i^{(1)}$  的时刻  $k = 1, 2, \dots, n$  看作连续的变量  $t$ ，而将数列  $X_i^{(1)}$  转而看成时间  $t$  的函数  $X_i^{(1)} = X_i^{(1)}(t)$ 。如果数列  $X_2^{(1)}, X_3^{(1)}, \dots, X_N^{(1)}$  对  $X_1^{(1)}$  的变化率产生影响，则可建立白化式一阶微分方程

$$\frac{dX_1^{(1)}}{dt} + \alpha X_1^{(1)} = b_1 X_2^{(1)} + b_2 X_3^{(1)} + \dots + b_{N-1} X_N^{(1)} \quad (4)$$

这个微分方程模型记为 GM(1,N)。

方程(1)的参数向量  $\alpha = (a, b_1, b_2, \dots, b_{N-1})^T$ 。

(3) 再设  $Y_N = (X_1^{(0)}(2), X_1^{(0)}(3), \dots, X_1^{(0)}(n))^T$ ，将方程(1)按差分法离散，即为了得到模型参数的估计值，需要将上述微分方程(4)转化为离散形式，从而可得到参数的估计值可得到线性方程组， $\bar{B}$  为协调系数，形如

$$Y_N = \bar{B}\hat{\alpha} \quad (5)$$

按照最小二乘法，有

$$\hat{\alpha} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N \quad (6)$$

其中，利用两点滑动平均的思想，最终可得矩阵

$$B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}(X_1^{(1)}(1) + X_1^{(1)}(2)) & X_2^{(1)}(2) & \cdots & X_N^{(1)}(2) \\ -\frac{1}{2}(X_1^{(1)}(2) + X_1^{(1)}(3)) & X_2^{(1)}(3) & \cdots & X_N^{(1)}(3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(X_1^{(1)}(n-1) + X_1^{(1)}(n)) & X_2^{(1)}(n) & \cdots & X_N^{(1)}(n) \end{pmatrix}$$

求出  $\hat{\alpha}$  后，微分方程(4)便确定了。

(4) 从而求解微分方程，得 GM(1,N)时间响应函数，即可得动态灰色时间预测模型：

$$\hat{Y}^{(1)}(k) = \left[ Y^{(0)}(1) - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{b_i}{a} X_i^{(1)}(k) \right] e^{-a(k-1)} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{b_i}{a} X_i^{(1)}(k), \quad k = 2, \dots, n \quad (7)$$

其还原模型： $\hat{Y}(k) = \hat{Y}^{(1)}(k) - \hat{Y}^{(1)}(k-1)$ ,  $k = 2, 3, \dots, n$

(5) 对其进行误差分析，绝对残差和相对残差计算如下：

$$\Delta Y = X^{(0)} - \hat{Y}^{(1)}(k), \quad e = \Delta Y / X^{(0)} \quad (8)$$

本研究所用的数据集是 2006~2013 年度《广东统计年鉴》(2013)的相关原始数据，整理后的数据如表 1。

### 3.3. 基本结果

#### 3.3.1. 单变量灰色时间序列预测模型 GM(1,1)

根据以上的模型理论，分析广东进出口总额的数据，建立 GM(1,1)模型，运用 MATLAB2009 软件求解步骤如下

(1) 初始进出口总额数列

$$X^{(0)} = (5272.07, 6340.35, 6834.92, 6111.18, 7848.96, 9133.34, 9839.47, 10915.7)$$

(2) 对原始数据  $X^{(0)}$  做一次累加后，构造数据矩阵  $B$  及数据向量  $Y$ ；

(3) 通过 MATLAB2009 编程可以计算出方程(2)的值  $a = 53609.72$  和  $b = -48073.34$ 。

(4) 从而建立 GM(1,1)灰色时间序列的模型，代入  $a$ 、 $b$  的值到方程(3)有：

$$\hat{Y}^{(1)}(k) = 5272.97e^{-53609.72(k-1)} - 0.8967 \quad (9)$$

进出口总额单变量的情况下，灰色时间序列预测模型 GM(1,1)得出其动态灰色时间序列模型的表达式如上方程(9)，根据该单变量灰色时间序列模型可以初步了解广东进出口总额的变化趋势。

**Table 1.** Data of total import-export volume and three major industries in Guangdong Province  
**表 1.** 广东省进出口总额与三大产业的相关数据(单位: 万元)

年份	GDP	第 1 产业	第 2 产业	第 3 产业	进出口总额
2006	26587.76	1532.17	13469.77	11585.82	5272.07
2007	31777.01	1695.57	16004.61	14076.83	6340.35
2008	36796.71	1973.05	18502.2	16321.46	6834.92
2009	39482.56	2010.27	19419.7	18052.59	6111.18
2010	46013.06	2286.98	23014.53	20711.55	7848.96
2011	53210.28	2665.2	26447.38	24097.7	9133.34
2012	57067.92	2847.26	27700.97	26519.69	9839.47
2013	62163.97	3047.51	29427.49	29688.97	10915.7

数据来源: 《广东统计年鉴》(2013)。

### (5) 进行模型检验

通过运用 MATLAB2009 编程计算其绝对残差与相对残差, 结果如表 2。

由表 2 的计算结果可以看出, 由于 2008 年的经济危机影响, 对进出口产生巨大的影响, 从数据也可以看出前后, 2007 和 2009 波动比较大, 之后其相对残差都比较小, 平均相对残差小于 5%, 其预测效果非常好, 所以该模型的准确性是比较好, 可信度比较高。

对进出口总额的灰色时间序列预测 GM(1,1)模型分析, 其模拟预测值与真实值的对比如图 1。

通过对广东省进口总额的单变量灰色时间序列预测模型 GM(1,1), 然后建立相应的动态微分方程模型的表达式即方程(9), 由以表 2 和图 1 可以看出该模型的精度比较高, 拟合效果比较好, 从而可以得出其预测值(如图 1 2014、2015 年), 分析其变化趋势。

### 3.3.2. 进出口总额与三大产业的灰色时间序列预测模型 GM(1,4)

有以上已经探讨过进出口总额单变量的情况下, 灰色时间序列预测模型 GM(1,1)比较准确, 可信度比较高, 并得出其动态灰色时间序列模型的表达式即方程(9)。

根据该单变量灰色时间序列模型可以初步了解广东进出口总额的变化趋势, 在此基础上, 进一步考虑进出口总额与三大产业之间的联系与未来的变化趋势。由于有 4 个变量(进出口总额、第一、二、三产业)包含多个相关的变量, 其时间序列的一阶差分都大于零, 具有明显的上升趋势, 可以利用多变量灰色预测模型 GM(1,4)来建模分析。

(1) 本文把进出口总额  $X_1^{(0)} = (X_1^{(0)}(1), X_1^{(0)}(2), \dots, X_1^{(0)}(n))$  为系统特征数据序列, 其他第一、二、三产业  $X_i^{(0)} = (X_i^{(0)}(1), X_i^{(0)}(2), \dots, X_i^{(0)}(n))$ ,  $i = 1, 2, 3$  为相关因素数据序列。

(2) 同理可以按照以上单变量的灰色时间序列预测模型 GM(1,1), 通过用 MATLAB2009 计算, 得到  $a$  和  $b$  的值分别为

$$a = \begin{pmatrix} 0.3222 & -11.5088 & 1.1764 & -0.0817 \\ 0.1762 & -1.7047 & 0.2216 & -0.1066 \\ -0.2357 & -5.9015 & 1.7241 & -1.0156 \\ 0.3335 & -4.1311 & 0.7067 & -0.3102 \end{pmatrix} \text{ 和 } b = \begin{pmatrix} 7392.69 \\ 1506.04 \\ 14102.48 \\ 11744.14 \end{pmatrix}$$

(3) 代入方程(7)可以得到其动态 GM(1,4)时间响应函数, 即可得动态灰色时间预测模型, 从而根据表 1 的原始数据, 求得其拟合预测值, 见表 3。

Table 2. The results of total import-export volume using GM(1,1)

表 2. 进出口总额的 GM(1,1) 计算结果分析

年份	实际值	模拟预测值	绝对残差	相对残差%
2006	5272.07	5272.07	0	0%
2007	6340.35	5841.83	498.52	7.86%
2008	6834.92	6475.11	359.81	5.26%
2009	6111.18	7177.05	-1065.87	-17.44%
2010	7848.96	7955.08	-106.12	-1.35%
2011	9133.34	8817.46	315.88	3.46%
2012	9839.47	9773.32	66.15	0.67%
2013	10915.7	10832.81	82.89	0.76%

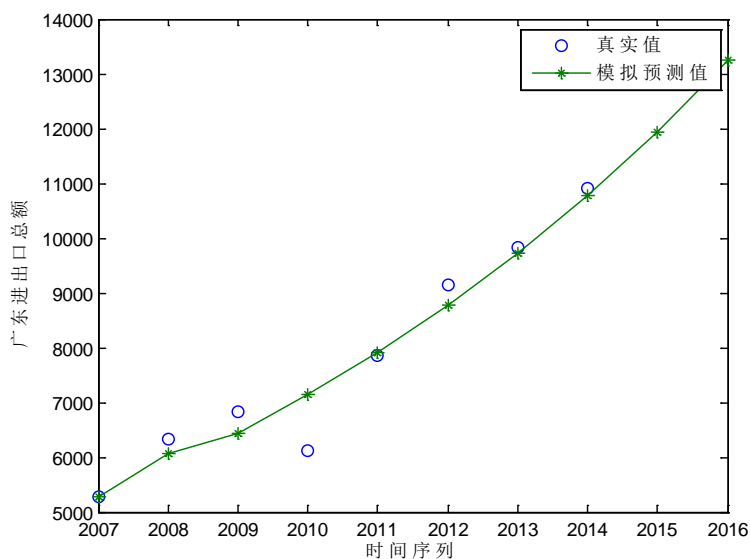


Figure 1. The total import-export volume and the simulated prediction value

图 1. 广东进出口总额的真实值与模拟预测值

(4) 进行模型检验

其进行相对残差分析，结果如下：

由表 4，可以初步判断，灰色时间序列预测模型 GM(1,4) 的拟合情况 2012 年之前，除了 2008 和 2009 不理想，出现了波动，分析各产业可以看出其特点，第三产业(服务业)的预测最理想，不管 2008 年的全球经济危机如何，影响不大；影响最大的是第二产业(工业)，其次是第一产业(农业)，这预测结果与现实情况比较贴近，因为进出口影响最大的是工业，我国的产品远销世界，因价廉物美，广东的工业制作闻名世界，当经济危机来临，受影响最大的当然是工业，由此分析，2008 前后与 2012 年前后预测的不准确，不能简单用各个产业的预测分别衡量预测好坏，因此需要整体来考虑预测模型的好坏。

因此下面进一步分析，考虑整体的预测模型的绝对相对误差来衡量预测效果，通过计算其平均相对残差分析，其中总相对残差计算可由  $\hat{e} = \sum_{i=2006}^{2013} |e|$  得到，平均相对残差计算可由  $\bar{e} = \hat{e}/k$  计算，其中  $k = 8$  年，计算的结果如表 5。

由表 5 的计算结果的平均相对残差分析可以看出，其预测效果比较好，所以该模型的准确性和

**Table 3.** The simulation value and prediction value using grey model of time series GM(1,4)  
**表 3.** 灰色时间序列预测模型 GM(1,4)计算的模拟值以及预测值

年份	进出口总额	第一产业	第二产业	第三产业
2006	5272.07	1532.17	13469.77	11585.82
2007	6502.37	1733.94	16248.21	14182.25
2008	6344.42	1913.79	18005.91	16137.64
2009	6630.21	2060.21	20238.24	18239.78
2010	7753.66	2325.36	23271.10	20888.01
2011	9243.85	2698.88	26816.83	24084.38
2012	10670.72	3103.95	30512.40	27661.85
2013	11967.81	3486.50	34085.37	31486.83
2014	13177.12	3807.16	37057.29	35408.93
2015	14098.49	3969.66	38195.37	39021.85

**Table 4.** The relative residual using grey model of time series GM(1,4)  
**表 4.** 灰色时间序列预测模型 GM(1,4)的相对残差分析

年份	进出口总额	第一产业	第二产业	第三产业
2006	0%	0%	0%	0%
2007	2.56%	2.26%	1.52%	0.75%
2008	-7.18%	-3.00%	-2.68%	-1.13%
2009	8.49%	2.48%	4.21%	1.04%
2010	-1.21%	1.68%	1.11%	0.85%
2011	1.21%	1.26%	1.40%	-0.06%
2012	8.45%	9.02%	10.15%	4.31%
2013	9.64%	14.40%	15.83%	6.06%

**Table 5.** The average relative residual  
**表 5.** 平均相对残差分析

	进出口总额	第一产业	第二产业	第三产业
总相对残差	38.74%	34.11%	36.91%	14.18%
平均相对残差	4.84%	4.26%	4.61%	1.77%

可信度比较高。

#### 4. 结论

本文先对广东省的进出口总额进行分析,建立相应的实用单变量动态灰色时间序列预测模型 GM(1,1),分析进出口总额的内在变化趋势,运用历史数据,对其进行拟合预测,经过检验,得知模型的拟合效果比较好,精度比较高,从而可以运用单变量灰色时间序列预测模型对广东省的进出口总额进行预测分析,其动态灰色时间序列预测模型为方程(7)。

进而对广东省的进出口总额和相关三大产业生产总值建立相应的动态灰色时间序列预测模型

GM(1,4), 经过检验, 灰色序列预测模型的拟合效果较好, 根据其平均相对残差分析, 精度比较高, 而且预测的比较精确。其模拟预测计算的详细结果如表 3, 根据表 1 的数据, 通过 GM(1,4)灰色时间序列预测模型得到模拟值, 并且预测以后 2014 年和 2015 年的数据, 如表 3。

通过相应的实用动态灰色时间序列预测模型能够看出广东省进出口总额与三大产业生产总值之间在时间上的动态关系为决策者制定经济政策提供有利的依据, 对广东省省进出口总额能进行较好的拟合, 从而可以为相关部门制定外贸政策提供科学依据, 为广东省经济增长的促进提供理论价值。

### 参考文献 (References)

- [1] 何泽 (2007) 影响中国进出口总额的因素分析. *商场现代化(中旬刊)*, **506**, 13.
- [2] 杨美玲, 刘政煌 (2014) 三大产业对 GDP 贡献的线性回归分析. *中国连锁*, **15**, 35.
- [3] 赵娟 (2012) WTO 背景下广西进出口贸易与三大产业关系实证分析. *市场论坛*, **6**, 16-18.
- [4] 张世晴, 陈文政 (2009) 进出口总额与 GDP 增长的联动关系——基于 1978-2007 年数据的分析. *财经科学*, **12**, 92-98.
- [5] 常静 (2008) 从云南三大产业对 GDP 的影响看滇印贸易发展. *时代经贸(中旬刊)*, **90**, 96-98.
- [6] 宋秀英 (2011) 基于 MATLAB 的灰色预测 GM(1,1)模型在经济分析中的应用. *数学学习与研究: 专题研究*, **11**, 93-95.
- [7] Liu, S.F. (1994) Grey forecast of drought and inundation in Henan province. *The Journal of Grey System*, **6**, 279-288.
- [8] Liu, S.F. and Deng J.L. (1999) GM(1,1) coding for exponential series. *The Journal of Grey System*, **11**, 147-152.
- [9] 邓聚龙 (1986) 灰色预测与决策. 华中工学院出版社, 武汉.