基于 GM(1,1)模型的海洋经济发展预测研究

李梁虹[1],董月娥[2]

(1. 河北大学经济学院　保定　071002;2. 国家海洋技术中心　天津　300112)

摘要:文章采用灰色预测法,选取 2001—2016 年我国海洋生产总值作为基础数据,建立海洋经济发展预测模型即 GM(1,1)模型;运用残差检验、关联度检验和后验差检验对该模型精度进行检验,同时运用该模型对已知年份数据进行预测并将预测值与实际值相比较,结果表明模型预测精度较高,对于短期预测具有可信度;在此基础上,运用 GM(1,1)模型计算和预测 2017—2021 年我国海洋生产总值,得出我国海洋经济将保持稳步增长的结论。

关键词:海洋经济;经济发展预测;海洋生产总值;灰色预测法;GM(1,1)模型

中图分类号:P74;F224　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005－9857(2018)02－0003－04

Prediction of Marine Economic Development Based on GM (1,1) Model

LI Lianghong[1],DONG Yue′e[2]

(1. School of Economics Hebei University of China,Baoding 071002,China;
2. National Ocean Technology Center,Tianjin 300112,China)

Abstract: Gross domestic marine product data of 2001—2016 were selected,and the gray prediction method was used to establish the model of marine economic development prediction,i.e.GM (1,1) in this paper.The accuracy of the model was tested by the residual test,the correlation degree test and the post test difference test.At the same time,the model was used to predict the known year data and compared with the actual value.The results showed that the accuracy of the model was high,and it had reliability for short-term prediction.The gross domestic marine product data of 2017—2021 was calculated and predicted,and the conclusion was drawn that the marine economy of our country would maintain a steady growth in future.

Key words: Marine economy,Economic development forecast,Gross domestic marine product,Gray prediction,GM (1,1) model

1　引言

海洋经济发展预测一直是国家级海洋经济发展规划的重要研究内容之一。构建完善的海洋经济发展预测模型并准确预测海洋经济发展趋势,对

收稿日期:2017-05-26;**修订日期:**2018-01-23

基金项目:国家海洋局资助项目“全国海洋主体功能区配套政策及有关专题研究”(Y21702011);国家海洋技术中心科技创新基金项目“我国近岸海洋开发强度评价技术研究:以市县级为单元”(Y21700406).

作者简介:李梁虹,硕士,研究方向为统计预测与决策

于确定海洋经济发展目标和引导海洋经济实现健康可持续发展尤为重要。

海洋经济发展预测已引起国内很多学者的关注。徐磊等[1]对灰色预测法和趋势外推法等定量方法进行深入研究，进而提出组合预测法，并给出相应的数学证明以验证其可靠性，对海洋经济和主要海洋产业的发展做出预测；白福臣[2]运用线性回归法和三次指数平滑法等多种方法预测并对结果进行加权平均，得出影响海洋经济发展的生产和需求方面的 6 个解释变量预测值，进而根据灰色预测模型推算广东省海洋经济产值；中国海洋经济发展趋势与展望课题组[3]运用经济计量预测法、灰色预测法和神经网络预测法对我国主要海洋产业和其他相关产业的发展做出预测，进而分析我国海洋经济发展趋势；涂永强[4]基于海洋经济的发展现状分析，建立安全预警指标体系，用主成分法确定指标权重，用趋势外推法构建预测模型。本研究基于灰色 GM(1,1)模型，根据 2001—2016 年我国海洋生产总值数据，预测海洋经济发展情况。

2 研究方法、指标选取和数据处理

灰色预测法通过分析系统因素之间的相关关系判定发展趋势，进而对原始数据序列进行生成处理，利用生成的数据序列寻找规律并建立微分方程模型，从而预测未来发展趋势。相较于指数平滑法等其他预测方法，灰色预测法对于数据的要求和限制小，应用更加广泛，对于成长期的经济发展预测有很好效果。

作为海洋经济发展的总指标，海洋生产总值最能反映海洋经济发展情况，因此本研究选取我国海洋生产总值为指标进行预测和分析。数据处理主要包括 3 个步骤：①选取 2001－2016 年我国海洋生产总值的时间序列数据作为预测的基础数据，数据来源于历年中国海洋经济统计公报和中经网统计数据库(表 1)；②为剔除价格因素的影响，以 2001 年为基期对海洋生产总值进行价格平减；③基于 GM(1,1)模型对未来 5 年我国海洋生产总值进行预测。

表 1 2001—2016 年我国海洋生产总值 亿元

年份	海洋生产总值	年份	海洋生产总值
2001	9 518	2009	27 175
2002	11 361	2010	32 252
2003	11 906	2011	35 238
2004	14 057	2012	37 749
2005	16 628	2013	39 897
2006	20 035	2014	43 164
2007	22 682	2015	45 912
2008	24 845	2016	49 075

3 建立 GM(1,1)模型

GM(1,1)预测模型的建立主要分为 5 步。

(1)建立数据的原始序列，设时间序列有 n 个观察值，数列为：

$$X^{(0)}=\{X^{(0)}(1),X^{(0)}(2),\cdots,X^{(0)}(n)\}$$

(2)弱化原始序列的随机性，即利用累加的方式得到生成列，此时间序列是非随机的，为：

$$X^{(1)}=\{X^{(1)}(1),X^{(1)}(2),X^{(1)}(3),\cdots,X^{(1)}(n)\}$$

(3)建立 GM(1,1)模型相对应的微分方程：

$$\frac{\mathrm{d}X^{(1)}}{\mathrm{d}t}+aX^{(1)}=\mu$$

式中：a 为发展灰数；μ 为内生控制灰数。设 $\hat{\boldsymbol{\alpha}}$ 为待估参数向量，且 $\hat{\boldsymbol{\alpha}}=\begin{pmatrix}a\\ \mu\end{pmatrix}$，利用最小二乘法求解，可得：

$$\hat{\boldsymbol{\alpha}}=(\boldsymbol{B}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{B})^{-1}\boldsymbol{B}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{Y}_n$$

式中：

$$\boldsymbol{B}=\begin{pmatrix}-\frac{1}{2}[X^{(1)}(1)+X^{(1)}(2)] & 1\\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2)+X^{(1)}(3)] & 1\\ \vdots & \vdots\\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(3)+X^{(1)}(4)] & 1\end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{Y}_n=\begin{pmatrix}X^{(0)}(2)\\ X^{(0)}(3)\\ \vdots\\ X^{(0)}(n)\end{pmatrix}$$

(4)求解微分方程，得到预测模型：

$$X^{(1)}(k+1)=\left[X^{(0)}(1)-\frac{\mu}{a}\right]\mathrm{e}^{-ak}+\frac{\mu}{a}$$

(5)计算。发展灰数 $a=-0.100\ 78$($-a>0.3$，适合中长期预测)，内生控制灰数 $\mu=117.051\ 16$，因此预测模型为：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1)=$$
$$1\ 256.624\ 65\ \mathrm{e}^{0.100\ 78k}-1\ 161.444\ 65$$

4　GM(1,1)模型的有效性检验

4.1　模型精度检验

为确保模型的合理性和预测的准确性，需进一步检验模型的精度，检验方法一般有残差检验、关联度检验和后验差检验。本研究采用表 2 的精度标准分别采用这 3 种方法对模型进行检验。

表 2　精度标准

精度等级	相对误差	关联度	均方差比值 C	小误差概率 P
好(一级)	<0.01	>0.90	<0.35	>0.95
良好(二级)	<0.05	>0.80	<0.50	>0.80
合格(三级)	<0.10	>0.70	<0.65	>0.70
勉强(四级)	<0.20	>0.60	<0.80	>0.60
不合格	$\geqslant 0.20$	$\leqslant 0.6$	$\geqslant 0.8$	$\leqslant 0.6$

4.1.1　残差检验

按预测模型计算 $\hat{X}^{(1)}(i)$，并将 $\hat{X}^{(1)}(i)$ 累减生成 $\hat{X}^{(0)}(i)$；计算原始序列 $X^{(0)}(i)$ 与 $\hat{X}^{(0)}(i)$ 的绝对误差序列和相对误差序列。

绝对误差序列：

$$\Delta^{(0)}(i)=|X^{(0)}(i)-\hat{X}^{(0)}(i)|$$
$$=(0.000\ 0,19.634\ 0,28.312\ 3,22.428\ 7,14.002\ 0,0.952\ 1,6.279\ 3,4.524\ 6,1.960\ 4,24.123\ 7,22.343\ 8,12.459\ 0,4.766\ 5,14.906\ 0,34.774\ 7)$$

相对误差序列：

$$\Phi(i)=\frac{\Delta^{(0)}(i)}{X^{(0)}(i)}\times 100\%$$
$$=(0.000\ 0,0.172\ 8,0.237\ 8,0.159\ 6,0.084\ 2,0.004\ 8,0.027\ 7,0.018\ 2,0.007\ 2,0.074\ 8,0.063\ 4,0.033\ 0,0.011\ 9,0.034\ 5,0.075\ 7,0.071\ 8)$$

平均误差为：

$$\overline{\Delta}=\frac{1}{10}\sum\Phi_i=0.067\ 04<0.1$$

从检验结果可得出，模型的精度等级为合格(三级)。

4.1.2　关联度检验

关联系数为：

$$\eta_i(k)=\frac{\min\limits_j\min\limits_i|x_0(l)-x_j(l)|+\lambda\max\limits_j\max\limits_i|x_0(l)-x_j(l)|}{|x_0(k)-x_i(k)|+\lambda\max\limits_j\max\limits_i|x_0(l)-x_j(l)|}$$

关联度为：

$$r_i=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\eta_i(k)$$

经计算，该模型的关联度为 0.712，满足 $\rho=0.5$ 时的检验准则。得出 $r>0.70$，模型的精度等级为合格(三级)。

4.1.3　后验差检验

计算原始序列 $X^{(0)}$ 的标准差为：

$$S_1=\sqrt{\frac{\sum\ [X^{(0)}(i)-\overline{X}^{(0)}(i)]^2}{n-1}}=122.785\ 4$$

计算残差 $\Delta^{(0)}$ 的标准差为：

$$S_2=\sqrt{\frac{\sum\ [\Delta^{(0)}(i)-\overline{\Delta}^{(0)}]^2}{n-1}}=10.889\ 9$$

计算方差比 C 为：

$$C=\frac{S_2}{S_1}=0.089$$

计算小误差概率：

$$P=p\{|\Delta^{(0)}(i)-\overline{\Delta}^{(0)}|<0.674\ 5S_1\}$$

令 $e_i=|\Delta^{(0)}(i)-\overline{\Delta}^{(0)}|$，$S_0=0.674\ 5S_1$

则 $P=p\{e_i<S_0\}=1$

由以上计算得 $P=1>0.95$，$C=0.089<0.35$，模型的精度等级为好(一级)，说明模型的拟合优度好、预测精度高。

综上所述，GM(1,1)模型可通过残差检验、关联度检验和后验差检验，且精度非常高，可用于预测未来的海洋生产总值。

4.2 预测结果与实际结果拟合比较

为使模型预测的结果更具有说服力和可信度，本研究应用此模型进行已知年份数据的预测，并将预测结果和实际结果进行比较。

预测模型为：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1)=1\ 256.624\ 65e^{0.100\ 78k}-1\ 161.444\ 65$$

最终预测公式为：

$$X^{(0)}(k+1)=X^{(1)}(k+1)-X^{(1)}(k)$$

经计算，预测结果与实际情况的比较如表 3 所示。

表 3 2013—2016 年海洋生产总值的预测值和实际值

亿元

年份	预测值	实际值
2013	40 374	39 897
2014	44 655	43 164
2015	49 389	45 912
2016	54 626	49 075

由表 3 可以看出，预测结果的精度很高，预测值和实际值之间的偏差范围在以百亿元为量化单位的情况下可忽略不计，进一步论证了预测模型的可靠性和实用性。

5 海洋生产总值预测

模型经精度检验可用于预测，预测公式为：

$$X^{(0)}(k+1)=X^{(1)}(k+1)-X^{(1)}(k)$$

经计算，预测 2017—2021 年我国海洋生产总值如表 4 所示。由表 4 可以看出，我国海洋经济将保持稳步增长。

表 4 2017—2021 年我国海洋生产总值预测值

亿元

年份	预测海洋生产总值
2017	60 419
2018	66 825
2019	73 911
2020	81 748
2021	90 416

6 结语

本研究采用灰色预测法，选取 2001—2016 年我国海洋生产总值作为基础数据，建立海洋经济发展预测模型即 GM(1,1)模型。该模型通过了残差检验、关联度检验和后验差检验，同时对已知年份数据进行预测，并将预测值与实际值相比较。结果表明：模型预测，精度较高，对于短期预测具有可信度。运用该模型计算和预测 2017—2021 年我国海洋生产总值，结果表明我国海洋经济将保持稳步增长。

本研究的不足之处主要包括 2 个方面：①目前的预测都是基于现有的海洋生产总值统计数据，在反映海洋经济全貌上必定存在偏差。为更好地预测海洋经济发展情况，须加强海洋经济指标体系建设，对海洋经济进行全方位研究，并利用多种方法进行适用性分析。②灰色理论模型本身存在缺陷，即中短期预测精度较高，但因后期平滑性的变化对于长期的预测精度降低。因此，利用 GM(1,1)模型预测中短期海洋生产总值效果比较理想，长期预测还有待进一步研究改进。

参考文献

[1] 徐磊，刘明.中国海洋经济预测研究[J].生态经济，2012(1)：62－64,76.

[2] 白福臣.灰色 GM(1,N)模型在广东海洋经济预测中的应用[J].技术经济与管理研究，2009(2)：9－11.

[3] 中国海洋经济发展趋势与展望课题组.中国海洋经济预测研究[J].统计与决策，2005(24)：43－46.

[4] 涂永强.中国海洋经济安全的预警实证研究[J].海洋经济，2013(1)：12－17.