

# 基于改进的新陈代谢GM(1,1)模型对某岛海平面上升高度的预测

刘丽梅<sup>1</sup>, 郑明秋<sup>2</sup>, 温佳林<sup>3</sup>, 雷国庆<sup>3</sup>

<sup>1</sup>沈阳工程学院, 基础教学部, 辽宁 沈阳

<sup>2</sup>沈阳工程学院, 能源与动力学院, 辽宁 沈阳

<sup>3</sup>沈阳工程学院, 电力学院, 辽宁 沈阳

Email: 43820502@qq.com, 1281767281@qq.com, 914905850@qq.com, 867328356@qq.com

收稿日期: 2020年10月7日; 录用日期: 2020年10月21日; 发布日期: 2020年10月28日

## 摘要

以温室气体排放为主要原因的全球气候变暖直接导致了地球两级冰川融化, 海平面正在以惊人的速度上升, 越来越多海岛上的人们流离失所, 成为气候难民。为预测某岛附近海平面变化情况, 本文提出了改进的新陈代谢GM(1,1)模型, 该模型在背景值上利用平方平均数进行预测。通过MATLAB软件, 运用新陈代谢GM(1,1)模型与改进后新陈代谢GM(1,1)模型分别对某岛海平面变化情况进行预测及仿真分析, 得到改进后的模型相对误差较小, 优于传统模型。预测得到某岛海平面将保持持续上升趋势, 到2060年, 海平面高度将比1992年上升661.44 cm。

## 关键词

新陈代谢GM(1,1), 灰色预测, 海平面高度, 气候难民

# Prediction of Sea Level Rise of an Island Based on Improved Metabolic GM(1,1) Model

Limei Liu<sup>1</sup>, Mingqiu Zheng<sup>2</sup>, Jialin Wen<sup>3</sup>, Guoqing Lei<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Basic Teaching, Shenyang Institute of Engineering, SIE, Shenyang Liaoning

<sup>2</sup>College of Energy and Power, Shenyang Institute of Engineering, SIE, Shenyang Liaoning

<sup>3</sup>School of Electric Power, Shenyang Institute of Engineering, SIE, Shenyang Liaoning

Email: 43820502@qq.com, 1281767281@qq.com, 914905850@qq.com, 867328356@qq.com

Received: Oct. 7<sup>th</sup>, 2020; accepted: Oct. 21<sup>st</sup>, 2020; published: Oct. 28<sup>th</sup>, 2020

文章引用: 刘丽梅, 郑明秋, 温佳林, 雷国庆. 基于改进的新陈代谢 GM(1,1)模型对某岛海平面上升高度的预测[J]. 软件工程与应用, 2020, 9(5): 427-433. DOI: 10.12677/sea.2020.95049

## Abstract

Global warming, which is mainly caused by greenhouse gas emissions, has directly led to the melting of two-level glaciers on the earth. Sea level is rising at an alarming rate. More and more people on islands are displaced and become climate refugees. In order to predict the sea level change near an island, an improved metabolic GM(1,1) model is proposed in this paper. The model uses the square average to predict the background value. By using MATLAB software, the metabolic GM(1,1) model and the improved metabolism GM(1,1) model are used to predict and simulate the sea level change of an island. The results show that the relative error of the improved model is smaller than that of the traditional model. It is predicted that the sea level of an island will maintain a rising trend, and the sea level will rise by 661.44cm compared with that in 1992 until 2060.

## Keywords

Metabolism GM(1,1), Grey Prediction, Sea Level, Climate Refugees

Copyright © 2020 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

地球是人类赖以生存的家园。但是，随着工业化时代的到来，人们对经济增长的欲望愈加膨胀，而忽略了环境的变化。当我们开始在保护环境的问题上审视自己，地球已经“遍体鳞伤”，同时大自然也用自己的威力报复着人类。由于全球气候变暖，冰川消融导致大量以固体形式存在的淡水汇聚进入海洋，不可避免地造成了海平面上升[1]。气候变化引起的海平面上升会使海拔较低的岛屿面临淹没的风险。更严重的是，由于有的岛屿往往代表了一个国家，也许不久的将来，这样的岛屿国家将会在世界版图上永久的消失。调查研究显示，到了2100年，气候难民的人数能够达到20亿到30亿[2]。为预测某岛附近海平面变化趋势，本文将对灰色预测新陈代谢GM(1,1)模型进行优化后，对某岛海平面高度变化进行预测。

## 2. GM(1,1)建模机理

灰色预测的解从数学上看，相当于幂级数的迭加，它包含了一般线性回归和幂级数回归的内容，故灰色预测模型优于一般的线性回归、非线性回归和指数曲线拟合，也好于确定性时间序列预测技术[3]。

设某系统观测序列  $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$ ，对该序列做一次累加生成得

$$X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$$

其中  $x^{(1)}(1) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ ，对该序列建立GM(1,1)白化微分方程式

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \quad (1)$$

式中： $a$ 、 $b$ 为待定的灰参数，用最小二乘法求出参数

$$(a, b)^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (2)$$

$$\text{式中: } B = \begin{bmatrix} -Z(2) & -Z(3) & \cdots & -Z(n) \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix}^T; Y = [x^{(0)}(2) \quad x^{(0)}(3) \quad \cdots \quad x^{(0)}(n)]^T; Z(i) = \frac{x^{(1)}(i-1) + x^{(1)}(i)}{2},$$

$i = 2, 3, \dots, n$  代入公式中即求得微分方程的解

$$\hat{x}^1(k) = \left( x^0(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} \quad (3)$$

最后累减还原得

$$\hat{x}^0(1) = x^{(1)}(1) \quad (4)$$

$$\hat{x}^0(k) = (1 - e^{-a}) \left( x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(k-1)}, \quad k = 2, \dots, n \quad (5)$$

### 3. 新陈代谢 GM(1,1)模型

从预测角度看, 随着系统发展, 传统的灰色预测的 GM(1,1)模型对预测效果有一定的局限性, 精度不能满足实际的要求, 因为旧数据的信息价值逐步降低。若在机器学习过程中, 在不断补充新信息的同时及时去掉旧信息, 则预测结果更能反映系统目前的特征[4]。新陈代谢 GM(1,1)是传统 GM(1,1)模型的优化形式, 其模型是将最新信息置入并去掉最老信息, 然后用新的样本来预测以提高精确度[5] [6]。

新陈代谢 GM(1,1)模型背景值为式子(6)。

$$Z(i) = \frac{x^{(1)}(i-1) + x^{(1)}(i)}{2} \quad (6)$$

该模型通过不断地迭代更新, 优化了传统灰色预测的 GM(1,1)模型的学习过程。

### 4. 改进的新陈代谢 GM(1,1)模型

随着数据的不断变化增多, 实际应用中需要预测更长时间的更多的数据。而新陈代谢 GM(1,1)模型适合于预测比较临近的数据, 因此针对不同的实际情况需要对新陈代谢 GM(1,1)模型进行不同的改进。本文对新陈代谢 GM(1,1)模型引进平方平均数, 利用平方平均数的非负数且体现个体数据的优势代替算术平均数, 对于差距较小的数据平方平均数和算术平均数的值相差无几, 但对于差距较大的数据来讲, 平方平均数会比算术平均数具有显著差别的特点, 因此该模型引进不等式(7)。

$$\frac{a+b}{2} \leq \sqrt{\frac{a^2+b^2}{2}} \quad (7)$$

对模型中背景值进行优化[7] [8], 因为平方后的大数据对结果影响会更大, 这样改进的新陈代谢 GM(1,1)模型对于长远估计(几十年)就会有很显著的效果, 即改进后的背景值为方程(8)。

$$Z(i) = \sqrt{\frac{[x^{(1)}(i-1)]^2 + [x^{(1)}(i)]^2}{2}} \quad (8)$$

### 5. 实例仿真分析

基于上述改进的模型, 为了预测岛屿海平面上升是否威胁到岛上的居民, 选用某岛进行海平面变化预测。查阅某岛海平面变化数据见表 1。

**Table 1.** Sea level change data of an island (based on 1992)  
**表 1.** 某岛海平面变化数据(以 1992 年为基准)

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
海平面变化/cm	17.25	16.9	21.7	22.6	24.9	27.5	29.65	31.45	33.55	37.3

### 5.1. 建立新陈代谢 GM(1,1)模型

将前七组数据分为训练组，后三组分为实验组，以检验模型准确度。  
 原数据序列建模，得

$$X^{(0)} = \{17.25, 16.9, 21.7, 22.6, 24.9, 27.5, 29.65\}$$

可得参数估计值为

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.09839 \\ 15.8148 \end{bmatrix}$$

对应的时间相应式为

$$\begin{aligned} \hat{x}^1(k) &= \left( x^0(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} \\ &= 177.9858e^{0.09839(k-1)} - 160.7358 \end{aligned}$$

即可求得序列 8 的模拟值 33.21，然后对原数据更新，得

$$X^{(0)} = \{16.9, 21.7, 22.6, 24.9, 27.5, 29.65, 33.21\}$$

可得到序列 9 的模拟值 35.81，再对原数据更新，得

$$X^{(0)} = \{21.7, 22.6, 24.9, 27.5, 29.65, 33.07, 35.81\}$$

即可求得序列 10 的模拟值 41.98。

将选用的十组数据利用新陈代谢 GM(1,1)模型进行仿真实验。其中前七组用于学习，后三组用于预测，依次得到序列 8、序列 9 和序列 10，数值如表 2 所示。可以清晰的看到新陈代谢 GM(1,1)模型的预测效果。

**Table 2.** Error table of simulated sea level change data based on metabolic GM(1,1) model  
**表 2.** 基于新陈代谢 GM(1,1)模型海平面变化数据模拟值误差表

序列	实际数据	模拟数据	残差	相对误差
8	31.45	33.21	-1.76	5.596%
9	33.55	35.81	-2.26	6.736%
10	37.3	41.98	-4.68	12.547%

$$\text{平均相对误差 } \Delta_1 = \frac{1}{3} \sum_{k=8}^{10} = 8.293\%。$$

### 5.2. 建立改进的新陈代谢 GM(1,1)模型

将前七组数据分为训练组，后三组分为实验组，以检验模型准确度。

原数据序列建模, 得

$$X^{(0)} = \{17.25, 16.9, 21.7, 22.6, 24.9, 27.5, 29.65\}$$

可得参数估计值为

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.098911 \\ 15.6733 \end{bmatrix}$$

对应的时间相应式为

$$\begin{aligned} \hat{x}^1(k) &= \left( x^0(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} \\ &= 175.7086e^{0.098911(k-1)} - 158.4586 \end{aligned}$$

即可求得序列 8 的模拟值 33.07, 然后对原数据更新, 得

$$X^{(0)} = \{16.9, 21.7, 22.6, 24.9, 27.5, 29.65, 33.07\}$$

可得到序列 9 的模拟值 35.58, 再对原数据更新, 得

$$X^{(0)} = \{21.7, 22.6, 24.9, 27.5, 29.65, 33.07, 35.58\}$$

即可求得序列 10 的模拟值 39.03。

将选用的十组数据利用改进的新陈代谢 GM(1,1)模型进行仿真实验。其中前七三组用于学习, 后三组用于预测, 依次得到序列 8、序列 9 和序列 10, 数值如表 3 所示。可以清晰的看到改进的新陈代谢 GM(1,1)模型的预测的序列 8 和序列 9 的残差和相对误差和新陈代谢 GM(1,1)模型的预测的差不多, 而对于序列 10 的预测改进的新陈代谢 GM(1,1)模型的预测效果要比新陈代谢 GM(1,1)模型的预测效果好很多。

**Table 3.** Error table of simulated sea level change data based on improved metabolic GM(1,1) model

**表 3.** 基于改进的新陈代谢 GM(1,1)模型海平面变化数据模拟值误差表

序列	实际数据	模拟数据	残差	相对误差
8	31.45	33.07	-1.62	5.151%
9	33.55	35.58	-2.03	6.051%
10	37.3	39.03	-1.73	4.638%

$$\text{平均相对误差 } \Delta_2 = \frac{1}{3} \sum_{k=8}^{10} = 5.28\%。$$

### 5.3. 改进的新陈代谢 GM(1,1)模型与新陈代谢 GM(1,1)模型对比分析

比较两种模型平均相对误差, 可以看出, 使用改进后的模型来预测海平面的变化能更加精确。

将利用 2010 年到 2019 年海平面的真实数据作为实验数据, 利用改进的新陈代谢 GM(1,1)模型进行仿真实验。对 2020 年到 2029 这十年海平面的高度进行模拟预测, 海平面高度变化情况如图 1 所示。使用改进后新陈代谢 GM(1,1)模型对未来 10 年海平面数据进行预测, 结果如表 4 所示。

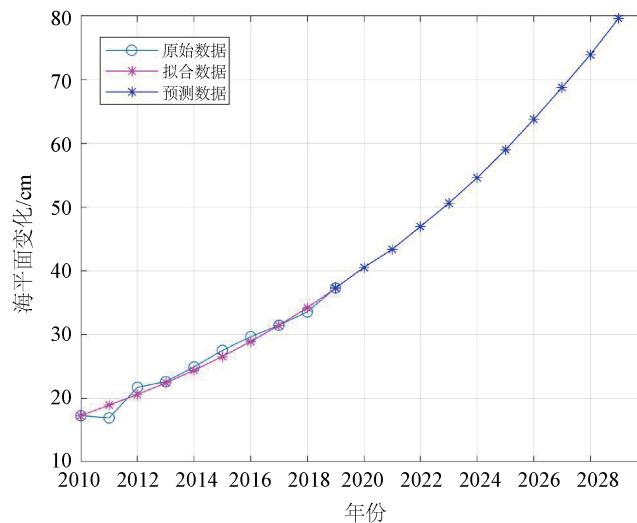
基于直到 2029 年的预测数据, 本文利用改进的新陈代谢 GM(1,1)模型对此岛海平面变化又做了一个长远的预测, 即 2030 年、2040 年、2050 年、2060 年海平面变化情况, 如表 5 所示。

**Table 4.** Prediction data table of sea level change data based on improved metabolism GM(1,1) model  
**表 4.** 基于改进后新陈代谢 GM(1,1)模型对海平面变化数据预测数据表

年份	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
海平面变化	40.53	43.37	46.96	50.63	54.61	59.01	63.78	68.78	73.96	79.66

**Table 5.** Long term prediction data table of sea level change data based on improved metabolism GM(1,1) model  
**表 5.** 基于改进后新陈代谢 GM(1,1)模型对海平面变化数据长远预测数据表

年份	2030	2040	2050	2060
海平面变化(cm)	85.84	175.77	346.65	661.44



**Figure 1.** Prediction results of sea level change data based on improved metabolic GM(1,1) model

**图 1.** 基于改进后新陈代谢 GM(1,1)模型对海平面变化数据预测结果图

## 6. 结论

本文分别建立新陈代谢 GM(1,1)模型和改进的新陈代谢 GM(1,1)模型对某岛海平面变化进行预测。通过分析模型平均相对误差，得出使用改进后的新陈代谢 GM(1,1)模型预测更加精确。某岛附近海平面将保持持续上升趋势，到 2029 年，海平面高度将比 1992 年上升 79.66 cm；到 2060 年，海平面高度将比 1992 年上升 661.44 cm，足以将岛屿淹没，有关部门应提前提出政策以避免更多的难民出现。虽然改进后的模型预测效果比较好，但其仍旧有较大误差，降低误差还需要今后做更深层次的改进与优化。

## 参考文献

- [1] 李梁. 海平面上升威胁正在加剧[J]. 生态经济, 2020, 36(2): 5-8.
- [2] 毕研钊, 孙胜男. EDPs 增长预测与迁移政策研究[J]. 科学技术创新, 2020(10): 36-37.
- [3] 邓聚龙. 灰色系统理论[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999.
- [4] 刘思峰, 谢乃明, 等. 灰色系统理论及其应用[M]. 第 5 版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [5] 袁景凌, 钟珞, 江琼, 童琪薇. 新陈代谢 GM(1,1)建模与应用[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2005(2): 168-170.

- 
- [6] 王思骅, 赵志曼, 李国良. 基于新陈代谢 GM(1,1)模型对海口市房价预测[J]. 中国水运(下半月), 2019, 19(01): 68-69.
  - [7] 许泽东, 柳福祥. 灰色 GM(1,1)模型优化研究进展综述[J]. 计算机科学, 2016, 43(S2): 6-10.
  - [8] 李珊珊. 基于优化 GM(1,1)模型对新疆农村居民可支配收入的预测[J]. 市场周刊, 2019(2): 109-111.