

基于 NGM(1,1,k)模型的农产品产量预测方法

崔兴凯,路秀英

(河北农业大学 教务处,河北 保定 071001)

摘 要: 农业作为基础性产业为国民经济和社会发展提供了必要的基础性物质,而农业中的粮食生产则是基础中的基础.基于 NGM(1,1,k)模型,提出了一种农产品产量预测方法.分析了原 NGM(1,1,k)模型中参数设置不足的缺陷,借鉴非齐次指数序列的灰色预测模型的建模特点,构建了一种新的 NGM(1,1,k)模型,灰微分方程的建立使得模型满足无偏性.应用实例结果显示了新 NGM(1,1,k)模型的有效性和适用性.

关键词: 粮食产量;预测;灰色预测;非齐次指数序列

中图分类号: N941.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)08-0201-03

Farm Productivity Prediction Method Using the NGM (1, 1, k) Model

CUI Xing-kai, LU Xiu-ying

(Dean's Office, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: Agriculture is the fundamental industry to national economic and social development, and it provides the necessary basic material to national economic and social development. A farm productivity prediction method based on the NGM (1, 1, k) model was proposed in this work. The disadvantage of original NGM (1, 1, k) was analyzed, and an improved NGM (1, 1, k) was proposed based on the grey forecasting model of Nonhomogeneous index series. The differential equation model meets the unbiased of forecasting model. The experimental results suggest that this new NGM (1, 1, k) is feasible, correct and valid.

Key words: farm productivity; prediction; grey forecasting; nonhomogeneous index series

1 引言

粮食具有食品保障、原料供给和生态保护等功能,粮食生产具有保护自然、稳定生态、促进人与自然和谐发展的功能,粮食的生态效益为国民经济和社会发展做出了巨大贡献^[1-4].基于 NGM(1,1,k)模型,提出了一种农产品产量预测方法.

GM(1,1)模型及其改进模型已广泛应用于多种领域.崔杰为了拓广 GM(1,1)模型的应用范围,建立了一种模拟序列为非齐次指数序列的 NGM(1,1,k)模型^[5-6],其他学者也建立了一些模拟序列为非齐次指数序列的灰色预测模型^[7-9].这些模型基于灰色理论建模思想通过各自建模方法使得模型模拟序列为非齐次指数序列^[10-12].在给出 NGM

(1,1,k)模型参数数量设置不足的基础上,本文构造了一种新 NGM(1,1,k)模型,能满足预测无偏性,可对近似非齐次指数序列进行建模,实例应用结果显示,新模型的预测精度远远高于原始模型.

2 改进 NGM(1,1,k)模型

2.1 NGM(1,1,k)模型的缺陷分析

NGM(1,1,k)模型建模机理如下:

令 $x^{(0)}$ 为建模原始序列, $x^{(1)}$ 为 $x^{(0)}$ 的 AGO 序列, $z^{(1)}$ 为 $x^{(1)}$ 的均值序列:

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)),$$

称 $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = kb$ 为基于非齐次指数离散函数的灰色预测模型,将一阶微分方程

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

称为 NGM(1,1,k) 模型的白化形式.

NGM(1,1,k) 模型的时间响应式为

$$\hat{x}^{(1)}(k) = (x^{(1)}(1) - \frac{b}{a} + \frac{b}{a^2})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}k - \frac{b}{a^2}$$

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1) =$$

$$(1 - e^a)(x^{(1)}(1) - \frac{b}{a} + \frac{b}{a^2})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}$$

利用灰微分方程由最小二乘法,可以求得参数

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

其中

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 2 \\ -z^{(1)}(3) & 3 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(n) & n \end{bmatrix}$$

建立 NGM(1,1,k) 模型是为了弥补 GM(1,1) 模型在近似非齐次指数序列模拟预测时的不足,拓广灰色预测模型的应用范围. 假设有一序列为完全非齐次指数序列 $x^{(0)}(k) = Ae^{\beta(k-1)} + B$, 其一次累加序列为

$$x^{(1)}(k) = Ce^{\beta(k-1)} + Bk + D$$

其中, $C = \frac{Ae^\beta}{e^\beta - 1}$, $D = \frac{-A}{e^\beta - 1}$. 如果取

$$B = \frac{b}{a}, D = -\frac{b}{a^2}, \beta = -a$$

则有

$$B = D\beta = \frac{-A\beta}{e^\beta - 1}$$

B 可由 β, A 表示,说明 NGM(1,1,k) 模型中 β, A, B 不是相互独立的. 本文所采用的非齐次指数序列 $x^{(0)}(k) = Ae^{\beta(k-1)} + B$ 为三参数表达式,可表示任意非齐次指数序列, β, A, B 是相互独立的变量. 因此 NGM(1,1,k) 模型所得预测结果只是一类固定的非齐次指数序列,无法拟合任意非齐次指数序列,其可应用范围是有限的.

2.2 改进 NGM(1,1,k) 模型

NGM(1,1,k) 模型的白化方程须增加一个参数,重构如下:

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

白化方程的通解为

$$x^{(1)}(k) = Ce^{-ak} + \frac{b}{a}k - \frac{b}{a^2} + \frac{c}{a}$$

$$x^{(0)}(k) = C(1 - e^a)e^{-ak} + \frac{b}{a}$$

式中, $C(1 - e^a), \frac{b}{a}, -a$ 相对独立,满足建模要求,

可作为近似非齐次指数序列的预测模型.

下面构建新 NGM(1,1,k) 模型的灰微分方程. 灰微分方程的正确构建是提高模型预测精度的关键因素. 这是因为模型参数的确定是通过灰微分方程利用最小二乘法得到的,而模型的解由白化方程得到,这就需要灰微分方程与白化方程匹配,从而使两者的参数可以互用,传统 GM(1,1) 模型便是因为此问题以至于无法满足白指数律重合性. 鉴于目前 GM(1,1) 模型的优化方法通常是以原始数据为齐次指数序列的前提下导出新的背景值或者灰导数形式,建立与白化方程匹配的灰微分方程,从而达到提高预测精度的目的. 本文参照 GM(1,1) 模型优化方法,在原始数据为非齐次指数序列的前提下,导出与白化方程匹配的灰微分方程,建立无偏 NGM(1,1,k) 模型.

取背景值 $z^{(1)}(k) = x^{(1)}(k)$, 将 $x^{(1)}(k)$ 连续化有

$$x^{(1)}(t) = Ce^{\beta(t-1)} + Bt + D$$

则 $\frac{dx^{(1)}}{dt} = \beta Ce^{\beta(t-1)} + B$, 背景值 $z^{(1)}(k) = x^{(1)}(k)$ 对应的灰导数为

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} = \beta Ce^{\beta(k-1)} + B = \frac{\beta e^\beta}{e^\beta - 1} Ae^{\beta(k-1)} + B \quad (2)$$

可以得

$$B = \frac{x^{(0)}(k) - e^\beta x^{(0)}(k-1)}{1 - e - \beta} \quad (3)$$

$$Ae^{\beta(k-1)} = \frac{x^{(0)}(k) - x^{(0)}(k-1)}{1 - e^\beta} \quad (4)$$

将式(3)、(4)代入式(2)得到背景值对应的灰导数形式为

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} = px^{(0)}(k) + (1-p)x^{(0)}(k-1)$$

其中, $p = \frac{\beta e^\beta}{(e^\beta - 1)(1 - e^{-\beta})} + \frac{1}{1 - e^\beta}$. 背景值 $x^{(1)}(k)$ 对应的灰导数为线性组合灰导数形式. 其中权值 p 采用非线性搜索法—模式搜索法在原始数据残差平方和最小或者误差平方和最小的目标下求解.

新 NGM(1,1,k) 模型具体建模步骤如下:

令 $x^{(0)}$ 为建模原始序列, 令 $x^{(1)}$ 为 $x^{(0)}$ 的 1-AGO 序列, 令 $z^{(0)}$ 为 $x^{(0)}$ 的加权均值序列

$$z^{(0)}(k) = px^{(0)}(k) + (1-p)x^{(0)}(k-1)$$

则重新确立的灰微分方程为

$$z^{(0)}(k) + ax^{(1)}(k) = kb + c$$

利用灰微分方程由最小二乘法,可以求得参数

$$[a \ b \ c]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

其中

$$Y = \begin{bmatrix} z^{(0)}(2) \\ z^{(0)}(3) \\ \dots \\ z^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -x^{(1)}(2) & 2 & 1 \\ -x^{(1)}(3) & 3 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ -x^{(1)}(n) & n & 1 \end{bmatrix}$$

由白化方程 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b + c$ 得到时间响应式:

$$\hat{x}^{(1)}(k) = (x^{(1)}(1) - \frac{b}{a} + \frac{b}{a^2} - \frac{c}{a})e^{-a(k-1)} +$$

$$\frac{b}{a}k - \frac{b}{a^2} + \frac{c}{a}$$

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1) = (1 - e^a)(x^{(1)}(1) - \frac{b}{a} + \frac{b}{a^2} - \frac{c}{a})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}$$

预测值与权重值 p 有关,建立目标函数:

$$\min_p \sum_{k=1}^n (\hat{x}^{(0)}(k) - x^{(0)}(k))^2$$

或

$$\min_p \sum_{k=1}^n \left| \frac{\hat{x}^{(0)}(k) - x^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right|$$

利用 Matlab 编程及其搜索工具箱,以目标函数为优化目标求解最佳权重值 p ,同时得到模型预测值。

3 应用实例

采用改进 NGM(1,1,k) 模型进行农产品产量预测的主要步骤如下所示。

步骤 1. 理论模型设计,对农产品的生产活动进行深入分析,选择农产品预测模型的变量,并根据样本数据所呈现变量之间的关系,建立描述这些变量关系的理论模型。

步骤 2. 建立 NGM(1,1,k) 模型并获得模拟值,为了消除模型各变量观测数据的随机波动或误差,对各变量的观测数据分别建立 NGM(1,1,k) 模型,运用各变量的模拟值作为建模的基础序列。

步骤 3. 参数估计,模型设定后,根据由 NGM(1,1,k) 模拟得到的数据序列,选择适当的方法,求出模型参数的估计值,此时得到的模型即为灰色计量经济模型。

步骤 4. 模型检验,确定模型后,检验分为经济意义检验和统计检验两方面,经济意义检验主要是检验各参数值是否与经济理论和实际经验相符。统计检验则是利用统计推断的原理,对参数估计的可靠度、数据序列的拟合效果、各种经济计量假设的合理性以及模型总体结构预测功能进行检验。

预测结果如图 1 所示。图中的预测结果考虑了粮食生产系统多种因素的综合作用而得到的,每种因素作用的重要程度通过对系统历史和现状的分析而确定。比较灰色一元线性回归和本文改进 NGM(1,1,k) 模型的预测结果,2015 年、2020 年和 2025 年粮食总产量预测误差分别为 1.2%、1.5% 和 1.6%,对于超长期预测,不同方法所得预测结果如此接近,说明这些模型都在一定程度上反映了客观事物的展规律,预测结果可以用作制定粮食生产和分配政策的依据。

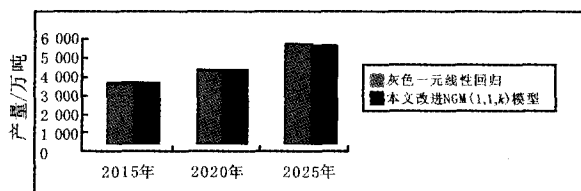


图 1 农产品预测结果

4 结束语

本文的主要创新点:基于 NGM(1,1,k) 模型,提出了一种农产品产量预测方法。借鉴非齐次指数序列的灰色预测模型的建模特点,构建了一种新的 NGM(1,1,k) 模型,灰微分方程的建立使得模型满足无偏性。应用实例结果显示了新 NGM(1,1,k) 模型的有效性和适用性。

参考文献:

- [1] 崔杰,党耀国,刘思峰. 一种新的灰色预测模型及其建模机理[J]. 控制与决策, 2009, 24(11): 1702—1706.
- [2] 余逗,魏勇. 非齐次指数序列的 GM 模型[C]// 第 16 届全国灰色系统学术会议论文集. 北京:中国高等科学技术中心, 2008: 440—447.
- [3] 张文文,谷根代. 全国年发电量的非齐次指数模型与递推算法[C]. 管理科学与系统科学进展—全国青年管理科学与系统科学论文集(第 3 卷), 1995: 418—420.
- [4] 谢乃明,刘思峰. 近似非齐次指数序列的离散灰色模型特性研究[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(5): 863—867.
- [5] 王正新,党耀国,刘思峰. 基于离散指数函数优化的 GM(1,1)模型[J]. 系统工程理论与实践, 2008(2): 61—67.
- [6] Li Bo, Wei Yong. Optimized GM (1, 1) grey model based on connotation expression [J]. Journal of Grey System (TW), 2007 (2): 133—136.
- [7] Zhou Ping, Wei Yong, The optimization of background

(下转第 207 页)

为B类;通过“AT+CGACT=1”命令激活GPRS;连接GPRS,进入数据通信状态.系统建立完成与GPS和GPRS初始连接,然后通过GPS数据的传送,在监控中心的数据处理模块通过分析船只或其它建筑物的位置,计算出是否有碰撞的可能性;如果有则要对GPRS进行语音设置,并向预先设置好的管理员号码和监控中心发送语音报警,直到监控中心或管理员将系统复位后,该流程结束.

6 结束语

本文作者创新点在于:针对现有船只导航的不足,合理有效地整合了已有的通信导航技术,并提出河道船只管理模式,给河道管理和船只提供了有力保障.模拟实验证明,本系统优势突出,不但可以防止船只碰撞到固定物体上,如桥梁、码头、暗礁等,也可以防止两个同时装有船载避碰装置的移动船只发生碰撞.从开发价格上看,该船载避碰装置部分价格适中,成本大约1500元左右,并且可以扩充成为防盗、航程监控、调度等多种用途.唯一缺陷是,该系统需要建立监控中心,初步估算成本价格在15万左右,另外在使用上每月要付GPRS月租.如果管理航道管理部门负责建立监控中心的话,那么将给船只管理和安全带来极大的方便,也给船载管理和航道安全提供有力保障.

参考文献:

- [1] 新民晚报. 大雾天气小心出行. [EB/OL]. [2010-12-06]. <http://news.163.com/10/1206/14/6N7RAAR600014AED.html>.
- [2] 王慧中. 基于GSM和GPS的车辆远程监控系统的实现[J]. 电光系统, 2005(1): 13-14.
- [3] 郭锐, 徐玉斌. 一种基于GPRS的远程监控系统[J]. 太原科技大学学报, 2006, 27(5): 352-356.
- [4] 卢满怀. GPRS数据传送服务的无线通信控制器设计[J]. 单片及嵌入式系统应用, 2004(8): 9-12.
- [5] 王骥, 徐国宝, 沈玉利. 基于无线传感器网络的海水检测系统[J]. 电视技术, 2008(9): 23-28.
- [6] Version 01. 02. MC35i Cellular Engine Hardware Interface Description[S]. Version 01. 02.
- [7] Version 01. 02. Siemens MC35i Cellular Engine AT Command Set Siemens [S]. Version 03. 10.
- [8] 李志伟. 基于GSM的车辆报警与控制系统的的设计[J]. 微机计算机信息, 2007, 4(1): 61-63.
- [9] 刘克恒. 结合GPRS/GSM技术的WSN组网策略[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(17): 3785-3789.
- [10] 钟章队. GPRS通用分组无线业务[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [11] 程伟, 刘国璧. 灰色系统理论在粮食产量预测中的应用[J]. 湖南工程学院学报, 2008, 18(3): 64-67.
- [12] 吴金椿, 赵亮. 河南省粮食产出模型与预测[J]. 郑州工业大学学报, 2000(6): 37-39.
- [13] 张文龙, 李炳军. 河南省粮食产量的灰色预测[J]. 中原工学院学报, 2006(12): 56-59.
- [14] 贺振, 贺俊平. 基于灰色理论的河南省粮食生产预测[J]. 中国农学报, 2008(6): 475-478.
- [15] 李炳军, 何春花. 基于灰色组合模型的河南省粮食产量预测[J]. 农业系统科学与综合研究, 2008, 24(4): 411-414.

作者简介:

杨小东 男, (1972-) 硕士, 讲师. 研究方向为无线传感网、嵌入式系统应用、智能家居.

陆以勤 男, (1968-) 博士, 教授, 硕士研究生导师. 研究方向为通信网体系及业务、下一代通信终端、智能家居.

叶睿 男, (1976-) 硕士, 工程师. 研究方向为数据通信及嵌入式系统应用.

蔡泽凡 男, (1979-) 博士, 讲师. 研究方向为无线传感网、嵌入式系统应用.

曹若云 女, (1975-) 博士, 讲师. 研究方向为下一代通信系统.

作者简介:

崔兴凯 女, (1978-) 本科, 实验师. 研究方向为计算机应用.

路秀英 女, (1977-) 硕士, 助教. 研究方向为计算机应用技术.

(上接第203页)

value in grey model GM (1, 1) [J]. Journal of Grey System(TW), 2006(2): 139-142.