DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.2012.01.012

基于灰色系统 GM (1,1)模型的中药材罗汉果价格预测*

Price Prediction of Traditional Chinese Medicine *Siraitia grosvenorii* Based on Grey System GM (1,1) Model

冯　烽[1,3],韦　范[2],缪剑华[2**]

FENG Feng[1,3], WEI Fan[2], MIAO Jian-hua[2]

(1.广西财经学院,广西南宁　530003;2.广西壮族自治区药用植物园,广西南宁　530023;3.福州大学,福建福州　350003)

(1. Guangxi University of Finance and Economics, Nanning, Guangxi, 530003, China; 2. Guangxi Botanical Garden of Medicinal Plants, Nanning, Guangxi, 530023, China; 3. Fuzhou University, Fuzhou, Fujian, 350003, China)

摘要:在采用定性分析的方法对影响中药材罗汉果价格的主要因素进行分析的基础上,使用灰色系统理论对罗汉果的价格建立拟合精度与预测精度较高的 GM (1,1)模型,并应用样本长度为 4 的 GM(1,1)模型对罗汉果的季度平均价格进行实际预测。

关键词:价格　预测　GM (1,1)模型　罗汉果

中图法分类号:O29　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1005-9164(2012)01-0015-06

Abstract: Qualitative analysis was conducted on the impact factors of price of traditional Chinese medicine *Siraitia grosvenorii*, and then the price series of *Siraitia grosvenorii* was modeled using the GM (1,1) model, of which fitting precision and higher accuracy were studied by the gray system theory. The results showed that the samples length of 4 GM (1,1) model has a good prediction ability for the quarterly average price of *Siraitia grosvenorii*.

Key words: price, prediction, GM (1,1) model, *Siraitia grosvenorii*

目前政府对大部分中药材实行价格放开,由市场的供给需求情况自行定价。于是许多中药材种植户把宝押在空泛的理想化的市场预测上,常根据市场现价来确定自己的种植品种,形成了所谓一缺就上,一上就多,一多就下,一下就缺的怪圈[1]。药材市场价格的不稳定性和不确定性变化极大地影响中药材生产的健康发展。不管药材市场价格抬高或降低,最终不是老百姓的利益受损害就是野生资源受威胁。至今为止,也没有任何管理部门和管理者能对中药材生产规模实现有效监控。本文以中药材罗汉果为例,对其进行价格预测研究,为科学发展中药材生产及保护中药材野生资源提供科学的参考依据。

由于中药材的价格系统包含了人们不确定的预期因素、政策因素和供求关系等因素,这些因素非线性作用于价格,使得中药材价格问题的研究十分困难,因此,至今几乎没有关于中药材价格预测的文献。本文拟通过定性与定量分析相结合的方法对罗汉果价格预测问题进行研究,针对罗汉果价格的主要影响因素采用定性分析方法,针对罗汉果价格分别采用 ARIMA 时间序列分析模型及 GM (1,1)灰色系统模型进行预测并对预测结果进行比较分析。

1　罗汉果的药用价值及其价格的影响因素

1.1　罗汉果的药用价值

罗汉果为广西特产的一种珍贵药食两用植物,性凉味甘,有清热润肺、止咳化痰、润肠通便之功效[2]。罗汉果甜甙的甜度为糖的 300 倍且含热量低,食用安全,是肥胖症、高血脂症、高血糖等病人的理想型甜

收稿日期:2011-09-12

作者简介:冯　烽(1980-),男,讲师,主要从事统计建模和时间序列分析方面的研究。

*广西医疗卫生重点科研课题(重 200413)资助。

**通讯作者。

味剂[3]。

1.2 罗汉果价格的主要影响因素

罗汉果为一年生植物,价格波动大,其价格与其他中药材价格一样,主要受到以下因素的影响。

(1)国家有关中医药的宏观政策。中药材的价格受到国家有关中医药政策的影响很大,目前,国家有关中医药政策是有利于提高中药材价格的。国家新药审批制度的确立,每年都有大量的新药投放市场,这些新药的生产需要大量的生产原料。另外国家规范了中药材交易市场,使某些劣质中药材不能进入市场,同时取缔不法商贩,从而使优质中药材价格提高。

(2)国际市场的需求。随着中医药对外交流的广泛深入,国际市场对中药材的需求量也不断增加,这样势必会提高中药材的价格。然而,日本、韩国、新加坡、加拿大、美国、西班牙等国家的植物药出口量也很大,必定引起市场竞争,直接影响国内药材市场价格。

(3)国内中药新药市场。中药材用于临床需要主要表现在饮片和成药方面的使用,饮片的用量一般来说比较稳定,而成药原料药的用量占药材用量的重要部分。我国每年都要审批中药新药用于临床,这样必定增加原料药的用量,从而影响药材价格。

(4)暴发性疾病。中药具有治疗优势的暴发性疾病对某些药材价格有很大的影响,如 2003 年的"非典"和 2009 年的"甲流"使部分药材的价格一夜间翻几翻[4,5]。

(5)自然灾害。中药材和其它农作物一样,受气候条件影响很大,如遇自然灾害(干旱、水涝、虫灾等),药材某些主产区的产量将会受到明显的影响,必然影响市价上扬。

(6)栽培面积。当某种药材栽培面积大时,供大于求则价格回落,当栽培面积缩小时,求大于供则价格势必回升。

(7)栽培技术。有些中药材栽培技术简单,遇价格攀升,回落也快,而种植技术复杂的中药材其价格波动一般较小,即使波动,波幅也小。

(8)生产周期。一年生的中药材生产周期短,价格波动大,而生产周期较长的中药材,如木本药材和三年以上才能采收的中药材,其价格波动后,价格恢复也慢[6]。

(9)药材经营者的行为。中药材产品市场寿命的无限性,决定了经营者缺乏市场竞争意识和危机感,不象一般产品那样因科技的进步而带来激烈的价格竞争。中药材只要保管好,不发生变质,在经久不衰的药材市场里不会被淘汰。一些药材经营者为了追求暴利,往往囤积居奇,相互串通,伺机炒作,哄抬药价[7]。

上述影响因素对于研究药材的价格变化趋势是有用的,然而,这些因素在实际中很难应用于建立模型进行价格预测。这是因为:第一,这些因素大多很难量化或测度;第二,尽管有些因素是可以测度的,但是由于有关统计部门的工作所限,无法收集到相应的数据;第三,由于上述因素的综合作用对于价格的影响是非线性的,而且变量具有异方差性及变量之间存在多重共线性,无法符合传统的回归分析的模型假设条件。

综上,传统的统计模型或计量模型对于价格预测问题是无法奏效的。尽管如此,我们认为,中药材的价格有其自身的变化规律,只是这种规律是隐藏在一个灰色系统中,我们无法直接观察。灰色系统的概念[8]是由邓聚龙教授于 1982 年提出的,它描述部分信息已知,部分未知介于黑白系统之间的系统。灰色预测方法的特点表现在:首先是它把离散数据视为连续变量在其变化过程中所取的离散值,从而可利用微分方程式处理数据;不直接使用原始数据而是由它产生累加生成数,对生成数列使用微分方程模型。这样,可以抵消大部分随机误差,显示出规律性。所以,我们以 1996~2005 年罗汉果价格序列为样本数据建立 GM (1,1)模型进行价格预测。

2 GM (1,1)模型及其实例预测

2.1 GM (1,1)模型建模

设原始非负数据序列为 $X^{(0)}$,记为 $X^{(0)}=(x^{(0)}(1),x^{(0)}(2),x^{(0)}(3),\cdots,x^{(0)}(n))$, 其中, $x^{(0)}(k)\geqslant 0,k=1,2,\cdots,n.$ 其相应的生成数据序列为 $X^{(1)}$,记为 $X^{(1)}=(x^{(1)}(1),x^{(1)}(2),x^{(1)}(3),\cdots,x^{(1)}(n))$,其中,$x^{(1)}(k)=\sum_{i=1}^{k}x^{(0)}(i),k=1,2,\cdots,n.$ $Z^{(1)}$ 为 $X^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列 $Z^{(1)}=\{z^{(1)}(1),z^{(1)}(2),\cdots,z^{(1)}(n)\}$,其中,$Z^{(1)}(k)=0.5x^{(1)}(k)+0.5x^{(1)}(k-1),k=1,2,\cdots,n$。称 $x^{(0)}(k)+az^{(1)}(k)=b$ 为 GM(1,1)模型,其中 a,b 是需要通过建模求解的参数,若 $\hat{a}=(a,b)^{\mathrm{T}}$ 为参数列,且

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

则求微分方程 $x^{(0)}(k)+az^{(1)}(k)=b$ 的最小二乘估计系数列,满足 $\hat{a}=(B^TB)^{-1}B^TY$。

称 $\frac{\mathrm{d}x^{(1)}}{\mathrm{d}t}+ax^{(1)}=b$ 为灰微分方程 $x^{(0)}(k)+$

$az^{(1)}(k)=b$ 的白化方程，也叫影子方程。

如上所述，则有

(1)白化方程 $\frac{\mathrm{d}x^{(1)}}{\mathrm{d}t}+ax^{(1)}=b$ 的解或称时间响应函数为

$$\hat{x}^{(1)}(t)=(x^{(1)}(0)-\frac{b}{a})e^{-at}+\frac{b}{a}。$$

(2)GM(1,1)灰微分方程 $x^{(0)}(k)+az^{(1)}(k)=b$ 的时间响应序列为

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

(3) 取 $x^{(1)}(0)=x^{(0)}(1)$，则

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

(4) 还原值 $\hat{x}^{(0)}(k+1)=\hat{x}^{(1)}(k+1)-\hat{x}^{(1)}(k)$，$k=1,2,\cdots$

2.2 GM (1,1)模型检验

GM (1,1)模型可通过相对误差、关联度、均方差比值及小误差概率进行检验，一般情况下，最常用的是相对误差检验指标。

2.2.1 相对误差

记原始序列 $X^{(0)}=\begin{pmatrix}x^{(0)}(1),x^{(0)}(2),\\x^{(0)}(3),\cdots,x^{(0)}(n)\end{pmatrix}$，相应的模型模拟序列为 $\hat{x}^{(0)}=\begin{pmatrix}\hat{x}^{(0)}(1),\hat{x}^{(0)}(2),\\\cdots,\hat{x}^{(0)}(n)\end{pmatrix}$，残差序列 $\varepsilon^{(0)}=(\varepsilon(1),\varepsilon(2),\cdots,\varepsilon(n))=\begin{pmatrix}x^{(0)}(1)-\hat{x}^{(0)}(1),x^{(0)}(2)-\hat{x}^{(0)}(2),\\\cdots,x^{(0)}(n)-\hat{x}^{(0)}(n)\end{pmatrix}$。

定义相对误差序列 $\Delta=\left(\left|\frac{\varepsilon(1)}{x^{(0)}(1)}\right|,\left|\frac{\varepsilon(2)}{x^{(0)}(2)}\right|,\cdots,\left|\frac{\varepsilon(n)}{x^{(0)}(n)}\right|\right)=(\Delta_k)_1^n$。

(1)对于 $k<n$，称 $\Delta_k=\left|\frac{\varepsilon(k)}{x^{(0)}(k)}\right|$ 为 k 点模拟相对误差，称 $\Delta_n=\left|\frac{\varepsilon(n)}{x^{(0)}(n)}\right|$ 为滤波相对误差，称 $\bar{\Delta}=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\Delta_k$ 为平均模拟相对误差；

(2)称 $1-\bar{\Delta}$ 为平均相对精度，$1-\Delta_n$ 为滤波精度；

(3)给定 α，当 $\bar{\Delta}<\alpha$，且 $\Delta_n<\alpha$ 成立时，称模型为残差合格模型。

2.2.2 关联度

设 $X^{(0)}$ 为原始序列，$\hat{x}^{(0)}$ 为相应的模拟误差序列，ε 为 $X^{(0)}$ 与 $\hat{x}^{(0)}$ 的绝对关联度，若对于给定的 $\varepsilon_0>0$，$\varepsilon>\varepsilon_0$，则称模型为关联合格模型。

2.2.3 均方差比值

设 $\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}x^{(0)}(k)$ 为 $X^{(0)}$ 的均值，$s_1^2=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}(x^{(0)}(k)-\bar{x})^2$ 为 $x^{(0)}$ 的方差，$s_2^2=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}(\varepsilon(k)-\bar{\varepsilon})^2$ 为残差方差，称 $c=\frac{s_2}{s_1}$ 为均方差比值；对于给定的 $c_0>0$，当 $c<c_0$ 时，称模型为均方差比合格模型。

2.2.4 小误差概率

定义 $\bar{\varepsilon}=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\varepsilon(k)$ 为残差均值，称 $p=p(|\varepsilon(k)-\bar{\varepsilon}|<0.6745s_1)$ 为小误差概率，对于给定的 $p_0>0$，当 $p>p_0$ 时，称模型为小误差概率合格模型。

2.2.5 精度检验等级

精度检验等级参照表 1 进行。

表 1 精度检验等级

Table 1 Precision testing grade

精度等级 Precision grade	指标临界性 Index criticality			
	相对误差 Relative error(%)	关联度 Correlativity	均方差比值 Mean square error ratio	小误差概率 Small error probability
Ⅰ	1	0.90	0.35	0.95
Ⅱ	5	0.80	0.50	0.80
Ⅲ	10	0.70	0.65	0.70
Ⅳ	20	0.60	0.80	0.60

2.3 GM (1,1)模型实例预测

2.3.1 数据的选取和预处理

选取的样本为 1996 年 1 月至 2005 年 12 月罗汉果的月度价格，序列长度为 120，数据见表 2。根据表 2 数据作 1996 年至 2005 年各年 1 月份的罗汉果价格的时间序列如图 1 所示。为了进一步考察序列的自相关性，作自相关函数图如图 2 所示。

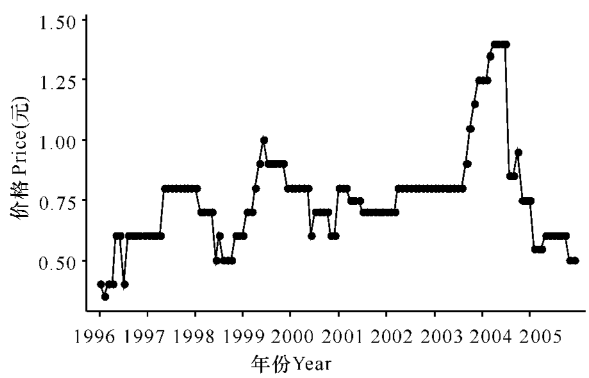

图 1 罗汉果价格的时间序列

Fig. 1 Time series plot of price of *Siraitia grosvenorii*

表 2　1996 年 1 月至 2005 年 12 月罗汉果的月度价格*

Table 2　Monthly price of *Siraitia grosvenorii* during 1996-01～2005-12

时间 Time	价格 Price	时间 Time	价格 Price	时间 Time	价格 Price	时间 Time	价格 Price	时间 Time	价格 Price
1996-01	0.40	1998-01	0.80	2000-01	0.80	2002-01	0.70	2004-01	1.25
1996-02	0.35	1998-02	0.70	2000-02	0.80	2002-02	0.70	2004-02	1.25
1996-03	0.40	1998-03	0.70	2000-03	0.80	2002-03	0.70	2004-03	1.35
1996-04	0.40	1998-04	0.70	2000-04	0.80	2002-04	0.80	2004-04	1.40
1996-05	0.60	1998-05	0.70	2000-05	0.80	2002-05	0.80	2004-05	1.40
1996-06	0.60	1998-06	0.50	2000-06	0.60	2002-06	0.80	2004-06	1.40
1996-07	0.40	1998-07	0.60	2000-07	0.70	2002-07	0.80	2004-07	1.40
1996-08	0.60	1998-08	0.50	2000-08	0.70	2002-08	0.80	2004-08	0.85
1996-09	0.60	1998-09	0.50	2000-09	0.70	2002-09	0.80	2004-09	0.85
1996-10	0.60	1998-10	0.50	2000-10	0.70	2002-10	0.80	2004-10	0.95
1996-11	0.60	1998-11	0.60	2000-11	0.60	2002-11	0.80	2004-11	0.75
1996-12	0.60	1998-12	0.60	2000-12	0.60	2002-12	0.80	2004-12	0.75
1997-01	0.60	1999-01	0.60	2001-01	0.80	2003-01	0.80	2005-01	0.75
1997-02	0.60	1999-02	0.70	2001-02	0.80	2003-02	0.80	2005-02	0.55
1997-03	0.60	1999-03	0.70	2001-03	0.80	2003-03	0.80	2005-03	0.55
1997-04	0.60	1999-04	0.80	2001-04	0.75	2003-04	0.80	2005-04	0.55
1997-05	0.80	1999-05	0.90	2001-05	0.75	2003-05	0.80	2005-05	0.60
1997-06	0.80	1999-06	1.00	2001-06	0.75	2003-06	0.80	2005-06	0.60
1997-07	0.80	1999-07	0.90	2001-07	0.70	2003-07	0.80	2005-07	0.60
1997-08	0.80	1999-08	0.90	2001-08	0.70	2003-08	0.80	2005-08	0.60
1997-09	0.80	1999-09	0.90	2001-09	0.70	2003-09	0.90	2005-09	0.60
1997-10	0.80	1999-10	0.90	2001-10	0.70	2003-10	1.05	2005-10	0.60
1997-11	0.80	1999-11	0.90	2001-11	0.70	2003-11	1.15	2005-11	0.50
1997-12	0.80	1999-12	0.80	2001-12	0.70	2003-12	1.25	2005-12	0.50

*:以上数据来源于广西药材站,罗汉果的价格以中果计算,单位:元/个。Data sources: Guangxi medicine site, price data according to medium *Siraitia grosvenorii*, unit: Yuan per *Siraitia grosvenorii*.

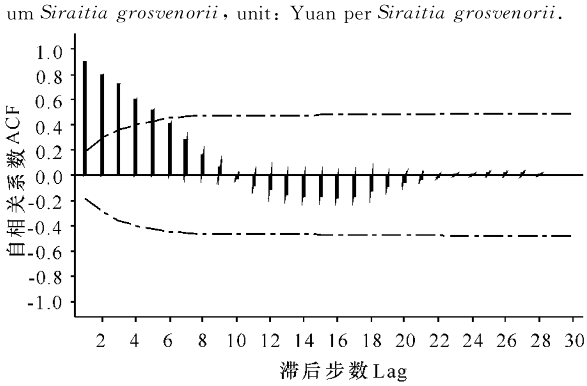

图 2　罗汉果价格的自相关函数

Fig. 2　ACF plot of price of *Siraitia grosvenorii*

图 2 表明,罗汉果价格序列是非平稳的,其滞后 1,2,3,4,5 步有显著的自相关性,但滞后 12 步不存在显著的自相关性。由于月度数据常出现连续几个观测值相同的情形,这对于价格预测常会出现突变的情形,为此,我们首先计算出每个季度的平均价格(名义价格),为了消除通货膨胀对价格的影响,再将名义价格通过居民消费指数(CPI)计算得到各季度的实际价格。

2.3.2　GM (1,1)模型的建立

我们试图以表 3 中 1996 年一季度～2005 年四季度的实际价格(序列长度为 40)建立 GM (1,1)模型,不幸的是得到的相对误差较大。为此,我们首先选取实际价格中的前 4 个数据建立 GM (1,1)模型,步骤如下:

(1)记原始序列 $X^{(0)}=(x^{(0)}(1),x^{(0)}(2),x^{(0)}(3),x^{(0)}(4))=(0.354,0.492,0.492,0.554)$,对 $X^{(0)}$ 作 1-AGO(A cumulated Generating Operator),得

$X^{(1)}=(x^{(1)}(1),x^{(1)}(2),x^{(1)}(3),x^{(1)}(4))=(0.354,0.846,1.338,1.892)$.

(2)对 $X^{(1)}$ 作紧邻均值生成,令 $Z^{(1)}(k)=0.5x^{(1)}(k)+0.5x^{(1)}(k-1)$,

$Z^{(1)}=(z^{(1)}(2),z^{(1)}(3),z^{(1)}(4))(0.600,1.092,1.615)$

(3)估计参数,令 $B=\begin{bmatrix}-z^{(1)}(2) & 1\\ -z^{(1)}(3) & 1\\ -z^{(1)}(4) & 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-0.600 & 1\\ -1.092 & 1\\ -1.615 & 1\end{bmatrix}$,$Y=\begin{bmatrix}x^{(0)}(2)\\ x^{(0)}(3)\\ x^{(0)}(4)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0.492\\ 0.492\\ 0.554\end{bmatrix}$,则有

$$B^TB=\begin{bmatrix}-0.600 & 1\\ -1.092 & 1\\ -1.615 & 1\end{bmatrix}^T\begin{bmatrix}-0.600 & 1\\ -1.092 & 1\\ -1.615 & 1\end{bmatrix}=$$

$\begin{bmatrix} 4.1607 & -3.3070 \\ -3.3070 & 3.0000 \end{bmatrix}$.

$$(B^T B)-1=\begin{bmatrix} 4.1607 & -3.3070 \\ -3.3070 & 3.0000 \end{bmatrix}-1=$$

$\begin{bmatrix} 1.9407 & 2.1393 \\ 2.1393 & 2.6915 \end{bmatrix}$.

于是，$\hat{a}=(B^T B)^{-1}B^T Y=\begin{bmatrix} -0.0617 \\ 0.4447 \end{bmatrix}$.

（4）确定模型 $\frac{dx^{(1)}}{dt}-0.0617x^{(1)}=0.4447$ 及时间响应式

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

$7.5625e^{0.061686k}-7.2085$.

（5）求 $X^{(1)}$ 的模拟值

$\hat{x}^{(1)}=(\hat{x}^{(1)}(2),\hat{x}^{(1)}(3),\hat{x}^{(1)}(4))=(0.8352, 1.3470, 1.8914)$

（6）还原出 $X^{(0)}$ 的模拟值，由 $\hat{x}^{(0)}(k+1)=\hat{x}^{(1)}(k+1)-\hat{x}^{(1)}(k)$，得 $\hat{x}^{(0)}=(\hat{x}^{(0)}(2),\hat{x}^{(0)}(3),\hat{x}^{(0)}(4))=(0.4812, 0.5118, 0.5444)$.

2.3.3 误差检验及预测

由2.2所给出的检验方法可以得到相对误差如表4所示。往前1～4步的预测值及预测相对误差如表5所示。往前1步的预测结果如表6所示。

表4 模型检验的相对误差

Table 4 Relative error by model test

序号 No.	实际数据 Original observe data $\hat{x}^{(0)}(k)$	模拟数据 Simulation result $x^{(0)}(k)$	残差 Residual $\varepsilon(k)$	相对误差 Relative error Δ_k (%)
2	0.492	0.4812	0.0108	2.196
3	0.492	0.5118	−0.0198	4.027
4	0.554	0.5444	0.0096	1.737

表5 往前1～4步预测值及预测相对误差

Table 5 Prediction value of forward 1～4 period and relative error of prediction

序号 No.	预测值 Prediction value $\hat{x}^{(0)}(k)$	实际观测值 Original observe data $x^{(0)}(k)$	残差 Residual $\varepsilon(k)$	相对误差 Relative error Δ_k (%)
5	0.5790	0.584	0.0050	0.8562
6	0.6159	0.713	0.0971	13.6185
7	0.6550	0.778	0.1230	15.8097
8	0.6967	0.778	0.0813	10.4498

表3 CPI和罗汉果的季度名义价格与实际价格*

Table 3 CPI, Quarterly nominal and real prices of *Siraitia grosvenorii*

季度 Quarter	名义价格 Nominal price	CPI	实际价格 Real price	季度 Quarter	名义价格 Nominal price	CPI	实际价格 Real price
1996年一季度	0.383	108.3	0.354	2001年一季度	0.800	100.7	0.794
1996年二季度	0.533	108.3	0.492	2001年二季度	0.750	100.7	0.745
1996年三季度	0.533	108.3	0.492	2001年三季度	0.700	100.7	0.695
1996年四季度	0.600	108.3	0.554	2001年四季度	0.700	100.7	0.695
1997年一季度	0.600	102.8	0.584	2002年一季度	0.700	99.2	0.706
1997年二季度	0.733	102.8	0.713	2002年二季度	0.800	99.2	0.806
1997年三季度	0.800	102.8	0.778	2002年三季度	0.800	99.2	0.806
1997年四季度	0.800	102.8	0.778	2002年四季度	0.800	99.2	0.806
1998年一季度	0.733	99.2	0.739	2003年一季度	0.800	101.2	0.791
1998年二季度	0.633	99.2	0.638	2003年二季度	0.800	101.2	0.791
1998年三季度	0.533	99.2	0.538	2003年三季度	0.833	101.2	0.823
1998年四季度	0.567	99.2	0.571	2003年四季度	1.150	101.2	1.136
1999年一季度	0.667	98.6	0.676	2004年一季度	1.283	103.9	1.235
1999年二季度	0.900	98.6	0.913	2004年二季度	1.400	103.9	1.347
1999年三季度	0.900	98.6	0.913	2004年三季度	1.033	103.9	0.995
1999年四季度	0.867	98.6	0.879	2004年四季度	0.817	103.9	0.786
2000年一季度	0.800	100.4	0.797	2005年一季度	0.617	101.8	0.606
2000年二季度	0.733	100.4	0.730	2005年二季度	0.583	101.8	0.573
2000年三季度	0.700	100.4	0.697	2005年三季度	0.600	101.8	0.589
2000年四季度	0.633	100.4	0.631	2005年四季度	0.533	101.8	0.524

*：CPI来源于2008年中国统计年鉴，罗汉果季度名义价格由表2中的月度数据计算季度平均价格得到，单位：元/个。

CPI come from China Statistical Yearbook 2008, nominal quarterly prices of *Siraitia grosvenorii* are calculated according to monthly prices in Table 2, Unit: Yuan per *Siraitia grosvenorii*.

表 6　往前 1 步预测结果

Table 6　Prediction value of forward 1 period

样本序号 Sample No.	实际值/样本内模拟值 Original observe data/simulation value for sample data	往前 1 步实际观测值/预测值 Original observe data/prediction value forward 1 period	往前 1 步预测的相对误差 Prediction relative error of forward 1 period (%)
1,2,3,4	0.354,0.492,0.492,0.554;0.3540,0.4812,0.5118,0.5444	0.584; 0.5790	0.8562
2,3,4,5	0.492,0.492,0.554, 0.584;0.4920,0.4982,0.5417,0.5891	0.713;0.6406	10.1543
3,4,5,6	0.492,0.554, 0.584,0.713;0.4920,0.5363,0.6121,0.6986	0.778;0.7974	2.4936
4,5,6,7	0.554,0.584,0.713,0.778;0.5440,0.5750,0.6253,0.6907	0.778;0.7759	0.2699
……	……	……	……
33,34,35,36	1.235,1.347,0.995,0.786;1.2350,1.3313,1.0127,0.7703	0.606;0.5859	3.3168
34,35,36,37	1.347,0.995,0.786, 0.606;1.3470,0.9930,0.7775,0.6087	0.573;0.4766	16.8237
35,36,37,38	0.995,0.786,0.606,0.573;0.9950,0.7661,0.6474,0.5470	0.589;0.4622	21.5280
36,37,38,39	0.786,0.606,0.573,0.589;0.7860,0.5980,0.5893,0.5807	0.524;0.5723	9.2175

3　结论

对于罗汉果的价格预测问题，本文采用的 GM (1,1)模型能较好地刻画其价格的变动规律，这是因为：首先，从表 4 及表 6 可以发现，GM (1,1)模型对于样本内的模拟具有很高的精度；其次，即使是对于样本外的往前 1 步预测也具有良好的预测效果。但是，值得注意的是，对于样本外的往前 2 步及以上的多步预测效果并不理想，也就是说，使用 GM (1,1)模型作多步预测时应当持谨慎态度；其次，我们尝试使用样本长度为 5 及全部样本分别建立进行 GM (1,1)模型，得到的模拟和预测效果均较样本长度为 4 的 GM (1,1)模型差，因此本文选取的是样本长度为 4 的 GM (1,1)模型。

综上，相对于回归模型、时间序列模型等预测模型，GM (1,1)模型在对罗汉果价格作预测问题中具有需要的数据少，拟合及预测精度高，易于编程实现等优点，可对短期罗汉果价格的预测提供科学的参考，也为科学发展罗汉果生产及资源保护提供了科学的参考依据。

参考文献：

[1]　李化，李家伟. 降低中药材价格波动幅度的对策探讨[J]. 上海医药，2007，28(12)：545-546.

[2]　中国药典委员会. 中华人民共和国药典：一部[M]. 北京：化学工业出版社，2005.

[3]　戚向阳，陈维军，宋云飞，等. 罗汉果对糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. 食品科学，2003，24：124-127.

[4]　卢严纯. 安国中药材市场价格回落后的思考[J]. 北京物价，2002(9)：26-27.

[5]　丁立威，丁乡. 近期三棵树药市 18 个药材品种走势点评[J]. 特种经济作物，2010，4：25-26.

[6]　李城. 低谷中有暴涨——中药材市场价格回顾与展望[J]. 中药研究与信息，2002，4(1)：32-33.

[7]　蒯世安. 浅谈中药市场的特殊性与价格[J]. 卫生软科学，2001，15(6)：50-51.

[8]　刘思峰，党耀国，方志耕，等. 灰色系统理论及其应用[M]. 第 3 版. 北京：科学出版社，2004.

[9]　张琨，毕靖，丛滨，等. MATLAB 7.6 从入门到精通[M]. 北京：电子工业出版社，2009.

（责任编辑：邓大玉）