

文章编号:1001-4810(2009)04-0426-06

灰色GM(1,1)模型和Verhulst模型在喀斯特地区耕地预测中的应用

——以毕节生态试验区为例^①

杜江¹, 安裕伦², 袁士聪³

1. 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵州 贵阳 550001;

2. 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001;

3. 贵州省化工研究院, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 毕节生态试验区是典型的喀斯特地区, 人口密度大, 生态环境脆弱, 水土流失严重, 耕地保护尤为重要。本文以毕节地区1998—2006年常用耕地面积统计数据为基础, 分别利用灰色GM(1,1)模型和Verhulst模型对该喀斯特地区常用耕地面积变化作预测。预测结果表明, GM(1,1)模型和Verhulst模型都揭示了毕节地区常用耕地面积在未来几年呈逐年递减的趋势。但是通过模拟精度验证, 研究区耕地面积原始数据变化曲线呈S型, 就灰色GM(1,1)模型与Verhulst模型模拟预测结果相比较, 对于原始数据的模拟, GM(1,1)模型预测精度较高, 而Verhulst模型更适合研究区未来几年耕地面积变化的预测。该研究结果可为区域合理利用土地资源、编制土地利用规划和耕地保护提供依据。

关键词: 灰色预测; GM(1,1)模型; Verhulst模型; 喀斯特; 耕地面积变化

中图分类号: F323.211 **文献标识码:** A

中国土地资源紧缺, 人均耕地占有量只有世界平均水平的三分之一。为了保护珍贵的土地资源, 中国于1986年6月25日颁布了《土地管理法》, 1998年重新修订的《土地管理法》, 更是以立法的形式确定了“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地是我国的基本国策”。中国实施了世界上最严格的耕地保护制度, 但是土地违法现象一直不断。耕地面积一直在减少, 耕地保护不容乐观。随着人口的增长和经济快速发展, 非农建设用地规模迅速扩大, 大量耕地资源被占用, 致使耕地面积锐减, 人地矛盾日益突出, 为此, 在确保区域经济快速发展的同时, 应对区域耕地进行合理、有效的保护。针对近年来耕地不断减少的事实, 采取切实有效的方法预测耕地的变化趋势, 对区域耕地保护是非常必要的, 同时具有重大的现实意义。本文利用毕节地区历年的耕地面积统计数据, 分别建立

灰色预测GM(1,1)模型和Verhulst模型并对该地区耕地面积进行模拟预测。此外, 还对GM(1,1)模型和Verhulst模型的模拟值进行比较验证, 从而评价这两个模型在喀斯特地区耕地面积预测的合理性和可靠性^[1,2]。通过研究该区域耕地面积的动态变化, 为区域合理利用土地资源、编制土地利用规划和耕地保护提供依据。

1 研究区概况

毕节地区是典型的岩溶山区, 位于贵州省西北部, 地处东经103°36′~106°43′, 北纬26°21′~27°46′之间, 全区辖毕节市、大方县、黔西县、金沙县、织金县、纳雍县、威宁彝族回族苗族自治县、赫章县8个县, 土地总面积26 844.45 km², 占贵州土地总面积的

① 基金项目: 基于中巴02B星的毕节地区生态建设与演化遥感示范研究(黔科合GY字[2008]3022)、喀斯特石漠化景观的演化特征与驱动力研究、973计划项目(2006CB403200)

第一作者简介: 杜江(1981—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事环境遥感与信息系统方面的研究。E-mail: dujiang0506@163.com。

通讯作者: 安裕伦, 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事自然地理学、GIS和遥感方面的研究。E-mail: anyulun@126.com。

收稿日期: 2009-06-27

15.24%。本区地势西高东低,并自西向东呈阶梯状下降,在较小范围内既有深切的峡谷、平川和凹地,又有起伏不大的丘陵,险峻的高山,气候垂直差异明显;大部分地方年平均日照时数1 100~1 400小时,年平均气温10.5~15.1℃,年平均降水量为854~1 444 mm,无霜期209~289天;河流分属长江水系和珠江水系,长江水系流域面积25 604.55 km²,占土地总面积的95.38%;珠江水系流域面积1 239.9 km²,占土地总面积的4.62%。

毕节地区属典型的高寒山区,山大坡陡,土壤瘠薄,宜农地较少,土地利用类型分布零星。土壤主要源自碳酸盐岩、砂页岩及玄武岩的风化残余堆积。耕地主要分为灌溉水田、望天田、水浇地、旱地和菜地5个三级地类,并具有“三多三少”的结构特点,即旱作土多、稻田少,坡耕地多、平坝地少,中下等田土多、上等田土少^[3]。区内由于坡耕地和低覆盖土地比例高,加之大量毁林毁草开荒,水土流失十分严重^[4]。

2 研究方法

灰色系统理论创立以来,已得到较大的发展。灰色预测已在很多领域广泛的应用^[5]。其中灰色预测中的数列预测常用在人口数量预测、耕地面积预测、粮食产量预测、降水量预测等等^[6]。灰色系统理论在建模过程中一方面提倡尊重原始数据而又不拘泥于原

始数据,并允许以科学的定性分析为依托对研究对象的实验、观测、统计数据进行必要的调整和修正。另一方面需要数据较少,灰色系统理论的核心模型GM(1,1)模型仅用4个数据就可以估计出模型参数,且可达到一定的模拟精度^[7]。

Verhulst模型是1837年德国生物学家Verhulst在研究生物繁殖规律时提出的^[8]。其基本思想是生物个体数量是呈指数增长的,受周围环境的限制,增长速度逐渐放慢,最终稳定在一个固定值^[9]。Verhulst模型主要用来描述具有饱和状态的过程,即S形过程,常用于人口预测、生物生长、繁殖预测和产品经济寿命预测等^[10]。

在进行预测研究的模型中,一般的统计建模大都需要拥有大量的观测数据,而且要求数据具备较好的分布规律,因此在实际应用过程中,许多数据难以满足统计模型的建模要求。而灰色预测GM(1,1)模型一般情况下不需要大量的历史数据,而是根据实际情况选择适量的数据,进行累加生成,将杂乱无章的数据理出一定的规律来进行预测^[11];同时毕节地区耕地历史数据变化呈S型(见图2),与Verhulst模型所描述的变化过程一致。因此笔者用毕节地区历年的耕地面积统计数据,分别建立灰色预测GM(1,1)模型和Verhulst模型对该地区耕地面积进行模拟预测。并将GM(1,1)模型和Verhulst模型的模拟值进行比较验证。具体研究技术路线如图1。

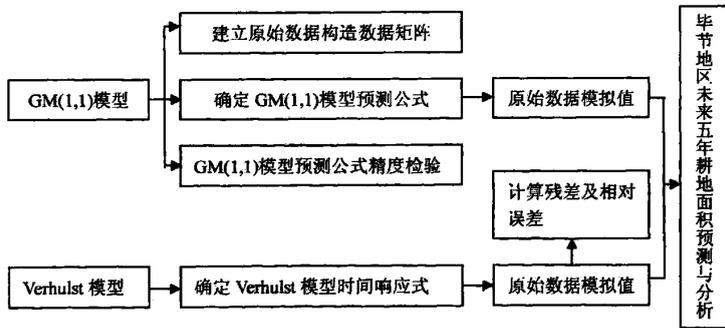


图1 研究技术路线
Fig.1 Technique route of the study

3 模型应用与分析

3.1 GM(1,1)模型

GM(1,1)模型,即一阶一个变量的灰模型^[12]。设 $x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(M)$ 是所要预测的某项指标的原始数据,一般而言,它是一个不平稳的随机数列。对于这样一个随机数列,如果它的波动太大,其发展趋势无规律可循,如果对原始数列做一次累加生成处理,即:

$$\begin{aligned}
 x^{(1)} &= x^{(0)}(1) \\
 x^{(1)}(2) &= x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) \\
 x^{(1)}(3) &= x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3) \\
 x^{(1)}(k) &= \sum_{i=1}^k x^{(0)}(t) \\
 &\vdots \\
 x^{(1)}(M) &= \sum_{i=1}^M x^{(0)}(t)
 \end{aligned}$$

则得到一个新的数列,对于这样的新数列,其变化趋势可以近似的用如下的微分方程描述:

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

式(1)中, a 和 u 可以通过如下最小二乘法拟合得到:

$$\begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_M \quad (2)$$

式(2)中, Y_M 为列向量:

$$Y_M = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), L, x^{(0)}(M)]^T$$

构造数据矩阵 B , 即:

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(M-1) + x^{(1)}(M)] & 1 \end{bmatrix}$$

则微分方程公式(1)所对应的时间响应函数为:

$$x^{(1)}(t+1) = [x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-at} + \frac{u}{a} \quad (3)$$

式(3)就是数列预测的基础公式。由式(3)对一次累加生成的数列的预测值 $\hat{x}^{(1)}(t)$, 可以求得原始数的还原值, 即:

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

式(4)中, $t=1, 2, \dots, M$, 并规定 $\hat{x}^{(0)}(0)=0$ 。原始数据的还原值与其实际观测值之间的残差 $\epsilon^{(0)}_t$ 和相对误差值 $q(t)$ 如下:

$$\begin{cases} \epsilon^{(0)}(t) = x^{(0)}(t) - \hat{x}^{(0)}(t) \\ q(t) = \frac{\epsilon^{(0)}(t)}{x^{(0)}(t)} \times 100\% \end{cases}$$

对于预测公式(3), 我们所关心的是它的预测精度。这一预测公式是否达到精度要求, 可以按下述方法进行精度检测:

首先计算:

$$\bar{x}^{(0)} = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M x^{(0)}(t)$$

$$s_1^2 = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M [x^{(0)}(t) - \bar{x}^{(0)}]^2$$

$$\bar{\epsilon}^{(0)} = \frac{1}{M-1} \sum_{t=2}^M \epsilon^{(0)}(t)$$

$$s_2^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{t=2}^M [\epsilon^{(0)}(t) - \bar{\epsilon}^{(0)}]^2$$

其次, 计算方差比 $c = s_2/s_1$ 以及小误差概率:

$$p\{|\epsilon^{(0)}(t) - \bar{\epsilon}^{(0)}| < 0.6745s_1\}$$

一般地, 预测公式(3)的精度检验可以由表(1)给出。如果 p 和 c 都在允许的范围之内, 则可以计算预测值。

表1 灰色预测精度检验等级标准^[6]

Tab.1 The standard of gray prediction accuracy test scale

精度验证	p	c
好	>0.95	<0.35
合格	>0.80	<0.5
勉强	>0.70	<0.65
不合格	≤0.70	≥0.65

3.2 Verhulst 模型^[13]

(1) 设 $X^{(0)}$ 为原始数据序列, $X^{(1)}$ 为 $X^{(0)}$ 的 1-AGO 序列, $Z^{(1)}$ 为 $X^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列, 则称

$$X^{(0)} + aZ^{(1)} = b(Z^{(1)})^a$$

为 GM(1,1) 幂模型。

(2) 称 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b(x^{(1)})^a$ 为 GM(1,1) 幂模型的白化方程。

(3) GM(1,1) 幂模型的白化方程的解为:

$$x^{(1)}(t) = \{e^{-(1-a)at} [(1-a) \int b e^{(1-a)at} dt + c]\}^{\frac{1}{1-a}}$$

(4) 设 $X^{(0)}, X^{(1)}, Z^{(1)}$ 如(1)所述, 那么

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

则 GM(1,1) 幂模型参数列 $\hat{a} = [a, b]^T$ 的最小二乘估计为 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 。

(5) 当 $a=2$ 时, 称 $X^{(0)} + aZ^{(1)} = b(Z^{(1)})^2$ 为灰色 Verhulst 模型。

(6) 称 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b(x^{(1)})^2$ 为灰色 Verhulst 模型的白化过程。

1° Verhulst 白化方程的解为:

$$x^{(1)}(t) = \frac{1}{e^{at} \left[\frac{1}{x^{(1)}(0)} - \frac{b}{a}(1 - e^{-at}) \right]} = \frac{ax^{(1)}(0)}{e^{at} [a - bx^{(1)}(0)(1 - e^{-at})]} = \frac{ax^{(1)}(0)}{bx^{(1)}(0) + (a - bx^{(1)}(0))e^{at}}$$

2° Verhulst 模型的时间响应式为:

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

3.3 模型应用与分析

利用毕节地区 1998—2006 年耕地统计数据(见表 2), 分别应用 GM(1,1) 模型和 Verhulst 模型进行数据预测。

表2 1998—2006年毕节地区耕地面积

Tab.2 The area of farmland from 1998 to 2006 in Bijie

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
耕地面积/万亩	594.71	594.11	591.74	586.06	566.15	545.18	546.57	547.92	546.54

①以上数据来源于贵州统计年鉴。

3.3.1 灰色GM(1,1)模型模拟预测

结合表2数据,利用灰色模型GM(1,1)计算得到的白化方程为:

$$x^{(1)}(t+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-at} + \frac{u}{a} = -40889.93e^{-0.014657t} + 41484.64$$

根据上述公式,得到GM(1,1)误差检验表(表3)。

表3 GM(1,1)误差检验表

Tab.3 The error test to the GM(1,1)

年份	原始数据	模拟值	模拟残差	相对误差(%)
1999	594.11	594.95	-0.84	-0.14
2000	591.74	586.3	5.44	0.92
2001	586.06	577.77	8.29	1.41
2002	566.15	569.36	-3.21	-0.57
2003	545.18	561.07	-15.89	-2.91
2004	546.57	552.91	-6.34	-1.16
2005	547.92	544.87	3.05	0.56
2006	546.54	536.94	9.6	1.76

通过误差检验表中的数据,利用GM(1,1)精度检测计算公式,得出此次模拟预测的精度检验值为 $c = 0.3705$ (合格), $p = 0.875$ (合格)。说明可以利用该模型对毕节地区的耕地面积变化做预测。

3.3.2 Verhulst模型模拟预测

在实际问题中,常遇到原始数据本身呈S形的过程,这时,我们可取原始数据为 $X^{(1)}$,其1-IAGO为 $X^{(0)}$,建立Verhulst模型直接对 $X^{(1)}$ 进行模拟。据此,根据表2提供的原始数据,绘制毕节地区1998—2006年耕地面积变化曲线图(图2)。

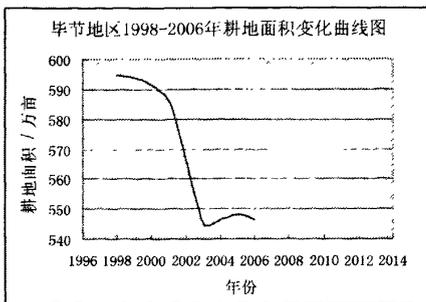


图2 毕节地区1998—2006年耕地面积变化曲线图
Fig.2 The curve of farmland area changes from 1998 to 2006 in Bijie

由图2可以看出,研究区耕地面积原始数据曲线近似S形,取 $X^{(1)} = (594.71, 594.11, 591.74, 586.06, 566.15, 545.18, 546.57, 547.92, 546.54)$,则 $X^{(1)}$ 的1-IAGO序列 $X^{(0)}$ 和紧邻均值生成序列 $Z^{(1)}$ 分别为:

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}_k\}_1^9 = (594.71, -0.60, -2.37, -5.68, -19.91, -20.97, 1.39, 1.35, -1.38);$$

$$Z^{(1)} = \{z^{(1)}_k\}_2^9 = (594.410, 592.925, 588.900, 576.105, 555.665, 545.875, 547.245, 547.230)。$$

取 $X^{(1)}(0) = X^{(1)}(1) = 594.71$,求出Verhulst模型的时间响应式为:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \frac{ax^{(1)}(0)}{bx^{(1)}(0) + (a - bx^{(1)}(0))e^{ak}} = \frac{-1.50283217}{-0.01367833 + 0.01115183e^{-0.002527k}}$$

根据上述公式,得到Verhulst模型误差检验表(表4)。

表4 Verhulst模型误差检验表

Tab.4 The error test to the model of Verhulst

年份	原始数据	模拟值	模拟残差	相对误差/%
1999	594.11	588.27	5.84	0.983
2000	591.74	581.88	9.86	1.666
2001	586.06	575.64	10.42	1.778
2002	566.15	569.54	-3.39	-0.599
2003	545.18	563.59	-18.41	-3.377
2004	546.57	557.78	-11.21	-2.051
2005	547.92	552.1	-4.18	-0.763
2006	546.54	546.55	-0.01	-0.002

从模拟预测的结果可以看出,GM(1,1)模型和Verhulst模型都揭示出毕节地区耕地面积呈逐年递减的趋势,这与实际耕地面积数量也是逐年递减的状况相吻合的。从表3和表4的预测数值和模拟残差来看,误差率都较低,说明运用GM(1,1)模型和Verhulst模型对毕节地区的耕地变化过程进行模拟和预测是可行的。

3.3.3 预测结果与分析

根据上述预测公式,分别用GM(1,1)模型和Verhulst模型对未来5年毕节地区耕地面积预测(表5)。

表5 基于GM(1,1)与Verhulst模型
2009—2013年毕节地区耕地面积的预测

Tab. 5 Forecast of the farmland area in Bijie from 2009 to 2013 with the GM (1,1) model and the Verhulst model

年份	GM(1,1)预测面积(万亩)	Verhulst 预测面积(万亩)
2009	513.84	530.62
2010	506.36	525.54
2011	499	520.57
2012	491.74	515.7
2013	484.58	510.94

利用GM(1,1)与Verhulst模型预测的结果,绘制毕节地区1998—2013年耕地面积变化曲线图(图3)。

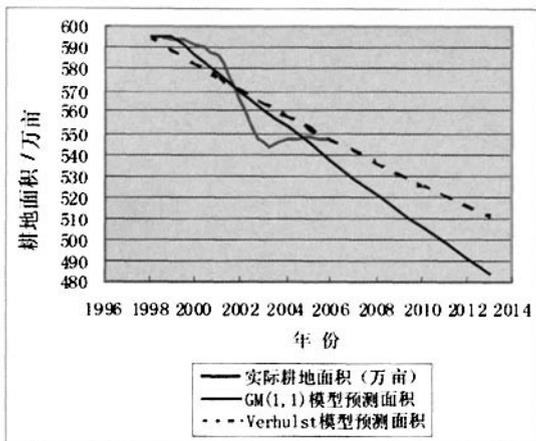


图3 GM(1,1)与Verhulst模型预测的1998—2013年
毕节地区耕地面积变化曲线图

Fig. 3 The curve of the farmland area change in Bijie from 1998 to 2013 predicted with the GM (1,1) model and the Verhulst model

从表5看出,GM(1,1)与Verhulst模型模拟预测的结果都表明研究区未来几年的常用耕地面积呈逐年递减的趋势,这与该区域的实际现状是比较吻合的。造成这种耕地逐年减少的原因主要表现如下:一方面,毕节地区属于典型的喀斯特地区,成土慢^[14],生态系统变异敏感度高,容易造成水土流失,每年约有660 km²坡耕地由于水土流失而石化,目前水土流失面积已达16 830 km²^[15]。其次是生态退耕。区内由于陡坡耕地多,容易导致生态环境恶化,因而生态退耕刻不容缓^[16]。再次,近年来随着区域经济社会的大力发展,城镇建设、交通建设、水利水电建设、工矿建设及旅游资源的开发都不同程度的占用耕地。据统计,仅1997—2005年9年间建设用地增加了10 902.169

hm²,呈上升趋势,特别是2003年陡然上升,这与西电东送2004年和2005年水利建设项目实施直接相关^[17]。由此看出,毕节地区耕地形势严峻,如何合理使用和保护耕地依旧是该区发展过程中面临的重要课题。

根据表3、表4模拟预测的数据,结合图3可以看出,从1999年至2005年间,GM(1,1)模型对原始数据的模拟值、模拟残差和相对误差都比Verhulst模型要小,其精度显然优于Verhulst模型。但是随时间的增长,Verhulst模型对未来几年耕地变化的预测精度要优于GM(1,1)模型。以2006年为例,GM(1,1)模拟的残差为9.6,相对误差为1.76%,预测精度为98.24%;而Verhulst模型模拟残差为-0.01,相对误差为-0.002%,预测精度高达99.998%。另外,从Verhulst模型预测趋势来看与毕节地区耕地保护发展态势也比较吻合。从1989年毕节地区先后实施中国3356工程,长防、长治工程以及天然林保护,坡改梯工程和贵毕路大示范区建设等重大工程项目,使生态恶化得到初步遏制,土壤侵蚀量减少,水土流失面积逐渐减少。而从未来几年耕地变化预测的效果(图3)来看,GM(1,1)模型曲线变化则比较快,与本区生态环境的发展趋势有所偏离。

4 结 语

本文以毕节地区历年耕地面积为基础,分别建立灰色GM(1,1)模型与Verhulst模型对毕节地区未来几年的耕地变化情况进行预测。在进行原始数据选择时,不仅要考虑建模符合精度检验,要考虑到所选取的建模原始数据的实际意义。因为长序列的原始数据建模不一定能得到满意的结果,而过短的数据序列又缺乏代表性与科学性,这也是灰色建模与常规数学建模的差异^[18]。从预测结果来看,灰色GM(1,1)模型与Verhulst模型都揭示了毕节地区常用耕地面积在未来几年呈逐年递减的趋势,通过残差分析和精度检验,整体模拟预测效果较好,说明灰色GM(1,1)模型与Verhulst模型在毕节地区的耕地预测应用是可行的。研究区耕地面积原始数据变化曲线呈S型,就灰色GM(1,1)模型与Verhulst模型模拟预测结果相比较,对原始数据的模拟GM(1,1)预测精度较高,但Verhulst模型更适合研究区未来耕地面积变化的预测。其结果可以作为区域合理利用土地资源、编制土地利用规划和耕地保护的依据。不过,随时间的推移,未来的一些扰动因素将不断影响模型的预测精度,需要及时的补充利用新的数据,计算出新的灰色GM

(1,1)模型白化方程与Verhulst模型时间响应式,模型得以不断改进,使预测值更加符合实际变化,更好地为区域合理利用土地资源、编制土地利用规划和耕地保护服务。

参考文献

- [1] 胡丽敏,周新地,黄长军.灰色模型GM(1,1)在益阳市耕地预测中的应用[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2008,17(3):75~78.
- [2] 刘文,王振环,刘勇.GM(1,1)模型和Verhulst模型在人口预测中的应用[J].孝感学院学报,2008(3):27-30.
- [3] 陈蓉,陈笑媛,陈笑筑.毕节地区耕地和基本农田的利用和保护[J].山地农业生物学报,2008,27(3):252-258.
- [4] 贵州省毕节地区地方志编撰委员会.毕节地区志土地志[M].贵州人民出版社,2005:1-2.
- [5] 王学萌,罗建军等.灰色系统方法简明教程[M].成都科技大学出版社,1993:79.
- [6] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].高等教育出版社,2002:2.
- [7] 刘思峰,郭天榜,党耀国等.灰色系统理论及其应用[M].科学出版社,1999:156.
- [8] 邓聚龙.灰色控制系统[M].武汉:华中理工大学出版社,1988:343-347.
- [9] 郭广猛.用GM(1,1)模型和Verhulst模型进行建筑物沉降预测[J].岩土工程,2000,3(10):33-37.
- [10] 刘思峰,郭天榜,党耀国等.灰色系统理论及其应用[M].科学出版社,1999:1-132.
- [11] 王学萌,罗建军等.灰色系统方法简明教程[M].成都科技大学出版社,1993:79.
- [12] 邓聚龙.灰色控制系统(第二版)[M].华中理工大学出版社,1993:9.
- [13] 刘思峰,郭天榜,党耀国等.灰色系统理论及其应用[M].科学出版社,1999:1-132.
- [14] 杨明德.喀斯特研究—杨明德论文选集[M].贵州民族出版社,2003:8-234.
- [15] 陈治谏.川滇黔接壤地区综合开发重点时序选择及方案比较[M].科学出版社,1995:152.
- [16] 丁卫红.毕节地区坡耕地生态退耕问题分析[J].毕节师范学院高等专科学校学报,2002,20(1):54-58.
- [17] 陈蓉,陈笑媛,陈笑筑.毕节地区耕地和基本农田的利用与保护[J].山地农业生物学报,2008,27(3):252-258.
- [18] 贾宏俊,万荣荣.灰色系统在耕地预测——以芜湖市为例[J].地域研究与发,2002,21(4):55-59.

The application of Gray GM (1,1) model and Verhulst model in the forecast of farmland in the karst area — A case in Bijie ecological experimental area

DU Jiang¹, AN Yu-lun², YUAN Shi-cong³

(1. Guizhou Provincial Key Laboratory for Information System of Mountainous Areas and Protection of Ecological Environment, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

2. School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

3. Guizhou Chemical Industry Research Institute, Guiyang, Guizhou 550002, China)

Abstract: As a typical karst area with a dense population and fragile ecological environment as well as serious soil erosion in Bijie ecological experimental area, the farmland protection is particularly important. Based on the statistic data of farmland from 1998 to 2006 in Bijie Region, this paper forecasts the changes of farmland in karst region with GM (1,1) model and the Verhulst model respectively. The forecast results show that both GM (1,1) model and the Verhulst model reveal the cultivated land in Bijie Region decreases gradually in the next years. However, by the NC verification of the model, the change of the original data of the cultivated land in the study area shows an S curve. To the imitation of the original data, the prediction results of the grey GM (1,1) are more accuracy than the Verhulst model, while the Verhulst is more suitable for the forecast of the changes in the coming years of the cultivated land in the study area. It can provide the basis for the rational use of land resources, the preparation of land-use planning and the protection of farmland.

Key words: gray forecast; GM (1,1) model; Verhulst model; karst; forecast of farmland