文章编号:1672 - 058X(2013)01 - 0027 - 04

第 17 届亚运会女子铅球冠军成绩 GM(1,1)模型预测*

丁　鼎, 陈勇芳
(重庆工商大学 融智学院 基础部,重庆 400067)

摘　要:运用文献资料法和数理统计法,介绍了 GM(1,1)模型的构建过程并利用模型对第 17 届亚运会女子铅球冠军成绩进行了预测;经过检验,近 5 届亚运会女子铅球冠军成绩 GM(1,1)曲线拟合度较好,拟合模型为 $\hat{y} = -16\ 085e^{-0.000\ 01k} + 18\ 130$;经过残差检验、关联度检验和后验差检验,得出模型具有良好的预测精度,实用性较强,可以用于预测第 17 届亚运会女子铅球冠军成绩,预测成绩为 20.45 m。

关键词:亚运会;女子铅球;GM(1,1)模型;成绩预测
中图分类号:G821.1　　**文献标志码**: A

1982 年,中国学者邓聚龙教授创立的灰色系统理论,是一种研究少数据、贫信息、不确定性问题的新方法,它广泛用于对随机、有序的灰色过程进行预测,从而去寻找其潜在的规律。灰色预测法通过用关联分析的方法来判别系统因素之间发展趋势的相异程度,用生成处理的方法将原始数据生成有较强规律性的时间序列来建立相应的微分方程模型,从而预测事物未来某一时刻的特征量或达到某一特征量的时间[1]。GM(1,1)模型由于需要数据少和短期预测精度高等特点,被认为是灰色理论的核心模型[2],在体育领域中已经得到广泛应用[3-6]。通过对 GM(1,1)模型的构建、检验以及用模型对第 17 届亚运会女子铅球冠军成绩的预测,进一步推动 GM(1,1)模型在体育成绩预测中的应用,为第 17 届亚运会女子铅球冠军成绩的预测提供参考。

1　研究对象与方法

1.1　研究对象

以近 5 届(第 12、13、14、15、16 届)亚运会女子铅球冠军成绩数据[7]为研究对象。

1.2　研究方法

1.2.1　文献资料法

通过 CNKI 全文期刊数据库搜集了大量与灰色系统理论有关的论文,阅读了有关矩阵运算的书籍,为完成论文提供了理论基础。

1.2.2　数理统计法

运用 Excel2003 和 SPSS17.0(汉化版)、MATLAB7.0 对统计的数据进行运算,主要涉及到标准差求解、矩阵计算和预测模型求解。

收稿日期:2010 - 10 - 15;**修回日期**:2012 - 10 - 28.
* **基金项目**:重庆工商大学融智学院人文社会科学研究项目(20127005).
作者简介:丁鼎(1981-),男,江苏徐州人,助教,研究生,从事体育教育研究.

2 研究结果与分析

2.1 GM(1,1)原始模型

设时间序列 $X^{(0)}$ 有 n 个观测值,$X^{(0)} = \{ x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \cdots\cdots, x^{(0)}(n) \}$ 通过累加生成新序列 $X^{(1)} = \{ x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \cdots\cdots, x^{(1)}(n) \}$,则 GM(1,1)模型相应的微分方程为 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + aX(1) = b$,式中:$a$ 为发展系数;b 为灰色作用量。设 α 为待估参数向量 $\alpha = (\frac{a}{b})$,利用最小二乘法可得:$\alpha = (B^{T}B)^{-1}B^{T}Y_n$,其中:$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)] & 1 \\ \cdots & \cdots \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}$,$B^{T}$ 为 B 的转置矩阵,$(B^{T}B)^{-1}$ 为 $(B^{T}B)$ 矩阵的逆矩阵,$Y_n = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \cdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix}$,求解微分方程,可得 GM(1,1)模型的时间相应序列为:$\hat{X}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a}, k = 0, 1, 2, \cdots n$。

2.2 GM(1,1)模型的建立

以第 12、13、14、15、16 届亚运会女子铅球冠军成绩为原始数据建立 GM(1,1)预测模型。近 5 届亚运会女子铅球冠军成绩见表 1,在建立灰色预测模型时,为弱化原时间系列的随机性,首先通过用累加数据的方法对原时间序列的数据进行处理,所得到的新的时间序列称为生成列。

表 1 近 5 届亚运会女子铅球冠军成绩

届次/届	12	13	14	15	16
成绩/cm	2 045	1 896	1 862	1 842	1 994

一次累加的计算方法为:$X^{(1)}(k) = X^{(1)}(k-1) + X^{(0)}(k) = \sum_{i=1}^{k} x^{(0)}(i)$,定义:$X^{(1)} = \{X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), \cdots, X^{(1)}(n)\}$ 为生成列 $X^{(0)} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \cdots, X^{(0)}(n)\}$ 为原时间序列。例中,对原始序列作一次累加计算,则原时间序列和生成列分别为:

$$X^{(0)} = \{2\ 045, 1\ 896, 1\ 862, 1\ 842, 1\ 994\}; X^{(1)} = \{2\ 045, 3\ 941, 5\ 803, 7\ 645, 9\ 639\}$$

则

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(3) + X^{(1)}(4)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(4) + X^{(1)}(5)] & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\ 993 & 1 \\ -4\ 872 & 1 \\ -6\ 724 & 1 \\ -8\ 642 & 1 \end{bmatrix}; Y_n = \begin{bmatrix} 1\ 896 \\ 1\ 862 \\ 1\ 842 \\ 1\ 994 \end{bmatrix}$$

$$B^{T}B=\begin{bmatrix}-2\,993 & -4\,872 & -6\,724 & -8\,642\\ 1 & 1 & 1 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}-2\,993 & 1\\ -4\,872 & 1\\ -6\,724 & 1\\ -8\,642 & 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}69\,333.1 & -156.1\\ -156.1 & 4\end{bmatrix}$$

$$(B^{T}B)^{-1}=\begin{bmatrix}69\,333.1 & -156.1\\ -156.1 & 4\end{bmatrix}^{-1}=\begin{bmatrix}0.000\,01 & 0.000\,30\\ 0.000\,30 & 2.158\,80\end{bmatrix};$$

$$B^{T}Y_{n}=\begin{bmatrix}-2\,993 & -4\,872 & -6\,724 & -8\,642\\ 1 & 1 & 1 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\,896\\ 1\,862\\ 1\,842\\ 1\,994\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-44\,364\,148\\ 7\,594\end{bmatrix};$$

$$(B^{T}B)^{-1}B^{T}Y_{n}=\begin{bmatrix}0.000\,01\\ 1.813\,00\end{bmatrix};\text{即 } a=0.000\,01;b=1.813\,00。$$

所以,GM(1,1)模型的白化方程为:$\frac{dx^{(1)}}{dt}+0.000\,01X(1)=1.813\,00$;$X^{(0)}(1)=2\,045$,$\frac{b}{a}=18\,130$,时间响应式$\hat{X}(k+1)=(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a})e^{-ak}+\frac{b}{a}$,即:$\hat{X}(k+1)=-16\,085e^{-0.000\,01k}+18\,130$,即得出的预测模型为:$\hat{y}=-16\,085e^{-0.000\,01k}+18\,130$。

2.3　GM(1,1)预测模型的检验

灰色预测模型建立后,要进行残差检验、关联度检验和后验差检验来检验预测模型的实用性和预测精度。

2.3.1　残差检验

将 $k=0,1,2,3,4$ 分别代入预测模型,计算后可得序列$\hat{X}=[2\,045.0,2\,045.3,2\,045.6,2\,046.0,2\,046.3]$,所以绝对误差序列$\triangle^{(i)}=[0,149,184,204,52]$,相对误差序列 $\varphi=[0\%,7.85\%,9.88\%,9.07\%,2.60\%]$。

从相对误差序列可以看到各相对误差均小于 9.90%,所以预测模型预测的精度良好。

2.3.2　关联度检验

关联系数的计算公式为:$\eta(i)=\frac{\min\{\Delta_i^{(0)}\}+\rho\max\{\Delta_i^{(0)}\}}{\Delta_i^{(0)}+\rho\max\{\Delta_i^{(0)}\}}$,$i=1,2,3\cdots.n$,$\rho=0.5$。式中 ρ 为分辨率,$0<\rho<1$,一般取 $\rho=0.5$,当 $\rho=0.5$ 时,关联度大于 0.6,预测模型即为满意[9]。例中 $\min\{\Delta_i^{(0)}\}=0$,$\max\{\Delta_i^{(0)}\}=204$,通过关联系数计算公式可以得到关联系数序列为:$\eta(k)=[1,0.41,0.46,0.54,0.67]$,根据关联度计算公式:$r=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\eta(k)$,例中关联度为 $r=0.62$,满足 $\rho=0.5$ 时,$r>0.6$ 的检验准则。

2.3.3　后验差检验

计算出原时间序列 $X^{(0)}$ 的标准差 $S_1=0.08$,绝对误差序列 $\triangle^{(0)}$ 的标准差 $S_2=0.02$。所以方差比 $C=\frac{s2}{s1}=0.22$;小误差概率满足:$P=p\{|\Delta^{(0)}(i)-\bar{\Delta}^{(0)}|<0.674\,5S_1\}$。令 $e_i=|\Delta^{(0)}(i)-\bar{\Delta}^{(0)}|$,$S_0=0.674\,5S_1$,则小误差概率为:$S_0=0.674\,5\times0.08=0.053\,96$,$e_i=[0.02,0.01,0.03,0.07,0.012]$,可以看到只有 e_4 大于 S_0,故 $P>0.80$,$C<0.50$,模型合格。概率 P,方差比 C 与模型精度对应情况见表 2。

经过残差检验、关联度检验和后验差检验后得出模型均达到了检测的标准,可以用 $\hat{y}=-16\,085e^{-0.000\,01k}+18\,130$进行预测。当 $k=5$ 时,$\hat{y}=2\,045$,即第 17 届亚运会女子铅球冠军成绩的预测值为 20.45 m。

表2 P、C 与模型精度对应情况表[9]

P	C	模型精度
>0.95	<0.35	好
>0.80	<0.50	合格
>0.70	<0.65	勉强合格
≤0.70	≧0.65	不合格

2.3.4 定量预测与定性分析相结合

成绩预测是竞技体育发展战略研究的重要内容之一。在进行竞技体育成绩预测时,要根据实际情况从定量与定性相结合的角度来进行预测[10]。近5届亚运会女子铅球冠军成绩的时间序列的动态变化如图1。从图1可以看出,从第12届亚运会开始,女子铅球冠军成绩开始呈下降趋势,但从第15届开始呈现出上升的状态,这与模型预测的结果相吻合。

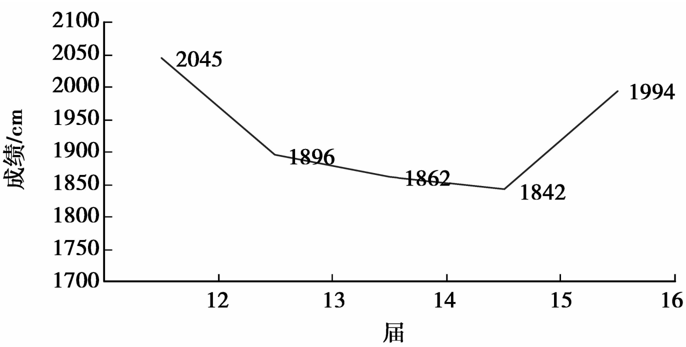

图1 近5届亚运会女子铅球冠军成绩变化折线图

3 结 论

以近5届亚运会女子铅球冠军成绩为原始数据,建立的GM(1,1)预测模型为:$\hat{y} = -16\,085e^{-0.000\,01k} + 18\,130$。经过残差检验、关联度检验和后验差检验以及从定性的角度分析后得出模型可以用于预测,预测成绩为20.45 m。目前亚运会女子铅球冠军成绩的保持者是中国的隋新梅在1990年第11届亚运会上掷出的20.55 m,其次就是在1994年同样是隋新梅掷出的20.45 m。故在理想状态下,第17届亚运会女子铅球冠军成绩的预测成绩将会达到隋新梅在1994年的成绩。

参考文献:

[1] 刘思峰,谢乃明.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,2008

[2] 邵桂华,孙庆祝,孙晋海.GM(1,1)模型群及其在体育中的应用研究[J].山东体育科技,1996,18(2):73-77

[3] 权德庆,雷福民.对体育领域中应用灰色关联度方法若干问题的探讨[J].西安体育学院学报,1992,9(2):26-29

[4] 张正红,刘志兰.分段成绩与专项成绩的灰色关联综合分析及模式化训练途径[J].武汉体育学院学报,2008,24(4):90-93

[5] 田宜君,朱锋峰.基于GM(1,1)模型和灰色关联度的组合预测新方法[J].科学技术与工程,2009,9(4):842-844

[6] 张欢勇,戴文战.灰色GM(1,1)预测模型的改进[J].浙江理工大学学报,2009,26(1):142-145

[7] 朱红兵,刘建通,王港,等.GM(1,1)模型灰色预测法及其在预测体育成绩中的应用[J].首都体育学院学报,2003,15(1):120-121

[8] 权德庆,雷福民.对竞技体育成绩预测方法的研究与分析[J].西安体育学院学报,1993,10(1):19-22

(下转第34页)