

[旅游业研究]

基于灰色系统 GM(1,1) 模型的海南旅游业收入预测*

何彪^a, 朱连心^b

(海南大学 a. 旅游学院; b. 经济与管理学院, 海南海口 570228)

[摘要]科学的旅游预测是促进旅游业可持续发展的重要保障,将灰色系统相关理论与旅游业相结合,介绍了灰色系统 GM(1,1) 预测模型,并将其运用于区域旅游预测中,以海南省为例进行了预测,并获得了较好的预测效果。

[关键词]灰色理论; GM(1,1) 模型; 海南; 旅游; 预测

[中图分类号]F592.7

[文献标识码]A

[文章编号]1674-3784(2011)06-0065-03

引言

在旅游业发展过程中,运用恰当的预测方法来认识旅游经济发展规律,为旅游经济决策提供科学依据,避免因决策失误造成损失,是实现旅游业可持续发展的必然需要。因此,科学的旅游预测对于保障旅游业的良性运行非常重要。但是,由于很多与旅游经济发展相关的统计数据无法获得,对旅游市场的研究只能属于对“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本、贫信息、不确定”系统的研究^[1]。灰色系统预测通过原始数据的处理和灰色模型的建立,发现、掌握系统发展规律,对系统的未来状态作出科学的定量预测,是一种时序模型预测法。本文尝试将灰色系统理论用于旅游业收入预测研究中,并以海南省的旅游业收入预测为例来论证方法的可行性。

一、GM(1,1) 模型介绍

GM(1,1)模型是将离散的随机数经过一次累加生成算子(记为 1-AGO, Accumulating Generation Operator),削弱其随机性,得到较有规律的生成数,然后建立白化式微分方程、解方程进而建立模型^[2]。其构建步骤如下:

(一)原始数列

一般以已知研究对象的某种信息数据组为原始数列,将其记为:

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n))$$

式中 n 表示时间序列。

(二)原始数据累加和均值生成

原始数据多为随机,不便直接处理。因此,对此进行累加和均值处理,如下:

1. 累加生成数列

通过一次累加,得到以下数列,记为:

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)) \quad \text{式 1}$$

式中 n 表示时间序列, $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$, 且

$$x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)。$$

2 均值生成数列

通过一次均值,得到以下数列,记为:

$$z^{(1)} = (z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad \text{式 2}$$

式中 n 表示时间序列, $z^{(1)}(k) = (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1))/2, k=2, 3, \dots, n$ 。

(三)建立 GM(1,1) 模型

根据式 1 和式 2 建立一个单序列的一阶线性动态灰色预测模型,如下:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad \text{式 3}$$

式中 a, b 为参数,式 3 即为 GM(1,1) 模型。

(四)GM(1,1) 模型的求解

1. 构建矩阵

设有矩阵 $Y = B \cdot \theta$, 其中:

* [基金项目]海南省社会科学基金项目(HNSK10-70)

[收稿日期]2011-06-15

[作者简介]何彪(1980-),男,湖北黄梅人,海南大学旅游学院讲师,硕士,研究方向:旅游经济、服务管理;朱连心(1980-),女,湖北武汉人,海南大学经济与管理学院讲师,硕士,研究方向:产业经济,国际贸易。

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

$$\theta = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

式中, Y 是已知数, B 是处理后的已知数, θ 为待定参数, 也即 a, b 为待定参数。

2. 求解 a 和 b

用最小二乘法求解, 当 $|B^T B| \neq 0$ 时,

$$\theta = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad \text{式 4}$$

此时, 其相应的微分方程为:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \quad \text{式 5}$$

式 5 为式 3 的白化方程, 即影子方程。

式 5 的解也称周期响应函数, 记为:

$$x^{(1)}(t) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-at} + \frac{b}{a} \quad \text{式 6}$$

式 6 即预测模型。

3. 光滑性检验

根据灰色系统理论, 一般使用 3 种检验方式来对灰色模型进行精度检验: 残差大小检验、后验检验和关联度检验。残差大小检验是直观地将模型计算值与原始值逐一进行相对误差检验; 后验差检验按照残差的概率分布进行检验; 关联度检验则属几何检验, 它检验的是模型曲线与行为曲线的几何相似程度。最常用的是相对误差检验指标, 如下式:

$$\epsilon(k) = x^{(0)}(k+1)/x^{(1)}(k) \quad \text{式 7}$$

若对 k 有 $\epsilon(k) < 0.5$, 则其满足准光滑条件。然后检验数列 $x^{(1)}$ 是否具有准指数规律, 如下式:

$$\sigma^{(1)}(k) = x^{(1)}(k+1)/x^{(1)}(k) \quad \text{式 8}$$

若对 k 有 $\sigma^{(1)}(k) \in [1, b]$, $\delta = b - 1 \leq 0.5$, 则准指数规律满则, 可以对 $x^{(1)}$ 数列建立 GM(1,1) 模型, 否则需要继续累加。

4. 还原, 得到模型计算值

式 3 的时间响应数列为:

$$\frac{\Delta}{x}(1)(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad \text{式 9}$$

式中 $k = 1, 2, \dots, n-1$ 。

取 $x^{(1)}(0) = x^{(0)}(1)$, 则式 9 可写成:

$$\frac{\Delta}{x}(1)(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad \text{式 10}$$

式中 $k = 1, 2, \dots, n$ 。

且可得到下式:

$$\frac{\Delta}{x}(0)(k+1) = \frac{\Delta}{x}(1)(k+1) - \frac{\Delta}{x}(1)(k) \quad \text{式 11}$$

式中的 $\frac{\Delta}{x}(0)(k+1)$ 表示原始数据的预测序列,

即可用式 11 进行预测。

从灰色预测方法原理可知, $-a$ 主要控制系统发展态势的大小, 即反映预测的发展态势, 被称为发展系数; b 的大小反映了数据变化的关系, 被称为灰色作用量, 其中:

(1) 当 $-a < 0.3$ 时, GM(1,1) 模型可用于中长期预测, 预测精度较高;

(2) 当 $0.3 < -a < 0.5$, GM(1,1) 模型可用于短期预测, 中长期预测慎用;

(3) 当 $0.5 < -a < 1$ 时, 应采用 GM(1,1) 改进模型, 包括 GM(1,1) 残差修正模型;

(4) 当 $1 < -a$ 时, 不宜采用 GM(1,1) 模型, 可考虑其他预测方法。

二、GM(1,1) 模型对海南旅游收入的预测

旅游业是海南的重要支柱产业, 旅游业收入占海南 GDP 的比重非常高, 旅游业是海南经济发展的重要推动力, 下表是海南 2000—2009 年的年旅游业总收入。

表 1 海南 2000—2009 年旅游收入

单位: 亿元

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
收入	78.56	87.89	95.38	103.20	111.01	125.05	141.43	171.37	192.33	211.72

注: 资料来源于《海南统计年鉴》, 2003 年, 由于 SARS 事件的出现, 海南的旅游业受到了很大的影响, 旅游收入呈现负增长。因此, 对 2003 年的数据进行了修正处理, 2003 年的实际数据为 93.55, 这里, 修正后的数据为 2002 年和 2004 年数据的平均值。

(一) 相关数据的处理

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, ϵ 为 $x^{(0)}$ 的光

滑度检验值, ϵ 的计算公式如下:

$$\epsilon = x_{(k+1)}^{(0)} / x_{(k)}^{(1)}$$

这样得到处理后的数据, 如下表:

表 2 处理后的数据序列

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x^{(0)}$	78.56	87.89	95.38	103.20	111.01	125.05	141.43	171.37	192.33	211.72
$x^{(1)}$	78.56	166.45	261.83	365.03	476.04	601.09	742.52	913.89	1106.22	1317.94
ϵ	1.119	0.573	0.394	0.304	0.263	0.235	0.231	0.210	0.191	0.000
$z^{(1)}$		122.51	214.14	313.43	420.54	538.57	671.81	828.21	1010.06	1212.08

(二) 构造矩阵及确定参数

构造矩阵 $\theta = (B^T B)^{-1} B^T Y$, 根据表 2 数据计算得到结果如下:

$$\theta = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.12 \\ 66.69 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -122.51 & 1 \\ -214.14 & 1 \\ -313.43 & 1 \\ -420.54 & 1 \\ -538.57 & 1 \\ -671.81 & 1 \\ -828.21 & 1 \\ -1010.06 & 1 \\ -1212.08 & 1 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} 87.89 \\ 95.38 \\ 103.2 \\ 111.01 \\ 125.05 \\ 141.43 \\ 171.37 \\ 192.33 \\ 211.72 \end{bmatrix}$$

(三) 解白化方程

令 $X^{(1)}(0) = X^{(0)}(1) = 78.56$, 得到预测方程:

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 634.31e^{0.12k} - 555.75,$$

$$k = 0, 1, 2, 3, l, n$$

(四) 模型检验

经过计算, 得到表 3 数据:

表 3 模型预测检验与相对误差

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{\hat{\Delta}}{\hat{X}}(1)$	78.56	159.43	250.62	353.43	469.34	600.04	747.40	913.54	1100.88	1312.09
$x^{(1)}$	78.56	166.45	261.83	365.03	476.04	601.09	742.52	913.89	1106.22	1317.94
相对误差 σ	0.00%	4.22%	4.28%	3.18%	1.41%	0.17%	-0.66%	0.04%	0.48%	0.44%

由上表可以看出, 当 $K > 4$ 时, 相对误差都小于 1%, 模型预测效果较好, 而且预测时间周期越长, 误差相对越小。

(五) 模型预测

用上述模型预测 2010—2020 年的结果; 也就是取 $k = 10, 11, 12 \dots 19, 20$, 由上述预测方程得到表 4 数据:

表 4 海南省 2010—2020 年旅游业收入预测

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
K	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\frac{\hat{\Delta}}{\hat{X}}(1)$	1317.94	1550.23	1818.74	2121.48	2462.82	2847.68	3281.60	3770.85	4322.48	4944.44	5645.70
$\frac{\hat{\Delta}}{\hat{X}}(0)$	232.29	268.51	302.74	341.34	384.86	433.92	489.25	551.63	621.96	701.26	790.66

从上表可以看出, 本模型对海南省旅游业收入 2010 年的预测值为 232.29 亿元, 根据海南省旅游发展委员会的统计数据, 截止到 2010 年 11 月底, 海南省 2010 年旅游业总收入为 229.24 亿元。由此可见, 本模型的预测效果相当不错, 精度较高。

结论

科学的旅游预测是制定旅游业相关政策和进行有效管理的重要依据, 本文根据旅游业系统的属性,

运用灰色系统理论来预测旅游业收入, 是一种探索, 但还有待于更加深入的研究。对于旅游的相关研究而言, 研究方法不是一成不变的, 根据不同的理论系统建立模型, 要考虑到系统的属性, 更要考虑进行研究的目的, 这样才能使旅游相关研究由定性研究为主逐渐向以定量研究为主转变, 并且不断融合更多的学科理论与研究方法, 使得所进行的研究有更强的指导意义。
(下转第 102 页)

