

# 基于灰色系统理论 GM(1,1)模型的林芝 旅游市场规模预测

张长耀, 刘秀丽

(西藏农牧学院 公共教学部, 西藏 林芝 860000)

**摘要:**旅游业是西藏林芝市的支柱产业,对林芝旅游市场规模进行预测具有重要的意义。基于2009—2016年林芝市旅游接待人数数据资料,利用灰色系统理论GM(1,1)模型对林芝市十三五期间旅游市场规模进行预测,并对其进行了残差检验、关联度检验和后验差检验,检验结果显示建立的GM(1,1)模型具有较高的精度,可以进行实际预测。预测结果表明林芝未来几年旅游业市场规模将呈现持续稳定增长的趋势。

**关键词:**旅游业;GM(1,1)模型;预测;西藏林芝

**中图分类号:**F592.7   **文献标志码:**A   **文章编号:**1671-1807(2017)09-0040-04

林芝是西藏自治区下辖的一个地级市,地处藏东南雅鲁藏布江中下游,平均海拔3 100米,气候温润,景色宜人,素有“西藏江南”之美称。不仅自然风光绮丽独特,人文景观更是源远流长,是旅游的理想之所。林芝的旅游业起步较晚,但发展迅猛,旅游业现已成为林芝市绝对的优势产业和支柱产业。2013年《林芝地区优势产业发展总体规划(2013—2020)》以生态旅游、水电能源业、农牧业、藏药业等为四大优势产业<sup>[1]</sup>,林芝旅游业发展在十三五期间仍将对林芝经济有重要影响。古人云:“凡事预则立,不预则废。”有科学的预见,周密的计划,才能达到预期成功。因此,对林芝旅游市场规模做出科学合理的预测,将会为林芝旅游业相关决策部门提供重要的决策依据,为林芝旅游业发展提供帮助。

预测旅游市场规模的方法有很多,其中,灰色系统理论的灰色预测是一种非常重要的方法。灰色预测基于人们对系统演化不确定性特征的认识,运用序列算子对原始数据进行生成、处理,挖掘灰色系统模型,对系统的未来状态做出科学的定量预测<sup>[2]</sup>。GM(1,1)模型是灰色系统理论中应用最广泛的一种灰色动态预测模型,具有所需信息少,精度高等特点,是处理小样本预测问题的有效工具。目前国内许多学者通过建立GM(1,1)模型对各地旅游市场规模做出了

预测,取得了良好的效果<sup>[3-9]</sup>。本文选择应用灰色系统理论GM(1,1)模型对西藏林芝的旅游市场规模进行预测。

## 1 GM(1,1)预测模型

### 1.1 GM(1,1)模型建立

设  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$  为原始序列,为了消除原始数据的随机性,对其进行累加和均化处理,  $x^{(0)}$  的AGO序列  $x^{(1)} = AGOx^{(0)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$ , 其中  $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n, x^{(1)}$  的紧邻均值生成序列  $z^{(1)} = (z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(n))$ , 其中  $z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1), k = 2, 3, \dots, n$ 。

灰模型GM(1,1)的灰微分方程为  $x^{(0)}(k) + ax^{(1)}(k) = b$ , 其中  $a$  为发展系数,反映  $x^{(0)}$  (及  $x^{(1)}$ ) 的发展态势,当  $-a \leq 0.3$  时,GM(1,1)可用于中长期预测;  $b$  为灰作用量。

GM(1,1)模型  $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$  的最小二乘估计参数列满足:

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

$$\text{其中: } Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}。$$

**收稿日期:**2017-05-31

**基金项目:**西藏自治区2015年高校青年教师创新支持计划资助项目(QC2015-30)。

**作者简介:**张长耀(1981—),男,山东泗水人,西藏农牧学院公共教学部数学教研室,副教授,硕士研究生,研究方向:应用数学;刘秀丽(1980—),女,山东梁山人,西藏农牧学院公共教学部数学教研室,副教授,硕士研究生,研究方向:应用数学。

GM(1,1)的白化模型为  $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$ , 其时

间响应函数为:

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

从而有 GM(1,1)模型  $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$  的时间响应序列为:

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

..., n

还原值为:  $\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k)$ ,

$k = 1, 2, \dots, n$ .

由以上公式可以生成原始序列  $x^{(0)}$  的模拟序列, 并能得到未来的预测值。

### 1.2 模型精度检验

理论上建立 GM(1,1)模型后, 还要对模型经过检验判定其是否合理, 是否有效, 只有通过检验的模型才能用作预测模型。残差检验、关联度检验及后验差检验是 GM(1,1)模型比较常用的检验方法。

#### 1.2.1 残差检验

设原始序列为  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ , 相应的预测模型模拟序列为  $\bar{x}^{(0)} = (\bar{x}^{(0)}(1), \bar{x}^{(0)}(2), \dots, \bar{x}^{(0)}(n))$ , 残差序列为  $\epsilon^{(0)} = (\epsilon(1), \epsilon(2), \dots, \epsilon(n))$ , 其中:

$$\epsilon(k) = \bar{x}^{(0)}(k) - x^{(0)}(k), k = 1, 2, \dots, n, \text{相对误差序列为 } \Delta = (\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n), \text{其中:}$$

$$\Delta_k = \left| \frac{\epsilon(k)}{x^{(0)}(k)} \right|, \text{平均相对误差为 } \bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta_k,$$

平均相对误差  $\bar{\Delta}$  和模拟误差都要求越小越好。

#### 1.2.2 关联度检验

设  $x^{(0)}$  为原始序列,  $\bar{x}^{(0)}$  为相应的模拟序列, 记  $x_0^{(0)} = (x_0^{(0)}(1), x_0^{(0)}(2), \dots, x_0^{(0)}(n))$ ,  $\bar{x}_0^{(0)} = (\bar{x}_0^{(0)}(1), \bar{x}_0^{(0)}(2), \dots, \bar{x}_0^{(0)}(n))$  分别为  $x^{(0)}$  和  $\bar{x}^{(0)}$  的始点零化像。

$$\text{令 } |s| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} x_0^{(0)}(k) + \frac{1}{2}x_0^{(0)}(n) \right|$$

$$|s| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} \bar{x}_0^{(0)}(k) + \frac{1}{2}\bar{x}_0^{(0)}(n) \right|$$

$$|s - s'| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} (\bar{x}_0^{(0)}(k) - x_0^{(0)}(k)) + \frac{1}{2}(\bar{x}_0^{(0)}(n) - x_0^{(0)}(n)) \right|$$

则  $x^{(0)}$  与  $\bar{x}^{(0)}$  的绝对关联度为:

$$\epsilon = \frac{1 + |s| + |s'|}{1 + |s| + |s'| + |s - s'|}, \text{关联度 } \epsilon \text{ 要求越大越好。}$$

#### 1.2.3 后验差检验

设  $x^{(0)}$  为原始序列,  $\bar{x}^{(0)}$  为相应的模拟序列,  $\epsilon^{(0)}$

为残差序列,  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x^{(0)}(k)$  和  $S_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x^{(0)}(k) - \bar{x})^2$  分别是  $x^{(0)}$  的均值和方差,  $\bar{\epsilon} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon(k)$  和  $S_2^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\epsilon(k) - \bar{\epsilon})^2$  分别为残差的均值和方差, 称  $C = \frac{S_2}{S_1}$  为均方差比值, 称  $p = P(|\epsilon(k) - \bar{\epsilon}| < 0.6745S_1)$  为小误差概率, 均方差比值  $C$  越小越好, 小误差概率  $p$  越大越好。

常用精度等级如表 1 所示, 可供检验模型参考。

表 1 精度检验等级参照表

指标临界值 精度等级	相对 误差 $\alpha$	关联度 $\epsilon_0$	均方差 比值 $C_0$	小误差 概率 $p$
一级	0.01	0.90	0.35	0.95
二级	0.05	0.80	0.50	0.80
三级	0.10	0.70	0.65	0.70
四级	0.20	0.60	0.80	0.60

## 2 林芝旅游市场规模预测及精度检验

### 2.1 GM(1,1)模型建立

本文选取 2009—2016 年林芝旅游接待人数作为原始数据(见表 2)进行处理,  $k$  为时间序列,  $k = 1$  表示时间是 2009 年,  $k = 2$  表示时间是 2010 年, 以此类推。

表 2 2009—2016 年林芝旅游接待人数(万人次)

年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
旅游接待人数(万人次)	110.23	152.1	183.42	229.03	249.62	278.36	351.72	437

数据来源:《西藏林芝地区统计年鉴》。

原始序列为:  $x^{(0)} = (110.23 \quad 152.1 \quad 183.42 \quad 229.03 \quad 249.62 \quad 278.36 \quad 351.72 \quad 437)$

则:  $x^{(1)} = (110.23 \quad 262.33 \quad 445.75 \quad 674.78 \quad 924.40 \quad 1202.76 \quad 1554.48 \quad 1991.48)$

$$z^{(1)} = (186.28 \quad 354.04 \quad 560.265 \quad 799.59 \quad 1063.58 \quad 1378.62 \quad 1772.98)$$

利用最小二乘法求解得  $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.1713 \\ 119.0696 \end{pmatrix}$ , 该

模型中  $-a = 0.1713 < 0.3$ , 可以利用模型进行中长期预测。

GM(1,1)的白化模型为  $\frac{dx^{(1)}}{dt} - 0.1713x^{(1)} =$

119.0696, 从而可得 GM(1,1)预测模型为:

$$\bar{x}^{(1)}(k+1) = 805.1897e^{0.1713k} - 694.9597 \quad (1)$$

还原值为:

$$\bar{x}^{(0)}(k+1) = \bar{x}^{(1)}(k+1) - \bar{x}^{(1)}(k) \quad (2)$$

## 2.2 模型检验

### 2.2.1 残差检验

利用公式(1)和(2), 结合上述计算原理, 可得出原始序列  $x^{(0)}$  的模拟值及模型残差、相对误差等, 见表3。

$$x_0^{(0)} = (0.0 \quad 41.87 \quad 73.19 \quad 118.80 \quad 139.39 \quad 168.13 \quad 241.49 \quad 326.77)$$

$$\bar{x}_0^{(0)} = (0.0 \quad 40.2171 \quad 68.3276 \quad 101.6905 \quad 141.2872 \quad 188.2824 \quad 244.0584 \quad 310.2561)$$

$$\text{故: } |s| = \left| \sum_{k=2}^7 x_0^{(0)}(k) + \frac{1}{2}x_0^{(0)}(8) \right| = 946.255, \quad |\bar{s}| = \left| \sum_{k=2}^7 \bar{x}_0^{(0)}(k) + \frac{1}{2}\bar{x}_0^{(0)}(8) \right| = 938.9913$$

$$|\bar{s} - s| = \left| \sum_{k=2}^7 (\bar{x}_0^{(0)}(k) - x_0^{(0)}(k)) + \frac{1}{2}(\bar{x}_0^{(0)}(8) - x_0^{(0)}(8)) \right| = 7.26375$$

从而  $x^{(0)}$  和  $\bar{x}^{(0)}$  的灰色绝对关联度为  $\epsilon =$

$$\frac{1 + |s| + |\bar{s}|}{1 + |s| + |\bar{s}| + |\bar{s} - s|} = 0.9962 > 0.90, \text{ 关联度一级。}$$

### 2.2.3 后验差检验

原始序列的标准差  $S_1 = 100.065$ , 残差序列标准

差  $S_2 = 11.06142$ , 均方差比值  $C = \frac{S_2}{S_1} = 0.1105 < 0.35$ , 均方差比值为一级。

$$0.6745S_1 = 67.49384, \quad \max_{1 \leq k \leq 8} |\epsilon(k) - \bar{\epsilon}| =$$

22.0812, 从而小误差概率为:

$$p = P(|\epsilon(k) - \bar{\epsilon}| < 0.6745S_1) = 1 > 0.95, \text{ 小}$$

误差概率为一级。

### 2.3 模型的预测

通过以上研究, 该模型具有较高的精度, 可以进行实际预测。根据预测公式(1)及还原公式(2), 可得2017—2020年西藏林芝旅游接待人次的预测值序列, 见表4。

## 3 结束语

根据预测结果, 十三五期间, 林芝旅游接待人数

表3 模型的残差检验表

k	年份	$x^{(0)}(k)$	$\bar{x}^{(0)}(k)$	$\epsilon(k)$	$\Delta_k$
1	2009	110.23	110.23		
2	2010	152.1	150.447 1	-1.652 9	1.09%
3	2011	183.42	178.557 6	-4.862 3	2.65%
4	2012	229.03	211.920 5	-17.109 5	7.47%
5	2013	249.62	251.517 2	1.897 2	0.76%
6	2014	278.36	298.512 4	20.152 4	7.24%
7	2015	351.72	354.288 4	2.658 4	0.73%
8	2016	437	420.486 1	-16.513 9	3.78%

由表3可以计算得出  $\bar{\Delta} = \frac{1}{8} \sum_{k=1}^8 \Delta_k = 2.97\% <$

0.05, 残差精度为二级。最大相对误差是7.47%, 现时(最末尾处)相对误差是3.78%。预测值对观测值拟合较好, 残差检验通过。

### 2.2.2 关联度检验

对  $x^{(0)}$  和  $\bar{x}^{(0)}$  求始点零化像得:

将呈现持续稳定的增长趋势, 林芝旅游业相关决策部门应采取相应的措施, 比如开发新的旅游产品, 加强旅游基础设施建设, 大力培养旅游人才等, 促进林芝旅游业的快速、健康发展。

表4 林芝2017—2020年旅游接待人次的预测

年份	2017	2018	2019	2020
预测值 (万人次)	499.05	592.30	702.97	834.32

## 参考文献

- [1] 严谨, 凌云. 林芝生态旅游业带动优势产业联动提升研究[J]. 龙岩学院学报, 2016, 34(1): 95-100.
- [2] 刘思峰, 党耀国, 方志耕, 等. 灰色系统理论及其应用[M]. 5版. 北京: 科学出版社, 2010: 226-250.
- [3] 范青青, 张克勇, 赵琳. 山西省旅游市场规模预测——基于灰色系统理论的分析[J]. 科技和产业, 2015, 15(1): 22-25.
- [4] 郭琦, 许海平. 基于灰色系统理论的海南省旅游客源市场规模预测研究[J]. 特区经济, 2013(6): 83-85.
- [5] 李恩平, 卞永锋. 基于灰色系统 GM(1,1)模型的山西旅游业收入预测[J]. 会计之友, 2013(6): 26-27.

(下转第47页)

其次,对于文化创意产业的区位熵的预测可以看出上海市 2016—2020 年的区位熵明显低于同期北京市的数值。目前,上海市文化创意产业主要是以产业园区的形式存在着,但经济效益主要集中在少数园区中,并且存在着区域分布不平衡的问题。对此,需要加强准入和评估上海的创意产业园区相关制度,项目在立项之前,需要专家把关评审,确认符合条件再挂牌。作为联合国创意城市联盟所授予的“设计之都”,上海创意产业的发展应该体现“设计之都”的理念,引导政府资本、社会资本和私人资本的投资方向、趋势和重点,向有利于以“设计”为理念的重点行业和园区集中。政府需要进一步优化产业结构,充分发挥出产业园区的综合效益,推动上海市文化创意产业更好更

快发展。

## 参考文献

- [1] 蒋三庚. 文化创意产业研究[M]. 北京:首都经济贸易大学出版社,2006.
- [2] 凯夫斯. 创意产业经济学[M]. 北京:新华出版社,2004.
- [3] 上海创意产业“十一五”发展规划[R]. 2015—04—09.
- [4] 上海市统计局,上海市文化创意产业推进领导小组办公室. 上海市文化创意产业分类目录[G]. 2011.
- [5] 周晶,曹麦. 文化创意产业发展对经济增长的贡献研究——以北京市为例[J]. 调研世界,2015(6):17—20.
- [6] RITCHIE J R B, CROUEH G. Theom petite destination: asus-tain ability perspective[G]. Tourism Management, 2000 (1).

## An Empirical Study on the Impact of Cultural Creative Industry Development to Economic Growth

——Based on the comparison of Beijing and Shanghai

ZHANG Jin-yue

(School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** The paper based on defining the connotation of the cultural creative industries, it has analyzed the current development of cultural creative industry in Beijing and Shanghai. It uses R language to set up Grey model to predict the industrial added value and location entropy of cultural creative industry in Beijing and Shanghai, which illustrates its contribution to the economic development. By comparing the forecasting result of two cities' industrial added value and location entropy, the paper draws some conclusions and gives the appropriate advice.

**Key words:** cultural creative industry; Grey prediction; economic growth

(上接第 42 页)

- [6] 周竟. 山东省旅游业影响因子及规模预测分析——基于灰色系统理论[J]. 山东财政学院学报, 2013(6): 89—95.
- [7] 兰晓虹, 江海旭. 基于 GM(1,1) 模型的大连市入境旅游发展研究[J]. 贵州大学学报: 社会科学版, 2012, 30(6): 41—45.
- [8] 任宏伟, 张吉献. 基于灰色系统理论的河南旅游业发展研究

[J]. 地域研究与开发, 2011, 30(3): 89—92.

- [9] 唐晓云, 赵黎明, 秦彬. 灰色系统理论及其在旅游预测中的应用——以广西桂林为例[J]. 西安电子科技大学学报: 社会科学版, 2007, 17(2): 1—5.

## Forecasting of Linzhi Tourism Market Based on Grey System Theory

ZHANG Chang-yao, LIU Xiu-li

(Department of Public Teaching, Agricultural and Animal Husbandry College of Tibet, Linzhi Tibet 860000, Chian)

**Abstract:** Tourism is a pillar industry in Linzhi, Tibet, and it is of great significance to predict the Linzhi tourism market. Based on the data of 2009—2016 tourism reception in Linzhi city, using the grey system theory GM(1,1) model, the tourism market in future five years of Linzhi city was predicted in this paper. The significance of the model was tested by residual test, releatvce degree test and back-check test, the results showed that the GM(1,1) model has higher precision, it is reasonable to predict. The forecast results showed that the Linzhi tourism market will continue to grow steadily in the next five years.

**Key words:** tourism; GM(1,1) model; forecasting; Linzhi in Tibet