
基于 GM(1, 1)模型的江西工业物流需求预测

周微 席元凯^{*1}

江西经济管理干部学院

【内容摘要】：物流需求量是在开展运输、仓储、配送、流通加工等各种物流服务过程中所产生的有支付能力的需求，如货运量、货运周转量、物流成本、物流收入等。物流需求量是工业物流业发展分析的重要指标。无论是要对区域内的物流产业还是具体的物流基础设施进行合理规划，都需要对该区域相关产业的物流需求进行合理的预测。在以往的研究成果中，定性分析的较多，从而导致在下定论时主观性较强，决策结果就失去其客观性。本文基于近五年江西省铁路、公路、水路的货运量进行分析，利用 GM(1, 1)模型对未来三年江西省工业物流需求进行预测，期望为政府在制定物流产业政策及工业产业结构调整政策时提供必要的决策依据。

【关键词】：灰色系统理论，GM(1, 1)模型，江西，工业物流需求

引言

任何产业的发展都是基于实物的基础之上的，而有实物的交易就必然涉及到物流，与该产业相关的物流业发展状况可以折射出该产业的发展情况，尤其像工业，包括原材料物流、半成品物流、成品物流、废弃物回收物流等。物流需求量是在开展运输、仓储、配送、流通加工等各种物流服务过程中所产生的有支付能力的需求，如货运量、货运周转量、物流成本、物流收入等。物流需求量是工业物流业发展分析的重要指标。

近年来，江西省工业面临产业转型，随着产业的转型，江西省的物流业也在快速发展，不断扩大。2006-2010年，物流业增加值由296亿元增加到612亿元，占江西全省GDP的比重保持在6.25%左右。货运量从3.32亿元增至8.84亿元，货运周转量从881.6亿吨公里增至1847.33亿吨公里，年均增长分别位21.6%和16.3%(数据来源《江西省物流业调整和振兴规划》)。至2012年，全省物流业增加值达到891亿元，同比增长17.4%，占全省GDP的6.9%(数据来源《江西省现代物流业“十二五”发展规划》)。

无论是要对区域内的物流产业还是具体的物流基础设施进行合理规划，都需要对该区域相关产业的物流需求进行合理的预测(杨晶晶，2013和杨海光、夏国恩，2011)。在以往的研究成果中，定性分析的较多，从而导致在下定论时主观性较强，决策结果就失去其客观性(如刘思峰等，2010)。

综上所述，本文拟利用近五年江西省铁路、公路、水路货运量面板数据来进行分析，利用GM(1, 1)模型对未来三年江西省工业物流需求进行预测期，并且得出相关的结论，望为政府在制定物流产业政策及工业产业结构调整政策时提供必要的决策依据。

灰色预测模型

¹ **作者简介**：周微(1979-)，女，汉族，江西经济管理干部学院讲师，硕士研究生，研究方向：国际贸易，物流管理。席元凯(1982-)，男，汉族，江西黎川人，江西经济管理干部学院讲师，硕士，研究方向：物流与供应链管理。

灰色系统理论是上世纪 80 年代由邓聚龙教授提出的一种基于研究对象的“小样本”、“贫信息”情形下的研究方法。它通过对部分已知信息进行生成、开发，提取其中有价值的信息，从而对研究对象的行为、演化规律进行合理的描述，灰色系统理论对“小样本”、“贫信息”的分析能力决定了其具有广泛的应用领域，灰色预测即是其中的应用之一。灰色预测不像其他数理统计方法需要依据大量样本数据，灰色预测模型是时间连续函数模型，相对而言，需要的数据更少，预测更为简捷方便且精度更高。

对于“物流需求”，目前还没有官方或正式出版文献专门对此进行明确界定，本文拟采用常用的“货运量”来表示物流需求。由于物流需求变化所受影响因素具有不确定性和复杂性的特点，所以本文拟采用灰色预测中最常用的 GM(1, 1) 模型来进行预测：

设原始时间序列 $x^{(0)}$ 为：

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

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

则 $x^{(1)}$ 为 $x^{(0)}$ 的 1-AGO 序列：

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

其中：

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) = x^{(1)}(k-1) + x^{(0)}(k) \\ (k=1, 2, \dots, n)$$

$z^{(1)}$ 为 $x^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列，其中：

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)), k=2, 3, \dots, n$$

若 $\hat{a} = [a, b]^T$ 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 GM(1, 1) 模型 $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ 的最小二乘法估计参数列满足：

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

GM(1, 1)白化方程为:

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

解该方程得到时间响应函数:

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

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

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

得 $x^{(0)}$ 的估计值:

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

其中, $k=1, 2, \dots, n$

基于 GM(1, 1)模型的江西工业物流需求预测

从统计数据来看, 2010-2012年江西省工业增加值分别为4359.2亿元、5611.9亿元、5854.6亿元, 分别占地区生产总值的46.2%、48.5%、45.2%, 可见江西省工业在地区经济发展中占有非常大的比重。前文已阐述物流需求量主要通过货运量来体现, 而货运量包括铁路、公路、水路、航空和管道货运量, 由于航空和管道货运量较小, 因此, 铁路、公路和水路是本研究的物流需求预测的重点。

(一) 模型的选择

第一, 灰序列的生成:

把江西2008-2012年的铁路货运量作为原始数列, 将它记为:

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), x^{(0)}(4), x^{(0)}(5)\} = (5389, 5229, 5379, 5769, 5384.4)$$

对原始序列作1-AGO得:

$$X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), x^{(1)}(4), x^{(1)}(5)\} = (5389, 10618, 15997, 21766, 27150.4)$$

第二, 对原始数列作准光滑性检验:

由 $\rho(k) = \frac{x^{(0)}(k)}{x^{(1)}(k-1)}$, ($k=2, 3, 4, 5$) 得原始数列的光滑比为:

$$\rho(2) \approx 0.97, \rho(3) \approx 0.51, \rho(4) \approx 0.36, \rho(5) \approx 0.25.$$

当 $k > 3$ 时, $\rho(k) < 0.5$, 由此可知原始序列为准光滑序列, 满足准光滑条件。

第三, 检验 $X^{(1)}$ 是否具有准指数规律:

由 $\sigma^{(1)}(k) = \frac{x^{(0)}(k)}{x^{(1)}(k-1)}$, ($k=2, 3, 4, 5$) 得: $\sigma^{(1)}(2)=0.97, \sigma^{(1)}(3)=1.03, \sigma^{(1)}(4)=1.07, \sigma^{(1)}(5)=0.93$ 。

当 $k > 3$ 时, $\sigma^{(1)}(k) < 0.5$, 故 $X^{(1)}$ 具有准指数规律, 即准指数规律满足。

由上可知, 原始数据为准光滑序列且满足准指数规律, 则满足 GM(1, 1) 模型的条件, 即可建立 GM(1, 1) 模型。

(二) 模型的建立

第一, GM(1, 1) 模型:

GM(1, 1) 模型的灰色微分方程:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$$

GM(1, 1) 模型的白化方程为:

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

GM(1, 1) 模型时间响应式:

$$\begin{aligned} \hat{x}^{(1)}(k+1) &= [x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}]e^{-at} + \frac{b}{a} \\ (k=1, 2, \dots, n) \\ \hat{x}^{(0)}(k+1) &= \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) = (1-e^{-a})(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-at} \\ (k=1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

其中, $X^{(0)}$ 为非负序列, $X^{(1)}$ 为 $X^{(0)}$ 的 1-AGO 序列, $Z^{(1)}$ 为 $X^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列, a 、 b 为待估参数, 且 $-a$ 称为发展系数, 它反映了 $X^{(0)}$ 的发展态势; b 称为灰色作用量, 它反映了数据变化关系。

第二, GM(1, 1) 模型的估计:

采用最小二乘法对参数 a、b 进行估计得：

$a=-0.0154$, $b=5190.945$, 平均相对误差 $\Delta=2.6210\%$ 。

由此得 GM(1, 1)模型的响应式为：

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[5389 + \frac{5190.9455}{0.0154} \right] e^{-0.0154k} - \frac{5190.9455}{0.0154},$$

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) = 5233.6190 e^{-0.0154k},$$

$$k=1, 2, \dots, 5$$

由于平均相对误差 $\Delta=2.6210\% < 5\%$ ，精度为 97.38%，所以估算效果较好，且发展系数 $-a=0.0154 < 0.3$ ，GM(1, 1)模型可用于中长期预测。

第三，预测分析：

利用所建立的 GM(1, 1)模型对江西 2013-2015 年的铁路货运量进行预测，即把 $k=2013, 2014, 2015$ 代入上述 GM(1, 1)模型的响应式，得到 2013 年、2014 年、2015 年的预测值分别为：5653.4 万吨，5741.3 万吨，5830.6 万吨，如表 1 所示。

表1 2013-2015年江西省铁路货运量预测值单位：万吨

2008-2012年实际值					2013-2015年预测值		
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
5389	5229	5379	5769	5384.4	5653.4	5741.3	5830.6

同理可得 2013-2015 年江西公路和水路货运量的预测值，具体如表 2、表 3 所示。

表2 2013-2015年江西省公路货运量预测值单位：万吨

2008-2012年实际值					2013-2015年预测值		
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
32949	75200	88445	98358	113703	129506.1	148029.7	169202.8

表3 2013-2015年江西省水路货运量预测值单位：万吨

2008-2012年实际值					2013-2015年预测值		
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
4671	5287	6513	7447	7930.5	9236	10489	11912.2

从图 1 可以看出，未来铁路的货运量将远远低于公路和水路，铁路运输并不会随着江西省经济的发展而增加业务量，而公路和水路未来将为江西省工业运输承担更多的工作。这是因为随着江西省工业产业的转型，以劳动密集型为主的加工制造业将逐渐减少，取而代之的更多是新材料、文化与创意等战略性新兴产业的发展，而这些产业不同于传统的制造业，较少开展大宗货物的运输，因此，铁路货运量也就不会有较大幅度增长。

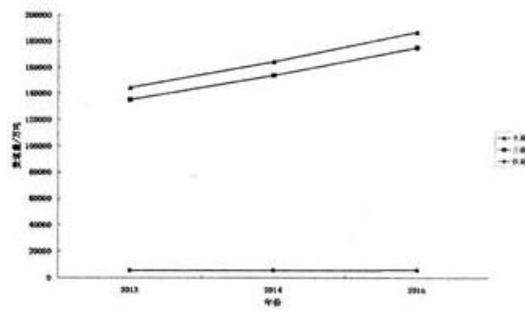


图1 2013-2015年江西物流预测值

参考文献:

[1] 赣府厅发[2009]22号. 江西省物流业调整和振兴规划[S]. 2009

[2] 赣府厅发[2012]58号. 江西省现代物流业“十二五”发展规划[S]. 2012

[3] 杨晶晶, 张兆同. 基于灰色系统的江苏省物流需求预测[J]. 物流工程与管理. 2013, 35

[4] 杨海光, 夏国恩. 基灰色预测模型的广西物流需求预测[J]. 中国管理信息化. 2011, 14

[5] 刘思峰等著. 灰色系统理论及其应用(第五版)[M]. 科学出版社, 2010

[6] Guangxing WEI, Xueyan HU. An empirical grey interrelation analysis on coordinated development between industry of manufacturing and logistics in Chongqing[C]. 2011 2nd International Conference on Management Science and Engineering Advances in Artificial Intelligence, 2011(1)