文章编号：1002-3100 (2009) 03-0017-04

灰色预测模型在区域物流需求预测中的应用

The Grey Prediction Model Applies to Regional Logistics Demand Forecasting

黄敏珍[1]，冯永冰[2] HUANG Min-zhen[1], FENG Yong-bing[2]

（1. 铁道部信息技术中心，北京 100844；2. 中交桥梁技术有限公司，北京 100029）

(1. Information Technology Center MOR, Beijing 100844, China; 2. Highway and Bridge Consultants Co.Ltd, Beijing 100029, China)

摘 要：区域物流需求属于派生需求，由区域经济发展水平决定，对区域经济的发展具有服务引导作用。灰色预测模型具有对数据要求限制少、中短期预测精准等特点，特别适合区域物流需求的预测。文章介绍了灰色预测模型以及在区域物流需求中应用，并结合实例进行了应用研究，通过误差检验，灰色预测模型具有较高的预测精度，是一种非常实用的预测方法。

关键词：区域物流；需求预测；灰色预测模型

中图分类号：F224 文献标识码：B

Abstract: The regional logistics requirements belong to derived requirements, it´s decided by the level of regional economy. And it provides service and guidance for regional economy development. The grey prediction model is the best method of the forecast of regional logistics requirement, because it needs less data and is accurate for middle and short periodic forecast. The grey prediction model and its application to predict regional logistics are introduced. The model is used in the example application. It uses the forecasted message and old model to make the error analysis. An actual application of the logistics scale prediction is made to illustrate the effectiveness of the grey model. This method is very effective.

Key words: regional logistics; prediction requirements; grey prediction model

区域物流是指在区域范围内的一切物流活动，包括运输、保管、包装、装卸、流通加工和信息传递等功能实体性的流动以及物流过程中各环节的物品运动。区域物流的需求属于派生需求，它是由区域经济发展本身带来的[1]。因此，与区域经济的发展密切相关。随着区域经济总量、产业结构、资源分布等改变，区域物流需求量、物流需求结构和层次也随着发生变化，并且区域物流的需求随着经济的发展呈现明显地增长趋势，可以很明显看出区域物流需求与区域经济水平之间极大的相关性。因此，可以认为区域物流需求具有一定的可预测性，用区域经济的各项指标来预测区域物流需求指标也是可行的。区域物流需求预测可以为区域物流规划提供决策和依据。

1 灰色预测模型的建立

1.1 $GM(1,1)$模型的建模理论

灰色数学研究的对象是“小样本”、“贫信息”的不确定信息，对数据及其分布的限制要求小，一般利用时间序列数据，通过 $GM(1,1)$模型进行预测。该方法不但预测精度高，而且可以进行长期预测，用累加生成拟合微分方程，符合能量系统的变化规律。

灰色预测模型[2]的建模过程，实质上是通过一定方法对原始的数据序列进行处理，得到规律性较强的生成数列后重新建模，由生成模型得到的数据再通过逆处理得到还原模型，再由还原模型得到预测模型。

建立 $GM(1,1)$模型只需要一个数列 $X^{(0)}$。设有变量为 $X^{(0)}$的原始数据序列：

收稿日期：2008-11-03

作者简介：黄敏珍(1981-)，女，浙江缙云人，铁道部信息技术中心，工程师，西南交通大学物流工程硕士研究生，研究方向：铁路信息技术与电子商务；冯永冰(1980-)，男，山东聊城人，中交桥梁技术有限公司，工程师，硕士。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$X^{(0)}=(X^{(0)}(1),X^{(0)}(2),X^{(0)}(3),\cdots,X^{(0)}(n)) \tag{1}$$

一阶累加生成序列为：

$$X^{(1)}=(X^{(1)}(1),X^{(1)}(2),X^{(1)}(3),\cdots,X^{(1)}(n)) \tag{2}$$

式中：$X^{(1)}(i)=\sum_{k=1}^{i}X^{(0)}(k)$，$i=1,2,\cdots,n$。

将原始数列累加生成后，弱化了原始数列中坏数据的影响，具有指数增长的规律，可以认为 $X^{(1)}$ 序列满足一阶线性微分方程：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt}+aX^{(1)}=u \tag{3}$$

记参数列为。

式中：a–模型的发展参数，反映 $X^{(1)}$ 及原始数列 $X^{(0)}$ 的发展趋势；u–模型的协调系数，反映数据间的变化关系。按最小二乘法可求出 $A=(a,u)^T$：

$$A=(B^TB)^{-1}B^TY_N \tag{4}$$

式中：$B=\begin{bmatrix}-[X^{(1)}(1)+X^{(1)}(2)]/2 & 1\\ -[X^{(1)}(2)+X^{(1)}(3)]/2 & 1\\ \vdots & \vdots\\ -[X^{(1)}(n-1)+X^{(1)}(n)]/2 & 1\end{bmatrix}$，$Y_N=\begin{bmatrix}X^{(0)}(2)\\ X^{(0)}(3)\\ \vdots\\ X^{(0)}(n)\end{bmatrix}$

将得到的 a 和 u 值代入式（3），则其解为：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1)=[X^{(0)}(1)-u/a]e^{-ak}+u/a \tag{5}$$

对上式作累减还原，得原始数列 $X^{(0)}$ 的灰色预测模型为：

$$\hat{X}^{(0)}(k+1)=\hat{X}^{(1)}(k+1)-\hat{X}^{(1)}(k),\ (k=1,2,3,\cdots) \tag{6}$$

1.2 $GM(1,1)$ 模型的检验

1.2.1 残差检验

按预测模型计算出 $\hat{X}^{(1)}(i)$，将其还原为 $\hat{X}^{(0)}(i)$，然后计算原始数据与预测还原数据的绝对误差和相对误差序列：

$$\triangle^{(0)}(i)=\left|X^{(0)}(i)-\hat{X}^{(1)}\right| \quad i=1,2,\cdots,n \tag{7}$$

$$\Phi(i)=\frac{\triangle^{(0)}(i)}{X^{(0)}(i)}\times 100\% \quad i=1,2,\cdots,n \tag{8}$$

1.2.2 后验差检验

第一后验指标方差比 $C=S_2/S_1$；

第二后验指标小误差概率 $P=p\{\left|e(k)-\bar{e}\right|<0.6475S_1\}$。

式中：S_1 为原始数列标准差；S_2 为绝对误差标准差；$e(k)$ 为预测误差；$\bar{e}$ 为其均值；$p=m/n$（m 为小于上述条件的个数）。

通过检验的标准为精度等级越小越好。精度等级如表 1 所示。

表 1　灰色预测模型精度等级

预测精度等级	好	合格	勉强	不合格
P	>0.95	>0.8	>0.7	≤0.7
C	<0.35	<0.5	<0.65	≥0.65

1.3 建模说明

在建模前应对原始数列做 $GM(1,1)$ 建模可行性判断。判断的标准一般为原始数列的级比（即前一数据除以其相邻后一数据）都必须落在可行区间（$e^{-2/(n+1)}$，$e^{2/(n+1)}$）内。否则，需要对原始数据进行开 n 次方或取 n 次自然对

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

数或平移处理，使数列的级比落在可行区间（$e^{-2/(n+1)}$，$e^{2/(n+1)}$）内。

2 灰色预测模型在区域物流需求预测中的应用

2.1 区域物流需求指标的选取

度量区域物流需求的指标体系有实物量体系（如货运量、货物周转量、库存量、加工量等）和价值量体系（如物流成本、物流收入、供应链增值等）。由于缺乏必要的统计数据，应用后一体系时只能根据专家经验对区域物流需求进行经验预测。为了对区域物流需求进行量化研究，同时兼于数据资料的可得性，我们采用实物量体系中的货运量来表征物流需求。这个指标是运输活动的结果，因此货运量在一定程度上表示需求量是能够反映物流需求的变化规律的[3]，所以利用货运量的历史数据进行物流需求预测建模是可行的。

表 2　1996~2006 年实际 GDP、货运量

年份	期数	实际 GDP	货运量
	t	（亿元）	（万吨）
1996	1	2 957.55	45 821
1997	2	3 438.79	45 938
1998	3	3 801.09	46 230
1999	4	4 188.73	48 398
2000	5	4 771.17	52 206
2001	6	5 210.12	54 049
2002	7	5 741.03	58 901
2003	8	6 694.23	63 861
2004	9	8 072.83	65 758
2005	10	9 164.10	71 304
2006	11	10 366.37	75 184

注：数据来源上海市 2007 年度统计年鉴。

2.2 区域物流需求数据的选取

由于 1995 年前部分年份的货运量数据在上海市统计年鉴中残缺，为了构成一个等间隔数列，以 1996~2006 年上海市的国内生产总值、货运量的数据为基础来建模进行预测，见表 2。

2.3 区域物流需求预测模型及其检验

2.3.1 区域物流需求预测模型

设上海市物流需求数列为：$X^{(0)}(k)=\{X^{(0)}(1),X^{(0)}(2),\cdots,X^{(0)}(11)\}=\{45\ 821,45\ 983,\cdots,75\ 184\}$，通过计算，其级比均落入可行区间（$e^{-2/(11+1)}$，$e^{2/(11+1)}$）内。因此可直接对原始数列建模。按照上述建模过程，得到上海市的物流需求 $GM(1,1)$ 模型：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1)=711\ 726.7642\times e^{0.05971k}-665\ 905.7642 \tag{9}$$

表 3　几种模型预测结果及精度比较

年份	期数（t）	原始物流需求	灰色 $GM(1,1)$ 模型		时间序列模型		回归模型	
			预测值	相对残差（%）	预测值	相对残差（%）	预测值	相对残差（%）
1996	1	45 821			41 400.7	9.6469	44 597.83	2.6695
1997	2	45 938	43 793.95	4.6673	44 532.4	3.0598	46 667.55	1.5881
1998	3	46 230	46 488.68	0.5595	47 664.1	3.1021	48 225.73	4.3170
1999	4	48 398	49 349.22	1.9654	50 795.8	4.9543	49 892.89	3.0887
2000	5	52 206	52 385.77	0.3444	53 927.5	3.2975	52 397.85	0.3675
2001	6	54 049	55 609.17	2.8866	57 059.2	5.5694	54 285.68	0.4379
2002	7	58 901	59 030.91	0.2206	60 190.9	2.1899	56 569.02	3.9591
2003	8	63 861	62 663.20	1.8756	63 322.6	0.8431	60 668.54	4.9991
2004	9	65 758	66 518.99	1.1573	66 454.3	1.0589	66 597.63	1.2768
2005	10	71 304	70 612.04	0.9704	69 586.0	2.4094	71 290.96	0.0183
2006	11	75 184	74 956.94	0.3020	72 717.7	3.2804	76 461.68	1.6994
平均				1.3590		3.5829		2.2201

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$\hat{X}^{(0)}(k+1)=\hat{X}^{(1)}(k+1)-\hat{X}^{(1)}(k)\ (k=1,2,3,\cdots) \tag{10}$$

其中：a=–0.05971，u=39 763.3105。

2.3.2 区域物流需求模型的检验

为了便于比较，分别采用时间序列模型和回归分析法对上海市的物流需求做出预测。

同样以 1996~2006 年数据为基础，得到物流需求的时间序列模型为：

$$y=3\ 131.7t+38\ 269 \qquad R^2=0.9533$$

式中：t 为期数，y 为物流需求。

若进行回归分析，由于物流需求是引致需求，所以，以 GDP 为自变量 x，物流需求为因变量 y，得线性回归方程为：

$$y=4.3008x+31\ 878 \qquad R^2=0.9768$$

三种预测模型预测精度如表 3。

由表 3 可知，在对物流需求预测的三种模型中，灰色 $GM(1,1)$ 模型的误差最小，为 1.36%；回归线性模型次之，时间序列线性模型误差最大。因此，灰色 $GM(1,1)$ 模型的精度最高，为 98.64%。

灰色 $GM(1,1)$ 模型的后验差结果：第一后验指标方差 C=0.09669；第二后验指标小误差概率 P=1。由灰色预测模型精度等级（见表 1）可知，预测精度达到一级。因此，模型可用于实际预测。

2.3.3 外推预测

利用物流需求预测模型公式（9）、（10）可对上海市 2007~2010 年的物流需求进行预测。

令 k=11，则 $\hat{X}^{(1)}(11+1)=711\ 726.7642\times e^{0.05971\times 11}-665\ 905.7642=706\ 799.06$，

$$\hat{X}^{(1)}(10+1)=711\ 726.7642\times e^{0.05971\times 10}-665\ 905.7642=627\ 229.87$$

$$\hat{X}^{(0)}(11+1)=\hat{X}^{(1)}(11+1)-\hat{X}^{(1)}(11)=706\ 799.06-627\ 229.87=79\ 569.19$$

即第 12 期（2007 年）预测结果为：79 569.19 万吨；同理可以预测 2008~2010 年上海市的物流需求，如表 4 所示：

表 4 用 $GM(1,1)$ 模型得到上海市 2007~2010 年物流需求预测值 单位：万吨

2006 年现值	预测值			
	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
75 184.00	79 569.19	84 465.23	89 662.54	95 179.66

3 结 论

通过以上分析，可得以下结论：

（1）灰色系统理论是研究物流需求预测的有效工具。

（2）采用货运量表征物流需求是可行的。

（3）在对上海市 1996~2006 年物流需求运行预测的模型中灰色 $GM(1,1)$ 的精度要高于时间序列模型和回归线性模型。

（4）从对上海市物流需求预测的结果看，灰色 $GM(1,1)$ 模型预测精度较高，可以用于实际预测。模型在实际运用中，应根据实际情况随着观测点的增加不断修正预测模型，以便及时提高预测精度。

（5）根据预测结果，上海市在“十一五”期间，物流需求将呈上升趋势。上海市应出台相关的物流产业政策和采取相应措施，保证上海市物流业的健康发展。

参考文献：

[1] 华蕊. 区域物流与区域经济的关系[J]. 物流科技，2004(9):78–79.

[2] 邓聚龙. 灰预测与灰决策[M]. 武汉：华中科技大学出版社，2002.

[3] 肖丹，倪梅，李伊松. 物流需求分析指标研究[J]. 铁道物资科学管理，2003,21(2):33–34.

[4] 何国华. 区域物流需求预测及灰色预测模型的应用[J]. 北京交通大学学报：社会科学版，2008,7(1):33–37.

[5] 陈森，周峰. 基于灰色系统理论的物流需求预测模型[J]. 统计与决策，2006(2):59–60.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net