

Study on Gray Model Forecast of Geological Survey Investment

Diao Shangdong, Zhao Qiushuo
China University of Geosciences (Wuhan), Zip code:430074

Abstract: The internal information system of the Gray System Model is unclear. With the premises that the system factors are in uncertain relationship with each other, it can be used to forecast and analyze. This paper which based on 1999 -2008 Geological Survey investment data tries to make use of the gray forecast model to predict the future investment of China Geological Survey. Meanwhile, it can help researchers test the conclusion of the prediction.

Keyword: The Gray System Model; Forecast; Geological Survey Investment

地质调查投入的灰色模型预测研究

刁尚东, 赵秋硕
中国地质大学(武汉), 430074

摘 要: 灰色系统是指系统内部信息是灰色的, 系统内各因素间有不确定的关系的前提下, 可以运用灰色系统理论进行预测分析。本文以 1999 年-2008 年的地质调查投入数据为基础, 尝试运用灰色预测模型预测中国未来地质调查投入, 并对预测结果进行检验。

关键词: 灰色系统模型; 预测; 地质调查投入

论文以 1999-2008 年间地质调查投资为基数, 通过灰色系统理论对未来地质调查投入进行预测。

一、中国地质调查投入的基本状况

我们根据开展地质大调查以来, 1999-2008

年间地质调查项目完成总量为 92.37 亿元, 其中东部完成 32.96 亿元, 中部完成 10.80 亿元, 西部完成 42.99 亿元, 东北部完成 5.42 亿元。具体数据见表 1。

表 1 1999-2008 年四大区地质调查经费完成情况 单位: 亿元

四大区	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
东 部	1.38	2.47	2.44	2.98	3.36	3.06	3.66	3.38	4.73	5.50
中 部	0.40	0.89	0.76	0.94	1.06	1.21	1.30	1.24	1.20	1.80
西 部	1.52	3.82	3.61	4.19	4.13	3.72	4.15	4.48	4.39	8.97
东北部	0.20	0.35	0.41	0.45	0.48	0.67	0.68	0.59	0.49	1.09
全 国	3.50	7.54	7.23	8.57	9.04	8.67	9.81	9.73	10.87	17.41

数据来源: 1999~2008 年的《中国地质调查局地质调查项目统计年报》

注: 四大区未将港、澳、台数据统计入内, 表中四大区数据为四舍五入后保留两位有效数字所得, 故全国总完成量并非等于四大区四舍五入后之和。

(说明: 东部包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南等 10 省市; 中部包括山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南等 6 省; 西部包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆等 12 个省和自治区; 东北包括: 辽宁、吉林和黑龙江等 3 省。)

他们的年度变化走势见图 1。

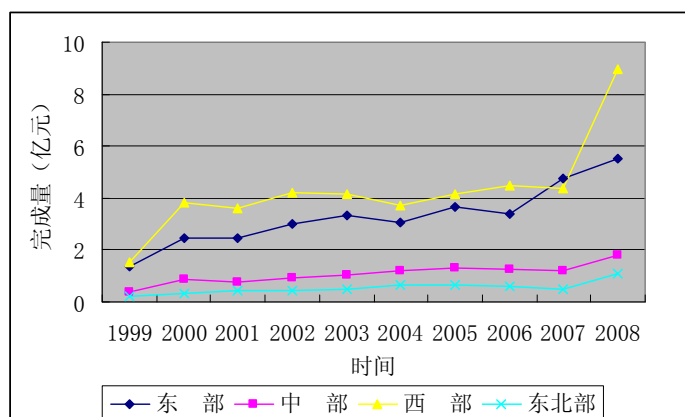


图 1 1999-2008 年四大区地质调查完成量趋势图

从图 1 我们可以看出 1999 年至 2008 年的十年间，东、中、西、东北等四个等地区地质调查项目完成总量逐年增加。

由于地质调查是国家财政专项计划，国家对

财政专项实行严格管理，因此，地质调查项目完成数与计划数之间存在一定的差异。换句话说，1999 年至 2008 年的十年间，地质调查的完成率都比较低，在 65.1%-79.44%之间（见表 2）。

表 2 地质调查项目经费计划投入与完成量基本情况 单位：万元

	累计计划投入	累计完成	完成率(累计完成/累计计划)
东部	502823	329566	65.54%
中部	138006	107945	78.22%
西部	541197	429933	79.44%
东北部	69378	54235	78.17%

我们从东、中、西、东北等四个等地区计划投入累计与完成情况可以看出，未来地质调查的部署及决策需要进行投入预测。

二、灰色系统理论与预测原理

灰色系统理论是我国学者邓聚龙教授于 19 世纪 80 年代初创立并发展的理论，它把一般系统论，信息论和控制论的观点和方法延伸到社会，经济，生态等抽象系统，结合运用数学方法发展的一套解决灰色系统的理论和方法。

灰色系统是指内部的一部分信息已知，另一部分信息未知，系统内各因素间有不确定的关系。灰色预测通过鉴别系统因素之间发展趋势的相异程度，即进行关联分析，并对原始数据进行生成处理来寻找系统变动的规律，生成有较强规律性的数据序列，然后建立相应的微分方程模型，从

而预测事物未来发展趋势的状况。灰色数列预测是指利用动态 GM 模型，对系统的时间序列进行数量大小的预测，即对系统的主行为特征量或某项指标，发展变化到未来特定时刻出现的数值进行预测。

具体到地质调查的资本性投入方面的方法，我们可以选择一阶单变量的灰色模型，即 GM(1, 1) 模型。本模型的运用分为两部分，即灰色模型预测和灰色模型检验，满足这两个条件的模型就是成功的模型。

GM (1, 1) 模型相应的微分方程为：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = \mu$$
，其中： a 称为发展灰数； μ 称为内生控制灰数。

具体而言，GM(1, 1) 模型的建立和检验过程

如下:

1) 设时间序列 $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$

为数列的 n 个观察值。对它做一次累加生成新序列

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

$$x^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t x^{(0)}(k)。$$

2) 构造累加矩阵 B 和常数项向量 Y_n , 即

$$B = \begin{bmatrix} -1/2[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -1/2[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \dots & \dots \\ -1/2[x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}; \quad Y_n = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T$$

3) 用最小二乘法解灰参数 ψ , 其中 ,

$$\hat{\psi} = \begin{bmatrix} \hat{a}, \hat{\mu} \end{bmatrix}^T = (B^T B)^{-1} B^T Y_n。$$

4) 将灰色参数带入时间函数 :

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = \left[x^{(1)}(1) - \frac{\hat{u}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}t} + \frac{\hat{u}}{\hat{a}}。$$

5) 对 $\hat{x}^{(1)}$ 求导还原得到

$$\begin{aligned} \hat{x}^{(0)}(t+1) &= \hat{x}^{(1)}(t+1) - \hat{x}^{(1)}(t) \\ &= (1 - e^{\hat{a}}) \left[x^{(0)}(1) - \frac{\hat{u}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}t} \end{aligned}$$

6) 灰色预测检验一般有残差检验、关联度检验和后验差检验, 这里我们只介绍后验差检验。

GM(1, 1) 模型中已经求出的 $\hat{x}^{(1)}$, 做一次累减转化为

$\hat{x}^{(0)} = [x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]$, 那么残差为

$$E = [e(1), e(2), \dots, e(n)] = x^{(0)} - \hat{x}^{(0)},$$

那么, 观察数据的离差序列的方差为

$$S_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x^{(0)}(k) - \bar{x})^2; \quad \text{残差序列的方差为}$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (e(k) - \bar{e})^2; \quad \text{其中, } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x^{(0)}(k);$$

$$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n e(k)。 \text{这里有两个重要指标, 计算后验差}$$

比 为 $C = S_2 / S_1$, 小误差概率为

$$P = P\{|e(k) - \bar{e}| < 0.6745 S_1\}。 C \text{ 越小越好, } P \text{ 越大}$$

越好, 比较通用的模型精度划分方式见下表 3。模型的最最终精度级别由 C 得级别和 P 的级别共同决定。具体公式为: 模型精度级别 = MAX { P 的级别, C 的级别}, 精度级别越小越准确。

表 3 模型精度级别判定表

模型精度等级	均方差比 C	小误差概率 P
1、很好	$C \leq 0.35$	$P \geq 0.95$
2、好	$0.35 < C \leq 0.5$	$0.8 \leq P < 0.95$
3、一般	$0.5 < C \leq 0.65$	$0.70 \leq P < 0.8$
4、差	$C > 0.65$	$P < 0.7$

三、对地质调查的灰色模型预测与检验
根据相关的模型和过去的投入数据，我们对

未来进行预测。表 4 为灰色模型预测结果和检验数据。

表 4 2009-2020 年四大区地质调查灰色预测检验表 单位：亿元

年份	全国总 实际值	全国总 预测值	东部实际 值	东部预 测值	中部实 际值	中部预 测值	西部实 际值	西部预 测值	东北部 实际值	东北部 预测值
1999	3.50		1.38		0.40		1.52		0.20	
2000	7.53		2.47		0.89		3.82		0.35	
2001	7.22		2.44		0.76		3.61		0.41	
2002	8.56		2.98		0.94		4.19		0.45	
2003	9.03		3.36		1.06		4.13		0.48	
2004	8.66		3.06		1.21		3.72		0.67	
2005	9.79		3.66		1.30		4.15		0.68	
2006	9.69		3.38		1.24		4.48		0.59	
2007	10.81		4.73		1.20		4.39		0.49	
2008	17.36		5.50		1.80		8.97		1.09	
2009		14.46		5.56		1.79		6.90		1.04
2010		15.72		6.10		1.95		7.50		1.18
2011		17.13		6.71		2.13		8.19		1.34
2012		18.70		7.39		2.33		8.99		1.52
2013		20.45		8.14		2.55		9.88		1.72
2014		22.39		8.97		2.79		10.89		1.94
2015		24.52		9.90		3.06		12.02		2.19
2016		26.89		10.92		3.34		13.29		2.47
2017		29.49		12.05		3.66		14.71		2.78
2018		32.36		13.30		4.00		16.28		3.13
2019		35.51		14.68		4.38		18.04		3.51
2020		38.98		16.21		4.79		19.98		3.95
C	0.3492 （很好）		0.2803 （很好）		0.2111 （很好）		0.5018 （一般）		0.3632 （好）	
P	0.8889 （好）		1.0000 （很好）		1.0000 （很好）		0.8889 （好）		1.0000 （很好）	
精度	好		很好		很好		一般		好	
全国投资预测灰色模型： $x(t+1)=-47.499266\exp(-0.087533t)+49.640897$										
东部投资预测灰色模型： $x(t+1)=-11.491296\exp(-0.072424t)+11.924319$										
中部投资预测灰色模型： $x(t+1)=0.598743\exp(0.099200t)-0.510294$										
西部投资预测灰色模型： $x(t+1)=-39.082960\exp(-0.099054t)+40.876243$										
东北投资预测灰色模型： $x(t+1)=3.079057\exp(0.039421t)-2.872126$										

从表 4 结果我们可以发现灰色系统模型可以为地质调查投入进行预测数据提供可靠的参考。

四、结论

我们曾经尝试了采用多种方法对地质调查资本性投入的未来趋势进行了预测，各种方法均存在着一定的合理性和局限性。具体到每一种方法，我们用预测拟合的误差来评价这种方法的好坏，

但方法拟合好并不意味着对未来预测程度一定好，其数字含义只是在一定程度上反映了过去历年投入水平的大致规律，未来的预测受到多种因素影响，一旦影响因素发生激变时，所有预测方法的效果都将大打折扣。所以，我们不管运用什么方法预测的数据只能作为检测参考。但是，对于不同的方法而言，预测结果是存在差异的，

这是有必要进行研究的。

我们将曾经做过的多种方法进行的预测，以

预测拟合的误差为工具简单分析其拟合效果比较各个方法之间的优劣性。

表 5 各种预测方法误差表

方法名称	标准误
线性法	1. 8977
指数平滑法	5. 5023
指数法	0. 2143
灰色模型	1. 3384

表 5 数据，我们可以看出各个预测方法的标准误差存在差异，也就是说根据以往历年数据进行拟合的效果存在差异。上述介绍的几种方法在原理上有一定的优势，但拟合效果和预测能力仍差异较大。比如指数平均法相对在预测数据能力上比较符合未来趋势，但拟合误差却达到了 5. 5023，拟合效果不尽如意，这就导致以往数据中蕴含的信息难以有效得到表达。而指数法标准误差为 0. 2143，拟合效果较好，但预测数据对未来预测不尽合理。这是因为这些方法难以克服来自对过去数据的依赖性和对未来因素改变的适应性。

因此，我们进行预测分析时，不能离开定性分析（如政策性措施分析等）单纯性依赖预测方法。因此，我们认为如果政策稳定性较好时，我们可以借助不同预测方法比较，运用较好的方法进行预测，并将预测数据作为政府进行地质调查资本性投入决策提供参考。

References (参考文献)

[1] Deng Julong. Basic Methods of Grey System[M]. The

Publishing House of Huazhong University of Science and Technology,1987

邓聚龙. 灰色系统基本方法. 华中理工大学出版社, 1987

[2] Liu Yunzhong,Cheng Jinhua.The development of China's geologic work and its demand analysis in future[J].Journal of China University of Geosciences(Social Sciences Edition),2006(2)

刘云忠,成金华. 中国地质工作发展与未来需求分析 [J]. 中国地质大学学报 (社科版), 2006 (2)

[3] Liu Yunzhong,You Xiaocai,Gao Li,Cheng Jinhua. The Input-Output and performance evaluation research of public mining geological work[J]. Natural Resource Economice of China,2008(6)

刘云忠, 尤孝才, 高丽, 成金华. 公益性矿产地质工作投入产出与绩效评价研究 [J]. 中国国土资源经济, 2008 (6)

[4] Liu Yunzhong,Cheng Jinhua,You Xiaocai.Economic analysis of the public geological survey[J]. Natural Resource Economice of China,2006(11)

刘云忠, 成金华, 尤孝才. 公益性地质调查工作的经济学分析 [J]. 中国国土资源经济 2006 (11)

[5] Development Research Center of China Geological Survey . Challenges and opportunities of Geological Survey in early 21st century[J].Geological Survey Information,2003(4):6-12

中国地质调查局发展研究中心. 21 世纪初地质调查挑战与机遇 [J]. 地调情报 2003 (4): 6-12