

基于 GM(1,1)理论的穿黄工程 价差预测

姚悦铃¹ 涂玉虹²

(1. 浙江同济科技职业学院, 浙江 杭州 311231;

2. 华北水利水电大学, 河南 郑州 450000)

【摘要】 水利工程建设周期长,常因工、料、机价格变化形成价差与现行批复概算价差预备费有较大差异,从而导致投资控制陷入被动的状态。现行价差计算中价格指数计算受到时效性、地域性及价差记取基数选择的影响,不能及时准确反映实际价差。为此,本文引进 GM(1,1)预测模型,以南水北调穿黄工程中建筑工程价差为例进行分年预测,并对预测结果进行分析来实现价差的准确预测。使今后批复的价差预备费储备资金能够满足价格上涨引起的概算不足,有利于工程投资的事前控制与工程前期决策。

【关键词】 价差预测; GM(1,1)理论; 穿黄工程; 预测分析

中图分类号: TV512

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2017)01-0044-05

Price difference prediction of Yellow River Crossing River Project based on the theory of GM (1,1)

YAO Yueling¹, TU Yuhong²

(1. Zhejiang Tongji Vocational College of Science and Technology, Hangzhou 311231, China;

2. North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Water conservancy project has long construction cycle, price difference is always frequently formed due to the changes of price in labor, materials and machine, which is greatly different from currently approved budget price difference reservation fund, thereby investment control is depressed in passive state. In existing price difference calculation, price index calculation is affected by timeliness, region and price difference recording base selection, and actual price difference cannot be reflected timely and accurately. Therefore, GM (1,1) prediction model is introduced, the construction project price difference of Yellow River Crossing River Project in South-to-North Water Diversion Project is adopted as an example for annual prediction. Prediction results are analyzed for accurately predicting price difference. Therefore subsequently-approved price difference reserve fee reservation fund can meet insufficient budget caused by price increased, which is beneficial for the advanced control of project investment and early decision-making of project.

Key words: price prediction; GM (1,1) theory; Yellow River Crossing River Project; prediction and analysis

工程价差的产生追根溯源来自于市场物价的波动,建筑产品作为特殊的商品,在市场大环境中也因物价变化、国家政策变化、汇率变动等因素影响而产生价

差。从中国开始转向经济建设为中心至今,水利事业建设与经济发展息息相关。随着2011年中央1号文件的颁布,水利投入大幅增长。水利工程,特别是建设

期较长的大型工程^[1],投资巨大,概算编制基期年到正式实施年或概算批复年之间的价格差距相当大,因此工程价差的预测将对工程整体投资产生巨大影响。

由现在物价涨幅看,价差预备费一般都低于实际产生的价差,不能客观反映建设期实际物价上涨幅度,使整个建设因资金不足处于被动状态,若能在前期很好地预测价差则能将被动转为主动。从某种意义上来说,工程价差的调整是对当年所批复的项目管理预算的一种补偿,若做到价差的事前预测则可提前确定融资量,一定程度上可同时对融资利息进行控制,由此可见,动态控制中的价差控制也是整个项目投资控制的关键因素之一^[9-10]。

从宏观价差预测方面来看,国内外学者已将 AR-MA、VAR、向量自回归理论等多种预测方法应用于广义价差特别是股票证券价差的预测中,预测种类多样化包括信用价差、买卖价差、损益价差等多种形式,同时也将预测理论进行创新、组合并进行预测效果比较,都得到了较理想的成果,预测理论也逐步得到发展与完善。然而价差预测偏重点较明显,大多数预测集中在对股市及证券市场的价差预测,工程价差预测方法创新不足;水利工程建设周期长,物价波动大,至今却没有很好的模型来预测价差。公式法计算价差预备费

时关键在于物价指数的获取,发展中国家物价指数一般都是按年公布,现阶段价差指数公布都相对滞后,需要修正;综合系数法,实际运用时由于项目选择的代表性差异,代表性材料价格的不稳定性、市场价格的不真实性关系^[2],易产生工程价差的计算误差。针对这些问题,目前还没有合适的预测理论与实践较好地结合,因此本文将对水利工程价差预测方法进行探索研究。

1 GM(1,1) 理论^[3]

目前关于价格预测方法有很多,常用的有移动平均预测、指数平滑预测、灰色预测等。移动平均预测,若移动期数少,能快速地反映变化,但不能反映变化趋势,它可以进行近、短期的预测,却不能解决中长期的预测问题。指数平滑预测利用过去的统计资料以平滑系数来进行预测,该法一般适用于短期趋势预测而不适用于非平稳时间序列的连续外推预测^[4]。与前述不同的是灰色预测,该模型是一种所需数据少、误差较小、应用简便的预测模型,此外,这种模型能根据工程周期的长短对价差做出短期、中期或长期的预测,以便满足各种建设项目价差分析的需要。各种预测方法适用情况列于表1。

表1 预测方法特点分析

预测方法	时间范围			数据模式				
	短期	中期	长期	水平模式	长期趋势	季节变动	循环变动	最低数据需要量
灰色预测		√	√	√				4~5
历史类推法		√	√					
移动平均法	√			√				5~20
指数平滑法	√			√				2~3
回归分析法	√	√		√	√	√	√	20~30
ARMA 模型	√	√		√	√	√	√	50以上

进行统计分析后可知:灰色预测模型是一种所需数据少、误差较小、应用简便的预测模型。此外,工程建设时间有长有短,而这种模型不受工期限制,可对价差做出各种周期的预估,很好地适应了各种价差预测的要求。

灰色预测模型中较为成熟的是 GM 模型体系,包

括 GM(1,1) 和 GM(1,n) 等模型,前者用于数据预测,而后者用于预测系统内相关数据之间的动态变化关系。GM(1,1) 模型建模步骤如下所示。

定义1:设 $X^{(0)} = [x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]$, $X^{(1)} = [x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)]$, 称 $x^{(0)}(k) + ak^{(1)}(k) = b$ 为 GM(1,1) 模型的原始形式。

符号 GM(1,1) 的含义如下:



定义 2: 设 $X^{(0)}, X^{(1)}$ 如定义 1 所示, $Z^{(1)} = [z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)]$ 。其中, $z^{(1)}(k) = 1/2[x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)]$, 称 $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ 为 GM(1,1) 模型的基本形式。

定义 3: 设 $X^{(0)}$ 为非负序列, $X^{(0)} = [x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]$ 。其中, $x^{(0)}(k) \geq 0, k = 1, 2, \dots, n$ 。 $X^{(1)}$ 为 $X^{(0)}$ 的 1-AGO 序列。

$X^{(1)} = [x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)]$, 其中, $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n$ 。 $Z^{(1)}$ 为 $X^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列。

$Z^{(1)} = [z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)]$, 其中, $z^{(1)}(k) = 1/2[x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)], k = 2, 3, \dots, n$ 。

若 $\hat{a} = [a, b]^T$ 为参数列且

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

则 GM(1,1) 模型 $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ 的最小二乘估计参数列满足 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 。

定义 4: 设 $X^{(0)}$ 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, $[a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$, 则称 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$ 为模型 GM(1,1) 的白化方程, 也叫影子方程。

定义 5: 设 B, Y, \hat{a} 如定理 1 所述, $\hat{a} = [a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$, 则 ① 白化方程 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$ 的解也称时间响应函数为 $x^{(1)}(t) = [x^{(1)}(1) - \frac{b}{a}]e^{-at} + \frac{b}{a}$; ② GM(1,1) 模型 $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ 的时间响应序列为 $\hat{x}^{(1)}(k+1) = [x^{(0)}(1) - b/a]e^{-ak} + \frac{b}{a}, k = 1, 2, \dots, n$; ③ 还原值为 $\hat{x}^{(0)}(k+1) = a^{(1)} \hat{x}^{(1)}(k+1) =$

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

$$k = 1, 2, \dots, n。$$

2 案例应用——穿黄工程价差现状分析

2.1 价差成因

南水北调中线一期穿黄工程是南水北调中线总干渠穿越黄河的关键性工程, 位于河南省郑州铁路桥上约 30km 处, 全长 19.3km, 其任务就是将长江之水以隧洞方式, 从河床底下穿越黄河天堑输往北京。

中线干线工程建设正处于中国物价上涨阶段, 物价上涨导致固定资产投资价格指数逐年递增。与 2004 年(穿黄概算批复水平年)初相比, 2011 年度固定资产投资价格指数累计涨幅为 25.78%。物价上涨对中线干线工程投资控制影响较大, 主要表现在: 一是水泥、钢材、柴油、砂石等材料费用在主体建筑安装工程中所占的权重较大, 其价格上涨对投资控制的敏感性较强。2008 年以来, 柴油价格累计上涨了 43 个百分点, 以 2008 年概算价为基础的土石方工程投资增加约 15.05%。二是物价上涨导致建筑业工资水平大幅提高, 且上涨幅度远高于其他生产要素价格上涨幅度, 对投资控制影响明显。由于中线干线工程具有劳动密集型特点, 人工费在建筑安装工程中的权重一般为 10% 左右, 和概算价格相比, 人工费用价格每上涨 10 个百分点, 建筑安装工程投资增加约 1% 左右。三是由于中线干线工程建设处于通货膨胀期, 国家为抑制通货膨胀采取信贷政策, 对中线干线工程动态投资也产生了影响。四是部分工程工期延误导致生产直接成本增加, 而该成本的增加以价差调整方式转嫁给项目建设管理单位。

综上所述, 由于物价、政策以及银行利率等变化导致了价差的产生。

2.2 穿黄工程原价差计算方法

穿黄工程依据 2002 年水利部颁布的预算定额, 与郑州市 2004 年 9 月市场价格水平编制工程概算, 按照当时的物价水平计算价差预备费远远不能满足实际物价上涨要求, 因此按年进行价差调整。价差调整范围

包括建筑工程、安装工程、设备采购、项目管理费、技术服务采购、生产准备费和其他费用八个部分价差。调价方法根据项目管理预算分析确定工程的分类工程项目和价格因子权数,以年度实际完成工程量和项目管理预算单价计算的完成工程投资额为基价,采用公式法逐年计算建设期内年度价差。其中建筑工程价差,以当年完成的建筑工程项目管理预算投资额为基价,按分类工程采用公式法计算,并将批复款下拨。

3 基于 GM(1,1) 理论的穿黄工程建筑工程价差预测

为预估实际工料机物价波动,现将 GM(1,1) 灰色预测理论运用到工程价差预测中,由表 2 可知,批复价差的构成中除 2009 年外,其余年份都源自建筑工程价差,建筑工程价差至少占到总价差的 99.78%,因此本文着重对建筑工程价差的预测做进一步研究。

现以南水北调中线单元工程——穿黄工程的建筑工程价差为预测对象,进行实例分析。南水北调中线一期总干渠 2009—2012 年《穿黄工程年度价差报告》记载按分类工程统计(包括土工膜及钢绞线工程变更价差),该工程现批复价差见表 2。

表 2 2009—2012 年穿黄工程批复价差情况

年份	价差/万元				
	建筑工程	专项采购	安装工程	项目管理费	技术服务采购
2009	3383.67	2	0	0	0
2010	3690.12	0	0	0	0
2011	2678.14	0	0	0	0
2012	4746.51	0	0	0	0

运用 GM(1,1) 模型进行预测的步骤如下:

a. 步骤一,数列级比检验[GM(1,1)建模可行性分析]。

①级比 $\sigma(k)$ 。已知序列 $X = (3383.67, 3690.12, 2678.14, 4746.51)$, 此处采用向前级比^[5] $\sigma(k) = \frac{x(k)}{x(k-1)}$, 经计算 $\sigma(k) = [\sigma(2), \sigma(3), \sigma(4)] = (1.09, 0.73, 1.77)$;

②级比判断。当 $n=4$ 时, X 的可容覆盖为 $\sigma(k) \in [0.67032, 1.49182]$ 。上述计算出的级比超出级比

范围,为运用该模型,需对数据进行处理。

b. 步骤二:数据变换处理。

数据变换处理的目的是经过处理的序列级比落在可容覆盖中,从而对于级比不合格的序列,经过数据变换处理后能够进行 GM(1,1) 建模。此处采用方根变换法。

③方根变换处理。现令变换后的值为 $X^{(0)}(k)$, 则有 $X^{(0)}(k) = \sqrt{X(k)}$, 新的序列 $X^{(0)}(k) = (58.17, 60.75, 51.75, 68.89)$;

④求级比 $\sigma^{(0)}(k)$ 。 $\sigma^{(0)}(k) \in = \frac{x^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k-1)}$, $\sigma^{(0)}(k) = [\sigma(2), \sigma(3), \sigma(4)]$, $\sigma^{(0)}(k) = (1.04, 0.85, 1.33)$;

⑤级比判断。此级比在可容覆盖的范围内,数据满足建模条件。

c. 步骤三:建模。

①原始数据序列 $X^{(0)} = (58.17, 60.75, 51.75, 68.89)$, 对 $X^{(0)}$ 作 1-AGO。得 $X^{(1)} = [x^{(1)}, x^{(2)}, x^{(3)}, x^{(4)}] = (58.17, 60.75, 51.75, 68.89)$;

②对 $X^{(1)}$ 做紧邻均值生成。令 $Z^{(1)}(k) = 1/2 [x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)]$, 得 $Z^{(1)}(k) = [z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), z^{(1)}(4)] = (88.55, 144.80, 205.12)$;

于是:

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -88.55 & 1 \\ -144.80 & 1 \\ -205.12 & 1 \end{bmatrix},$$

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 60.75 \\ 51.75 \\ 68.87 \end{bmatrix}$$

③求参数 a, b 。对参数列 $\hat{a} = [a, b]^T$ 进行最小二乘估计,得 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} -0.118 \\ 46.167 \end{bmatrix}$;

当 $-a < = 0.3$ 时,GM(1,1) 模型可用于中长期预测^[6],由 $a = -0.118$ 可知,满足中长期预测要求;

④确定模型为:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} - 0.118x^{(1)} = 46.167$$

其时间响应式为:

$$\hat{x}^{(1)}(k) = [x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}]e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} = 449.42e^{0.118(k-1)} - 391.25$$

⑤求 $X^{(1)}$ 模拟值:

$$\hat{X}^{(1)} = [\hat{x}^{(1)}(1), \hat{x}^{(1)}(2), \hat{x}^{(1)}(3), \hat{x}^{(1)}(4)] = (58.17, 114.45, 177.79, 249.06)$$

⑥还原求出 $X^{(0)}$ 的模拟值。由 $\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1)$ 得

$$\hat{X}^{(0)} = [\hat{x}^{(0)}(1), \hat{x}^{(0)}(2), \hat{x}^{(0)}(3), \hat{x}^{(0)}(4)] = (58.17, 56.28, 63.34, 71.27)$$

⑦残差检验。称 $\varepsilon(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)$ 为残差,误差检验见表3。

表3 误差检验

序号	实际数据	模拟数据	残差	相对误差
	$x^{(0)}(k)$	$\hat{x}^{(0)}(k)$	$\varepsilon(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)$	$\Delta_k = \frac{ \varepsilon(k) }{x^{(0)}(k)}$
2	60.75	56.28	4.74	7.35%
3	51.75	63.34	-11.59	22.40%
4	68.89	71.27	-2.38	3.45%

根据时间响应式:

$$\hat{x}^{(1)}(k) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} = 449.42e^{0.118(k-1)} - 391.25$$

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1)$$

令 $k=5$, 带入时间响应式得:

$$\hat{x}^{(1)}(5) = 329.26$$

$\hat{x}^{(0)}(5) = 80.2$, 即预测 2013 年穿黄工程建筑工程价差 $(80.2)^2$ 万元。

从时间响应式可知指数函数存在单调递增规律, 因此 GM(1,1) 模型适用于试验观测数据具有较强指数规律的序列。通过案例不难发现, 预测价差总额略高于现已批复的价差, 更远远高于概算期预估的价差预备费。若收集同一时期的类似工程建立预测模型, 则可预测出后续类似工程的价差, 简化每年收集数据

计算审查批复价差的繁杂工作, 对前期价差预备费的预估有一定的实用价值。

由于中国正处于物价上涨阶段, 人工、材料、机械的价差逐年呈现递增趋势, 对承包商而言若能按照物价上涨趋势准确预估价差, 将有利于提高承包商的积极性。在前期阶段预估的价差预备费客观反映了建设期实际物价上涨幅度, 使整个建设不至于因资金处于被动状态。

4 结 语

以上的分析过程将南水北调价差预测从实际操作层面提升到了理论层面, 仅从理论层面而言, 此次预测基本达到预期效果。实际价差受到各因素的影响, 其中建筑工程价差主要由人、材、机价差组成, 而人工、机械价差又受到材料数量的影响, 同时还受到新工艺、新技术的影响, 因此理论研究上可考虑 GM(1, n)^[7] 模型分析各因素之间的动态变化趋势。而实际层面可结合实际经济、物资状况等对预测值加以修正^[8], 从而完善价差预测体系。◆

参考文献

- [1] 曲新华. 南水北调工程价差有关问题探讨[J]. 水利水电工程造价, 2009(4): 64-65.
- [2] MAROUN C, ALKASS S. Assessment of construction contracts' price changes under high inflation [A]. Structural Engineering Reviews, 1996: 337-245.
- [3] 刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 96-98.
- [4] 徐大江. 预测模型参数的指数平滑估计法及其应用的进一步研究[J]. 系统工程理论与实践, 1999(2): 25-30.
- [5] 段鹏. 建设工程造价预测方法研究[D]. 重庆: 重庆工业大学, 2008: 41.
- [6] 刘思峰, 邓聚龙. GM(1, 1) 模型的适用范围[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 5(5): 121-124.
- [7] 孙涛. 灰色系统预测理论在建筑工程造价中的应用[D]. 西安: 西北工业大学, 2006: 41-42.
- [8] 张华伟. 灰预测在工程调差中的应用: 对价格指数的预测[J]. 科技信息, 2013(3): 366-368.
- [9] 黄林春. 基于风险管理的建设项目工程造价控制研究[J]. 水利建设与管理, 2010(7): 64-67.
- [10] 孟维欢. 浅谈如何控制工程建设成本[J]. 水利建设与管理, 2010(6): 34-35.