基于改进灰色预测模型对建筑材料价格的预测

——以郑州市为例

朱亚飞　王　珑　李家豪　王　宇

（河北建筑工程学院；河北 张家口 075000）

摘要：把握住建筑材料价格未来时段的预测以及波动趋势对控制建设项目成本有至关重要的作用。以数据信息库对以往建筑材料价格的积累作为原始数据初选值的选择样本，建立改进的灰色预测模型。用 Matlab-R2016a 对原始数据进行 GM（1，1）模型计算求解，结合 CurveFitter 建立的一元多项式拟合函数对原残差进行修正进而来补偿原预测值，实现对郑州市未来 5 个月的混凝土（C30）价格作出预测，为后期建筑材料采购提供参考。结果表明，改进型灰色预测模型对该材料价格的预测结果精精度更高。

关键词：改进灰色预测模型；建筑材料价格；拟合函数

建筑材料作为当前建筑业工程实体的重要组成部分，其成本在整个项目的工程造价中所占的比重较大。其中，建筑材料费受建筑材料价格的影响是较为显著的。王佳等通过运用时间序列预测法对造价数据库中所积累的钢材价格进行预测分析。王家明等通过应用三次指数平滑法和 ARIMA 模型实现了对钢材价格的历史数据模拟和未来价格预测。罗泽明等通过建立灰色神经网络 PGNN 模型实现了对未来 6 个月预应力钢筋的价格预测。欧阳红祥等通过借助 BP 神经网络模型用历史价格信息为样本成功预测出钢材的未来价格走势。本文将采用改进型灰色预测模型以郑州市 2020.06–2021.04 月份的市场混凝土（C30）的价格数据为例，对 2021.05–09 月份的混凝土（C30）价格进行预测。计算结果表明，基于改进型的灰色预测模型结果较为理想。

一、建筑材料预测方法

灰色预测模型是 20 世纪 80 年代由华中科技大学邓聚龙创立的灰色预测理论，灰色系统是绝对的，而白色系统和黑色系统是绝对的。灰色预测是灰色理论的重要组成部分，利用连续的灰色微分模型，实现长期的预测。但是它原始数据取值简单、背景值计算不精细等问题，导致数据的预测精度不高。所以为了提高该方法的预测精度和适用性，需要通过优化的方式来对其改进，实现对未来数据的精准预测。

（一）传统的 GM（1，1）模型

GM（1，1）模型是关于数列预测的一阶微分的模型。它是基于一个随机的原始时间序列，在经过时间累加后形成一类具有指数规律的数据，然后通过建立一阶微分方程对模型进行求解，将所得到的结果做最后的递减还原，便得到了所谓的灰色预测值。

1. 原始数据检验与处理

首先要对原始数据进行检验，即进行原始数据的级比检验。

（1）原始数列级比公式：

$$\sigma(\mathrm{k})=\frac{x^{(0)}(\mathrm{k})}{x^{(0)}(k\text{-}1)} \qquad \mathrm{k}=2,3,\cdots \mathrm{n}$$

若级比值全部满足在区间范围内，则该原始数据可以进行 GM（1，1）模型预测。若不符合要求，需要对原始数据进行变换处理，即选取适当的常数 c，使原始数据满足级比要求。

（2）区间确定：

$$\left(e^{-\frac{2}{n+1}},e^{\frac{2}{n+1}}\right)$$

（3）原始数据修改公式：

$$y^{0}(k)=x^{0}(k)+c \quad k=1,2,\cdots,n$$

1.1.2 建模原理

（1）设原始数据序列

$$X^{(0)}=\left\{x^{(0)}(1),x^{(0)}(2),\cdots,x^{(0)}(n)\right\}$$

（2）经一次累加生成数列

$$X^{(1)}=\left\{x^{(1)}(1),x^{(1)}(2),\cdots,x^{(1)}(n)\right\}$$

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

（3）建立紧邻均值的生成数列

$$Z^{(1)}=\left\{z^{(1)}(2),z^{(1)}(3),\cdots,z^{(1)}(n)\right\}$$

式中：$z^{(1)}(k)=\frac{1}{2}\left(x^{(1)}(k)+x^{(1)}(k-1)\right),k=2,3,\cdots \mathrm{n}$

（4）一阶线性微分方程，a，u 为待定系数。

$$\frac{\mathrm{d}x^{(1)}(t)}{\mathrm{d}t}+ax^{(1)}(t)=\mathrm{u}$$

（5）用最小二乘法求出该方程的解

$$\hat{x}^{(1)}(k)=\left[x^{(0)}(1)-\frac{\mathrm{u}}{a}\right]\mathrm{e}^{-a(k-1)}+\frac{\mathrm{u}}{a}$$ 式中：k=1, 2,⋯n

（6）依据上解进行递减还原求得预测值

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

3. 模型精度评估

对模型进行残差检验、相对误差的计算，检验判断误差变动是否平稳。若相对误差平均值越小，则视为模型精度越高。

（1）残差，即原始数据值减去预测值：

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

式中 k 为时间序数，预测值由 GM（1，1）模型计算的。

（2）相对误差，即残差绝对值与初始值的比值：

$$\Delta(k)=\frac{\left|\varepsilon^{(0)}(k)\right|}{x^{(0)}(k)}\times 100\% \quad k=1,2,\cdots,n$$

（3）相对误差平均值：

$$\bar{\Delta}=\frac{\sum_{k=1}^{n}\Delta(k)}{n}$$

（二）改进 GM（1，1）预测模型

多项式可以对任何函数进行逼近，在线性和非线性回归中都占有重要的地位。因为 GM（1，1）模型只有一个自变量，所以可运用一元多项式回归对残差进行修正，进而对预测值做进一步的修正，提高模型的拟合和预测精度。

（1）建立灰色模型中的残差序列。

$$\varepsilon^{(0)}=\left\{\varepsilon^{(0)}(2),\varepsilon^{(0)}(3),\cdots\varepsilon^{(0)}(n)\right\}$$

（2）运用相应的数据分析工具对残差数列的一元多项式函数进行拟合参数。

$$\varepsilon^{(0)}(k)=\sum_{p=0}^{m}c_p*k^p$$

式中：k=1，2，・・・・n–1，一般 m 取值为 2 或 3。

（3）将得到的参数代入进而得到修正后的残差。

$$\hat{\varepsilon}^{(0)}(k)=\sum_{p=0}^{m}c_p*k^p$$

（4）将修正后的残差来补偿 GM（1，1）模型的预测值得到修正后的预测值。

$$\hat{x}_{\varepsilon}^{(0)}(1)=\hat{x}^{(0)}(1) \qquad \hat{x}_{\varepsilon}^{(0)}(k+1)=x^{(0)}(k+1)+\hat{\varepsilon}^{(0)}(k)$$

2. 对建筑材料价格预测

选取“我的钢铁”建筑材料数据库中郑州市 2020 年 6 月份至 2021 年 4 月份混凝土（C30）的价格为原始数据的初选值，见表 1。运用灰色预测模型和一元多项式回归对残差的修正预测未来 5 个月的混凝土（C30）价格。

表 1　2020.06–2021.04 月份 C30 混凝土价格（元 /m3）

年月份	实际价格
2020.06	470.24
2020.07	452.73
2020.08	447.14
2020.09	443.26
2020.10	436.76
2020.11	439.76
2020.12	455.00
2021.01	455.00
2021.02	455.00
2021.03	432.95
2021.04	426.15

数据来源：钢联数据

（一）预测模型建立

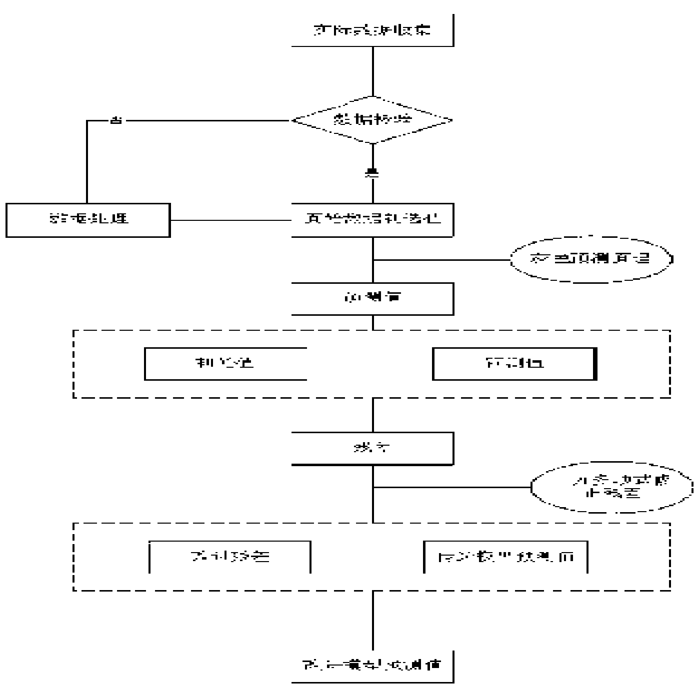

图 1　改进的灰色预测模型路线图

首先，对表 1 的数据进行级比检验，该数据满足该模型对原始数据的要求。然后运用 Matlab–R2016a 对初选值进行 GM（1，1）模型预测。

图 2 是基于 Matlab–R2016a 的预测数据在 CurveFitter 中对残差数列进行一元多项式函数的参数拟合，得到修正残差满足该一元二次多项式：

$$\hat{\varepsilon}^{(0)}(k)=-0.452941k^{2}+4.97397k-9.91857$$

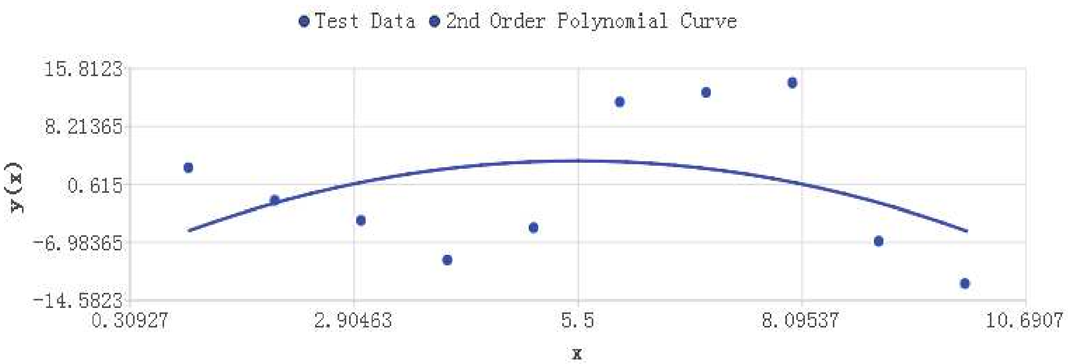

图 2　CurveFitter 拟合函数图

最后由修正后的残差对原预测值进行补偿，得到改进后的预测值。

（二）预测模型分析

表 2　两种模型的拟合值及其相对误差

年月	实际价格	传统 GM（1，1）模型			改进 GM（1，1）模型		
		拟合值	残差	相对误差	拟合值	残差	相对误差
2020.06	470.24	470.24	0	0	470.24	0	0
2020.07	452.73	450.08	2.65	0.0059	444.68	8.05	0.0178
2020.08	447.14	448.81	–1.67	0.0037	447.03	0.11	0.0003
2020.09	443.26	447.53	–4.27	0.0096	448.46	–5.20	0.0117
2020.10	436.76	446.26	–9.50	0.0218	448.99	–12.23	0.0280
2020.11	439.76	444.99	–5.23	0.0119	448.62	–8.86	0.0201
2020.12	455	443.73	11.27	0.0248	447.35	7.65	0.0168
2021.01	455	442.47	12.53	0.0275	445.18	9.82	0.0216
2021.02	455	441.21	13.79	0.0303	442.09	12.91	0.0284
2021.03	432.95	439.96	–7.01	0.0162	438.12	–5.17	0.0119
2021.04	426.15	438.71	–12.56	0.0295	433.24	–7.09	0.0166
平均误差				1.65%			1.57%

表 2 为两种模型的预测值、残差、相对误差及平均相对误差的对比图。由上表的计算结果，我们会发现改进后的预测模型精度更高。

通过对表中的数据计算，得到实际值和改进后的模型的残差的均方差，由此我们得到了改进后模型的 C=0.34，模型精度 C 值小于 0.35，故该模型精度属于 1 级（最高级），可以进行短期的预测。

表 3 基于改进的灰色 GM（1，1）2021.05-2021.09 月份的预测值

年月	预测值
2021.05	427.45
2021.06	420.77
2021.07	413.18
2021.08	404.69
2021.09	440.59

表 3 是基于改进的预测模型对 2021 年 5 月份至 2021 年 9 月份混凝土（C30）价格的预测，在未来的 5 个月中该建筑材料出现了一次大幅度上涨，而 5 月份至 8 月份价格一直处于下滑趋势，在 8 月份达到近段时间的最低值。

三、结语

混凝土作为建筑工程中一种基本的建筑材料是建设项目中必不可少的，实现对混凝土价格快速精准的预测，有助于帮助建设工程的利益相关者合理的把控工程造价成本，提升整体经济效益。本文以郑州市 2020 年 6 月至 2021 年 4 月的 C 混凝土（C30）价格数据为样本，使用改进的灰色 GM（1，1）模型，快速精准的实现了对未来 5 个月混凝土（C30）价格的预测分析，研究发现，模型预测精度较高，收敛性能较好，价格预测合理，能够有效的对后续建筑材料价格的预测提供一定的参考。

参考文献：

[1] 王佳，王朝风 . 建筑材料价格分析及预测 [J]. 节能，2015，34（11）：7-10.

[2] 王家明，范学宁 . 基于 ARIMA 的大宗工程材料价格预测构建研究 [J]. 工程造价管理，2020（01）：65-75.

[3] 罗泽民，布优月 . 基于灰色神经网络 PGNN 模型的建筑材料价格预测方法研究 [J]. 建筑经济，2020，41（10）：115-120.

[4] 欧阳红祥，李欣，张信娟 . 人工神经网络在建筑材料价格预测中的应用 [J]. 武汉理工大学学报（信息与管理工程版），2013，35（01）：115-118.

[5] 杨国华，颜艳，杨慧中 .GM（ 1，1） 灰色预测模型的改进与应用 [J]. 南京理工大学学报，2020，44（ 5）：575 — 582.

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

[7] 岳希，杨洋 . 基于最小误差化的 GM（ 1，1） 模型的优化及应用 [J]. 计算机应用研究，2016，33 （ 8）：2328-2330.

图文无关