

# 基于灰色马尔柯夫模型的工程招标代理机构数量预测研究

华玉雯

(山东建筑大学管理工程学院, 山东 济南 250101)

**摘要** 我国工程项目建设的规模在扩大, 受国家政策影响, 我国的工程招标代理机构企业单位也在不断地适应着变化。本文选取2011年到2020年共十年的工程招标代理机构数量作为研究对象, 建立灰色预测模型与灰色马尔柯夫预测模型, 挖掘数据中隐藏的规律与模式, 对2021年至2023年三年间的工程招标代理机构数量进行预测, 探索工程招标代理机构发展的方向和趋势, 并为其发展提出建议。

**关键词** 工程招标代理机构; 灰色马尔柯夫预测模型; 灰色预测模型

中图分类号: TU723

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)03-0124-03

工程招标代理机构作为建设承包的主导, 在工程项目的招标投标中发挥了重要作用。工程招标代理机构在近十年的运行期间, 速度有减缓也有加快, 通过调查发现全国的工程招标代理机构受国家的政策影响较大。通过现有的数据, 对我国的工程招标代理机构的数量进行预测, 了解现阶段增长趋势, 可以有效地配置资源, 实现工程类项目招标投标的协调发展。

本文选取2011年到2020年共十年间的工程招标代理机构企业单位数量作为研究对象, 建立灰色预测模型与灰色马尔柯夫预测模型, 挖掘数据中隐藏的规律与模式, 对未来三年工程招标代理机构企业单位数量进行预测, 探索工程招标代理机构发展趋势, 为其提出建议。

## 1 预测模型介绍

### 1.1 灰色预测模型

灰色模型 (grey models) 指的是将数据量比较少的且不完全的数据信息, 利用这些数据构建预测模型, 对事物的长期发展规律做出较为模糊的预测<sup>[1-2]</sup>。灰色系统所构建的微分方程 GM(1,1) 模型运用到运筹学以及管理判断中, 形成了主要由信息分析处理、建立模型预测、管理决策判断为内容的灰色系统理论<sup>[3]</sup>。

### 1.2 灰色马尔柯夫预测模型

模型首先计算从灰色预测过程到灰色预测 GM(1,1) 的时间响应函数模型:

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

$$\text{计算相对误差: } Q = \frac{X^{(0)}(k) - \hat{X}^{(0)}(k)}{X^{(0)}(k)} \times 100\%$$

根据计算出来的误差值, 划分此状态区间  $A_i = (A_{1i}, A_{2i}]$ , 其中  $A_{1i}$  和  $A_{2i}$  是此状态区间的下限和上限。

$$\text{计算状态转移矩阵: } P_k = \begin{bmatrix} P_{11k} & P_{12k} & \cdots & P_{1nk} \\ P_{21k} & P_{22k} & \cdots & P_{2nk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{m1k} & P_{m2k} & \cdots & P_{mnk} \end{bmatrix}$$

然后修正灰色预测值, 选取概率最大的状态, 计算预测值:  $Y(k) = X^{(0)}(k) * [1 + 0.5 * (A_{1i} + A_{2i})]$ 。

## 2 灰色马尔柯夫预测模型的应用

### 2.1 数据来源

从国家统计局官网收集了2011年到2020年十年间的工程招标代理机构企业单位数, 数量分别为5113、5522、5731、5950、6102、6495、6209、7717、8832、9106个。

从数据可以看出, 从2011年到2016年的企业单位数量增长较为平稳, 在2017年减少两百余个机构后, 又开始恢复增长, 且在2018至2020年增长较快。通过查阅产业研究院的资料显示, 在2017年工程招标代理机构行业规模的下降, 主要是由于市场规范化的提升<sup>[4]</sup>, 导致其营业收入也同步减少。

### 2.2 建立灰色预测模型

利用原始数据构建灰色预测模型, 来预测2021-2023年企业单位数:

1. 原始数据序列为:

$$X^{(0)} = \{5113, 5522, 5731, 5950, 6102, 6495, 6209, 7717, 8832, 9106\}$$

表 1 数据状态预测

观测年份	初始状态	转移步数	状态			
			1	2	3	4
2017	E1	4	37/375	0	472/1125	542/1125
2018	E3	3	0	0	0	0
2019	E4	2	472/5625	0	7207/16875	8252/16875
2020	E4	1	271/3375	0	4126/10125	5186/10125
累计状态转移概率			0.262874074	0	1.25414321	1.48298272

表 2 灰色预测模型与灰色马尔柯夫预测模型误差对比

年份	实际值	灰色预测值	残差	相对误差绝对值 /%	灰色马尔柯夫预测值	残差	相对误差绝对值 /%
2011	5113	5113	0	0	5113	0	0
2012	5522	5095.28	426.71	7.72	5343.68	178.31	3.22
2013	5731	5462.27	268.86	4.68	5728.55	2.44	0.04
2014	5950	5854.76	95.23	1.60	5774.25	175.74	2.95
2015	6102	6276.29	-174.29	2.85	6189.99	-87.99	1.44
2016	6495	6727.59	-232.59	3.58	6635.08	-140.08	2.15
2017	6209	7210.76	-1001.76	16.13	6210.27	-1.27	0.02
2018	7717	7730.07	-13.07	0.16	7623.78	93.21	1.20
2019	8832	8286.21	545.78	6.17	8690.16	141.83	1.60
2020	9106	8881.32	224.67	2.46	9314.29	-208.29	2.28
预测相对误差平均值				4.54			1.49

然后进行一次累加得到:

$$X^{(1)} = \{5113, 10635, 16366, 22316, 28418, 34913, 41122, 48839, 57671, 66777\}$$

2. 计算数据阵 B、数据列  $Y_n$ , 得出:

$$\hat{\alpha} = \begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y(n) = \begin{bmatrix} -0.069455 \\ 4565.5258 \end{bmatrix}$$

3. 建立灰色 G (1,1) 预测模型, 得出计算结果, 并利用模型对 2021 年至 2023 年工程招标代理机构企业单位数进行预测, 并对预测结果进行取整, 2021 年预测结果为 9521 个, 2022 年预测结果为 10205 个, 2023 年预测结果为 10939 个。

### 2.3 利用马尔柯夫链修正灰色预测值

根据表中相对误差的大小, 可以将以上数据划分

为四个状态区间: E1 为 (-17, -10.75]、E2 为 (-10.75, -4.5]、E3 为 (-4.5, 1.75]、E4 为 (1.75, 8]。然后计算四步转移矩阵:

$$P^{(4)} = \begin{bmatrix} 37/375 & 0 & 472/1125 & 542/1125 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 472/5625 & 0 & 7207/16875 & 8252/16875 \\ 271/3375 & 0 & 4126/10125 & 5186/10125 \end{bmatrix}$$

利用转移概率矩阵计算 2021 年数据所处的状态。首先选择最近的四个期间, 分别计算状态值, 再对每一种状态下的概率求和, 状态最大值所对应的即为 2021 年数据所对应的状态<sup>[5]</sup>, 如表 1 所示。

可以看出 2021 年的状态为  $E_4$ , 预测值为:  $Y(2021) = 9985.1488$ 。

利用灰色马尔柯夫预测模型分别计算出 2021-2023

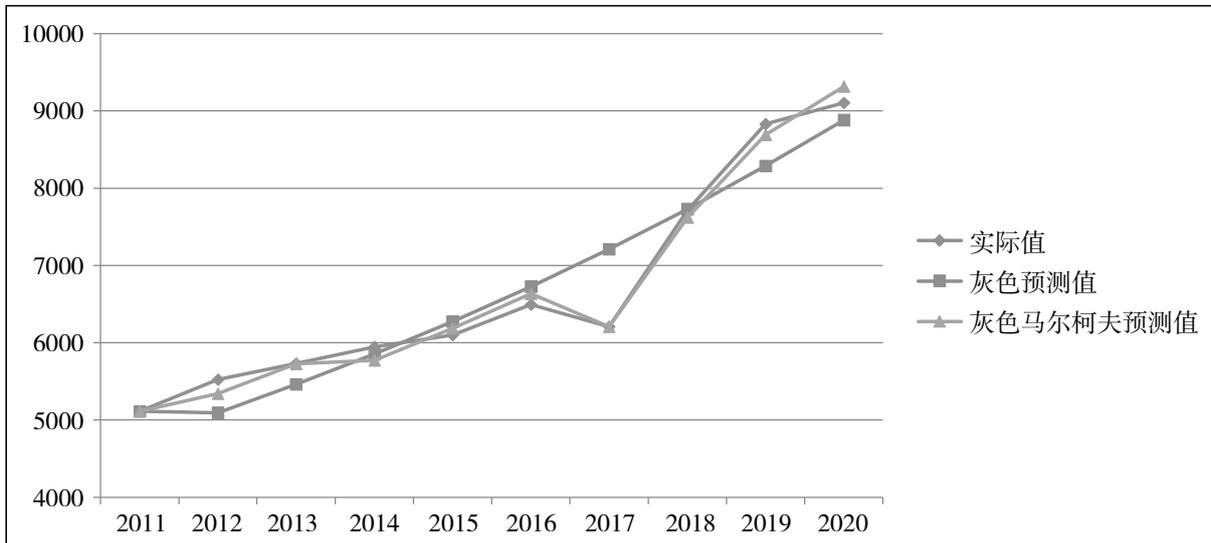


图1 灰色预测模型与灰色马尔柯夫预测模型预测结果对比

年工程招标代理机构企业单位数量，取整后的结果分别为9985个、10702个、11472个，可以通过此预测数据，粗略的估计出工程招标代理机构企业单位数的增长与变化情况，可以看出未来的工程招标代理机构企业单位数量增长较快、增幅较大。

#### 2.4 灰色预测值、灰色马尔柯夫预测值与实际值的相对误差比较

将灰色预测值、灰色马尔柯夫预测值与实际值的相对误差相比较，可以看出灰色马尔柯夫预测模型的相对误差的绝对值更小，因此其预测结果也更加精准。

将求得的预测值与实际值作出曲线图，可以看出三条曲线的走势，可以很清楚地看出灰色预测值只是给出了总体的趋势，而灰色马尔柯夫预测值与实际走势大致相同，更准确地反映了数值的波动情况，因此它的精确度更高。

#### 2.5 灰色马尔柯夫预测模型检验

计算并比较灰色预测模型与灰色马尔柯夫预测模型预测值的后验残差比值以及进行相对误差小概率检验，其中实际值的标准差  $S_1=1319.54538$ ，分别计算出灰色预测值、灰色马尔柯夫预测值与实际值的残差序列的标准差  $S_2=412.06397$  与  $S_3=126.44409$ 。

然后计算灰色预测模型的小概率误差为  $P_1=0.9$ ，后验残差比值为  $C_1=0.31228$ ；灰色马尔柯夫预测模型的小概率误差为  $P_2=1$ ，后验残差比值为  $C_2=0.09582$ 。分别比较两种预测模型的数值，可知灰色马尔柯夫预测模型的精度优于灰色预测模型的精度，因此其预测

的数据结果更加接近实际的情况。

### 3 结语

文章运用了灰色预测模型与灰色马尔柯夫预测模型，对工程招标代理机构企业单位数进行了预测，预测了2021-2023年工程招标代理机构企业单位数，在2023年工程招标代理机构企业单位数将达到11472个，看出工程招标代理机构企业单位在不断地扩大并快速增加。同时文中还对比了灰色预测模型与灰色马尔柯夫预测模型的精准度，相对于灰色预测模型来说，灰色马尔柯夫预测模型的精度更加高，预测数据可以为工程招标代理机构运营提供现实的参考。

通过工程招标代理机构企业单位数这一案例的预测研究来看，灰色马尔柯夫预测模型计算简单有效、可靠度较高，且有较高的现实应用价值，可以应用到其他学科领域的预测研究中去。

#### 参考文献：

- [1] 刁文君. 基于灰色模型的城市轨道交通客流预测研究 [D]. 天津: 天津大学, 2016.
- [2] 周姗姗. 高速公路软土路基沉降影响因素研究及灰色预测 [D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2007.
- [3] 胡伟. 论如何做好招标代理行业的风险应对与管控 [J]. 治淮, 2019(10):55-56.
- [4] 同 [3].
- [5] 王婷婷, 王紫晨. 基于灰色马尔科夫对龙洞堡机场旅客吞吐量预测 [J]. 交通科技与经济, 2017, 19(05):48-51.