

Application of Grey Forecast Model and Grey Relational Analysis in Company Operation

Chen Yang¹ Hange Gao²

1. PowerChina Finance Company Limited, Beijing, 100044, China

2. Beijing Branch of China Everbright Bank Co., Ltd., Beijing, 100031, China

Abstract

This paper uses the Grey Forecast Model and GM forecasting software to forecast a company's 2020 net profit, accuracy test, forecast function and actual value comparison; Then select the factors that affect the profit and return in the company operation process: publicity, manpower, product cost, using Grey Relational Analysis to analyze the relation between net profit and three influencing factors, first compare the three relational coefficients, and then make the development trend of each factor to verify. Through the method of "combination of numbers and shapes", it is concluded that the propaganda factors are adjusted in the future operation of the company to increase profitability, and to a certain extent, the problem of large grey scale and difficult decision-making in the company operation process is solved.

Keywords

Grey Forecast model (GM model); GM forecasting software; Grey Relational Analysis (GRA); company operation; net profit

灰色预测模型与灰色关联度分析在公司运营中的应用

杨辰¹ 高寒歌²

1. 中国电建集团财务有限责任公司, 中国·北京 100044

2. 中国光大银行股份有限公司北京分行, 中国·北京 100031

摘要

本文运用灰色预测模型 (Grey Forecast Model) 及 GM 预测软件对某公司 2020 年净利润进行预测、精度检验、预测函数与实际值对比; 再选取在公司运营过程中影响利润收益的因素: 宣传、人力、产品成本, 运用灰色关联度分析法 (Grey Relational Analysis) 对净利润及三项影响因素进行关联度分析, 先对三项关联系数进行比较, 再做出各因素发展态势图进行验证, 通过“数形结合”的手法, 得出在未来公司运营中对宣传因素进行调整从而加大盈利的结论, 进而在一定程度上解决了公司运营过程灰度大、决策难的问题。

关键词

灰色预测模型 (GM 模型); GM 预测软件; 灰色关联度分析 (GRA); 公司运营; 净盈利

1 背景介绍

公司运营过程中存在着诸多未知因素, 运营调节具有较强的灵活性和针对性, 因而解决在操作灰度大的情况下做出准确预测及决策的问题, 对整个公司的运营而言至关重要。一个成功的公司管理者应具备评估公司收益潜力、及时对公司运营环节进行决策调整的能力, 而决策需要依据, 并且是科学的依据, 管理者在决策时不应拍脑袋, 而是应该对运营过程中的相关信息进行处理, 转化为数据并构造数学模型, 得出决策的依据, 从而提高管理的科学性。本文以某公司为研究对象, 从预测公司 2019 年净盈利入手, 通过建立 GM 模

型及 GRA 方法, 分析运营过程中与净利润关联度最大的因素, 为公司决策提供科学依据。

灰色预测模型 (GM 模型), 是由邓聚龙教授于 1982 年提出并加以发展的。二十几年来, 引起了不少国际学者的关注。目前, 在中国已经成为社会、经济等诸多领域进行预测、决策、系统分析与建模的重要方法之一。GM 模型是通过少量的、不完全的信息, 建立数学模型并做出预测的一种预测方法, 其所需建模信息少, 运算方便, 建模精度高, 是处理小样本预测问题的有效工具 (见文献^[1])。灰色关联度分析 (GRA), 是 1984 年由邓聚龙原创的, 它是针对关系的分析提出的。对于那些行为机制信息不完备、行为数据很稀少、问题处置缺乏

经验、其固有内涵又不清楚的对象之间的关系分析来说，GRA是十分必要的。它可看作是一种有参考系的整体比较。其有别于传统的数学分析之点，在于GRA提供了一个分析序列关系或系统行为的简要框架，即使是信息很少也可以做（见文献^[1]）。

本文的研究对象“公司运营体系”正是符合上述建模及分析条件的灰色系统。正文第一部分，利用GM模型对某公司2019年度的净利润进行预测，以评估公司收益潜力及可支配资金；第二部分，利用GRA理论研究净利润与公司运营中哪个因素关联度最大，由此得出调整该环节进而影响公司净利润的结论，在增加收益的同时可更好地进行公司资金周转，从而在整体上更好地把握公司在下一年度的投资方向。综上所述，通过本文中灰色预测模型及关联度分析结果可知该小成本运营公司是否有发展前途^[1]。

2 基本原理

2.1 GM(1, 1) 模型

本文所用方法在灰色预测模型中属于数列预测分支，建模思想是通过将原始数据的累加弱化原始数据的起伏，通过累加后数据序列形成的坐标图判断构造一条指数曲线或一条直线来逼近该序列。最后通过后减运算还原计算得到逼近原始数据的指数函数或线性函数^[2]。

根据邓聚龙教授提出的建模步骤，现将建模原理陈述如下（见文献^[1]）：

给定观测数据列 $x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(N)\}$ ，

经一次累加得 $x^{(1)}(i) = \sum_{j=1}^i x^{(0)}(j) \quad (i = 1, 2, \dots, N)$ 。

设 $x^{(1)}$ 满足一阶常微分方程 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$ ，

其中 a, u 是常数，称 a 为发展灰数；称 u 为内生控制灰数，是对系统的常定输入。此方程满足初始条件：当 $t = t_0$ 时， $x^{(1)} = x^{(1)}(t_0)$ ，方程的解为 $x^{(1)}(t) = [x^{(1)}(t_0) - \frac{u}{a}]e^{-a(t-t_0)} + \frac{u}{a}$ 。

对等间隔取样的离散值（注意到 $t_0 = 1$ ）则为

$$x^{(1)}(k+1) = [x^{(1)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-ak} + \frac{u}{a}, \quad k = 1, 2, \dots, N-1。$$

灰色建模的途径是一次累加序列通过最小二乘法来估计常数 a 和 u 。

于是有，

$$\begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(N) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(1)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ \dots & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(N) + x^{(1)}(N-1)] & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix}$$

令 $y = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(N))^T$ ，这里， T 表示转置。令

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(1)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ \dots & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(N) + x^{(1)}(N-1)] & 1 \end{bmatrix}, \quad U = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix},$$

即矩阵表达式转化为 $y = BU$ 。

$$\hat{U} = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T y$$

其最小二乘估计为

把估计值 \hat{a} 与 \hat{u} 代入 $x^{(1)}(k+1) = [x^{(1)}(1) - \frac{\hat{u}}{\hat{a}}]e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{u}}{\hat{a}}$ ，得时间响应方程

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

精度检验

(1) 残差检验。分别计算：

残差： $E(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)$ ， $k = 2, 3, \dots, N$

相对残差： $e(k) = [x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)] / x^{(0)}(k)$ ， $k = 2, 3, \dots, N$

(2) 后验差检验。分别计算：

$x^{(0)}$ 的均值： $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x^{(0)}(k)$ ；

$x^{(0)}$ 的方差： $S_1 = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [x^{(0)}(k) - \bar{X}]^2}$ ；

残差的均值： $\bar{E} = \frac{1}{N-1} \sum_{k=2}^N E(k)$ ；

残差的方差： $S_2 = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=2}^N (E(k) - \bar{E})^2}$

后验差比值: $C = \frac{S_2}{S_1}$,

小误差概率: $P = P\{|E(k) - \bar{E}| < 0.6745S_1\}$ 。

(3) 预测精度等级对比表, 见表 1

表 1 等级对照表

预测精度等级	P	C
好	>0.95	<0.35
合格	>0.80	<0.45
勉强	>0.70	<0.50
不合格	≤ 0.70	≥ 0.65

2.2 灰色关联度分析 (GRA)

灰色关联度分析通过对同一系统中参考序列与其影响因素的数据组在灰色系统中的变化程度做比较, 得出发展态势的同步性越高则相关性越大, 反之越小的结论, 并找出二者之间的数值关系, 从而准确判断哪个影响因素对参考序列的影响最大。

计算步骤如下^[3]:

(1) 确定分析序列

设参考序列 (或母序列) 为 $X'_0(t) = \{x'_0(k) | k = 1, 2, 3, \dots, n\}$

比较序列 (或子序列) 为 $X'_i(t) = \{x'_i(k) | k = 1, 2, 3, \dots, n\}$,

($i = 1, 2, \dots, N$)

(2) 标准化, 即对原始数据进行无量纲化和初值化处理。

$x(k) = \frac{x'(k)}{x'(1)}$, 则初值化后相应的参考序列与比较序列

分别为 $X_0(t)$ 和 $X_i(t)$ 。

(3) 计算关联系数

$$\varepsilon_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}$$

(4) 计算关联度

参考序列与比较序列的关联度为序列的各时刻关联系数

的均值, 记作 $\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k)$, ($i = 1, 2, \dots, N$)

(5) 关联度排序

将关联度按大小排序, 如果 $\gamma_1 < \gamma_2$, 则参考序列 $X_0(t)$ 与比较序列 $X_2(t)$ 更相似, 从而它们的关联度更大。

3 实证分析

3.1 数据来源及介绍

本文数据来自某公司 (因涉及商业秘密故隐藏实际公司名称), 由于公司前三年的净盈利不稳定, 对构建灰色预测模

型有影响, 故从第四年数据开始分析。为了更好的利用灰色关联度分析理论研究影响公司净盈利的最大影响因子, 特将数据分类处理列表如下:

表 2 公司在 2014 年至 2018 年的综合情况数据

项目	年度				
	2014	2015	2016	2017	2018
净盈利 (元)	25482	27110	34115	48035	63874
宣传费 (元)	5000	6000	7000	9800	12500
员工数 (人)	6	10	12	15	21
旅游产品成本 (元)	5500	7221	8100	14119	18700

3.2 构建 GM (1, 1) 模型

选取表 2 中的第一行数据, 即公司在 2014 年至 2018 年的净盈利, 根据邓聚龙教授提出的建模步骤, 对数据进行处理并建立 GM (1, 1) 模型, 从而对公司 2019 年度净利润进行预测。(结果保留小数点后 3 位, 计算过程中保留小数点后 12 位)

(1) 对原始数据进行累加处理

$$x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(5)\} = \{25482, 27110, 34115, 48035, 63874\}$$

$$x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1) = 25482,$$

$$x^{(1)}(2) = [x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2)] = 25482 + 27110 = 52592,$$

$$x^{(1)}(3) = [x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3)] = 25482 + 27110 + 34115 = 86707,$$

$$x^{(1)}(4) = [x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3) + x^{(0)}(4)] = 25482 + 27110 + 34115 + 48035 = 134742,$$

$$x^{(1)}(5) = [x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) + x^{(0)}(3) + x^{(0)}(4) + x^{(0)}(5)]$$

$$= 25482 + 27110 + 34115 + 48035 + 63874 = 198616$$

得到一个新数据序列, $x^{(1)} = \{25482, 52592, 86707, 134742, 198616\}$

即 $x^{(1)} = \{\sum_{j=1}^i x^{(0)}(j) | i = 1, 2, \dots, 5\}$, 且 $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$. 将结果整理列表如下:

表 3 一次累加数据

年份	2014	2015	2016	2017	2018
序列	1	2	3	4	5
$x^{(0)}$	25482	27110	34115	48035	63874
$x^{(1)}$	25482	52592	86707	134742	198616

(2) 建立矩阵 B, y . 令

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(1)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(4) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(5) + x^{(1)}(4)] & 1 \end{bmatrix}, y = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(N))^T$$

$$-\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(1)] = -\frac{1}{2}[52592 + 25492] = -39037$$

$$-\frac{1}{2}[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(2)] = -\frac{1}{2}[86707 + 52592] = -69649.5$$

$$-\frac{1}{2}[x^{(1)}(4) + x^{(1)}(3)] = -\frac{1}{2}[134742 + 86707] = -110724.5$$

$$-\frac{1}{2}[x^{(1)}(5) + x^{(1)}(4)] = -\frac{1}{2}[198616 + 134742] = -166679$$

$$B = \begin{bmatrix} -39037 & 1 \\ -69649.5 & 1 \\ -110724.5 & 1 \\ -166679 & 1 \end{bmatrix}, y = (27110, 34115, 48035, 63874)^T$$

(3) 求逆矩阵 $(B^T B)^{-1}$

$$B^T B = \begin{bmatrix} -39037 & -69649.5 & -110724.5 & -166679 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -39037 & 1 \\ -69649.5 & 1 \\ -110724.5 & 1 \\ -166679 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 \\ A_3 & A_4 \end{bmatrix}$$

$$A_1 = (-39037)^2 + (-69649.5)^2 + (-110724.5)^2 + (-166679)^2 = 46416744160.5$$

$$A_2 = -(39037 + 69649.5 + 110724.5 + 166679) = -386090 = A_3$$

$$A_4 = 1 + 1 + 1 + 1 = 4$$

$$故 B^T B = \begin{bmatrix} 46416744160.5 & -386090 \\ -386090 & 4 \end{bmatrix}$$

$$(B^T B)^{-1} = \frac{1}{|B^T B|} (B^T B)^* = \frac{1}{46416744160.5 \times 4 - (-386090)^2} \begin{bmatrix} 4 & 386090 \\ 386090 & 46416744160.5 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1.092851727986 \times 10^{-10} & 1.054847809146 \times 10^{-5} \\ 1.054847809146 \times 10^{-5} & 1.268165476583 \end{bmatrix}$$

$$\approx \begin{bmatrix} 1.093 \times 10^{-10} & 1.055 \times 10^{-5} \\ 1.055 \times 10^{-5} & 1.268 \end{bmatrix}$$

(4) 根据 $\hat{U} = (B^T B)^{-1} B^T y$ 求估计值 \hat{a} 和 \hat{u}

$$B^T y = \begin{bmatrix} -39037 & -69649.5 & -110724.5 & -166679 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 27110 \\ 34115 \\ 48035 \\ 63874 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_5 \\ A_6 \end{bmatrix}$$

$$A_5 = (-39037) \times 27110 + (-69649.5) \times 34115 + (-110724.5) \times 48035 + (-166679) \times 63874$$

$$= -19399491566$$

$$A_6 = 27110 + 34115 + 48035 + 63874 = 173134$$

$$故 B^T y = \begin{bmatrix} -19399491566 \\ 173134 \end{bmatrix}$$

由于矩阵乘法满足结合率, 不满足交换律, 故

$$\hat{U} = (B^T B)^{-1} (B^T y) = \begin{bmatrix} 1.093 \times 10^{-10} & 1.055 \times 10^{-5} \\ 1.055 \times 10^{-5} & 1.268 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -19399491566 \\ 173134 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_7 \\ A_8 \end{bmatrix}$$

$$A_7 = 1.093 \times 10^{-10} \times (-19399491566) + 1.055 \times 10^{-5} \times 173134 = -0.29377658 \approx -0.294$$

$$A_8 = 1.055 \times 10^{-5} \times (-19399491566) + 1.268 \times 173134 \approx 14927.450$$

$$故 \hat{U} \approx \begin{bmatrix} -0.294 \\ 14927.450 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{u} \end{bmatrix} 即 \hat{a} \approx -0.294, \hat{u} \approx 14927.450$$

(5) 用时间响应方程 $x^{(1)}(k+1) = [x^{(1)}(1) - \frac{\hat{u}}{\hat{a}}] e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{u}}{\hat{a}}$ 计算拟合值 $\hat{x}^{(1)}(i)$, 再用后减运算还原, 即 $\hat{x}^{(0)}(i) = \hat{x}^{(1)}(i) - \hat{x}^{(1)}(i-1)$ ($i = 2, 3, \dots, N$)

由 $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1) = 25482$. 将 \hat{a}, \hat{u} 代入时间响应方程:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = [25482 - \frac{14927.450}{(-0.294)}] e^{0.294k} + \frac{14927.450}{(-0.294)}$$

$$= 76294.252812358289 e^{0.294k} + 50812.252812358289$$

$$\approx 76294.253 e^{0.294k} + 50812.253$$

由后减运算原理, $\hat{x}^{(0)}(i) = \hat{x}^{(1)}(i) - \hat{x}^{(1)}(i-1)$, ($i = 2, 3, \dots, N$)

$$当 i = k+1 时, k = i-1, \hat{x}^{(1)}(i) = 76294.253 e^{0.294(i-1)} + 50812.253$$

$$当 i-1 = k+1 时, k = i-2, \hat{x}^{(1)}(i-1) = 76294.253 e^{0.294(i-2)} + 50812.253$$

$$则 \hat{x}^{(0)}(i) = \hat{x}^{(1)}(i) - \hat{x}^{(1)}(i-1) = 76294.253 e^{0.294(i-1)} - 76294.253 e^{0.294(i-2)}$$

$$= 14477.42374 e^{0.29377658i} \approx 14477.424 e^{0.294i} \quad (i = 2, 3, 4, 5)$$

3.3 精度检验与预测

为保证预测结果的精确性，需对公司净盈利预测函数 $\hat{x}^{(0)}$ $x^{(0)}(i) = 14477.42374e^{0.29377658i}$ 的计算精度进行检验，如果预测精度等级为好，则可利用上述函数对公司 2019 年度净盈利进行预测，此时预测结果为最佳。如果预测精度等级不为好，则需要利用灰色马尔可夫模型进行矫正。

(1) 根据公式进行精度检验与预测

分别将 $i = 2, 3, 4, 5$ 代入 $\hat{x}^{(0)}(i) = 14477.42374e^{0.29377658i}$ 中，得到： $\hat{x}^{(0)}(2) = 26053.279$ ， $\hat{x}^{(0)}(3) = 34950.061$ ， $\hat{x}^{(0)}(4) = 46884.953$ ， $\hat{x}^{(0)}(5) = 62895.421$

再利用公式 $E(i) = x^{(0)}(i) - \hat{x}^{(0)}(i)$ 求残差；利用 $e(i) = [x^{(0)}(i) - \hat{x}^{(0)}(i)] / \hat{x}^{(0)}(i)$ 求相对残差 ($k = 2, 3, \dots, N$)，结果见表 4 后两列

表 4 残差与相对残差

模型计算值 $\hat{x}^{(0)}(i)$	实际值 $x^{(0)}(i)$	残差 $E(i)$	相对残差 $e(i)$
$\hat{x}^{(0)}(2) = 26053.279$	$x^{(0)}(2) = 27110$	1056.721	3.898%
$\hat{x}^{(0)}(3) = 34950.061$	$x^{(0)}(3) = 34115$	-835.061	2.448%
$\hat{x}^{(0)}(4) = 46884.953$	$x^{(0)}(4) = 48035$	1150.047	2.394%
$\hat{x}^{(0)}(5) = 62895.421$	$x^{(0)}(5) = 63874$	978.579	1.532%

$$x^{(0)} \text{ 的均值: } \bar{X} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x^{(0)}(i) = 39723.2$$

$$x^{(0)} \text{ 的方差: } S_1 = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 [x^{(0)}(i) - \bar{X}]^2} = 14461.699$$

$$\text{残差的均值: } \bar{E} = \frac{1}{5-1} \sum_{i=2}^5 E(i) = 587.572$$

$$\text{残差的方差: } S_2 = \sqrt{\frac{1}{5-1} \sum_{i=2}^5 (E(i) - \bar{E})^2} = 823.597$$

$$\text{后验差比值: } C = \frac{S_2}{S_1} = 0.057$$

现在 $0.6745S_1 = 9754.416$ ，所有 $|E(k) - \bar{E}|$ 都小于 9754.416，故小误差概率： $P = P\{|E(k) - \bar{E}| < 0.6745S_1\} = 1$ 。根据表 1 等级对照表， $P=1 > 0.95$ 且 $C=0.057 < 0.35$ ，表示预测等级为好，由此可知预测方程

$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 76294.252812358289e^{0.294k} + 50812.252812358289$ 可用；且由其后减运算推出的

$\hat{x}^{(0)}(i) = \hat{x}^{(1)}(i) - \hat{x}^{(1)}(i-1) = 14477.42374e^{0.29377658i}$ 可用。

当 $i = 6$ 时， $\hat{x}^{(0)}(6) = 14477.42374e^{0.29377658 \times 6} \approx 84373.210$

综上所述，2019 年公司的净利润预测值为 84373.210 元。

(2) 利用 GM 预测软件进行精度检验与预测

题目：profit analysis

原始数列 (元素共 5 个): 25482, 27110, 34115, 48035, 63874

预测结果如下：

[1] $dx/dt+ax=u$: $a=-0.29377658$, $u=14927.44985331$

[2] 残差: (1)0.00000000 (2)1056.72139518 (3)-835.06052858 (4)1150.04745798 (5)978.57888706

[3] 相对残差: (1)0.00000000 (2)0.03897903 (3)-0.02447781 (4)0.02394186 (5)0.01532046

[4] 原数据均值: 39723.2

[5] 原数据方差: 14461.69878541

[6] 残差的均值: 587.57180291

[7] 残差的方差: 823.59721541

[8] 后验差比值: 0.05695023

[9] 小概率误差: 1.00000000

[10] 模型计算值: (1) 25482.00000000 (2) 26053.27860482 (3) 34950.06052858 (4) 46884.95254202 (5) 62895.42111294

[11] 预测的结果: (1) 84373.21107297 (2) 113185.32606659 (3) 151836.32190697 (4) 203686.02054187 (5) 273241.56989000 (6) 366549.23748487

预测精度等级：好！

下图为净利润预测函数 $\hat{x}^{(0)}(i) = 14477.42374e^{0.29377658i}$ 与实际利润值比较。

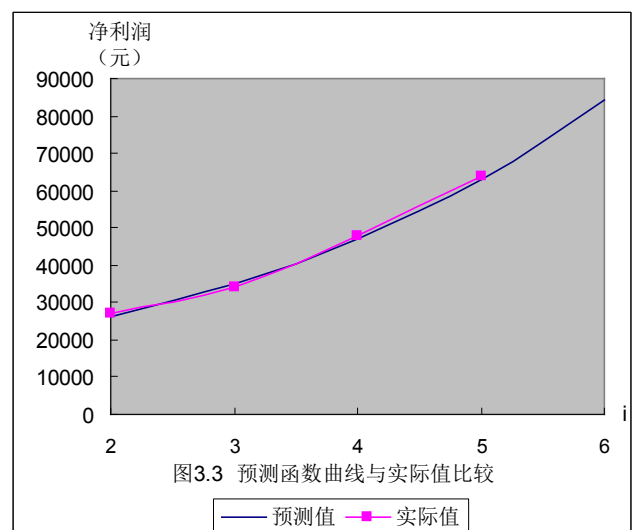


图3.3 预测函数曲线与实际值比较

3.4 灰色关联度分析 (GRA)

通过建立 GM 模型我们得到了公司 2019 年度净利润的预测值,下面将通过 GRA 方法对影响该值大小的影响因素进行分析,并找出与其关联度最大的因素,即对净利润影响最大的因素。选取表 2 中的后三行数据,宣传费、员工数、旅游产品成本进行分析:

(1) 确定分析序列

设公司净利润为参考序列 $X'(t)$, 宣传费、员工数、旅游产品成本分别为比较序列 $X'_1(t)$ 、 $X'_2(t)$ 、 $X'_3(t)$, 具体数据如下表所示:

表 5 公司在 2014 年至 2018 年的综合情况数据

项目 \ 年度	2014	2015	2016	2017	2018
净盈利 (元) $X'_0(t)$	25482	27110	34115	48035	63874
宣传费 (元) $X'_1(t)$	5000	6000	7000	9800	12500
员工数 (人) $X'_2(t)$	6	10	12	15	21
旅游产品成本 (元) $X'_3(t)$	5500	7221	8100	14119	18700

(2) 标准化

以 2014 作为基准, 将表 5 进行标准化 (无量纲化处理 $x(t) = \frac{x'(t)}{x'(1)}$), 则初值化后相应的参考序列与比较序列分别为 $X_0(t)$ 和 $X_i(t)$ 。

表 6 标准化后的数据

项目 \ 年度	2014	2015	2016	2017	2018
净盈利 $X_0(t)$	1	1.064	1.339	1.885	2.507
宣传费 $X_1(t)$	1	1.2	1.4	1.96	2.5
员工数 $X_2(t)$	1	1.667	2	2.5	3.5
旅游产品成本 $X_3(t)$	1	1.313	1.473	2.567	3.4

求出各比较序列与参考序列的对应差, 如表 7

表 7 对应差序列

年份	2014	2015	2016	2017	2018	min(t)	max(t)
$ x_0(t) - x_1(t) $	0	0.136	0.061	0.075	0.007	0	0.136
$ x_0(t) - x_2(t) $	0	0.603	0.661	0.615	0.993	0	0.993
$ x_0(t) - x_3(t) $	0	0.249	0.134	0.682	0.893	0	0.893

故 $\Delta \min = 0$, $\Delta \max = 0.993$

(3) 计算关联系数

$$\varepsilon_i(t) = \frac{\min_i \min_t |x_0(t) - x_i(t)| + \rho \max_i \max_t |x_0(t) - x_i(t)}{|x_0(t) - x_i(t)| + \rho \max_i \max_t |x_0(t) - x_i(t)|}$$

取 $\rho = 0.5$; 并将 $\Delta \min$, $\Delta \max$ 代入该方程

$$\text{得: } \varepsilon_i(t) = \frac{0 + 0.5 \times 0.993}{|x_0(t) - x_i(t)| + 0.5 \times 0.993}$$

表 8 宣传费、员工数、旅游产品成本的关联系数

年份	2014	2015	2016	2017	2018
$\varepsilon_1(t)$	1	0.785	0.891	0.869	0.986
$\varepsilon_2(t)$	1	0.452	0.429	0.447	0.333
$\varepsilon_3(t)$	1	0.666	0.787	0.421	0.357

(4) 计算关联度

$$\gamma[0,1] = \frac{1}{5} \sum_{t=2014}^{2018} \varepsilon_1(t) = \frac{1}{5} [1 + 0.785 + 0.891 + 0.869 + 0.986] = 0.9062$$

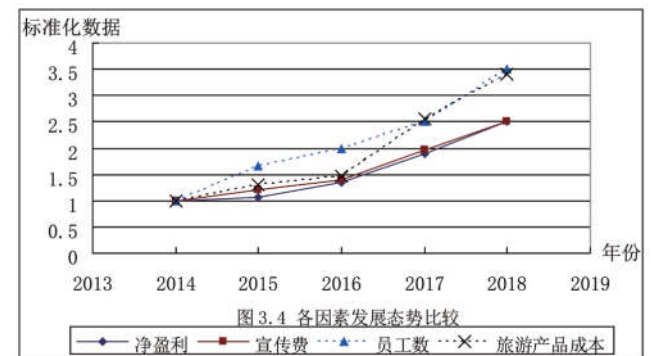
$$\gamma[0,2] = \frac{1}{5} \sum_{t=2014}^{2018} \varepsilon_2(t) = \frac{1}{5} [1 + 0.452 + 0.429 + 0.447 + 0.333] = 0.5322$$

$$\gamma[0,3] = \frac{1}{5} \sum_{t=2014}^{2018} \varepsilon_3(t) = \frac{1}{5} [1 + 0.666 + 0.787 + 0.421 + 0.357] = 0.6462$$

(2014, 2015, ..., 2018, n=5)

(5) 关联度排序

$\gamma[0,1] > \gamma[0,3] > \gamma[0,2]$, 说明参考序列 $X_0(t)$ 与比较序列 $X_1(t)$ 更相似, 即 $\gamma[\text{净盈利, 宣传}] > \gamma[\text{净盈利, 旅游产品成本}] > \gamma[\text{净盈利, 员工数}]$, 说明投资在宣传方面的规模大小直接影响公司净盈利, 二者关联度最大; 旅游产品成本对净盈利的影响比宣传小比人力资源大, 人力资源的壮大对净盈利的影响最小。



4 结语

对于公司管理者而言, 公司运营中往往存在诸多未知信息, 在灰箱中操作往往难度较大, 存在利润预测偏差大、公司结构分配不合理、投资无方向、决策难等问题, 因而本文选择将公司运营系统视为灰色系统来预测净利润并对其影响因素进行灰色关联度分析, 通过利用灰色系统中的已知信息建模并经过运算得出未知信息的方法进行研究。

灰色预测模型(GM(1,1)模型)可以对时间序列短、统计数据少、信息不完全系统进行分析与建模,建模精度高。只需列出反映预测对象特征的时间序列来构造灰色预测模型,预测未来某一时刻的特征量,由于建模精度高,加之利用GM预测软件进行精度检验,其预测值与实际值偏差小,进而解决了公司运营中利润预测偏差大的问题。而灰色关联度分析(GRA)作为一种关联度分析方法,能够使公司管理者更清晰地找出公司运营中直接影响收益的因素,并通过对该影响因素进行调整来提高利润。

在公司运营中遇到未知信息多且直接影响决策时,我们建议管理者首先利用灰色预测模型对收益(净利润)进行预测,以评估公司收益潜力及可支配资金;再将公司运营过程中可能对净利润产生影响的因素进行数据整理,利用灰色关

联度分析理论研究净利润与公司运营中哪个因素关联度最大,及时调整以获得更大利润,可更好地进行公司资金周转,从而在整体上更好地把握公司在下一年度的投资方向。

由于本文不仅利用灰色预测模型(GM(1,1)模型)对该公司净利润进行精确预测,还利用灰色关联度分析法(GRA)为管理者提供了可以直接提高净利润的决策方向,因而具备一定的实际价值。

参考文献

- [1] 焦宝聪,陈兰平.运筹学的思想方法及应用[M].北京大学出版社,2008,185-188.
- [2] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].华中科技大学出版社,2005.
- [3] 刘爱芹.山东省科技收入与工业经济增长的灰色关联度分析[J].科技管理研究,2008,01,109.