

灰色模型揭示高等学府研发经费的未来趋势

刘锦蔚

盐城师范学院商学院, 江苏 盐城

收稿日期: 2024年5月31日; 录用日期: 2024年6月20日; 发布日期: 2024年6月29日

摘要

高等学府研发经费的投入是一个国家经济发展的根本。其重要性不仅在于人才的发展, 也在于形成国家的社会文化环境。本文选取我国2004~2021年18年的国家高等学府研发经费投入的数据, 运用灰色模型预测理论, 建立我国高等学府研发经费投入的灰色GM (1, 1)预测模型, 对我国未来的高等学府研发经费投入进行预测。结果表明, GM (1, 1)灰色预测模型有很好的预测精度和效果; 同时, 在灰色预测模型的框架下, 高等学府的研发经费在未来几年内预计将会持续增长, 显示出一种稳定积极的趋势, 这表明高等学府研发经费的投入不仅对人才培养至关重要, 也在塑造国家的社会文化环境方面具有重要作用。

关键词

高等学府研发经费, 灰色预测, GM (1, 1)模型

The Gray Model Reveals the Future Trend of Research and Development Funding of Universities

Jinwei Liu

School of Business, Yancheng Normal University, Yancheng Jiangsu

Received: May 31st, 2024; accepted: Jun. 20th, 2024; published: Jun. 29th, 2024

Abstract

The investment of research and development funds in institutions of higher learning is fundamental to a country's economic development. Its importance lies not only in the development of talents, but also in the formation of the social and cultural environment of the country. This paper selects the data of R & D expenditure of China's national institutions of higher learning from 2004 to 2021, and uses the gray model prediction theory to establish a gray GM (1, 1) prediction model of R & D ex-

文章引用: 刘锦蔚. 灰色模型揭示高等学府研发经费的未来趋势[J]. 统计学与应用, 2024, 13(3): 808-814.

DOI: 10.12677/sa.2024.133082

penditure of China's institutions of higher learning, so as to predict the future R & D expenditure of China's institutions of higher learning. The results show that the GM (1, 1) gray prediction model has good prediction accuracy and effect. At the same time, under the framework of the gray prediction model, the R&D expenditure of institutions of higher learning is expected to continue to increase in the next few years, showing a stable and positive trend, which indicates that the investment of R&D expenditure of institutions of higher learning is not only crucial for talent training, but also plays an important role in shaping the social and cultural environment of the country.

Keywords

Research and Development Expenditure of Institutions of Higher Learning, Grey Prediction, GM (1, 1) Model

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

国家对高等学府研发经费的投入资金可以反映出—个国家对教育的重视程度，是衡量其科研实力的重要指标。随着社会经济的发展，教育在国民生活中占了很重的地位。高等学府作为科技创新的重要基地，其研发经费的投入对于推动科技进步和人才培养具有重要意义。高等学府研发经费的投入可以提升全体国民的文化教育水平，提升国民的素质，促进国家的繁荣发展。高等学府研发经费的预测对国家有举足轻重的地位。高等学府研发经费投入预测是指以国家前些年的资金投入的数据为依据进行分析，对国家未来高等学府教育资金的投入流量变动情况进行预测。国家高等学府教育资金预测可以了解国家对教育的投资情况，更好的了解国家高等学府教育事业的发展，并且通过这些的数据的分析，可以让国家更好的了解自己的资金流量投入，为未来的资金投入做好规划，找出最佳投入方案避免投入过多或投入过少。高等学府教育资金的预测可以帮助国家制定合理的资金投入的预算计划，提高资金的利用效率，保证活动顺利的进行，对国家经济的稳定发展做出重要的贡献。

目前，对高等学府研发经费的预测已经有许多的学者做了相关的研究。杨正亚等[1]采用灰色预测建模方法，引入 GM (1, 1)模型对江苏高校科技教育经费的发展趋势进行预测，取得了很好的预测的效果。周瑞琼[2]用假设性思维，将定性方法与定量方法相结合，为研发经费的预测进行具体核查指明了方向。董奋义[3]等用灰色关联分析对 6 项高校科技投入指标和未来 5 年高校科技活动的趋势预测分析。李欣[4]通过结合建立教育经费投入模型与借助 SPSS 软件，对地方高校的教育经费数据进行实证分析。米红[5]等 SPSS 软件建立了三者的线性预测模型，通过检验，对未来十年我国教育经费的投入量作了预测。郎益夫[6]等采用神经网络处理非线性系统，对中国高等教育的投资规模进行了预测，得到了中国高等教育投资规模预测模型。李维杰[7]等运用了灰色模型及线性回归模型对科技经费投入进行预测，应用证明其具有较高实用价值。梁燕[8]等采用多因素统计分析方法、经济计量学、投入产出分析法等方法，对高校科技投入效果进行分析与预测。商可心[9]等在多元回归模型、Holt-winter 非季节指数平滑模型、分段线性模型三种单项的预测模型的基础之上，使用广义诱导有序加权平均(GIO-WA)组合预测模型预测我国教育经费投入，并得到 λ 取不同值时组合预测模型的预测误差远小于各单项的预测模型误差，当预测精度达到 99.2%，均大于各单项预测精度。胡瑞文[10]等运用国际比较和生均经费指数的测算的方法，对我国全社会教育总投入和各级教育经费进行研究和预测。

从以上的文献可得到,对高等学府教育研发经费的预测主要包括灰色 GM (1,1)模型理论、灰色关联分析、线性预测模型、神经网络处理非线性系统模型、线性回归模型、多元回归模型等。灰色 GM (1, 1)模型被广泛应用于教育领域,特别是教育资金的预测[11] [12] [13]。中国学者邓聚龙首先提出灰色系统理论,该理论可以在数据量少、信息不完全的情况下进行预测。岳昌君等[14]结合供给和需求的两个维度,采用统计和计量回归的方法,对 2021~2035 年我国高等教育经费进行了预测,并得出建议我国财政性教育经费占 GDP 比例的适宜目标为:2025 年为 4.4%;2030 年为 4.5%;2035 年为 4.6%。戴成兰[15]建立二元线性的回归模型,运用 SPSS 处理,对江苏省近十年来的教育经费投入状况的实证分析,得到了教育经费投入的线性预测模型。

基于上述研究,本文拟采用灰色预测模型 GM (1, 1)作为建模方法,选取我国 2012~2021 年高等学府研发经费的投入数据作为研究对象,对国家教育资金的投入进行分类预测与比较,探索其未来趋势,不仅有助于深入了解高等学府研发经费的变动规律,为优化资源配置提供科学依据,还有助于推动科技创新和学术研究的持续发展,为提升国家整体科技水平和国际竞争力贡献力量,为相关决策者和研究人员提供有价值的参考信息。

2. 灰色 GM (1, 1)模型

灰色 GM (1, 1)模型是一种基于灰色系统理论的预测模型,其中“GM”代表灰色模型,“1, 1”表示模型的阶数和变量的个数。该模型通过一次累加生成处理原始数据,将原始数据转化为规律性较强的递增数列,然后建立微分方程形式的预测模型。

2.1. 生成累加数据

k 表示时刻, $X(k) = X_k$ 表示 $t = k$ 刻某量的观测值,不妨设 $X_{k1} < X_{k+1}$, 将原始数据列记成 $X^{(0)}$

$$X^{(0)} = \{X_1^{(0)}, X_2^{(0)}, \dots, X_n^{(0)}\} \quad (1)$$

设生成累加数据列为 $X^{(1)}$

$$X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

2.2. 累加后的数据表达式

原始数据是单调递增的,则累加后的数据可以看作强烈单调递增。强烈单调递增数据可近似为指数,可以用指数曲线进行拟合。指数曲线是某一个阶线性常系数的微分方程。可以写出下列表达式:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + MX^{(1)} = Z \quad (3)$$

解微分方程可以得到:

$$X^{(1)} = \left(X^{(0)}(1) - \frac{Z}{M} \right) e^{-Mt} + \frac{Z}{M} \quad (4)$$

方程式中只 M , Z 是未知的参数,只有求解出了未知的参数,累加序列的表达式与时间的表达式才可以得到,原序列自然也可以得到了。

即引入时间序列 k 为:

$$X^{(1)}(k) = \left(X^{(0)}(1) - \frac{Z}{M} \right) e^{-Mt(k-1)} + \frac{Z}{M} \quad (5)$$

原始序列为:

$$\hat{X}^{(1)}(k) = \hat{X}^{(1)}(k) - \hat{X}^{(1)}(k-1) \quad (6)$$

2.3. 求解未知参数

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} \approx X^{(1)}(k+1) - X^{(1)}(k) \quad (7)$$

注意到一次累加生成数 $X^{(1)}(t)$ 在时刻 $t = k+1$ 与 $t = k$ 时的差为:

$$X^{(1)}(k+1) - X^{(1)}(k) = X^{(0)}(k+1) \quad (8)$$

而 $\frac{dX^{(1)}}{dt}$ 是 t 在 $[k, k+1]$ 上的某一点取值, 既然是近似值, 直接将值取在点 $k+1$ 即

为原微分方程:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + MX^{(1)} = Z \quad (9)$$

可近似化为:

$$\begin{aligned} X^{(0)}(k+1) - MX^{(1)}(t) &\approx Z \\ (k \leq t \leq k+1) \end{aligned} \quad (10)$$

注意到函数 $X^{(1)}(t)$ 在区间 $[k, k+1]$ 之间的取值, 以中值近似时有:

$$X^{(1)}(t) \approx \frac{1}{2}(X^{(1)}(k) + X^{(1)}(k+1)) \quad (11)$$

原来的微分方程式可以转化为线性的方程式

$$Y = MX + Z \quad (12)$$

$$X^{(0)}(k+1) = \frac{1}{2}(X^{(1)}(k-1) + X^{(1)}(k))M + Z \quad (13)$$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix} Y = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (14)$$

按最小二乘法求出系数:

$$\begin{bmatrix} M \\ Z \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} \cdot B^T \cdot Y \quad (15)$$

3. 模型的检验

模型误差的检验是衡量其可行性和有效性的重要指标。为了检查模型的正确性, 本文主要计算相对误差, 误差百分比, 外推平均相对误差(MRE)和平均误差百分比(MRE)。计算公式如下:

$$MRE = \frac{1}{N} \sum \frac{|X - Y|}{Y} \quad (16)$$

$$MPE = \frac{1}{N} \sum \left(\frac{|X - Y|}{Y} \right) * 100\%$$

(17)

X 是指是指实际观测值, Y 是指真实值, N 指样本数量。 MRE , MPE 越小, 预测的效果更准。

4. 高等学府研发经费预测分析

本文为了充分验证 GM (1, 1)模型的准确性和有效性, 本文对高等学府研发经费进行建模预测分析。数据摘自 2012~2021 的《中国统计年鉴》中《教育经费》的国家教育经费投入, 根据 2012 年~2021 年共 10 年教育经费投入进行建模分析, 对 2022 年到 2028 年共 7 年的教育经费投入进行预测。其中 2012 年~2021 年的教育经费投入数据见下表 1:

Table 1. Total expenditure on education from 2012 to 2021 (unit: ten thousand yuan)

表 1. 2012~2021 年的教育经费投入总额(单位: 万元)

年份	实际值	GM (1, 1)	相对误差	误差百分比
2012	286553052	286553052	-	-
2013	303647182	306496740.6	0.0094	0.94%
2014	328064609	331984315.4	0.0119	1.19%
2015	361291927	359591379.2	0.0047	0.47%
2016	388883850	389494183.9	0.0016	0.16%
2017	425620069	421883638.1	0.0088	0.88%
2018	461429980	456966525.9	0.0097	0.97%
2019	501781166	494966827.3	0.0136	1.36%
2020	530338681	536127147.6	0.0109	1.09%
2021	578736693	580710267	0.0034	0.34%
平均误差			0.0082	0.82%

基于上述表 1 的数据, 本文建立了 GM (1, 1)模型, 并对比各个年份的教育经费投入。通过 Excel 表计算出 GM (1, 1)模型中 $M = -0.079881$, $Z = 271528097.44341$, 进而求得 GM (1, 1)模型的时间序列方程为:

$$X^{(1)}(k) = 3731903863.361e^{0.7988(k-1)} - 3399157464.771 \quad k = 1, 2, \dots, n$$

(18)

根据 GM (1, 1)时间序列方程, 对 2012 年到 2021 年的教育资金投入总额进行建模拟合, 同时对 2022 年到 2028 年的教育资金投入总额进行预测。将 2012 年到 2021 年模型拟合结果可得到表 2, 2022 年到 2028 年的预测效果得到如下图 2。

Table 2. Comparison of model fitting results from 2012 to 2021 (unit: ten thousand yuan)

表 2. 2012 年到 2021 年模型拟合结果对比情况(单位: 万元)

年份	实际值	GM (1, 1)	相对误差	误差百分比
2012	286553052	286553052	-	-
2013	303647182	306496740.6	0.0094	0.94%
2014	328064609	331984315.4	0.0119	1.19%
2015	361291927	359591379.2	0.0047	0.47%
2016	388883850	389494183.9	0.0016	0.16%
2017	425620069	421883638.1	0.0088	0.88%
2018	461429980	456966525.9	0.0097	0.97%
2019	501781166	494966827.3	0.0136	1.36%
2020	530338681	536127147.6	0.0109	1.09%
2021	578736693	580710267	0.0034	0.34%
平均误差			0.0082	0.82%

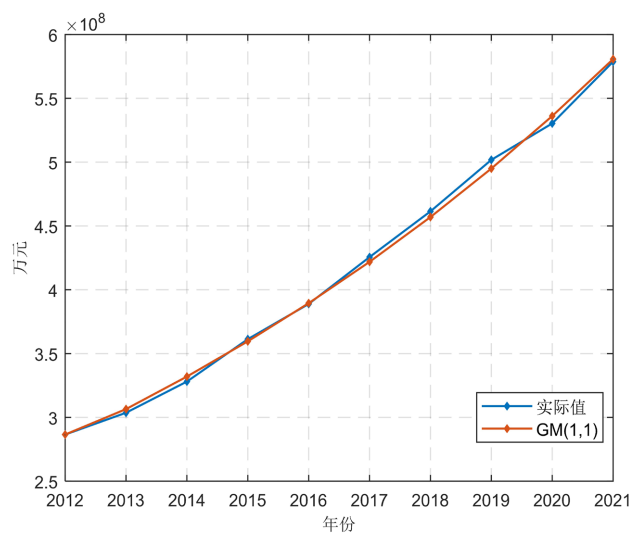


Figure 1. Forecast effects for different years

图 1. 不同年份的预测效果

根据表 2 可知,我国从 2012 年以来,国家对高等学府研发经费的投入一直保持持续增长的趋势。同时,灰色 GM (1, 1)模型的教育基金投入预测的精确度很高,平均相对误差只有 0.82%, 非常适合预测我国未来几年的教育基金投入,为我国未来几年教育资金分配提供依据。

Table 3. Forecast for 2022 to 2028 (unit: 10,000 yuan)

表 3. 2022 年到 2028 年的预测情况(单位: 万元)

年份	2022	2023	2024	2025
教育经费	629000817.6	681307101	737963056.5	799330392.9
年份	2026	2027	2028	
教育经费	865800898	937798939.8	1015784176	

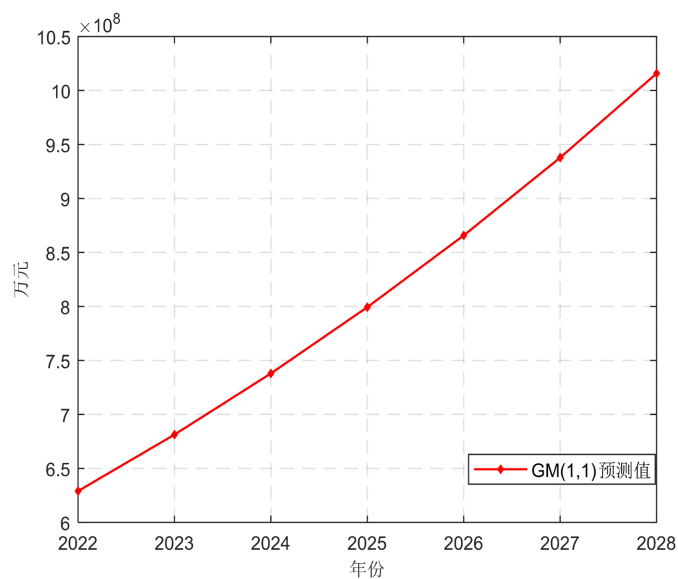


Figure 2. Projected expenditure on education

图 2. 教育经费预测图

根据上述表 3, 通过对教育资金投入预测数据的分析, 我们可以预测在 2028 年时, 我们的教育基金将会突破十亿元, 并且随着未来国民经济的不断发展和教育的日益重要性, 国家对高等高等学府研发经费的投入将继续保持增长趋势, 这一趋势与当前的政策环境、经济状况以及科研实力等因素密切相关。随着国家对科技创新的不断投入和支持, 高等学府的研发经费有望持续增长, 因此对教育基金的投入将会成为国家的未来发展趋势。

5. 结语

本文利用灰色预测模型对我国高等学府研发经费进行了深入分析和预测。通过应用 GM (1, 1)模型, 成功地揭示了 2022 年至 2028 年期间教育经费投入的未来趋势, 并证明了我国高等学府研发经费将持续增长的趋势。更为重要的是, 在文中的分析表明, 灰色预测模型的应用大大降低了预测误差, 其平均相对误差仅为 0.82%, 这证实了灰色 GM (1, 1)模型在提高预测准确性和有效性方面的优越性。因此, 可以相信这一研究为我国教育经费投入提供了可靠的理论指导, 为未来的政策制定和决策提供了有力支持。

参考文献

- [1] 杨正亚, 万颖, 崔杰, 等. 高校科技经费投入趋势预测与比较研究[J]. 价值工程, 2014(26): 249-250, 251.
- [2] 周瑞琼. 假设性思维在高校科研经费核查中的应用——以 A 学院科研经费核查为例[J]. 江苏科技信息, 2017(8): 22-27.
- [3] 董奋义, 刘斌. 高校科技产出与投入的灰色关联分析和趋势预测[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2010, 35(1): 113-118.
- [4] 李欣. 后 4%时代我国地方高校教育经费投入状况实证研究与预测[J]. 教育财会研究, 2014, 25(5): 19-25.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-5827.2014.05.004>
- [5] 米红, 郭书君. 未来十年我国高等教育经费投入状况的理论分析与实证研究[J]. 教育与经济, 2005(1): 30-34.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-4870.2005.01.008>
- [6] 郎益夫, 戴天虹. 基于神经网络的中国高等教育投资供给规模预测[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2006, 27(4): 625-628.
- [7] 李维杰, 徐明德. 科技经费投入预测与灰色 GM(1, 1)模型[J]. 齐齐哈尔师范学院学报(自然科学版), 1996(3): 16-18+22.
- [8] 梁燕, 蔡琳, 王海兰, 等. 我国高校科技投入管理效益分析及对策研究[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2003, 30(z1): 361-364.
- [9] 商可心, 刘德志, 杨桂元. 基于 GIOWA 算子的“十四五”时期教育经费投入预测[J]. 平顶山学院学报, 2022, 37(2): 83-94.
- [10] 胡瑞文, 王红. 2020 年我国教育经费投入强度需求预测及实施方案构想[J]. 教育发展研究, 2010, 30(1): 1-7.
- [11] 徐翌. 江西省教育经费的财政投入分析与需求预测[J]. 商业文化(上半月), 2011(9): 304-305.
- [12] 张凤. 宁夏财政教育支出影响因素及预测研究[D]: [硕士学位论文]. 银川: 宁夏医科大学, 2019.
- [13] 张欣艳, 王振辉. 基于灰色预测的未来我国普通高等教育经费来源结构分析[J]. 教育与考试, 2007(2): 67-70.
- [14] 岳昌君, 邱文琪. 面向 2035 的我国高等教育规模、结构与教育经费预测[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2021, 39(6): 1-16.
- [15] 戴成兰. 江苏省高等教育经费投入状况分析与实证研究[J]. 淮阴工学院学报, 2006, 15(4): 73-76.