

# 基于灰色理论的养老产业人才需求预测分析

## ——以南京地区为例

王艳秋<sup>1</sup> 王港<sup>2</sup> 王佳<sup>11</sup>

(1. 南京航空航天大学金城学院, 江苏 南京 211156;

2. 江苏经贸职业技术学院, 江苏 南京 210007)

**【摘要】:** 养老人才是推动养老机构建设发展的关键要素, 亦是养老产业发展的根本保障, 对养老人才需求进行准确预测, 有利于养老机构在发展路径选择、结构优化、规模设置等方面精准施策, 从而推动养老产业合理、有序、健康发展。本文基于 2015-2020 年南京市养老产业从业人员的数量, 运用灰色理论建立 GM(1, 1)模型, 对该地区未来 5 年养老产业人才需求量进行预测, 旨在为养老人才培养和养老机构发展提供参考。

**【关键词】:** 灰色预测 养老 人才需求

**【中图分类号】:** F24 **【文献标识码】:** A

### 0 引言

我国在 2019 年 11 月发布的《国家积极应对人口老龄化中长期规划》中对养老机构的发展进行了定位。一方面, 要强化公办养老机构保障作用; 另一方面, 要大力发展民办养老机构, 逐步形成以社会力量为主体的养老服务格局。养老产业也随后逐步进入加速发展期, 养老机构人才的规模逐步增长, 且随着养老产业发展的体系化, 养老机构对人才的需求也随着养老需求的不变化呈现了多样化、专业化、职业化的需求。因此对养老从业人员进行准确的预测, 有利于养老企业合理配置人才资源, 更好地适应养老需求的变化, 以提供更加优质的服务, 从而推动养老产业走向健康优质发展的未来。南京在全国属于经济及文化程度相对发达地区, 也是对外开放程度较高地区, 从区域上看, 研究该地区养老问题具有一定的代表性, 因此本文选择南京地区作为研究对象。

### 1 文献综述

关于对人才需求的预测, 专家学者开展的研究较早, 运用的模型与方法也较多, 主要使用的包括灰色理论预测模型, 多元回归分析法等。阳立高, 贺正楚, 韩峰(2013)通过对 119 家湖南代表性战略性新兴产业骨干企业的人才需求情况进行调研与统计, 构建了湖南省战略性新兴产业人才需求总量预测 GM(1, 1)模型, 对 2012-2017 年人才需求总量进行预测, 并进行了精度检验得出结论可以运用该模型进行预测。朱颖芝(2014)选取了我国各战略性新兴产业上市公司为研究样本, 运用灰色系统的方法对 2013-2020 年相关产业上市公司的人才需求数量进行了预测, 并对模型进行了精度检验, 认为该模型可以用于中长期预测。石超

**作者简介:** 王艳秋 (1981-), 女, 江苏靖江人, 硕士, 南京航空航天大学金城学院副教授, 研究方向: 区域经济。

**基金项目:** 2019 年江苏省教育厅高校哲学社会科学项目“区域辐射式养老体系构建研究”(2019SJA2049)

(2014)选取的数据为2004-2009年的东盟自由贸易区从业人员数量为原始数据,分别运用GM(1,1)模型与多元回归分析对东盟人才需求的数量进行预测分析,并对不同的计量方法得出的预测结果进行对比,研究认为多元回归分析法的预测结果基本处于平稳的线性增长趋势,波动很小,而灰色预测结果则出现了较大的波动,最后得出结论这两种方法在针对人才需求的预测方面都可以有效的运用,只是需要根据具体的情况采用针对性的具体方法。江楠(2019)以2014-2018年芜湖市南陵县农村物流人才数量作为原始数列,运用GM(1,1)模型对该地区2019-2023年的农村物流人才需求量进行预测,同时对该模型进行了精度检验与误差分析,得出结论该模型适合中长期人才需求预测。

## 2 灰色理论建模原理

运用灰色理论进行预测就是将原来比较离散的数据序列通过生成数的处理,降低随机因素的影响,能够从生成数序列中寻找出系统的变化规律,从而建立相应的灰色预测模型,在养老人才需求预测的过程中,由于人才需求受到较多不确定性因素影响,而要规避这些不确定性因素,实现对其未来人才需求准确的定量预测,灰色理论中的是一阶一元灰色预测模型即GM(1,1)能做出较准确的判断。建模基本原理为:

(1) 设原始的序列  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ , 其中  $x^{(0)}(k) \geq 0, k=1, 2, \dots, n$ 。

(2) 对原始的序列  $x^{(0)}$  作 1-AGO, 得  $x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$ 。

(3) 对  $x^{(0)}$  作准光滑性检验:  $\rho(k) = \frac{x^{(0)}(k)}{x^{(1)}(k+1)}$  若  $\rho(k) < 0.5$ , 则满足准光滑; 对  $x^{(1)}$  作准指数规律检验:  $\sigma^1(k) = \frac{x^{(1)}(k)}{x^{(1)}(k-1)}$  若对  $k$  有  $\sigma^1(k) \in [1, 1.5]$ , 则满足准指数规律检验。当两个条件都满足, 则可以建立 GM(1,1) 模型。

(4) 对  $x^{(1)}$  作紧邻均值生成值得:  $z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n))$ , 其中  $z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1))$ 。

(5) 确定灰色模型发展系数  $a$  和灰色作用量  $b$ , 参数向量  $\hat{a} = [a, b]^T$  可以运用最小二乘法估计  $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ , 其中:

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

(6) 通过以上步骤, 有白化微分方程  $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$ , 即可得到预测模型:

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

(7) 通过预测模型计算出预测值, 将预测值与原始值比对进行误差检验。

### 3 养老人才需求预测实证分析

根据 2015-2020 年南京市养老从业人员数量表 1 所示(包括养老机构及居家养老从业人员),建立灰色模型得出预测结果。

表 1 2015-2020 年南京市养老从业人员数量

| 年份   | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020  |
|------|------|------|------|------|------|-------|
| 人员数量 | 7245 | 7964 | 8321 | 9203 | 9908 | 10382 |

第一步: 将 2015-2020 年的南京市养老从业人员数量作为初始化建模原始序列,  $x^0=(7245, 7946, 8321, 9203, 9908, 10382)$ 。

第二步: 对原始序列  $x^0$  进行累加生成,  $x^1=(7245, 15191, 23512, 32715, 42623, 53005)$ 。

第三步: 对  $x^0$  准光滑性检验, 由  $\rho(k) = \frac{x^0(k)}{x^1(k+1)}$ , 得  $\rho(2)=1.096756$ ;  $\rho(3)=0.547759$ ;  $\rho(4)=0.391417$ ;

$\rho(5)=0.302858$ ;  $\rho(6)=0.243577$ , 当  $K>4$  时通过准光滑检验; 对  $x^1$  准指数规律检验, 由  $\sigma^1(k) = \frac{x^1(k)}{x^1(k-1)}$ , 得  $\sigma^1(2)=2.096756$ ;  $\sigma^1(3)=1.547759$ ;  $\sigma^1(4)=1.391417$ ;  $\sigma^1(5)=1.302858$ ;  $\sigma^1(6)=1.243577$ , 当  $K>4$  时满足  $\sigma^1(k) \in [1, 1.5]$ , 通过准指数检验; 通过两项检验则可以建立 GM(1, 1)模型。

第四步: 对  $X(1)$  作紧邻均值生成值得:

$$z^{(1)}=(11218, 19351.5, 28113.5, 37669, 47814)$$

第五步: 确定灰色模型发展系数  $a$  和灰色作用量  $b$ , 由紧邻均值可得:

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ x^{(0)}(5) \\ x^{(0)}(6) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7946 \\ 8321 \\ 9203 \\ 9908 \\ 10382 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ -z^{(1)}(5) & 1 \\ -z^{(1)}(6) & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -11218 & 1 \\ -19351.5 & 1 \\ -28113.5 & 1 \\ -37669 & 1 \\ -47814 & 1 \end{bmatrix}$$

对参数运用最小二乘法进行估计, 得  $a=-0.070$ ,  $b=7120.662$ 。

第六步：通过白化微分方程  $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$ , 将 a, b 值代入求解微分方程，建立预测模型：

$$x^{(1)}(k) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} = 108968.7e^{0.070(k-1)} - 101723.7$$

第七步：模型精度检验及误差分析。

在均值 GM(1, 1) 模型中，参数 -a 为发展系数，反映了一次累加生成数列及原始数列的发展趋势，当 -a ≤ 0.3 时可以适用中长期预测，本文中 -a = 0.070 ≤ 0.3 符合中长期预测条件。根据灰色理论对模型误差检验时，当 Δ<sub>k</sub> = 5% 则通过检验，本文通过灰色预测系统 7.0 计算得出表 2 中平均模拟相对误差为 1.182% < 5%，估计值在允许的误差范围内，表示预测结果具有一定的精准度，可以运用该模型进行预测。

表 2 误差检验表

| 序号       | 实际数据  | 模拟数据      | 残差       | 相对模拟误差 |
|----------|-------|-----------|----------|--------|
| 2        | 7946  | 7906.318  | 39.682   | 0.499% |
| 3        | 8321  | 8483.418  | -162.418 | 1.952% |
| 4        | 9203  | 9102.643  | 100.357  | 1.090% |
| 5        | 9908  | 9767.067  | 140.933  | 1.422% |
| 6        | 10382 | 10479.988 | -97.988  | 0.944% |
| 平均模拟相对误差 |       |           |          | 1.182% |

第八步：根据预测模型计算近五年的养老人才需求量，如表 3 所示。

表 3 南京市养老从业人员数量预测值

| 年份       | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 预测需求量(人) | 11244 | 12065 | 12946 | 13891 | 14905 |

4 结论

本文基于 2015-2020 年南京市养老产业从业人员历史数据，运用 GM(1, 1) 模型对南京市养老产业从业人员进行预测，预测从业人员 2021 年达到 11244 人，2022 年 12065 人，2023 年 12946 人，2024 年 13891 人，2025 年 14905 人。从预测结果来看，未来五年南京市养老产业从业人员数量呈现不断上升趋势。但根据统计部门数据，截至 2019 年底，南京市 60 岁以上老龄人口达 147 万，占总人口 21%，老龄人口数量以平均每年 5 万以上递增，其中 80 岁以上人口 22.3 万，占总人口 3.2%。老龄人口养老的

---

服务需求量与养老产业从业人员的供给量之间差距巨大矛盾突出，需要社会、政府以及人才培养机构的共同努力，才能更好解决养老产业发展面临的人才需求。

**参考文献:**

[1]江楠. 芜湖市南陵县农村物流人才需求预测——基于灰色 GM(1, 1)模型[J]. 现代商业, 2019, (9):61-63.

[2]朱颖芝. 基于灰色理论的我国战略性新兴产业人才需求预测研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.

[3]石超. 基于灰色关联和多元回归分析法的东盟自由贸易区人才需求预测研究——兼议云南省应对措施[D]. 昆明: 云南师范大学, 2014.

[4]阳立高, 贺正楚, 韩峰, 等. 湖南省战略性新兴产业人才需求预测及对策[J]. 中国科技论坛, 2013, (11):85-91.