

# 2022—2026年佛山市养老机构床位需求数量预测

吴沛权 陈丽琳 梁梓翎 陈佩琳 陈紫婷

佛山科学技术学院

DOI:10.12238/ej.v6i2.1098

**[摘要]** 从人口、经济及政策三个方面选取对佛山市老龄人口数量和养老机构床位数有影响的因子,基于佛山市统计年鉴的数据,运用灰色预测模型,预测2022—2026年的佛山市老龄人口数量与户籍总人口数量,然后运用BP神经网络模型,预测2022—2026年的佛山市人均GDP、养老保险基金总收入与居民消费水平,最后基于前面预测的结果,运用多元回归模型,预测2022—2026年佛山市老龄人对养老机构床位的需求数量,以期为佛山市的养老机构床位规划提供参考数据。

**[关键词]** 灰色预测模型; BP神经网络; 多元回归模型; 佛山市

**中图分类号:** F224.33 **文献标识码:** A

## Prediction of the Demand for Beds in Elderly Care Institutions in Foshan City from 2022 to 2026

Peiquan Wu Lilin Chen Ziyin Liang Peilin Chen Ziting Chen

Foshan University

**[Abstract]** This paper selects the factors that have an impact on the number of elderly population and the number of beds in elderly care institutions in Foshan from three aspects of population, economy and policy. Based on the data of Foshan Statistical Yearbook, this paper uses the grey prediction model to predict the number of elderly population and the total population with registered residence in Foshan from 2022 to 2026, and then uses the BP neural network model to predict the per capita GDP, the total income of pension funds and the level of residents' consumption in Foshan from 2022 to 2026. Finally, based on the results of the previous prediction, a multiple regression model is used to predict the demand for elderly care institution beds in Foshan City from 2022 to 2026, in order to provide reference data for the planning of elderly care institution beds in Foshan City.

**[Key words]** grey forecast model; BP neural network; multiple regression model; Foshan City

### 引言

佛山市统计局发布的《佛山市第七次全国人口普查主要数据解读》指出,佛山即将进入中度老龄化阶段,且从年龄结构变化上看,佛山的老龄化将快速推进。随着老龄化的深入发展,老年人的养老需求不断增加,机构养老发挥着越来越重要的作用。但目前佛山市养老机构的床位供给水平较低,现有的机构养老服务床位数量仍不能满足老年人的需求。因此,本文决定预测未来五年佛山市老年人对养老机构床位的需求数量,为养老床位规划提供数据基础。

### 1 文献综述

随着人口老龄化的深入发展,我国机构养老的需求量越来越大,国内外学者关于机构养老的研究也逐渐增多。张文娟、魏蒙认为社会经济状况、个人基本状况、家庭状况和健康状况是影响老年人机构养老需求的重要因素。Adrian

Turrell等针对英国养老机构的护理服务进行了调查研究,认为英国老龄人口的增加导致机构养老的需求增加。朱赫龙等根据2004—2011年烟台市60岁以上老龄人口相关数据,建立灰色系统GM(1,1)测模型,预测烟台市未来9年老龄人口数量及老龄人口比例。凌茹、刘家望利用14项影响床位数量的指标构建了多元回归预测模型,发现该预测模型解释性和拟合程度好,适合中短期的预测。

### 2 模型的构建

#### 2.1 构建指标体系

立足现有关于养老床位需求预测的研究,本文归纳了各项影响养老机构床位需求数量的指标,如图1所示。

#### 2.2 建立预测模型

基于灰色预测模型的人口因素预测。灰色预测模型是通过对不完全、数量少的原始数据进行分析处理,从而得出变化规律

并对未来短期进行预测的一种预测方法。建立灰色预测模型之前,本文决定选择灰色系统中单序列一阶线性微分方程GM(1,1)模型来预测随时间变化的人口数量。

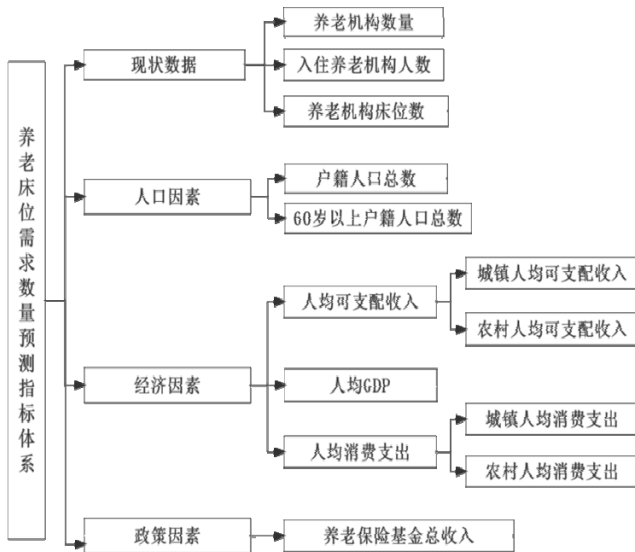


图1 养老床位需求预测指标体系

假设原始序列为  $X^{(0)} = \{X^{(0)}_{(1)}, X^{(0)}_{(2)}, \dots, X^{(0)}_{(n)}\}$ , n

为数据个数。对  $X^{(0)}$  累加以弱化随机序列的波动性和随机性,得到新数列:

$$X^{(1)} = \{ X^{(1)}_{(1)}, X^{(1)}_{(2)}, \dots, X^{(1)}_{(n)} \} \quad (2-1)$$

其中,  $X^{(1)}_{(k)}$  中各数据表示对应前几项数据的累加。

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

则GM(1,1)的一阶线性微分方程为:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + \alpha X^{(1)} = \beta \quad (2-3)$$

式(2-3),  $\alpha$ 、 $\beta$  分别为发展灰数与内生控制灰数。

设  $\gamma = (\alpha, \beta)^T$ , 通过最小二乘法估计得到  $\hat{\gamma} = (A^T A)^{-1} A^T Y$ , 其中:

$$A = \begin{pmatrix} -0.5[X^{(1)}_{(1)} + X^{(1)}_{(2)}] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -0.5[X^{(1)}_{(1)} + X^{(1)}_{(2)}] & 1 \end{pmatrix}$$

$$Y = (X^{(0)}_{(2)}, X^{(0)}_{(3)}, \dots, X^{(0)}_{(n)})^T$$

求解白化微分方程(2-3)得到预测模型:

$$\hat{X}^{(1)}_{(k+1)} = \{ X^{(0)}_{(1)} - \frac{\beta}{\alpha} \} e^{-\alpha k + \frac{\beta}{\alpha}}, k=1, 2, \dots, n-1 \quad (2-4)$$

对函数表达式  $\hat{X}^{(1)}_{(k)}$  和  $\hat{X}^{(1)}_{(k+1)}$  和进行离散, 并将二者做

差以便还原  $X^{(0)}$ 原序列, 得到近似数据序列  $\hat{X}^{(0)}_{(k+1)}$  为:

$$\hat{X}^{(0)}_{(k+1)} = \hat{X}^{(1)}_{(k+1)} - \hat{X}^{(1)}_{(k)} \quad (2-5)$$

检验灰色预测模型, 计算  $X^{(0)}$  和  $\hat{X}^{(0)}_{(k)}$  之间的残差  $e^{(0)}_{(k)}$  和相对误差  $q(X)$ :

$$e^{(0)}_{(k)} = X^{(0)}_{(k)} - \hat{X}^{(0)}_{(k)} \quad (2-6)$$

$$q(X) = \frac{e^{(0)}_{(k)}}{X^{(0)}_{(k)}} \quad (2-7)$$

基于BP神经网络的经济因素和政策因素分析。BP神经网络又称为逆向传播网络, 其工作原理是基于人工神经元, 将数据输入神经元激活函数里处理得到输出数据。BP神经网络模型由输入层, 隐含层, 输出层组成, 结构如图2所示。

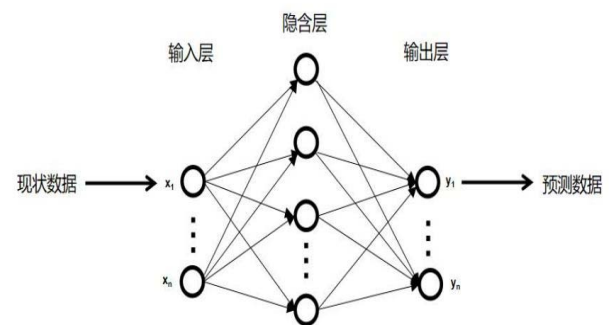


图2 BP神经网络模型结构

本文的数据样本输入层有六维, 输出只有一维, 选用6输入1输出, 11个隐含层节点数的BP网络, 构成6-11-1网络结构。通过划分训练集与测试集、训练数据归一化处理、BP神经网络训练、测试数据归一化处理等过程, 得到预测值与误差, 误差超出预定范围, 则进行反向调整, 迭代至误差在可控范围, 训练结束。其中本文选取的归一化函数为mapminmax, 公式为

$$b = \frac{(b_{max} - b_{min})(a - a_{min})}{(a_{max} - a_{min})} + b_{min} \quad (2-8)$$

表1 变量定义表

类型	变量名称/单位	符号
因变量	养老床位市场需求量	y
自变量	户籍总人口	$x_1$
	老龄人口	$x_2$
	养老机构数	$x_3$
	城镇人均可支配收入	$x_4$
	农村人均可支配收入	$x_5$
	城镇居民人均消费支出	$x_6$
	农村居民人均消费支出	$x_7$
	人均GDP	$x_8$
	养老保险基金总收入/元	$x_9$

表2 户籍人口预测误差检验表

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
原始数据	3747768	3776486	3816127	3856084	3889720	4001834	4195870	4369767	4612756	4737736	4841298
预测数据	3747768	3640714	3756569	3876111	3999457	4126728	4258050	4393550	4533362	4677623	4826475
相对误差%	0.0000	-3.5952	-1.5607	0.5194	2.8212	3.1209	1.4819	0.5443	-1.7212	-1.2688	-0.3062

表3 老龄人口预测误差检验表

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
原始数据	562233	594366	624744	647266	675214	702183	738742	768934	791254	809611	819235
预测数据	562233	605219	627714	651045	675243	700341	726371	753369	781371	810413	840534
相对误差%	0.0000	1.8260	0.4754	0.5838	0.0043	-0.2624	-1.6746	-2.0242	-1.2491	0.0990	2.5999

表7 指标预测数值

年份	养老保险 基金总收入	人均GDP	城镇人均 可支配收入	农村人均 可支配收入	城镇居民人均 消费支出	农村居民人 均消费支出
2022	33545054972	123567.76	59132	35045	38676	23430
2023	34427186181	128084.57	58255	33738	39654	22907
2024	32014161342	122848.60	61139	35630	40400	24097
2025	33546024244	125698.21	61123	36004	40198	24158
2026	32663816718	126603.23	61133	36153	40111	24209

基于多元回归预测模型的床位需求数量预测。本文将从定义变量和设定模型两方面出发,构建床位需求数量这一因变量与多个自变量的多元回归方程。在定义变量方面,本文基于指标体系中各因素的定性分析,对影响床位需求量的有关变量进行定义(如表1):

在设定模型方面,经相关性检验,本文选取的自变量对因变量有显著的影响,程较强线性相关。故将多元回归模型的养老服务床位预测模型设定为

$$y = \beta_0 \pm \beta_1 x_1 \pm \beta_2 x_2 \pm \beta_3 x_3 \pm \dots \quad (2-9)$$

式中:  $\beta_0$  为常数项,  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$  等代表回归模型系数,  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  等代表模型的自变量。该式反映老龄人口、养老机构数、人均GDP、养老保险基金总收入等因素对机构养老床位需求数量的影响。

### 3 预测结果与分析

#### 3.1 户籍人口数与老龄人口数

在MATLAB软件上运用灰色预测模型,对2011-2021年佛山市户籍总人口数和老龄人口数的历史数据进行训练与测试运算,得出的数据如下表2与表3所示。

根据灰色模型精度检验对照表表4,可以看出该灰色模型是

属于II级,具有较高的精确度,可以预测2022-2026年的户籍人口和老龄人口数量。

表4 灰色模型精度检验对照表

等级	I	II	III	IV
相对误差 $\rho$	<0.01	<0.05	<0.1	>0.20

利用灰色预测模型预测的户籍人口和老龄人口数量结果如下表5与表6所示:

表5 户籍人口预测表

年份	2022	2023	2024	2025	2026
预测值	4980064	5138540	5302059	5470782	5644874

表6 老龄人口预测表

年份	2022	2023	2024	2025	2026
预测值	871775	904178	937784	972640	1008792

根据预测数据显示,2022-2026年佛山市的老龄人口增长快速,而户籍人口增长相对缓慢,老龄人口占比提高。

3.2 养老保险基金收入、人均GDP、城乡收入水平以及城乡支出水平的预测

运用python软件建立BP神经网络的预测系统,对2022-2026

年的养老保险基金总收入、人均GDP、城镇人均可支配收入、农村人均可支配收入、城镇居民人均消费支出、农村居民人均消费支出6个变量进行预测<sup>①</sup>，结果如表7：

### 3.3养老机构床位需求数量预测

运用STATA软件，基于2011-2021年的统计数据，对表1中的1项的因变量和9项自变量进行多元回归分析，建立了机构养老床位需求数量预测公式：

$$y=0.0001194x_1+0.308932x_2+37.02659x_3-1.426237x_4+1.017727x_5+.67571x_6-0.5494528x_7-0.246237x_8+3.08000x_9-1639.23(3-1)$$

从F检验的结果来看：P=0.1519，小于0.5，说明得到的各变量系数具有较高的正确性；F统计量在1%水平上显著，表明该模型的线性关系比较显著，该模型是有效的。从方程拟合优度的检验结果来看，调整的R<sup>2</sup>值约为0.997，说明模型的拟合度较高。把各项变量的预测数据代入多元回归方程中得到2022-2026年的机构养老床位需求数量预测结果如表8所示：

表8 机构养老床位需求数量预测表

年份	2022	2023	2024	2025	2026
预测值	12238	14376	14499	15360	16042

由表8可以看出，2022-2026年佛山市养老机构床位需求量呈明显快速上升趋势，2023-2024的需求量增长速度缓慢，而2024-2026年的需求量继续增多且增长速度逐渐加快。

## 4 结语

本文选取人口、经济及政策3个代表性影响因子，基于2011-2021年佛山市统计年鉴的数据，运用灰色预测方法和BP神经网络预测模型，预测2022-2026年的佛山市户籍人口数量、老龄人口数量、养老保险基金总收入、城乡居民人均可支配收入水平、城乡居民人均消费支出数值。采用多元回归模型预测2022-2026年的养老机构床位需求数量。结合实际情况与预测数据，本文建议佛山市政府在2026年前要继续增加养老机构床位的供给。

### [基金资助]

本研究受佛山科学技术学院2022年度大学生创新创业训练计划“精细服务，守护最美夕阳红——人口老龄化视阈下佛山养老服务体系完善研究(202211847024)”和佛山科学技术学院学生学术基金项目(No.xsjj202214zsb07)资助。

### 注释：

①经济因素中的养老保险基金总收入指标，受2021的佛山市政策影响。养老保险金的缴纳基数上调，所以不采用2021年的实际数据，采用等比增长的方法计算出2021年的养老保险基金总收入数据，并代入预测计算。

### [参考文献]

- [1]张文娟,魏蒙.城市老年人的机构养老意愿及影响因素研究——以北京市西城区为例[J].人口与经济,2014,(06):22-34.
  - [2]张栋.北京市老年人机构养老意愿及影响因素研究[J].调研世界,2017,(10):23-29.
  - [3]Turrell A.Nursing homes: a suitable alternative to hospital care for older people in the UK?[J].Age and Ageing,2001,30(suppl\_3):24-32.
  - [4]李赫龙,朱龙高,章新忠.基于GM(1,1)模型的烟台市老龄人口预测及分析[J].国土与自然资源研究,2013,(03):26-28.
  - [5]凌茹,刘家望.多元线性回归构建湖南省县医院卫生人力和床位预测模型[J].中南大学学报(医学版),2011,36(12):1206-1212.
  - [6]林雷,刘黎明.北京市机构养老需求研究[J].人口与经济,2019,(05):94-105.
  - [7]刘冰,刘玲辉.城乡居民基本养老保险个人缴费标准的合理性——基于个人养老需求视角[J].学术交流,2020,(11):134-142.
  - [8]朱墨.佛山市养老设施布局规划探讨[J].规划师,2017,33(08):130-137.
- 作者简介：**
- 吴沛权(2002--),男,汉族,广东肇庆人,本科在读,研究方向：社会治理。
- 陈丽琳(2003--),女,汉族,广东揭阳人,本科在读,研究方向：社会治理。
- 梁梓钢(2003--),女,汉族,广东佛山人,本科在读,研究方向：社会治理。
- 陈佩琳(2001--),女,汉族,广东佛山人,本科在读,研究方向：社会治理。
- 陈紫婷(2000--),女,汉族,广东揭阳人,本科在读,研究方向：社会治理。