

基于 GM (1, 1) 模型的辽宁省公共卫生人力资源预测分析

李 信 李 斌

(沈阳师范大学管理学院, 辽宁 沈阳 110034)

摘要: 目的: 预测分析辽宁省未来5年公共卫生人力资源的发展趋势, 为公共卫生机构制定或调整相关政策、优化公共卫生人力资源配置和改善公共卫生服务提供依据。方法: 采用EXCEL建立公共卫生人力资源数据库, 运用灰色GM (1, 1) 预测模型进行预测。结果: 2021-2025年辽宁省公共卫生人力资源数量呈现负增长, 人员数量呈下降趋势。结论: 政府需高度重视公共卫生人才队伍建设, 通过保障人才供给、加大财政投入、重视公共卫生人员结构配置, 优化公共卫生人员队伍。

关键词: 公共卫生人力资源 GM (1, 1) 模型 预测分析

中图分类号: R-1 文献标识码: A 文章编号: 1003-9082 (2023) 04-0218-03

公共卫生人力资源作为公共卫生资源的重要组成部分, 其数量、质量与结构合理与否是公共卫生服务体系建设与完善和公共卫生事业发展的关键因素。同时, 公共卫生人力资源有其行业特殊性, 具有培养周期长等问题, 因此通过对公共卫生人力资源进行预测分析, 对未来的发展趋势进行合理的预判把控调整未来规划和改革的方向, 为公共卫生人力资源的合理配置、政府政策制定和公共卫生服务体系的建设提供保障, 也为人民健康的共同富裕筑就坚固防线^[1]。

一、资料与方法

1. 资料来源

本文所选择的公共卫生人力资源数为2015--2021年《辽宁省统计年鉴》(数据年份2014-2020年), 涵盖了疾病预防控制中心、专科疾病防治机构、健康教育中心、妇幼保健院、急救中心 (站)、采供血机构、卫生监督所等机构中的公共卫生人员总数, 卫生技术人员数 (包括执业 (助理) 医师数、注册护士数) 管理人员数。

2. 研究方法

本研究采用灰色预测GM (1, 1) 模型预测辽宁省2021-2025年的公共卫生人力资源数, 使用Excel与Matlab对数据进行分析。

2.1 模型简介

GM模型 (1, 1) 模型是所有的GM预测模型体系中一个最具基本特征的预测模型, 最早系由美国邓聚龙教授等于在上世纪八十年代首次提出^[2]。该模型具有计算简便、样本量和数据分布无特定要求等特点, 具有良好的预测准确率, 是当前应用较为广泛的对疾病、卫生和人力资源进行预测的模型^[3]。

2.2 GM (1, 1) 模型的建立

第一步: 先进行级比检验, 并分析建模的可行性

设原始数据变量 $X(0) = \{X(0)(i), i=1, 2, \dots, n\}$, 然后进行级比 $\sigma(k)$ 的判断, 只有当所有的 $\sigma(k)$ 全部落入 $(e^{-2}/n+1, e^2/n+1)$ 范围内才可以进行模型的建立。

对原数列 $X(0)$ 进行一次累加, AGO (累加生成) 为: $x_k^{(1)} = \sum_{i=1}^k x_i^{(0)}$, $k=1, 2, \dots, n$ 。故可以求得GM (1, 1) 模型对应微分方程为: $\frac{dx}{dt} + ax^{(1)} = u$, 其中 a 指发展系数, u 指灰色作用量。 a 和 u 是GM (1, 1) 灰色预测模型的主要参数。

第二步, 构建B与Y:

$$B = \begin{bmatrix} -1/2(X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)) & 1 \\ -1/2(X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)) & 1 \\ \dots & \dots \\ -1/2(X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix},$$

$Y = (X(0)(2), X(0)(3), \dots, X(0)(n))^T$, 参数序列为 \hat{a} , $\hat{a} = [a, u]^T$ 。

建立模型并求解生成值与还原值。依据公式求解可得GM (1, 1) 预测模型为:

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

由累减可求得还原值为:

$$\hat{x}^{(0)} = (\hat{x}^{(0)}(1), \hat{x}^{(0)}(2), \dots, \hat{x}^{(0)}(n-1))$$

第三步: 灰色预测GM (1, 1) 模型的检验标准

利用后验差比 (C值) 和最小误差概率系数 (P值) 对GM (1, 1) 模型进行预测的准确度分析。当 $C < 0.35$ 且 $P \geq 0.95$ 时, 模型等级为1级, 模型拟合精度高、预测效果好; 当 $0.35 \leq C < 0.50$ 且 $0.80 \leq P < 0.95$ 时, 模型拟合等级为2级, 可以

用该模型进行数据预测，模型拟合结果是合格但是精度要低于1级；当 $0.50 \leq C < 0.65$ 且 $0.70 \leq P < 0.80$ 时，可以进行预测但是预测效果不佳；当 $C \geq 0.65$ 且 $P < 0.70$ 时，不可以使用该模型进行预测。

表1 灰色GM(1, 1)模拟拟合方程检验标准

模型拟合等级	C	P
1级(好)	$C < 0.35$	$P \geq 0.95$
2级(合格)	$0.35 \leq C < 0.50$	$0.80 \leq P < 0.95$
3级(勉强)	$0.50 \leq C < 0.65$	$0.70 \leq P < 0.80$
4级(不合格)	$C \geq 0.65$	$P < 0.70$

二、结果

1. 辽宁省2014--2020年公共卫生人力资源构成

辽宁省2014-2020年专业公共卫生机构中公共卫生人员总数呈下降趋势，如表2所示，公共卫生人员总数由2014年的23191人到2020年的15018人，年均增长率为-7%；卫生技术人员由2014年的16653人到2020年的10859人，年均增长率为-6.9%；执业(助理)医师数由2014年的7115人下降到2020年的4819人，年均增长率为-6.3%；注册护士数在2014-2015年数量增加较多，15-20年数量虽变动不大但总数呈下降趋势，年均增长率为33.7%；管理人员由2014年的3013人到2020年的1794人，年均增长率为-8.3%。由此可见辽宁省专业公共卫生机构人力资源流失速度快，人员流失尤其是管理人员的流失更为严重。

表2 2014-2020年辽宁省公共卫生人力资源数(人)

年份	公共卫生人员总数	卫生技术人员	执业(助理)医师	注册护士	管理人员
2014	23191	16653	7115	418	3013
2015	22637	16277	6856	3016	2892
2016	22231	16096	6777	3042	2755
2017	21633	15557	6587	3007	2759
2018	18635	13546	5882	2753	2274
2019	14702	10327	4802	2423	1843
2020	15018	10859	4819	2388	1794

表3 专业公共卫生机构人力资源GM(1, 1)拟合模型

类别	参数值	拟合方程模型	C值	P值	模型拟合等级
公共卫生人员总数	$a = -0.09263$	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 315774.335e^{0.09263k} - 292583.335$	0.1070	1	1
	$u = 27101.9943$				
卫生技术人员	$a = -0.043125$	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 867391.44e^{0.043125k} - 834082.44$	0.1136	1	1
	$u = 35969.9346$				
执业(助理)医师	$a = -0.078764u = 8031.4545$	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 109083.596e^{0.078764k} - 101968.596$	0.1002	1	1
注册护士	$a = -0.012549u = 12470.6578$	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 1003301.1e^{0.012549k} - 993757.096$	0.0125	1	1
管理人员	$a = -0.10143u = 3491.4604$	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 37435.3642e^{0.10143k} - 34422.3642$	0.0881	1	1

数据来源：根据2015--2021年《辽宁省统计年鉴》(数据年份214-2020年)相关数据整理所得

2. 辽宁省公共卫生人力资源预测模型的建立

第一步：分别对公共卫生人员总数、卫生技术人员、执业(助理)医师、注册护士和管理人员建立时间序列： $X^{(0)} = \{X^{(0)}(i), i=1, 2, \dots, 7\}$ ，即 $X^{(0)}$ 公共卫生人员总数=(23191, 22637, 22231, 21633, 18635, 14702, 15018)； $X^{(0)}$ 卫生技术人员=(16653, 16277, 16096, 15557, 13546, 10327, 10859)； $X^{(0)}$ 执业(助理)医师=(7115, 6856, 6777, 6587, 5882, 4802, 4819)； $X^{(0)}$ 注册护士=(418, 3016, 3042, 3007, 2753, 2423, 2388)； $X^{(0)}$ 管理人员=(3013, 2892, 2755, 2759, 2274, 1843, 1794)，对5个时间序列进行级比检验，其中公共卫生人员总数、执业(助理)医师数以及管理人员数列的级比值都落在(0.779, 1.284)这一区间内，可以进行模型建立。如表3所示，卫生技术人员这一数列的级比值并未都落在(0.779, 1.284)这一区间内，其中2019年的级比值为1.312大于1.284这一区间的最大值，不适合建模，所以需要原数列进行平移转换，平移转换后的级比值均落在区间内，因此平移转换后的序列适合进行预测模型的构建。

第二步：对原数列进行一次累加，AGO(累加生成)数列。公共卫生人员总数累加数列为：(23191, 45828, 68059, 89692, 108327, 123029, 138047)；卫生技术人员累加数列为：(33306, 66236, 98985, 131195, 161394, 188374, 215886)；执业(助理)医师累加数列为：(7115, 13971, 20748, 27335, 33217, 38019, 42838)；注册护士累加数列为：(9544, 21686, 33854, 45987, 57866, 69415, 80929)；管理人员累加数列为：(3013, 5095, 8660, 11419, 13693, 15536, 17730)。

第三步：构建数据矩阵B及数据向量Y，分别为：

$$B = \begin{bmatrix} -1/2(X^{(1)}(1)+X^{(1)}(2)) & 1 \\ -1/2(X^{(1)}(2)+X^{(1)}(3)) & 1 \\ \dots & \dots \\ -1/2(X^{(1)}(n-1)+X^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix},$$

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

分别得出序列的a与u的值。

第四步：模型检验

如表3所示，各人员预测模型的C值均小于0.35，P值均为1，模型拟合等级均为1，各人员预测模型的精度都很好。

3.2021--2025年辽宁省公共卫生人力资源预测情况

根据表3中的拟合方程模型对辽宁省专业公共卫生机构人力资源进行预测，如表4所示，辽宁省专业公共卫生机构人力资源不断减少，呈持续下降趋势。到2025年辽宁省专业公共卫生机构人力资源中公共卫生人员总数预计降为9439人。公共卫生人员总数在2021--2025年的年均增长率为-8.84%，与2014-2020年间的年均增长率-7%相比也有负增长，公共卫生人员总数持续减少。

表4 公共卫生人力资源模型预测值

年份	预测值				
	公共卫生人员总数	卫生技术人员	执业(助理)医师	注册护士	管理人员
2021	13672	9441	4479	13672	2258
2022	12462	8340	4140	12462	2116
2023	11360	7285	3826	11360	1976
2024	10355	6275	3537	10355	1837
2025	9439	5307	3269	9439	1701

到2025年卫生技术人员预计降为5307人。卫生技术人员在2021--2025年的年均增长率为-13.4%，与2014--2020年间的年均增长率-6.9%相比可以看出，辽宁省专业公共卫生机构中的卫生技术人员下降较快，人员流失比前几年更为严重。到2025年执业(助理)医师人数降为3269人。

注册护士人数在2025年降为1701人，2021--2025年的年均增长率为-6.8%，与2014--2020年间的33.7%相比，注册护士人员数量下降增速较快。

三、讨论

1. 优化人才队伍建设

辽宁省专业公共卫生机构2014--2020年期间，公共卫生人员总数、卫生技术人员、执业(助理)医师与管理人员的数量呈现出负增长趋势。其中卫生技术人员的负增长率最大，平均增长率为-12.46%。《医药卫生中长期人才发展规划

(2011--2020年)》(卫人发[2011]15号)提出，到2020年全国专业公共卫生机构的工作人员将达到118万人，其中每万人配备8.3人。但2019年辽宁省的公共卫生人员平均每人每年只有3.38人，与8.3的水平还有很大的差距，公共卫生人员数量缺口较大。为了解决这一问题，首先应当坚持高位驱动，一是各级政府需要加大公共卫生人才的投入、制定相关政策给予政策方面的支持，给予各卫生机构优越的软硬件设施^[4]。二是要优化专业公共卫生机构人才编制管理，参照法医编制制度，将专业公共卫生机构公共卫生人才改革为技术性公务员，并给予各单位一定的行政权力，加强核心能力建设。

2. 重视公共卫生人员结构配置

专业公共卫生机构具有高度的专业性和对专业技术人才的需求，既要有充足的医疗人数，又要其有一定的专业知识储备。但是，辽宁省2014-2020年卫生技术人员的人数非但没有上升，反而有所下降。

此外，中共中央国务院印发《“健康中国2030”规划纲要》提出，到2020年每千常住人口执业(助理)医师数(人)将增至2.5人，到2030年要增至3.0人。根据《医药卫生中长期发展规划》，并结合我国国情，建议到2020年医护比要达到1:1.25。2020年辽宁省常住人口数为4259万人，根据计算可得2020年辽宁省专业公共卫生机构中每千常住人口执业(助理)医师数为0.11，医护比为1:0.5。医疗人员的比率与国家规定的比例存在着很大的差距。必须要保证人员的比例均衡，否则会造成某些公共健康功能的不完善，公共部门工作效率的下降，公共服务的提供出现不足，从而难以满足公共卫生服务体系的建设需求以及人民对健康的需求。

参考文献

- [1]薛宇,王长青.ARIMA-灰色耦合模型下区域医疗卫生资源供给预测[J].中国卫生统计,2019,36(04):604-608.
- [2]邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中工学院出版社,1987.
- [3]吴爱平,陈锦华,黄琳.灰色模型预测福建省2015年卫生床位数分析[J].西南国防医药,2010,20(5):551-552.
- [4]林小丹,徐碧霞,王冬等.我国专业公共卫生机构人力资源分布特征及预测分析[J].中国卫生事业管理,2021,38(12):904-908.