

· 儿少卫生与妇幼保健 ·

基于 ARIMA 模型与 GM(1,1)模型的 深圳市 5 岁以下儿童死亡率的预测研究

王嫚, 杨伟康

深圳市龙华区妇幼保健院预防保健部, 广东 深圳 518000

摘要:目的 比较 ARIMA 模型和 GM(1,1)模型在深圳市 5 岁以下儿童死亡率中的拟合效果,并对未来 3 年本市 5 岁以下儿童死亡率进行预测,为儿童保健工作方案的制定提供科学依据。方法 以 2005—2022 年深圳市 5 岁以下儿童死亡率为原始数据,分别构建 ARIMA 模型和 GM(1,1)模型,进行儿童死亡率的拟合,采用平均绝对误差(MAE)和平均绝对百分比误差(MAPE)来比较模型的拟合效果。结果 2005—2022 年深圳市 5 岁以下儿童死亡率呈下降趋势,且低于全国平均水平。构建的 ARIMA(1,1,0)模型和 GM(1,1)模型的 MAE 分别为 0.30、0.24,MAPE 分别为 11.53%、8.73%,GM(1,1)模型的拟合效果较好。利用 GM(1,1)模型预测 2023—2025 年深圳市 5 岁以下儿童死亡率分别为 1.27‰、1.18‰、1.09‰。结论 GM(1,1)模型对深圳市 5 岁以下儿童死亡率的拟合效果优于 ARIMA 模型,预测未来 3 年本市 5 岁以下儿童死亡率逐年下降。

关键词:ARIMA 模型;GM(1,1)模型;5 岁以下儿童死亡率;预测

中图分类号:R179 文献标志码:A 文章编号:1003-8507(2024)03-466-06

DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202307146

Study on prediction of under five mortality rate in Shenzhen based on ARIMA model and GM (1,1) model

WANG Man, YANG Wei-kang

Department of Prevention and Health Care, Maternal and Child Health Hospital of Longhua District, Shenzhen, Guangdong 518000, China

Abstract: Objective To compare the fitting effect of ARIMA model and grey model (GM) (1,1) in the under five mortality rate (U5MR) in Shenzhen, and to predict the U5MR in Shenzhen in the next 3 years, so as to provide scientific basis for the formulation of child health care plan. **Methods** Taking the U5MR in Shenzhen from 2005 to 2022 as the original data, ARIMA model and GM (1,1) model were constructed to fit the child mortality rate. The mean absolute error (MAE) and mean absolute percentage error (MAPE) were used to compare the fitting effect of the two models. **Results** From 2005 to 2022, the U5MR in Shenzhen showed a downward trend, lower than the national average. The MAE of the constructed ARIMA model and GM (1,1) model was 0.30 and 0.24, respectively, and the MAPE was 11.53% and 8.73%, respectively. The fitting effect of the GM (1,1) model was good. The U5MR in Shenzhen from 2023 to 2025 would be 1.27‰, 1.18‰, and 1.09‰, respectively, predicted by GM (1,1) model. **Conclusion** The fitting effect of GM (1,1) model on U5MR in Shenzhen is better than that of ARIMA model, and it is predicted that the U5MR in Shenzhen will decrease year by year in the next 3 years.

Keywords: ARIMA model; GM (1,1) model; Under 5 mortality rate; Prediction

5 岁以下儿童死亡率 (under five mortality rate, U5MR)是衡量一个国家和地区社会、经济、医疗卫生及妇幼保健水平的重要指标^[1]。在许多国家的统计数据中,都以 U5MR 作为儿童死亡状况的第一监测指标^[2]。中国儿童发展纲要(2021—2030 年)中明确提出,到 2030 年 U5MR 降低至 6‰以下^[3],深圳市儿童

发展规划(2021—2030 年)中的目标为 3.5‰以下^[4]。本研究利用 2005—2022 年深圳市 U5MR 数据分别构建 ARIMA 模型和 GM(1,1)模型,比较两种模型的拟合效果,选出最适合于本市 U5MR 的预测模型。通过构建的模型预测未来三年深圳市 U5MR,提前掌握 U5MR 变化趋势,为相关部门有效制定相应的防控措施及政策提供科学依据。

作者简介:王嫚(1992—),女,硕士,主治医师,研究方向:妇幼保健与健康教育

通信作者:杨伟康,E-mail:9043948@qq.com

1 资料与方法

1.1 资料来源 资料来源于深圳市卫生健康委员会

公布的《深圳市卫生统计年鉴》中的 2005—2022 年深圳市 U5MR 数据,真实可靠。

1.2 研究方法

1.2.1 ARIMA 模型 ARIMA 模型称作自回归求和移动平均模型,是由 Box 和 Jenkins 于 1970 年提出的比较成熟的时间序列建模方案,模型建立的主要步骤如下^[5]:(1)判断序列的平稳性:根据时间序列图、自相关函数 (autocorrelation function, ACF) 及偏自相关函数 (partial autocorrelation function, PACF) 判断序列的平稳性,若为非平稳性序列,则需要通过差分、数据转换等方法将非平稳的序列转化为平稳性序列,并确定差分阶数 d 。(2)模型的识别:根据序列的 ACF 图及 PACF 图进行定阶,确定 p 、 q 的数值和模型的类型。(3)模型参数估计:利用现有的样本数据对已选出的模型参数进行估计。(4)模型检验:通过计算 Ljung-Box Q 统计量来判断模型残差是否为白噪声,若模型残差序列是白噪声序列,说明所建立的模型是适宜的,可以用于预测。

1.2.2 GM(1,1)模型 灰色预测模型是由我国学者邓聚龙教授于 1985 年提出,用于解决小样本、贫信息数据的分析、预测,其中,GM(1,1)模型是最核心、最常见的灰色预测模型,模型建立的主要步骤如下^[6-7]:(1)设原始序列 $x^{(0)}=\{x^{(0)}(t),t=1,2,\dots,n\}$,作一次累加生成新序列 $x^{(1)}=\{x^{(1)}(t),t=1,2,\dots,n\}$,并对累加序列计算紧邻均值序列 $z(t)=[x^{(1)}(t)+x^{(1)}(t-1)]/2$ 。(2)建立灰色一阶微分方程: $x^{(0)}(t)+ax^{(1)}(t)=u$,其中, a 称为发展系数, μ 称为灰色作用量,利用最小二乘法求解参数 a 、 μ 。求解白化微分方程: $dx^{(1)}/dt+ax^{(1)}=\mu$,得到模型: $\hat{x}^{(1)}(t+1)=[x^{(0)}(1)-u/a]e^{-at}+u/a,t=1,2,\dots,n$ 。(3)将数列 $\hat{x}^{(1)}(t+1)$ 作递减排还原,即得到原始数列 $x^{(0)}(t)$ 的估计值: $\hat{x}^{(0)}(t)=\hat{x}^{(1)}(t)-\hat{x}^{(1)}(t-1)$ 。(4)模型精度检验:计算后验误差 C 值和小概率误差 P 值,来判断模型的拟合精度, C 值越小, P 值越大,表示模型拟合精度越好,见表 1。

表 1 GM(1,1)模型拟合精度判断标准

拟合精度等级	C 值	P 值
I 级(好)	<0.35	>0.95
II 级(合格)	<0.50	>0.80
III 级(勉强合格)	<0.65	>0.70
IV 级(不合格)	≥ 0.65	≤ 0.70

1.3 统计学分析 采用 SPSS 20.0 软件构建 ARIMA 模型,Excel 2019 构建 GM(1,1)模型,并根据构建的模型对研究数据进行拟合、预测。

1.4 模型比较 根据拟合结果与实际值计算出拟合

误差,采用平均绝对误差(MAE)和平均绝对百分比误差(MAPE)来比较两种模型的拟合优劣。

2 结果

2.1 深圳市 5 岁以下儿童死亡率 2005—2022 年深圳市 U5MR 总体呈下降趋势,死亡率由 2005 年的 5.46‰ 下降至 2022 年的 1.60‰,下降了 70.70%。这与全国 U5MR 的变化趋势一致,且死亡率远低于全国平均水平。见图 1。

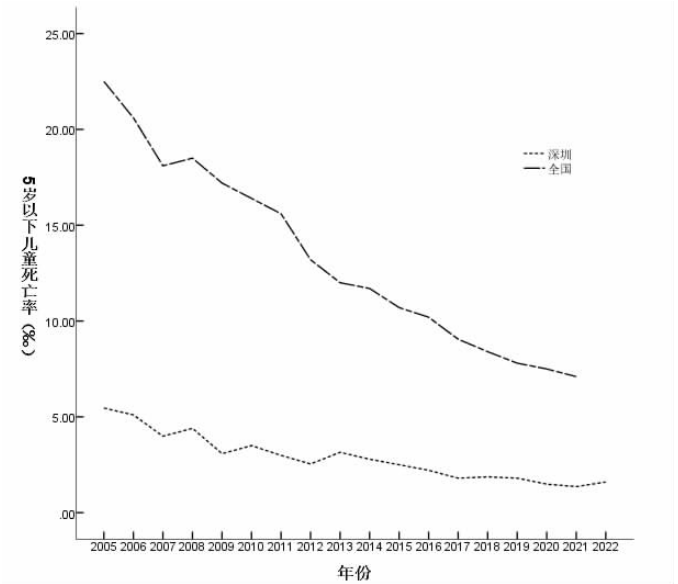


图 1 深圳市与全国 5 岁以下儿童死亡率

Figure 1 Mortality rate of children under 5 years old in Shenzhen and China

2.2 ARIMA 模型的构建与检验 首先绘制原始数据的时间序列图,由图 2 可知,深圳市 U5MR 随时间推移呈明显的下降趋势,属于非平稳性序列,需进行差分平稳。经过一阶差分后,序列表现为平稳,因此差分 d 的阶数等于 1。再对一阶差分后的序列绘制自相关 (ACF) 图及偏自相关 (PACF) 图,由图 3 可知,ACF 在一阶之后在置信区间内缓慢变化,呈拖尾性,因此 $q=0$;PACF 在一阶以后迅速回落至置信区间内,骤减趋于 0,呈一阶截尾,因此 $p=1$;初步构建 ARIMA (1,1,0)模型。经检验,模型拟合统计量 R^2 为 0.850,标准化 BIC 为 -1.359,模型参数检验 $t=-2.511,P<0.05$ 。对模型残差进行白噪声检验,结果 $Q_6=2.694,P>0.1,Q_{12}=4.459,P>0.1$,说明残差满足白噪声检验,模型是适宜的,可以用于预测。经预测,2023—2025 年深圳市 5 岁以下儿童死亡率分别为 1.10‰、1.01‰、0.70‰,具体拟合及预测结果见表 2。

2.3 GM(1,1)模型的构建与检验 根据 2005—2022 年深圳市 U5MR 的实测值 $x^{(0)}(t)$,计算累加值 $x^{(1)}(t)$ 及累加均值 $z(t)$,然后计算累加序列的一阶微分方程,根据最小二乘法计算发展系数 a 和灰色作用量 u ,求得

$a=0.0767, u=5.2738$, 代入公式得预测模型为: $\hat{x}^{(1)}(t+1) = -63.2988 e^{-0.0767t} + 68.7588$ 。对数列 $\hat{x}^{(1)}(t+1)$ 作递减还原, 即得到原始数列 $x^{(0)}(t)$ 的估计值 $\hat{x}^{(0)}(t)$ 。对模型的拟合精度进行检验, 计算得到后验差比 C 值为 0.28, 小误差概率 P 值为 1.0, 根据表 1 的判断标准可知, 模型精度等级为 I 级, 可用于外推预测。经预测, 2023—2025 年深圳市 5 岁以下儿童死亡率分别为 1.27‰、1.18‰、1.09‰, 具体拟合及预测结果见表 3。

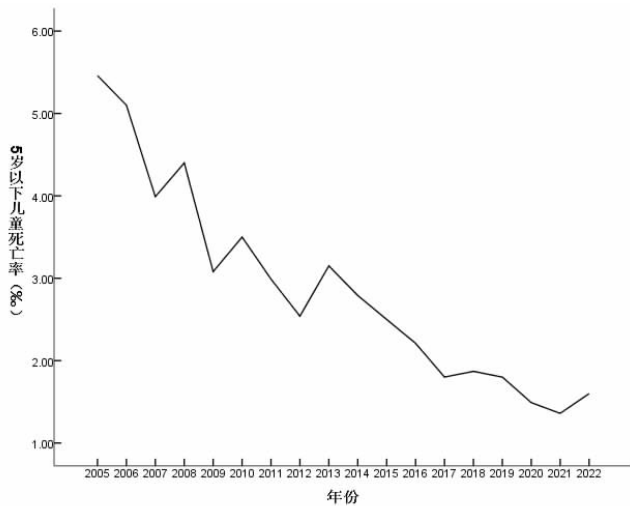


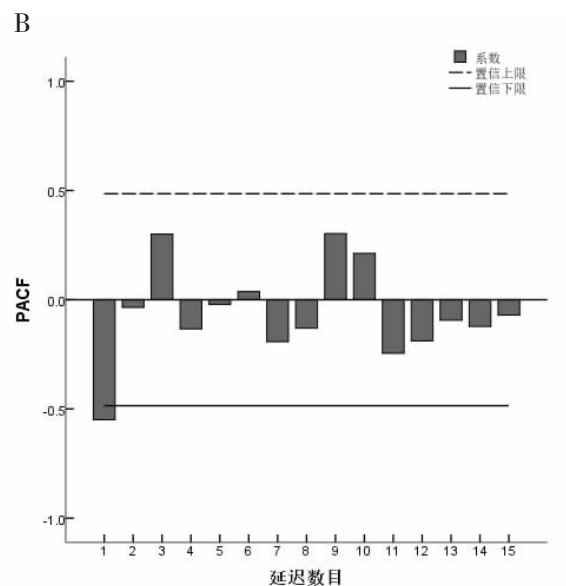
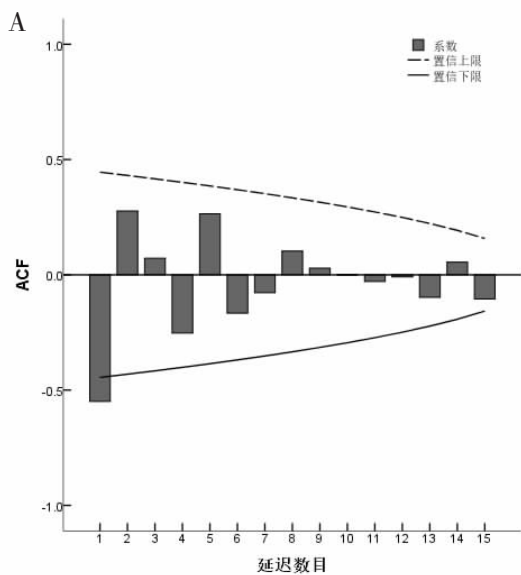
图 2 2005—2022 年深圳市 U5MR 时间序列图

Figure 2 Time series map of U5MR in Shenzhen from 2005 to 2022

表 2 2005—2025 年深圳市 U5MR 的 ARIMA(1,1,0)模型预测结果

Table 2 Prediction results of ARIMA(1,1,0) model for U5MR in Shenzhen from 2005 to 2025

年份(年)	实测值	预测值	残差	相对误差(%)
2005	5.46	—	—	—
2006	5.10	5.23	-0.13	-2.55
2007	3.99	4.93	-0.94	-23.56
2008	4.40	4.24	0.16	3.64
2009	3.08	3.81	-0.73	-23.70
2010	3.50	3.44	0.06	1.71
2011	2.99	2.91	0.08	2.68
2012	2.54	2.91	-0.37	-14.57
2013	3.15	2.42	0.73	23.17
2014	2.79	2.45	0.34	12.19
2015	2.50	2.62	-0.12	-4.80
2016	2.21	2.30	-0.09	-4.07
2017	1.80	2.01	-0.21	-11.67
2018	1.87	1.66	0.21	11.23
2019	1.80	1.47	0.33	18.33
2020	1.49	1.48	0.01	0.67
2021	1.36	1.30	0.06	4.41
2022	1.60	1.07	0.53	33.13
2023		1.10		
2024		1.01		
2025		0.70		



注:A 为自相关(ACF)图;B 为偏自相关(PACF)图。

图 3 一阶差分后的 ACF 图和 PACF 图

Figure 3 Diagram of ACF and PACF after first-order difference

2.4 模型比较 ARIMA 模型和 GM(1,1)模型的拟合值均与实际值相吻合, 拟合精度良好, 均可用于预测, 两种模型的拟合及预测效果见图 4。但是, ARIMA 模型的平均绝对误差(MAE)和平均绝对百分比误差(MAPE)分别为 0.30、11.53%, GM(1,1)模型的平均绝

对误差(MAE)和平均绝对百分比误差(MAPE)分别为 0.24、8.73%。因此, 针对深圳市 5 岁以下儿童死亡率的预测, GM(1,1)模型的预测效果优于 ARIMA 模型。

表 3 2005—2025 年深圳市 U5MR 的 GM(1,1)模型预测结果

Table 3 Prediction results of GM(1,1)model for U5MR in Shenzhen from 2005 to 2025

年份(年)	t	实测值 $x^{(0)}(t)$	累加值 $x^{(1)}(t)$	累加均值 $z(t)$	预测值 $\hat{x}^{(0)}(t)$	残差 $e(t)$	相对误差 (%)
2005	1	5.46	5.46	—	5.46	—	—
2006	2	5.10	10.56	8.01	4.67	0.43	8.43
2007	3	3.99	14.55	12.56	4.33	-0.34	-8.52
2008	4	4.40	18.95	16.75	4.01	0.39	8.86
2009	5	3.08	22.03	20.49	3.71	-0.63	-20.45
2010	6	3.50	25.53	23.78	3.44	0.06	1.71
2011	7	2.99	28.52	27.03	3.18	-0.19	-6.35
2012	8	2.54	31.06	29.79	2.95	-0.41	-16.14
2013	9	3.15	34.21	32.64	2.73	0.42	13.33
2014	10	2.79	37.00	35.61	2.53	0.26	9.32
2015	11	2.50	39.50	38.25	2.34	0.16	6.40
2016	12	2.21	41.71	40.61	2.17	0.04	1.81
2017	13	1.80	43.51	42.61	2.01	-0.21	-11.67
2018	14	1.87	45.38	44.45	1.86	0.01	0.53
2019	15	1.80	47.18	46.28	1.72	0.08	4.44
2020	16	1.49	48.67	47.93	1.60	-0.11	-7.38
2021	17	1.36	50.03	49.35	1.48	-0.12	-8.82
2022	18	1.60	51.63	50.83	1.37	0.23	14.38
2023	19				1.27		
2024	20				1.18		
2025	21				1.09		

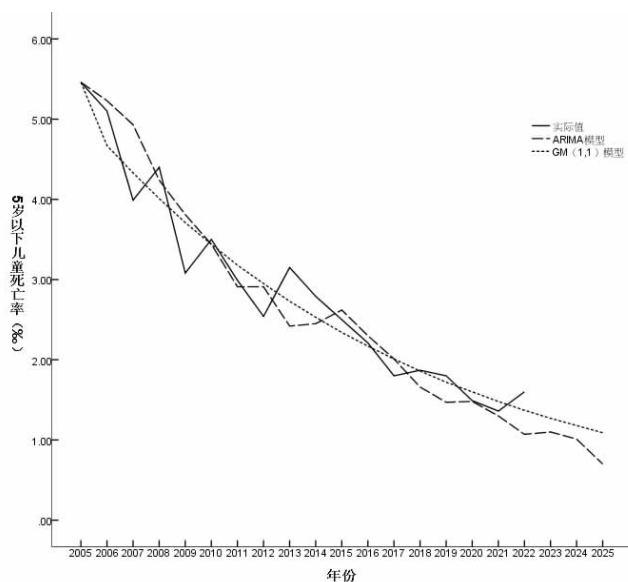


图 4 ARIMA 模型和 GM(1,1)模型拟合结果比较

Figure 4 Comparison of fitting results between ARIMA and GM(1,1)model

3 讨论

根据 2005—2022 年深圳市 U5MR 的数据可以看出,深圳市 U5MR 呈逐年下降趋势,与全国 U5MR 的变化趋势一致,但死亡率远低于全国平均水平^[8]。这与深圳市快速的经济、健全的医疗体系、完善的救助系统以及惠民的政策是密不可分的。

通过构建数学模型来预测事物的发生趋势已成

为人们认识事物发展规律及制定决策的一个重要手段。在众多统计模型中,ARIMA 模型和 GM(1,1)模型是较为常见、且比较成熟的时间序列预测模型,因模型构建过程简单,只需要历史数据即可进行建模预测,可行性较高,因此被广泛应用于疾病发病率和死亡率预测、妇幼保健指标预测、卫生人力资源和卫生费用预测、药品价格预测、门诊量预测等医疗卫生领域,为医疗决策的有效制定提供了科学依据^[9-14]。然而,ARIMA 模型和 GM(1,1)模型均存在自身的优势和不足,对于波动较大的时间序列数据,特别是当序列存在周期性波动或季节性波动时宜选用 ARIMA 模型,但该模型的缺点是需要较大的样本数据才能取得良好的预测效果;当数据的样本量较小时宜选用 GM(1,1)模型,但若序列波动较大,则预测效果可能不佳。因此,在实际工作中,应根据数据的特征选择合适的预测模型。

5 岁以下儿童死亡占 18 岁以下儿童死亡的 90% 以上,U5MR 综合反映了一个国家和地区社会发展水平和居民健康状况,因此,对 U5MR 进行精准预测可以为社会、卫生政策的科学制定提供重要的参考依据。国内学者通过采用 ARIMA 模型^[15-16]或 GM(1,1)模型^[17-19]对不同地区 U5MR 进行预测,均取得了较好的预测效果。然而,单个模型的预测结果可能存在偏差,为了提高预测精度,通常需要采用多个模型

进行对比分析。本研究为了寻找比较适合于深圳市 U5MR 的预测模型,同时构建了 ARIMA 模型和 GM(1,1)模型进行拟合及预测,从拟合结果来看,两种模型的拟合值均与实际值相吻合,通过了模型检验,均可用于深圳市 U5MR 的外推预测。但是,通过比较两种模型的平均绝对百分比误差可以发现,GM(1,1)模型的平均绝对百分比误差小于 ARIMA 模型的平均绝对百分比误差,说明 GM(1,1)模型对深圳市 U5MR 的预测效果优于 ARIMA 模型,这与庞艳蕾^[20]等的研究结果一致。

利用 GM(1,1)模型对 2023—2025 年深圳市 U5MR 进行预测,结果分别为 1.27‰、1.18‰、1.09‰,即未来三年深圳市 U5MR 逐渐下降,与现有的变化趋势一致。然而,U5MR 受很多因素的影响,比如社会、经济、医疗资源、卫生政策、居住环境等,且各种影响因素的特点不同,对 U5MR 的影响程度也不一样。本研究仅利用既往的监测数据通过构建数学模型来预测 U5MR 未来的发展趋势,未考虑其他因素变化对 U5MR 的影响,因此,在未来的研究中应将这部分影响因素纳入进来进行综合分析及预测。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] 罗家有,曾嵘. 妇幼卫生保健学概论[M]. 北京:人民卫生出版社,2010.
Luo JY, Zeng R. Introduction to maternal and child health care[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2010.
- [2] 许志秀. 2007—2016 年淄博市 5 岁以下儿童死亡变化趋势及相关因素研究[D]. 山东大学,2018.
Xu ZX. The research on the mortality trend and related factors of children under 5 years old in Zibo from 2007 to 2016 [D]. Jinan: Shandong University, 2018.
- [3] 国务院妇女儿童工作委员会. 《中国儿童发展纲要(2021—2030 年)》[EB/OL]. [2023-12-25]. https://www.nwccw.gov.cn/2021-09/27/content_295436.htm.
National Working Committee on Children and Women under State Council. Program for the Development of Chinese children 2021—2030 [EB/OL]. [2023-12-25]. https://www.nwccw.gov.cn/2021-09/27/content_295436.htm.
- [4] 深圳市人民政府. 深圳市儿童发展规划(2021—2030 年)[EB/OL]. [2023-12-26]. http://www.sz.gov.cn/zfgh/2022/gb1241/content/post_9794591.html.
Shenzhen Municipal People's Government. Program for the Development of Shenzhen Children 2021—2030 [EB/OL]. [2023-12-26]. http://www.sz.gov.cn/zfgh/2022/gb1241/content/post_9794591.html.
- [5] 易丹辉. 时间序列分析:方法与应用[M]. 2 版. 北京:中国人民大学出版社,2011.
Yi DH. Methods and applications of time series analysis[M]. 2nd ed. Beijing: China Renmin University Press, 2011.
- [6] 徐碧霞,姚卫光. 基于 GM(1,1)模型的广东省儿科医生数量缺口预测[J]. 现代预防医学,2022,49(24):4472-4476.
Xu BX, Yao WG. Prediction of pediatrician shortage in Guangdong Province based on GM(1,1)Model [J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(24): 4472-4476.
- [7] 党耀国. 灰色预测技术方法[M]. 北京:科学出版社,2015.
Dang YG. Grey prediction technique [M]. Beijing: Science Press, 2015.
- [8] 国家统计局. 监测地区 5 岁以下儿童和孕产妇死亡率[EB/OL]. [2023-12-26]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.
National Bureau of Statistics. Under-five and maternal mortality rates in the surveillance area [EB/OL]. [2023-12-26]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.
- [9] 邵升清,夏桂梅. ARIMA 模型与 GM(1,1)模型在传染病发病率中的预测效果比较[J]. 宁夏师范学院学报,2021,42(7):13-18.
Shao SQ, Xia GM. Comparison of ARIMA model and GM(1,1) model in predicting the incidence of infectious diseases [J]. Journal of Ningxia Normal University, 2021, 42(7): 13-18.
- [10] 张彬,张龙秀,王瑞,等. 基于 GM(1,1)和 ARIMA 模型的安徽省孕产妇及儿童死亡率的预测研究 [J]. 中国妇幼卫生杂志,2023,14(1):1-6.
Zhang B, Zhang LX, Wang R, et al. Prediction of maternal and children mortality rate in Anhui Province based on GM(1,1)and ARIMA model [J]. Chinese Journal of Women and Children Health, 2023, 14(1): 1-6.
- [11] 丁海峰,李立清. ARIMA 和 GM(1,1)模型预测上海市卫生总费用[J]. 南京医科大学学报:社会科学版,2021,21(5):418-423.
Ding HF, Li LQ. Forecast analysis of Shanghai's total health expenditure based on ARIMA and GM(1,1)models [J]. Journal of Nanjing Medical University(Social Sciences), 2021, 21(5): 418-423.
- [12] 张瑞华,赵大仁,何思长,等. 基于灰色 GM(1,1)模型与 ARIMA 模型的四川省卫生人力资源预测探讨 [J]. 现代预防医学,2017,44(7):1242-1247.
Zhang RH, Zhao DR, He SC, et al. Health human resource prediction based on Grey GM(1,1) model and ARIMA model, Sichuan Province [J]. Modern Preventive Medicine, 2017, 44(7): 1242-1247.
- [13] 杜亚萍,魏骅,陶群山. 基于 ARIMA 和 GM(1,1)模型的中药材价格指数预测研究[J]. 广东药科大学学报,2022,38(5):53-58.
Du YP, Wei H, Tao QS. Prediction of Chinese herbal medicine price index based on ARIMA and GM(1,1) model[J]. Journal of Guangdong Pharmaceutical University, 2022, 38(5): 53-58.
- [14] 刘国柱. ARIMA 模型与 GM(1,1)模型在医院门诊人次预测中的比较研究[J]. 中国医院统计,2017,24(1):5-8.
Liu GZ. Comparative study of ARIMA model and GM(1,1) model in hospital outpatient service forecast [J]. Chinese Journal of Hospital Statistics, 2017, 24(1): 5-8.
- [15] 刘涛. 基于 ARIMA 模型对广州市 5 岁以下儿童死亡率的预测研究[J]. 中国医院统计,2020,27(3):259-261.
Liu T. Predictions on the mortality rate of children under five in Guangzhou based on ARIMA model [J]. Chinese Journal of Hospital Statistics, 2020, 27(3): 259-261.
- [16] 刘洁,曲波,郭海强,等. ARIMA 模型在中国 5 岁以下儿童死亡率预测中应用[J]. 中国公共卫生,2011,27(2):237-238.
Liu J, Qu B, Guo HQ, et al. Application of ARIMA model in predicting mortality of children under 5 years old in China[J]. Chinese Journal of Public Health, 2011, 27(2): 237-238.
- [17] 蔡美艳,牛慧彦. 基于 GM(1,1)模型的我国 5 岁以下儿童死亡

- munity-dwelling older adults: The mediating role of disability in the activities of daily living and the instrumental activities of daily living [J]. *Health & Social Care in the Community*, 2022, 30 (6): e5848-e5862.
- [33] Oscar R, Laetitia T, Ara ú jo L, et al. Anxiety, depression and quality of Life in older adults: trajectories of influence across age[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(23): 9039.
- [34] 李莎,赵琴,周笑楠,等. 成都市社区老年人睡眠障碍与抑郁症状的相关性研究[J]. *现代预防医学*, 2023, 50(9): 1689-1693, 1705.
- Li S, Zhao Q, Zhou XN, et al. Association between sleep disorders and depressive symptoms in the community older adults in Chengdu city [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2023, 50 (9): 1689-1693, 1705.
- [35] Jemilohun AC, Fasesan OA, Ajiro TO, et al. Sleep quality in a nigerian community: prevalence of poor sleep quality, risk factors and Health-Related quality of Life[J]. *West African Journal of Medicine*, 2022, 39(7): 729-736.
- [36] Chen Y, Li MZ, Zhou L, et al. Association among sleep, depression, and health-related quality of Life in patients with non-dialysis chronic kidney disease during the coronavirus disease 2019 pandemic[J]. *Annals of Palliative Medicine*, 2022, 11(6): 1865-1875.
- 收稿日期: 2023-08-07

(上接第 470 页)

- 率预测[J]. *中国妇幼保健*, 2020, 35(21): 3914-3917.
- Qi MY, Niu HY. Prediction of mortality rate of children under 5 years old in China based on GM (1, 1) model [J]. *Maternal & Child Health Care of China*, 2020, 35(21): 3914-3917.
- [18] 郭玉秀,宋国强,周荣耀. GM(1,1)模型在江苏省 5 岁以下儿童死亡率预测中的应用 [J]. *南京医科大学学报: 社会科学版*, 2018, 18(4): 296-298.
- Guo YX, Song GQ, Zhou RY. Application of gray model (1,1) in prediction of child mortality rate under age 5 in Jiangsu Province[J]. *Journal of Nanjing Medical University(Social Sciences)*, 2018, 18(4): 296-298.
- [19] 李烟然,巫抑扬,倪洁,等. 基于灰色 GM(1,1)模型的四川省孕产妇、婴儿及 5 岁以下儿童死亡率预测研究[J]. *预防医学情报杂志*, 2022, 38(1): 88-93.
- Li YR, Wu YY, Ni J, et al. Prediction of MMR, IMR and U5Mr in Sichuan Province based on grey GM (1,1) model [J]. *Journal of Preventive Medicine Information*, 2022, 38(1): 88-93.
- [20] 庞艳蕾,张惠兰,李向云,等. 灰色模型 GM(1,1)和 ARIMA 在拟合全国婴儿、5 岁以下儿童死亡率中的应用[J]. *中国卫生统计*, 2015, 32(3): 461-463.
- Pang YL, Zhang HL, Li XY, et al. Application of grey model GM(1,1) and ARIMA in fitting National infant and under-5 mortality rates[J]. *Chinese Journal of Health Statistics*, 2015, 32(3): 461-463.
- 收稿日期: 2023-07-11

(上接第 499 页)

- 2023, 58(1): 112-116.
- [20] Santini ZI, Jose PE, York CE, et al. Social disconnectness, perceived isolation, and symptoms of depression and anxiety among older Americans(NSHAP): a longitudinal mediation analysis[J]. *The Lancet Public Health*, 2020, 5(1): e62-e67.
- [21] 曹杏玲,吴金球,孙丽萍,等. 老年跌倒骨折患者跌倒恐惧体验的纵向质性研究[J]. *护理学杂志*, 2022, 37(15): 80-83.
- Cao XL, Wu JQ, Sun LP, et al. Experience of fear of falling in elderly patients with fall-induced fracture: a longitudinal qualitative study [J]. *Journal of Nursing Science*, 2022, 37(15): 80-83.
- [22] Ellmers TJ, Wilson MR, Norris M, et al. Protective or harmful? A qualitative exploration of older People's perceptions of worries about falling[J]. *Age and Ageing*, 2022, 51(4): afac067.
- [23] Gambaro E, Gramaglia C, Azzolina D, et al. The complex associations between late Life depression, fear of falling and risk of falls. A systematic review and meta-analysis [J]. *Ageing Research Reviews*, 2022, 73: 101532.
- [24] 侯晨霞,陈彦玲,刘瑞,等. 基于信息-动机-行为技巧模型的早期康复管理在老年髋部骨折患者跌倒恐惧中的应用研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2022, 37(12): 1685-1689.
- Hou CX, Chen YL, Liu R, et al. Application of early rehabilitation management based on IMB model to fall fear in elderly patients with hip fracture[J]. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine*, 2022, 37 (12): 1685-1689.
- [25] Yao Q, Jin WY, Li Y. Associations between fear of falling and activity restriction and late Life depression in the elderly population: Findings from the Irish longitudinal study on ageing (TILDA)[J]. *Journal of Psychosomatic Research*, 2021, 146: 110506.
- 收稿日期: 2023-09-09