疾病监测
DISEASE SURVEILANCE

α-Sutte模型在疫情预测中的应用：基于R软件

刘天 谢聪 杨雯雯 姚梦雷 侯清波 黄淑琼

Application of α-Sutte model in epidemic prediction—based on software R

Liu Tian Xie Cong Yang Wenwen Yao Menglei Hou Qingbo Huang Shuqiong

在线阅读 View online: https://doi.org/10.3784/jbjc.202109090486

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

采用自回归移动平均模型预测我国狂犬病病例的研究

Prediction of rabies cases in China by using autoregressive moving average model

疾病监测. 2019, 34(12): 1082 https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2019.12.011

自回归滑动平均混合模型在辽宁省其他感染性腹泻发病预测中的应用

Application of autoregressive integrated moving average model in prediction of other infectious diarrhea in Liaoning province

疾病监测. 2021, 36(1): 69 https://doi.org/10.3784/jbjc.202009190324

自回归滑动平均混合模型在辽宁省人间布鲁氏菌病发病预测中的应用

Application of autoregressive integrated moving average model to predict human brucellosis incidence in Liaoning province

疾病监测. 2018, 33(3): 198 https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2018.03.007

基于自回归求和移动平均模型预测我国手足口病月报告发病数

Prediction of monthly reported cases of hand foot and mouth disease by ARIMA model in China

疾病监测. 2018, 33(1): 54 https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2018.01.013

2010－2018年河南省南阳市手足口病季节性差分自回归滑动平均模型预测

Application of seasonal auto regressive integrated moving average model in predicting incidence of hand foot and mouth disease in Nanyang

疾病监测. 2021, 36(7): 702 https://doi.org/10.3784/jbjc.202105130262

时间序列分析在北京市东城区艾滋病病毒感染者和艾滋病患者发病率预测中的应用

Application of time series analysis on prediction of incidence of HIV/AIDS in Dongcheng District of Beijing

疾病监测. 2017, 32(9): 731 https://doi.org/10.3784/j.issn.1003-9961.2017.09.007

关注微信公众号，获得更多资讯信息

技术与方法

α-Sutte 模型在疫情预测中的应用：基于 R 软件

开放科学（OSID）

刘天[1]，谢聪[2]，杨雯雯[2]，姚梦雷[1]，侯清波[1]，黄淑琼[2]

摘要：　目的　介绍 α-Sutte 模型的原理、方法，并利用 R 软件建立 α-Sutte 模型。比较 α-Sutte 模型与乘积季节自回归移动平均模型（SARIMA）拟合及预测效果，为 α-Sutte 模型在疫情预测中的应用提供参考。**方法**　收集 2020 年 1 月 1 日至 2021 年 7 月 16 日印度、美国、意大利、巴西、俄罗斯、南非各国新型冠状病毒肺炎（COVID-19）逐日累计报告病例数。以首例报告病例时间作为起点，起始日期至 2021 年 6 月 16 日数据作为训练数据，2021 年 6 月 17 日至 2021 年 7 月 16 日作为测试数据。利用 R 语言根据 α-Sutte 模型计算公式自行编写拟合及预测函数 α-Sutte。训练数据被用于训练 α-Sutte 模型和 SARIMA 模型。建立 2 个模型预测 2021 年 6 月 17 日至 2021 年 7 月 16 日 COVID-19 逐日报告病例数。拟合值与训练数据比较、预测值与测试数据比较评价模型拟合及预测效果。采用评价指标为平均绝对误差百分比（MAPE）。**结果**　印度、美国、意大利、巴西、俄罗斯和南非建立的最优 SARIMA 模型为 SARIMA（5，2，2）、SARIMA（0，2，2）、SARIMA（2，2，2）、SARIMA（3，2，2）、SARIMA（0，2，1）和 SARIMA（4，2，3）。α-Sutte 和 SARIMA 模型在印度、美国、意大利、巴西、俄罗斯、南非 6 个国家拟合的 MAPE 分别为 1.32%、1.34%、0.89%、1.65%、0.99%、0.99%，以及 1.51%、1.59%、0.89%、1.67%、1.03%、1.13%。α-Sutte 和 SARIMA 模型在 6 个国家预测的 MAPE 分别为 0.81%、0.09%、0.13%、1.58%、1.73%、3.77%，以及 0.09%、0.09%、0.18%、1.13%、1.83%、3.43%。**结论**　α-Sutte 模型的原理、建模简单，利用 R 语言建立的模型拟合及预测精度高，值得在疾病监测领域推广使用。

关键词：　α-Sutte；R 软件；预测；乘积季节自回归移动平均模型；疾病

中图分类号：R211; R515.1; R183　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1003−9961（2022）06−0802−05

Application of α-Sutte model in epidemic prediction—based on software R

Liu Tian[1], *Xie Cong*[2], *Yang Wenwen*[2], *Yao Menglei*[1], *Hou Qingbo*[1], *Huang Shuqiong*[2]. 1. *Department for Infectious Disease Control and Prevention*, *Jingzhou Prefectural Center for Disease Control and Prevention*, *Jingzhou* 434000, *Hubei*, China; 2. *Department for Preventive Medicine Information*, *Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention*, *Wuhan* 430079, *Hubei*, China

Corresponding author: *Huang Shuqiong,* Email: 48501247@qq.com

Abstract:　Objective　To introduce the principle and method ofα-Sutte model, establish a α-Sutte model by using software R, compare the fitting and prediction effects of theα-Sutte model and multiple seasonal autoregressive integrated moving average model, SARIMA model and provides reference for the application of theα-Sutte model in epidemic prediction. **Methods**　The daily cumulative number of reported cases of COVID-19 from India, the United States, Italy, Brazil, Russia, and South Africa from January 1, 2020 to July 16, 2021 were collected. Based on the time of the first reported case, the data reported by June 16, 2021 were used as training data, and the data reported from June 17, 2021 to July 16, 2021 were used as test data. According to the calculation formula of theα-Sutte model, the fitting and prediction functionα-Sutte() was written by software R. The training data was used to train theα-Sutte model and the SARIMA model. Two models were established to predict the number of daily reported cases of COVID-19 from June 17, 2021 to July 16, 2021. The fitted value was compared with the training data, the predicted value was compared with the test data, and the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) was used to evaluate the model fitting and prediction effect. **Results**　The optimal SARIMA models established by India, the United States, Italy, Brazil, Russia and South Africa were SARIMA(5, 2, 2) SARIMA(0, 2, 2), SARIMA(2, 2, 2), SARIMA(3, 2, 2), SARIMA(0, 2, 1) and SARIMA(4, 2, 3) respectively. The MAPE fitted by theα-Sutte and SARIMA models in India, the United States, Italy, Brazil, Russia, and South Africa were 1.32%, 1.34%, 0.89%, 1.65%, 0.99%, 0.99% and 1.51%, 1.59%, 0.89%, 1.67%, 1.03%, 1.13% respectively. The MAPE predicted by theα-Sutte and SARIMA models in 6 countries were 0.81%, 0.09%, 0.13%, 1.58%, 1.73%, 3.77% and 0.09%, 0.09%, 0.18%, 1.13%, 1.83%, 3.43% respectively. **Conclusion**　The principle and modeling of theα-Sutte model are simple. Theα-Sutte model established by software R has high fitting and prediction accuracy, and it is worth to promote in disease surveillance.

Key words:　α-Sutte; Software R; Prediction; Multiple seasonal autoregressive integrated moving average model; Disease

作者单位：1. 荆州市疾病预防控制中心传染病防治所，湖北 荆州 434000；2. 湖北省疾病预防控制中心预防医学信息研究所，湖北 武汉 430079

作者简介：刘天，男，湖北省荆州市人，主管医师，主要从事急性传染病防制工作，Email：jzcdclt@163.com

通信作者：黄淑琼，Tel:027-87652069, Email：48501247@qq.com

收稿日期：2021−09−09　　网络出版日期：2022−02−08

在新型冠状病毒肺炎（Corona virus disease 2019，COVID-19）疫情应对中，我国公共卫生体系、医疗服务体系发挥了重要作用，其中疫情预测方面可以继续完善[1-2]。使用合适的预警模型及时识别异常值是监测预警的核心，准确识别疾病流行特征并预测未来发展趋势是关键。我国自行研发的中国传染病自动预警和响应系统（China infectious diseases automated-alert and response system，CIDARS）是现行最有效的传染病监测预警系统，使用预警技术包括固定阈值法、移动百分位数法、累积控制图法、聚集性疫情预警法。但该系统存在疑似事件预警信号总体阳性率低、假阳性率高、漏警与虚警等问题[3]，预警技术相对落后是最要的原因[1]。因此亟需对预测、预警模型进行优化，以改进 CIDARS。

α-Sutte 模型是 Ahmar 等[4]于 2015 年提出的一种新型时间序列预测方法，该方法最早应用于股票等经济领域[5-6]，也被称为 α-Sutte 指数。近年来在 COVID-19[7]、婴儿死亡率预测中表现较好[8]。乘积季节自回归移动平均模型（multiple seasonal autoregressive integrated moving average model,，SARIMA）是国内外应用于传染病预测最成熟的模型。因此本研究以部分国家 COVID-19 疫情为例，利用 R 软件演示 α-sutte 模型建立，并与 SARIMA 比较拟合及预测效果，为 α-Sutte 模型推广应用提供参考，为优化 CIDARS 提供提供思路。

1 资料与方法

1.1 *资料来源* 选择印度、美国、意大利、巴西、俄罗斯、南非作为研究地点。数据来源于约翰·霍普金斯大学（https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19）实时更新数据。收集 2020 年 1 月 1 日至 2021 年 7 月 16 日逐日 COVID-19 累计报告病例数。以首例报告病例时间作为起点，起始日期至 2021 年 6 月 16 日数据作为训练数据，2021 年 6 月 17 日至 2021 年 7 月 16 日作为测试数据。训练数据用于训练 α-Sutte、SARIMA 模型并预测未来 30 d 值，数据情况见表 1。

表 1 研究地区数据收集情况

Table 1 Data collection in countries in study

国家	训练数据		测试数据	
	起始日期	终止日期	起始日期	终止日期
印度	2020/01/30	2021/06/16	2021/06/17	2021/07/16
美国	2020/01/22	2021/06/16	2021/06/17	2021/07/16
意大利	2020/01/31	2021/06/16	2021/06/17	2021/07/16
巴西	2020/02/26	2021/06/16	2021/06/17	2021/07/16
俄罗斯	2020/01/31	2021/06/16	2021/06/17	2021/07/16
南非	2020/03/05	2021/06/16	2021/06/17	2021/07/16

1.2 *方法*

1.2.1 α-Sutte 模型 是利用历史数据，基于移动平均法拟合序列趋势的原理开发。α-Sutte 模型使用 4 个历史数据（a_{t-1}、a_{t-2}、a_{t-3}和a_{t-4}）作为预测和决策的支持数据[4,9]。α-Sutte 模型计算公式：

$$a_t = \frac{\alpha\left(\frac{\Delta x}{\frac{\alpha+\delta}{2}}\right)+\beta\left(\frac{\Delta y}{\frac{\beta+\alpha}{2}}\right)+\gamma\left(\frac{\Delta z}{\frac{\gamma+\beta}{2}}\right)}{3} \tag{1}$$

其中 $\delta = a_{t-4}$，$\alpha = a_{t-3}$，$\beta = a_{t-2}$，$\gamma = a_{t-1}$，$\Delta x = \alpha - \delta = a_{t-3} - a_{t-4}$，$\Delta y = \beta - \alpha = a_{t-2} - a_{t-3}$，$\Delta z = \gamma - \beta = a_{t-1} - a_{t-2}$，$a_t$ 为时间为 t 的观察值，a_{t-k}为时间为 $t-k$ 的观察值。在 R 软件中基于上述公式，利用循环思想自行编写函数，α-Sutte 模型 R 代码见 https://github.com/tianliu88/paper/blob/master/AlphaSutte.R。函数为 αSutte ()，包含 2 个参数 *aa*、*k*。*aa* 为拟合的序列，为一个至少 4 个值的数值型向量；*k* 为预测步长，为数值型，即需要预测的值的数量。结果输出为 1 个列表，*fit* 表示拟合值，*pred* 表示预测值。

1.2.2 SARIMA 通过考虑时间序列数据中存在的相关性来进行预测。SARIMA 一般表达式为 SARIMA（p, d, q）（P, D, Q）$_{sea}$，其中 p 表示自回归阶数（autoregressive，AR），d 表示差分阶数，q 表示移动平均阶数（moving average，MA）。P 表示季节性自回归阶数（seasonal autoregressive, SAR），D 表示季节性差分阶数，Q 表示季节性移动平均阶数（seasonal moving average，SMA），*sea* 表示季节性周期。对于存在季节性模型，P、D、Q、*sea* 有取值，反之，则无取值。利用 R 软件中的“auto.arima”进行自动建模，该方法既往被广泛用于时间序列预测，表现较好[10-11]。根据以往经验，p、q 取值最大设为 5，d 最大取值设为 2，P、Q 最大取值设为 2，D 最大取值设为 1，*sea* 设为 365。赤池信息准则（Akaike information criterion，AIC）最小的原则用于筛选最优模型。

1.3 *模型评价及统计分析* 模型拟合及预测效果评价采用平均绝对误差百分比（mean absolute percentage error，MAPE），平均绝对误差（mean absolute error，MAE），均数标准差（root mean squared error，RMSE）和平均误差率（mean error rate，MER）4 个指标，这些测量指标的较小值对应于最佳模型。

$$\mathrm{MAPE} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{\left|Y_i - \hat{Y}_i\right|}{Y_i} \times 100,$$

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|Y_i - \hat{Y}_i\right| \tag{2}$$

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2},$$

$$\mathrm{MER} = \frac{(1/N)\sum_{i=1}^{N}\left|Y_i - \hat{Y}_i\right|}{\bar{Y}_i} \tag{3}$$

其中Y_i指原始观测值，$\hat{Y}_i$是预测值，$\bar{Y}$表示原始观测值的平均值，N表示原始观测值的数量。采用在 R 4.0 软件构建 α-Sutte 模型和 SARIMA。绘图利用“ggplot 2”包，ts () 函数用于建立时间序列，forecast () 函数用于 SARIMA 预测。Checkresiduals () 函数用于 SARIMA 残差 Box-Ljung Q 检验。检验水准α＝0.05。

2　结果

2.1　一般概况　截至 2021 年 7 月 16 日，印度累计报告 COVID-19 病例 3 106 万，美国报告 3 405 万，意大利报告 428 万，巴西报告 1 930 万，俄罗斯报告 584 万，南非报告 227 万。印度、南非疫情呈现快速上升、缓慢上升相互交替；美国、意大利自 2020 年 10 月以来快速上升，目前上升速度减缓；巴西、俄罗斯自疫情发生以来保持一定速度快速上升，截至 2021 年 7 月 16 日疫情仍呈快速上升趋势。见图 1。

2.2　α-Sutte 模型建立　利用自编函数 αSutte () 进行分析。首先建立名为 aa 的列表，aa 包含 India、USA、Italy、Brazil、Russia、South_Africa 元素，每个元素为训练数据起始值至最后值，如印度为 2020 年 1 月 20 日至 2021 年 7 月 16 日的累计报告病例数，共 504 个值，依次类推。写入代码：sutte <- purrr::map (aa, ～αSutte(*aa* ＝ .x, *h* ＝ 30))。运行后即得到名为 sutte 的列表，sutte 包含了名为 6 个地区的列表，每个地区列表中包含名为“*fit*”和“*pred*”的数值向量，分别表示拟合值和预测值。最终获得 6 个地区的拟合值和预测值。

2.3　SARIMA 的建立　利用 auto.arima () 函数对 6 个国家训练数据拟合 SARIMA，最优模型见表 2。6 个地区模型残差均非白噪声序列，模型残差信息提取尚不充分。见图 2。

2.4　模型拟合及预测效果　α-Sutte、SARIMA 在 6 个国家拟合及预测的 MAPE 均低于 2%。6 个国家 α-Sutte 模型 MAPE 均低于 SARIMA，MAE、RMSE、MER 指标 α-Sutte 均高于或等于 SARIMA。美国、意大利、俄罗斯 α-Sutte 模型 4 个评价指标均低于 SARIMA；印度、巴西、南非 α-Sutte 模型 4 个评价指标均高于 SARIMA。见表 3、表 4。

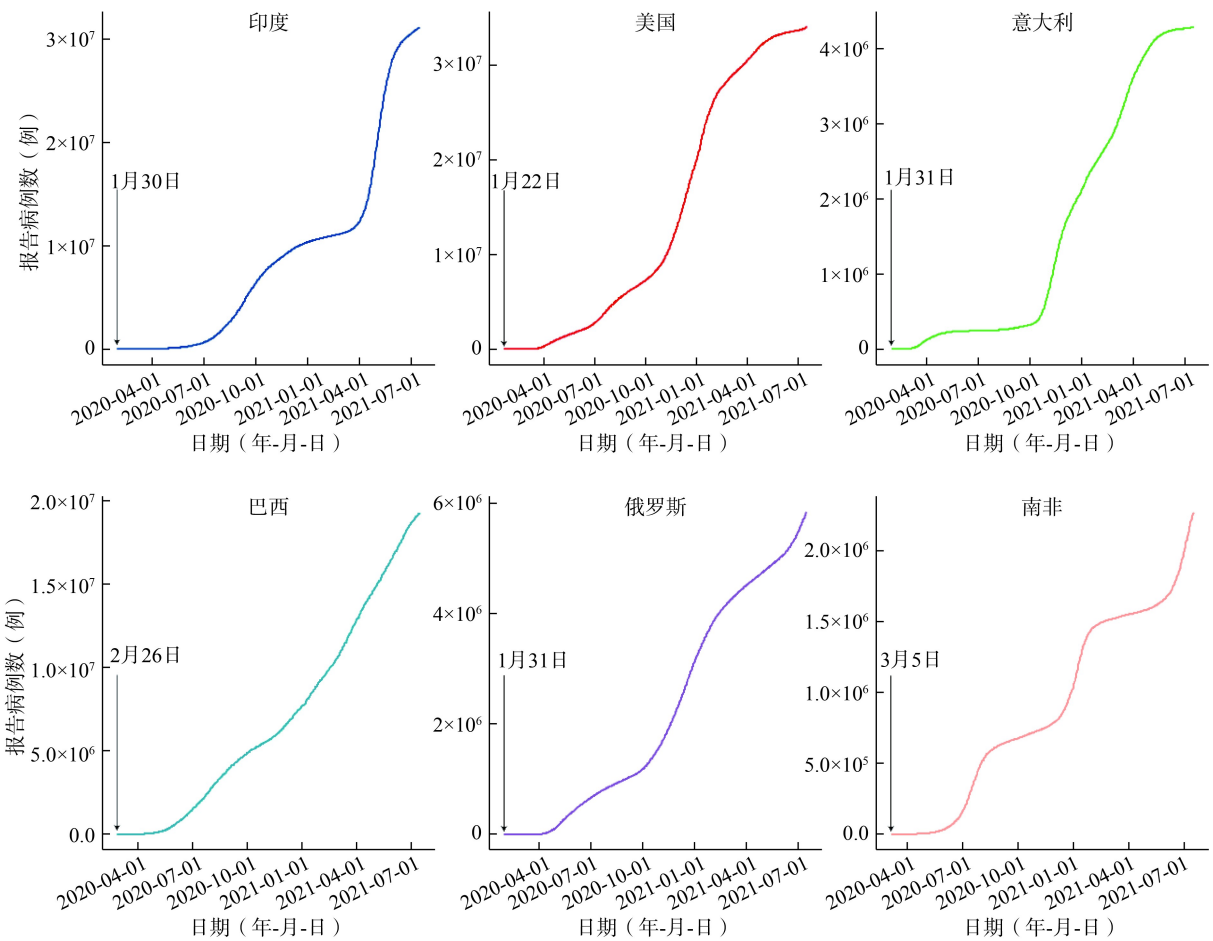

图 1　6 个国家 COVID-19 累计报告病例数时间序列

Figure 1　Time series of the cumulative number of reported cases of COVID-19 in 6 countries

表 2　6 个国家拟合 SARIMA 最优模型及残差白噪声检验

Table 2　Fitting SARIMA optimal model and residual white noise test in 6 countries

国家	模型表达式	*Q*统计量	*P*值
印度	SARIMA(5,2,2)	690.18	<0.01
美国	SARIMA(0,2,2)	1 163.18	<0.01
意大利	SARIMA(2,2,2)	668.79	<0.01
巴西	SARIMA(3,2,2)	1 315.07	<0.01
俄罗斯	SARIMA(0,2,1)	759.50	<0.01
南非	SARIMA(4,2,3)	372.67	<0.01

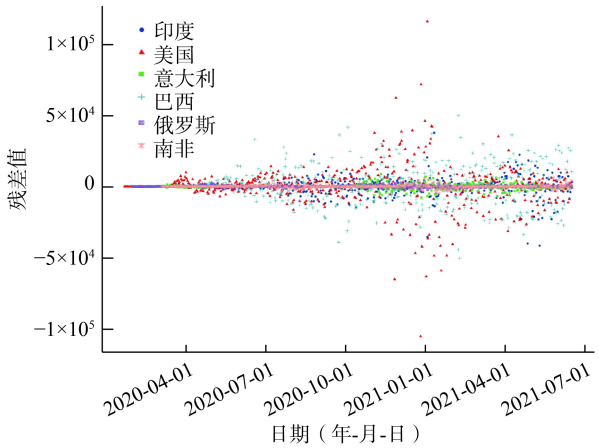

图 2　6 个国家拟合 SARIMA 的残差分布情况

Figure 2　Residual distribution of SARIMA fitting in 6 countries

3　讨论

α-Sutte 模型最初由 Ahmar 等[4]提出，用于股票的预测。众所周知，股票走势并不总是一致的，有时突然下降有时突然上升，这导致使用移动平均线收敛/发散、相对强度指数等常用技术指标的股票预测领域的准确性较低[6, 12]。α-Sutte 通过考虑股票走势的 5 个要素，即开盘价、收盘价、最高价和最低价以及交易量，克服了上述方法在预测股票走势方面的弱点[13]。随着方法的改进，发现 α-Sutte 不仅限于预测股票走势，而且可以对数据的时间序列进行预测，因为它可以合理地跟踪某些数据的动态依赖性[4, 8, 14]。本研究首次在国内将 α-Sutte 模型应用于 COVID-19 的预测，结果显示，该模型拟合及预测效果好，模型精度属于高精度模型[15]。总体而言，拟合及预测效果均优于 SARIMA。该模型较 SARIMA 具有以下 2 个优势：一是原理清晰、建模简单。SARIMA 作为一种复杂的数学模型，参数众多，非数学专业人员很难理解公式；往往要利用 R 软件、SPSS 等软件建模。α-Sutte 仅利用 4 个历史值通过函数变换既能对未来值进行预测，原理通俗易懂，通过简单函数编程，利用 excel、R 等软件即能实现预测。二是预测对数据量要求少。SARIMA 建立通常要求数据至少 50 个，建立模型结果才可信[16]。α-Sutte 模型对历史数据要求少，仅需要 4 个历史值即可对未来进行预测。在疾病监测早期，利用 α-Sutte 模型对疾病发展趋势进行初步预测具有重大意义。

R 软件作为一种开源、免费的编程软件，具有编程语言简单、模型高度集成化的优势，对于疾病监测人员建立预测、预警模型十分友好，在 R 语言中“forecast”包中包含 SARIMA 等众多时间序列预测模型可供使用，值得疾病监测人员学习使用。Ahmar 等曾利用 R 语言开发“sutteForecastR”包用于建立 α-Sutte 模型[17]，但该包于 2017 年发布后，

表 3　α-Sutte、SARIMA 模型在 6 个国家拟合效果比较

Table 3　Comparison of fitting effects of α-Sutte and SARIMA models in 6 countries

国家	α-Sutte				SARIMA			
	MAPE(%)	MAE	RMSE	MER(%)	MAPE(%)	MAE	RMSE	MER(%)
印度	1.32	5 510.28	10 617.67	0.07	1.51	3 493.99	6 416.00	0.05
美国	1.34	9 710.99	16 293.11	0.07	1.59	8 714.15	15 362.32	0.07
意大利	0.89	1 637.72	2 814.60	0.11	0.89	975.07	1 715.85	0.07
巴西	1.65	14 163.93	18 767.73	0.23	1.67	9 218.46	12 960.71	0.15
俄罗斯	0.99	466.50	696.26	0.02	1.03	382.99	587.45	0.02
南非	0.99	930.21	1 590.87	0.11	1.13	622.13	1 102.32	0.08

注：MAPE. 平均绝对误差百分比；MAE.平均绝对误差；RMSE.均数标准差；MER.平均误差率

表 4　α-Sutte、SARIMA 模型在 6 个国家预测效果比较

Table 4　Comparison of prediction effects of α-Sutte and SARIMA models in 6 countries

国家	α-Sutte				SARIMA			
	MAPE(%)	MAE	RMSE	MER(%)	MAPE(%)	MAE	RMSE	MER(%)
印度	0.81	247 553.04	306 183.09	0.81	0.09	27 171.44	37 746.81	0.09
美国	0.09	30 419.32	54 881.16	0.09	0.09	31 827.20	57 132.63	0.09
意大利	0.13	5 583.55	6 447.73	0.13	0.18	7 846.39	8 915.58	0.18
巴西	1.58	300 014.24	395 120.24	1.61	1.13	214 642.07	293 870.23	1.15
俄罗斯	1.73	97 398.04	122 177.36	1.77	1.83	103 146.17	128 914.37	1.88
南非	3.77	80 128.09	100 457.09	3.97	3.43	73 193.81	93 539.21	3.63

注：MAPE. 平均绝对误差百分比；MAE.平均绝对误差；RMSE.均数标准差；MER.平均误差率

未再维护更新，作者尝试运行报错，且考虑到该函数不适于本研究需要。所以作者自行编写预测函数，经测试运行正常，供同行参考。但在利用 α-Sutte 模型进行预测时有以下注意事项：一是 α-Sutte 模型适用于数据波动不大序列的拟合及预测。作者曾尝试利用该模型拟合 6 个国家 COVID-19 每日新增病例数，结果发现拟合效果较差，不适于每日新增病例数拟合。二是 α-Sutte 模型作为一种简单的模型，适于短期的预测。在长期预测时应慎重，可能会产生较大误差。三是该模型最少需要 4 个历史值，预测基于历史最近的 4 个值，距离较远的历史数据对模型预测无影响，因此当序列存在明显异常值可能导致模型拟合效果差。

总之，α-Sutte 模型在 COVID-19 累计报告病例数拟合及预测中表现较好，部分地区拟合及预测效果均优于 SARIMA，在疾病监测领域中的应用值得进一步探讨。另外，Ahmar 等[9]将α-Sutte 模型与SARIMA 进行组合，利用组合模型对 COVID-19 和股票进行预测，拟合及预测精度较高，今后将进一步探讨该组合模型在疾病监测领域的应用。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] 杨维中, 兰亚佳, 吕炜, 等. 建立我国传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警机制[J]. 中华流行病学杂志，2020, 41(11)：1753–1757. DOI：10.3760/cma.j.cn112338−20200722−00972.
Yang WZ, Lan YJ, Lyu W, et al. Establishment of multi-point trigger and multi-channel surveillance mechanism for intelligent early warning of infectious diseases in China[J]. *Chin J Epidemiol*, 2020, 41(11): 1753 –1757. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338−20200722−00972.

[2] 新华网. 习近平: 要立足更精准更有效地防[EB/OL]. (2020−06−02)[2021−08−25].http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-06/02/c_1126066593.htm.
Xinhuanet . Xi Jinping: To be based on more precise and effective prevention[EB/OL]. (2020−06−02)[2021−08−25]. http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-06/02/c_1126066593.htm.

[3] 王树坤, 赵世文, 伏晓庆, 等. 传染病暴发或流行的探测、监测和预警[J]. 中华流行病学杂志，2021，42(5)：941–947. DOI：10.3760/cma.j.cn112338−20201020−01251.
Wang SK, Zhao SW, Fu XQ, et al. Roles of detection, surveillance and early warning on outbreaks or epidemics of infectious diseases[J]. *Chin J Epidemiol*, 2021, 42(5): 941 –947. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338−20201020−01251.

[4] Ahmar AS, Rahman A, Mulbar U. α-Sutte Indicator: a new method for time series forecasting[J]. *J Phys Conf Ser*, 2018, 1040: 012018. DOI: 10.1088/1742−6596/1040/1/012018.

[5] Ahmar AS, Rahman A, Mulbar U. Implementation of α-sutte indicator to forecasting consumer price index in turkey[J]. *INA-Rxiv*, 2017. DOI: 10.31227/osf.io/s8jzu.

[6] Sutiksno DU, Ahmar AS, Kurniasih N, et al. Forecasting historical data of bitcoin using ARIMA and α-sutte indicator[J]. *J Phys Conf Ser*, 2018, 1028: 012194. DOI: 10.1088/1742−6596/1028/1/012194.

[7] Wang YB, Xu CJ, Yao SQ, et al. Forecasting the epidemiological trends of COVID-19 prevalence and mortality using the advanced α-Sutte Indicator[J]. *Epidemiol Infect*, 2020, 148: e236. DOI: 10.1017/S095026882000237X.

[8] Kurniasih N, Ahmar AS, Hidayat DR, et al. Forecasting infant mortality rate for China: a comparison between α-Sutte Indicator, ARIMA, and holt-winters[J]. *J Phys Conf Ser*, 2018, 1028: 012195. DOI: 10.1088/1742−6596/1028/1/012195.

[9] Ahmar AS, Del Val EB. SutteARIMA: Short-term forecasting method, a case: Covid-19 and stock market in Spain[J]. *Sci Total Environ*, 2020, 729: 138883. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138883.

[10] Awan TM, Aslam F. Prediction of daily COVID-19 cases in European countries using automatic ARIMA model[J]. *J Public Health Res*, 2020, 9(3): 1765. DOI: 10.4081/jphr.2020.1765.

[11] Kanagarathinam K, Algehyne EA, Sekar K. Analysis of 'earlyR' epidemic model and Time Series model for prediction of COVID-19 registered cases[J]. *Mater Today Proc*, 2020. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.10.086.

[12] Ahmar AS. Sutte indicator: a technical indicator in stock market[J]. *Int J Econom Financ Issues*, 2017, 7(2): 223–226.

[13] Ahmar AS, Djanggih H, Putri LD, et al. Applied sutte indicator method to predicting of stock movement of PT. astra agro lestari Tbk. (AALI)[J]. *J Phys Conf Ser*, 2018, 1114: 012012. DOI: 10.1088/1742−6596/1114/1/012012.

[14] Ahmar AS. A comparison of α-Sutte indicator and ARIMA methods in renewable energy forecasting in Indonesia[J]. *Int J Eng Technol*, 2018, 7(1.6): 20 –22. DOI: 10.14419/ijet.v7i1.6.12319.

[15] Pao HT. Forecasting energy consumption in Taiwan using hybrid nonlinear models[J]. *Energy*, 2009, 34(10): 1438–1446. DOI: 10.1016/j.energy.2009.04.026.

[16] Box GE, Jenkins GM, Reinsel GC, et al. Time series analysis: forecasting and control[M]. 5th ed. Hoboken, New Jersey: *John Wiley and Sons*, 2015: 14–16.

[17] Ahmar AS. RcmdrPlugin. sutteForecastR: an RcmdrPlugin for Forecasting Data[J]. *J Phys Conf Ser*, 2018, 1028: 012224. DOI: 10.1088/1742−6596/1028/1/012224.

刘天

ORCID: 0000−0002−5810−4318

作者贡献：

刘天：论文构思，文章写作
谢聪、杨雯雯：论文修改
姚梦雷：模型构建、数据分析
侯清波：文章修改审阅
黄淑琼：文章审核

本文创新点和学术评论句见开放科学（OSID）平台，欢迎扫描开放科学（OSID）二维码，与作者开展交流互动

引用本文：刘天，谢聪，杨雯雯，等. α-Sutte 模型在疫情预测中的应用：基于 R 软件[J]. 疾病监测，2022，37(6)：802 − 806. DOI: 10.3784/jbjc.202109090486
Liu T，Xie C，Yang WW，et al. Application of α-Sutte model in epidemic prediction—based on software R[J]. *Dis Surveill*, 2022, 37(6): 802 − 806. DOI: 10.3784/jbjc.202109090486

（本文编辑：闫东）