

A 题新冠肺炎疫情防控策略优化

摘要

新冠肺炎疫情在全球蔓延以来，各个国家采取了不同的防疫策略和措施，取得的效果也不同。而且受疫情影响全球经济衰退。本文通过收集和处理相关数据，分析了不同防疫管控措施对于新冠肺炎疫情传播和国家经济发展的影响。在此基础上引入传播系数作为评价防控策略优劣的衡量指标，并且相应的给出了不同国家更合理有效地防控策略优化方案并且分析预测此情况下 2021 年经济变化趋势。

针对问题一：本文选取了防控措施具有明显对比性质的中国和英国的疫情数据进行分析，并以采取平缓的防疫措施的美国的疫情数据作为对照同时利用拉依达准则进行数据的筛选。不同防疫措施对疫情的传播影响最终均可以在确诊率，治愈率和死亡率上得到体现，所以本文建立了指数平滑模型，基于现有的数据分别对中英美三国的疫情传播进行了可视化操作，直观反映了不同防疫政策中英美三国的疫情数据变化情况。

针对问题二：疫情期间，不同国家在不同的防疫政策推动下经济发展数据不同，通过查阅资料，本文选择失业率来衡量中英美三国在这个特殊时期的经济发展状况，通过搜寻中英美三国在 2020 年 1 月份到 2020 年 9 月的失业率，通过时间序列来建立灰色预测模型进行问题的建模，通过对灰参数的分析，得到不同防疫政策对经济发展的影响。

针对问题三：基于问题一和问题二我们建立综合评价体系，收集必要的数，利用问题一建立改进的 SIR 模型预测合理有效的疫情防控政策下 2021 年的疫情变化趋势，利用问题二灰色预测模型预测 2021 年的经济变化趋势。并根据求解的结果对中英美三国提出可行性建议。

关键词：疫情防控；SIR 模型；指数平滑模型；灰色预测

一、问题重述

1.1 问题背景

传染病对人类生命的威胁与侵害从未间断过。各种传染病接踵而至，夺去了亿万人的生命。尤其是 2019 年底爆发的新型冠状病毒肺炎（CoronaVirusDisease2019，COVID-19，以下简称“新冠肺炎”），对世界人民的生命健康与日常生活都带来了重重一击。世界各国在保证生活与抗击病毒的权重区间内取值，采取了不同的应对策略，但产生的效果差异较大。传染病的种类繁多，各自的传播特征迥异。在未来的防控工作中，根据病毒本身的传播特征，采取科学有效的防控策略才是我们既能保证生命健康又能维持经济运行的高效手段。

1.2 问题的提出

为了更加高效的解决不同疫情防控政策对疫情传播和经济变化的影响，本文解决以下问题：

- 1.收集几个典型的国家的新馆疫情及防疫管控措施的相关数据，建立数学模型，描述不同防疫管控措施对疫情传播的影响。
- 2.在问题一的基础上收集这几个国家经济方面的数据，建立数学模型，分析比较疫情对几个国家经济发展的影响。
- 3.请结合问题 1 和问题 2 的研究结果，通过建立综合评价体系，并收集必要的数据，提出你们认为对不同国家更合理有效的防控策略优化方案，并预测在此防控方案下的各国 2021 年疫情及经济变化趋势。

二、问题分析

2.1 问题一

不同的国家和地区，防疫措施具有明显的不同，问题一需要建立合理的模型用来分析不同防疫措施对疫情传播的影响。其中以中英美三国的防疫措施为例，以三个国家的确诊率，治愈率和死亡率描述疫情传播的影响，本文中最开始运用指数平滑的时间序列模型，描述现有数据的疫情影响并预测中英美三国未改变防疫措施的情况下，疫情的持续影响。并用 MATLAB 进行仿真得到可视化结果。

2.2 问题二

由于不同国家采取了不同的防疫管控措施，因此此次新冠疫情对不同国家的经济发展的影响也是不同。通过查阅相关资料，发现一个国家的失业率可以很好的衡量这个国家在本阶段的经济发展情况，通过搜集中英美三国在 2019 年 12

月到 2020 年 7 月份的失业率，将政策与经济发展实况进行比较，并且建立灰色预测模型描述不同政策下疫情对三国的经济状况进行可视化表述，并为问题三做准备。

2.3 问题三

对于问题三，建立综合评价模型，本文将利用问题一已有分析以及 SIR 模型建立改进的 SIR 模型（政策影响因素）预测在不同政策下中国，美国和英国三个国家在 2021 年疫情发展的情况并进行可视化显示，利用问题二的灰色预测模型求解灰参数然后预测在不同政策下美国中国英国三个国家的经济发展走势，并且将根据预测数据对不同国家提出可行性建议。

三、模型假设

- 1. 假设选取的数据来源可靠真实。
- 2. 假设预测的该地区人口始终保持一个常数，即不考虑人口的出生、死亡、流动等种群动力因素。
- 3. 假设一个病人一旦与与易感者接触就必然具有一定的传染力。
- 4. 假设单位时间内，从染病者中移出的人数与病人数量成正比。
- 5. 假设单位时间内，感染者所能感染的人数与易感者的人数成正比。
- 6. 假设治愈者在疫情期间不会再次感染新型冠状病毒肺炎。
- 7. 假设所有人对新型冠状病毒都易感。

四、符号说明

表 4 — 1

变量名	符号说明
E	均值
S	标准差
α	平滑系数
$S_t^{(i)}$	i 次指数平滑值
$s(t)$	易感人群在 t 时刻所占的比例
$y(t)$	感染人群在 t 时刻所占的比例
$r(t)$	治愈人群在 t 时刻所占的比例
$q(t)$	死亡人群在 t 时刻所占的比例
β	感染强度
γ	日治愈率
m	死亡率
Δt	时间增量
N	地区总人口数

五、模型的建立和求解

5.1 数据预处理和建模准备

5.1.1 数据集及来源

根据题目的相关信息和建模需求，分别收集整理了一下数据：

- 1.中英美三国 2020 年 1 月 13 号到 11 月 28 号的官方疫情数据；
- 2.中英美三国 2020 年 1 月到 2020 年 9 月的失业率；
- 3.部分国家的人口数量，人口密度，经济状况等；

5.1.2 数据的预处理

● 拉依达准则

剔除记录缺失、操作异常及记录明显错误的数据后根据拉依达准则，剔除每列数据中不符合要求的数据，并将其所在行一并剔除。具体步骤如下：

分别计算第 i 列数据的均值记为 E ，标准差记为 S ，则每个数据 x 落在 $(E-3S, E+3S)$ 内的概率为 99.7%。若 $|x-E| \geq 3S$ 则该数据记为“坏值”，并将其剔除，如果数据中发“坏值”，剔除“坏值”。之后重新计算 E 、 S 再次检验，直到无“坏值”为止。

5.2 问题一

采取不同措施的国家和地区，疫情发展呈明显不同，我们选取的三国国家中国，英国和美国具有明显的差异，中国较早采取封城措施并逐一排查筛选各种疑似病例，英国采取的是“群体免疫”政策，美国封城不彻底，封城时间较晚。本文收集了三个国家的新冠肺炎的确诊率，治愈率和死亡率的数据建立指数平滑模型，分析不同防疫政策对疫情传播的影响，并预测了未来一段时间中英美的疫情传播的影响。

5.2.1 建立指数平滑模型

指数平滑法将历史观测值进行加权求和作为预测值，对历史数据按照时间先后分别设置不同的权重，新近数据的权重值较大，旧数据的权重值较小，在预测传染病的发病率中表现良好，指数平滑法可以分为一次指数平滑法、二次指数平滑法和三次指数平滑法，它们适用于具有不同变化趋势的数据。其中，二次指数平滑法适用于具有趋势和季节性的数据列，是对一次指数平滑的再平滑。根据中国、美国、英国的新冠肺炎疫情数据的变化趋势，二次指数平滑模型更加适合。其公式为：

$$\begin{aligned} S_t^{(1)} &= \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1}^{(1)} \\ S_t^{(2)} &= \alpha x_{(t)}^{(1)} + (1-\alpha)S_{t-1}^{(2)} \end{aligned}$$

其中， $S_t^{(1)}$ 为一次指数平滑值， $S_t^{(2)}$ 为二次指数平滑值， α 为平滑系数。对未来 T 期的 $x(t+T)$ 进行预测：

$$x(t+T) = A_T + B_T T$$

其中，

$$A_T = 2S_t^{(1)} - 2S_t^{(2)}$$
$$B_T = \frac{\alpha}{(1-\alpha)}(S_t^{(1)} - S_t^{(2)})$$

5.3.2 问题一模型求解

运用 MATLAB 对数学模型进行求解，分析不同防疫政策对疫情传播的影响，并对中国、美国、英国在未来一个月的累计确诊人数、累计治愈人数和累计死亡人数进行分析，得到疫情趋势图，如图所示：

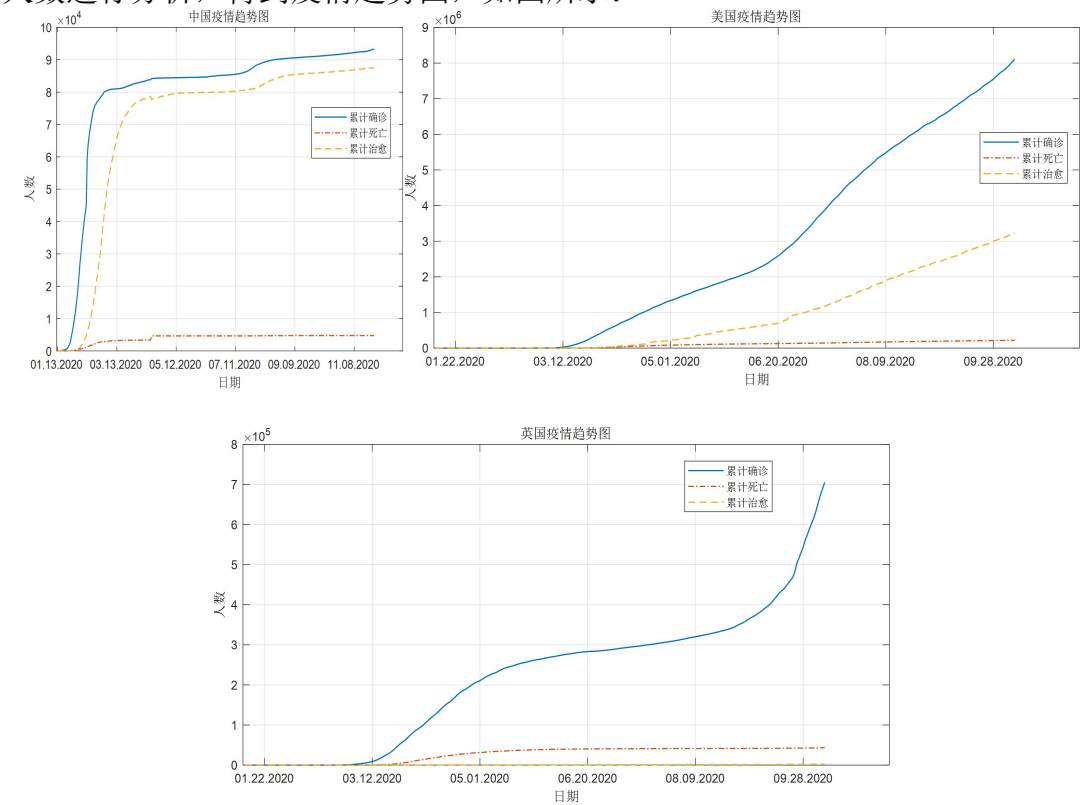


图 5-1 不同政策对疫情传播的影响

由图 5-1 可知，采取不同措施的国家 and 地区，未来疫情的发展也呈现明显不同。其中，较早采取封城措施的中国，未来的疫情基本平稳，不会出现较大的波动；对于采取“群体免疫”的英国，确诊人数将继续以较大的趋势累计增长，而且从累计治愈人数上可知，英国的医疗体系可能出现局部击穿，这将产生恶性循环，导致未来的死亡人数呈现较大的增速；对于封城不彻底的美国而言，较为宽松的抗疫政策并没能阻止疫情的扩散，但由于美国人口密度较低，医疗资源丰富等原因，并未出现明显的医疗体系击穿趋势。

5.3 问题二的模型建立与求解

2019 年年底爆发的新冠疫情，迅速在全世界蔓延开来。由于新冠疫情具有传染性高、潜伏期长等特点，导致不同国家和地区均受到不同程度的影响，许多行业由于疫情的原因而停工停产，严重阻碍了世界各国人民的经济发展。

表 5-1 中英美三国失业率数据

日期	Jan-20	Feb-20	Mar-20	Apr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Aug-20	Sep-20
中国	5.3	6.2	5.9	6	5.9	5.7	5.6	5.4	5.3
美国	3.6	3.5	4.4	14.7	13.3	11.1	10.2	8.4	7.9
英国	3.9	4	4	4	4.1	4.1	4.3	4.5	4.8

为了描述不同国家的经济发展，我们希望通过分析不同国家在不同时间段的失业率，来大体反映不同国家的不同时间段的经济发展状况。

接下来，我们将利用灰色预测模型来描述不同国家的经济发展状况。灰色预测模型通过以下方程来进行描述：

微分方程：

$$\frac{dx}{dt} + ax = u$$

预测模型：

$$x(t) = \left[x(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-a(t-1)} + \frac{u}{a}$$

式中：

$$\begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(1)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(n) + x^{(1)}(n-1)] & 1 \end{bmatrix}$$

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

我们通过 Matlab 都模型进行求解，就可以得到灰参数 a, u

通过计算，我们得到了中国的灰参数 $a = 0.0210, u = 6.3583$ ，美国的灰参数 $a = -0.0350, u = 7.8530$ ，英国的灰参数 $a = -0.0260, u = 3.6998$

因此得到，

中国的模型为： $x(t) = -297.4762e^{-0.021(t-1)} + 302.7762$

美国的模型为： $x(t) = 227.9714e^{0.035(t-1)} - 224.3714$

英国的模型为： $x(t) = 146.2e^{0.026(t-1)} - 142.3$

观察各个国家的模型灰参数我们可以发现,不同国家的失业率在疫情期间展现了不同变化情况。

采取封城措施的中国,在疫情期间失业率出现了急剧波动,但很快恢复了以往水平,并开始逐渐衰减,说明新冠疫情爆发期间确实对中国经济产生了影响,但这种影响随着中国疫情情况的缓和,也逐渐变得越来越小。

采取平缓防疫措施的美国,在疫情期间失业率出现了大幅度的波动,失业率持续走高,严重影响了社会秩序,说明新冠疫情的爆发严重影响了美国经济的发展,疫情期间的美股多次熔断也恰好证明了我们的观点。

采取“群体免疫”的英国,根据数据来看,在疫情前期失业率相对稳定,似乎并未受到大的影响,但我们的模型显示,英国的失业率有明显攀升的迹象,经过我们分析讨论,我们猜想应该这是由于英国前期的“群体免疫”措施以及感染人数较少的情况并未影响到英国人民的生产生活计划,因此反映在失业率上似乎并未受到很大的波及,但随着新冠疫情的蔓延,越来越多的英国人民被感染,“群体免疫”政策明显不起作用,导致各个行业不得不停工停产,使得英国人民的失业率开始上升,这也侧面反映,“群体免疫”等同于短时间内的掩耳盗铃行为,新冠疫情对于其经济发展的影响是无法掩盖的。

5.4 问题三的模型建立与求解

基于问题一的分析,本文认为中国采取的措施即尽早封城逐一排查感染源这种防控策略最有效,为了预测 2021 年疫情变化趋势我们建立改进的 SIR 模型,在问题一中我们已经根据指数平滑法预测了中国、美国、英国未来一段时间内的确诊、治愈和死亡人数的变化确实。虽然指数平滑模板具有拟合度高的优点,但是它过于依赖历史数据,对政府强有力的措施的反应不明显。相比之下经典的 SIR 模型可以分析出具有免疫力的人群在疾病传播中的感染情况。与此同时,考虑到疫情防控的措施下疫情的变化情况,本文采用改进的 SIR 模型,在经典的 SIR 模型的基础上加入措施项以及新冠病人的死亡者。

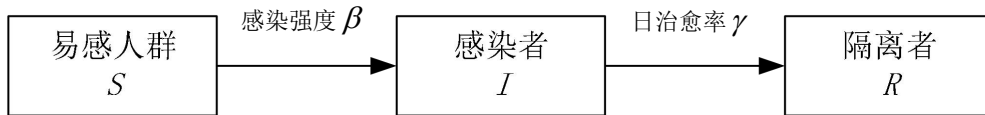


图 5-2 SIR 模型结构

在改进的 SIR 模型中, $s(t)$, $y(t)$, $r(t)$, $q(t)$ 分别表示易感人群, 感染人群, 治愈人群, 死亡人群在 t 时刻所占的比例, 且 $s(t) + y(t) + q(t) + r(t) = 1$. 沿袭经典的 SIR 模型, β 表示感染强度, 即每个病人每天有效接触的平均人数; γ 表示日治愈率; 并引入死亡率 m , 设置时间增量 Δt , 依然假设地区的总人口数 N 保持不变. 则 Δt 内增加的感染者人数为:

$$N[y(t + \Delta t) - y(t)] = \beta N y(t) s(t) \Delta t - \gamma N y(t) \Delta t - N m y(t) \Delta t$$

Δt 内减少的未感染者人数为:

$$N[s(t + \Delta t) - s(t)] = -\beta N y(t) s(t) \Delta t$$

Δt 内减少的治愈者人数为:

$$N[r(t + \Delta t) - r(t)] = \gamma N y(t) \Delta t$$

Δt 内减少的死亡者人数为:

$$N[q(t + \Delta t) - q(t)] = N m y(t) \Delta t$$

将上述三式两端除以 Δt , 消去 N , 取极限得:

$$\begin{cases} \frac{d_y}{d_t} = \beta sy - \gamma y - my \\ \frac{d_s}{d_t} = -\beta sy - ps \\ \frac{d_r}{d_t} = \gamma y + ps \\ \frac{d_q}{d_t} = my \end{cases}$$

假设病人的日接触率 $\beta = 0.3$ ，根据改进的 SIR 模型方程，采用 MATLAB 软件及龙格库塔法编程预测新冠肺炎疫情自 2021 年 1 月起一年内的发展趋势。

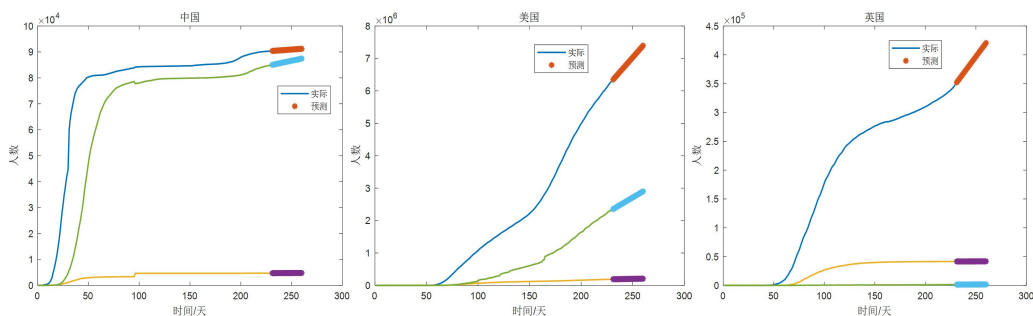


图 5-3 中美英疫情预测

根据图像曲线我们可以发现，采取不同的防疫管控措施会直接影响疫情在该地区的发展。中国的封城措施已经控制住了疫情的发展，而美国较为缓和的防疫政策与英国的群体免疫政策，都使疫情的发展出现了不可控的地步。根据预测可知，中国将会在 2021 年战胜疫情，而美国与英国将会面临疫情失控的地步。鉴于中国抗疫成功的案例，建议英美两国采取封城进行抗疫。

对于中美英三国 2021 年的经济预测，本文将采用问题二的灰色预测模型进行预测，其中 Matlab 仿真结果图如图所示：

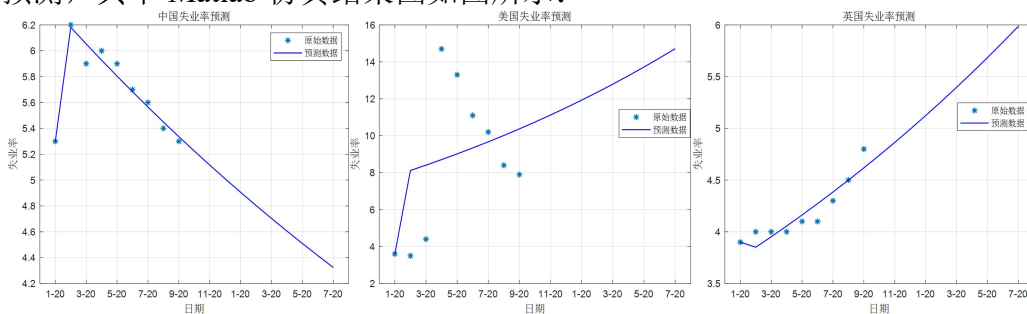


图 5-4 中美英失业率预测

通过对中美英的仿真图分析，可以发现，中英两国的数据与模型拟合程度较好，而美国则出现了较大偏差，我们分析原因可能在于三、四月份美国失业率的急剧攀升使得模型在拐点处，出现了不能很好拟合的问题。为了验证预测模型是否仍存在可信性，我们将美国十、十一月份的真实失业率与预测数据进行比对，发现真实数据与预测数据能够较好地拟合，因此认为该模型尽管在美国方面原始数据与预测数据拟合上存在较大误差，但其预测数据仍然具有较高的可信度。

通过分析仿真图预测数据的走势，可以发现：

中国在采取封城措施进行防疫以后，失业率明显的出现了拐点，失业率由原

来的增函数变成了减函数，侧面反映中国的封城防疫措施大大降低了疫情对于经济发展的影响。

反观英美两国的预测曲线，失业率持续走高。但是相对而言，美国的预测曲线的失业率增长趋势要比英国的缓和许多，经分析，猜想可能是采取的防疫政策不同所导致的，美国采取较为缓和的防疫措施，且美国的医疗资源较为丰富，因此美国的治愈率是比英国高很多的。由于英国前期采取的是群体免疫政策，对于新冠疫情患者的治愈和隔离并没有很重视，任由新冠疫情的蔓延和扩散，因此英国的传染率和死亡率也出现一个持续走高的状态，这就导致了英国的失业率伴随着新冠疫情的蔓延也出现一个持续走高的状态。而失业率的持续走高侧面反映了英国的经济发展严重受到了新冠疫情的影响。经预测，在未来半年内，如果不考虑疫苗普及等转折性事件的发生，英美两国的经济发展将由于新冠疫情严重受阻。

六、模型的评价

6.1 模型的优点

1. 本模型利用的数据是根据拉依达准则利用 Excel 及其他计算工具进行表格欲处理后的数据，因此数据的可信度较高。
2. 针对不同的应用情景采取不同的预测模型，兼顾预测的拟合和动态效果。
3. 本模型成功的拟合了疫情传播数据以及经济发展数据，从而更加直观的展示了不同防疫政策对于疫情传播和经济发展的影响。

6.2 模型的缺点

1. 本模型在数据急剧变化时的拟合程度并不好，这就意味当紧急事件发生时（如疫苗普及），该模型的预测数据可能会有较大误差。
2. 由于疫情在自然传播下很难检测实时的感染人数，官方公布的确诊人数可能比实际数值偏低，从而导致预测出的结果与实际值的偏差增大。
3. 由于实际疫情数据是非线性的，因此在数据耦合过程中，模型对于变量的评价可能不准确。

七、参考文献

- [1] Li Q,GuanX,WuP,etal.Early transmission dynamics in Wuhan,China,of novel coronavirus-infected pneumonia[J].N EnglJMed,2020,doi:10.1056/NEJMoa2001316.[Epub ahead of print].
- [2] 林自强.基于平滑指数模型的某地区私家车保有量预测[J].科技创新导报,2010(17):61.
- [3]徐琛辉,马明辉.基于拉依达准则的交通数据粗大误差处理优化方法[J].上海工程技术大学学报,2018,32(01):64-67.
- [4]盛华雄,吴琳,肖长亮.新冠肺炎疫情传播建模分析与预测[J].系统仿真学报,2020,32(05):759-766.
- [5]张艳霞,李进.基于 SIR 模型的新冠肺炎疫情传播预测分析[J].安徽工业大学学报(自然科学版),2020,37(01):94-101.
- [6]王紫东,吉博文.改进灰色模型在经济预测中的应用[J].科技经济导刊,2020,28(20):234.

八、附录

程序代码:

```
ques_1.m
clc,clear,close all
load('chinadailystatus20201129.mat');
x=table2array(chinadailystatus20201129(:,2));
y1=table2array(chinadailystatus20201129(:,3));
y2=table2array(chinadailystatus20201129(:,5));
y3=table2array(chinadailystatus20201129(:,6));
Y0=[y1(1:230);y2(1:230);y3(1:230)];
for i=1:3
    [Y,S1,S2,a,b]=expsmooth2(Y0(i,:),0.5,30);
End
```

```
expsmooth2.m
function[Y,S1,S2,a,b]=expsmooth2(Yt,alpha,t)
n=length(Yt);
S1(1)=Yt(1);
for i=2:n
    S1(i)=alpha*Yt(i)+(1-alpha)*S1(i-1);
end
S2(1)=S1(1);
for i=2:n
    S2(i)=alpha*S1(i)+(1-alpha)*S2(i-1);
end
for i=1:n
    a(i)=2*S1(i)-S2(i);
    b(i)=alpha/(1-alpha)*(S1(i)-S2(i));
end
for i=1:t
    Y(i)=a(n)+b(n)*i;
end
plot(1:n,Yt,(n+1):(n+t),Y,'*','LineWidth',1.5);
xlabel('时间/天');
ylabel('人数');
title('中国');
legend('实际','预测')
hold on
end
```

```
ques_1_US.m
load('chinadailystatus20201129.mat');
load('US_confirm.mat');
load('US_death.mat');
load('US_recover.mat');
x=table2array(chinadailystatus20201129(:,2));
y1=table2array(US_confirm(1,5:274));
```

```

y2=table2array(US_death(1,5:274));
y3=table2array(US_recover(1,5:274));
figure
plot(1:270,y1,1:270,y2,'-',1:270,y3,'--','LineWidth',1)
set(gca,'xtick',10:50:279);
set(gca,'xticklabel',x(10:50:279));
xlabel('日期');
ylabel('人数');
title('美国疫情趋势图');
legend('累计确诊','累计死亡','累计治愈')
grid on

```

```

ques_1_UK.m
load('chinadailystatus20201129.mat');
load('UK_confirm.mat');
load('UK_death.mat');
load('UK_recover.mat');
x=table2array(chinadailystatus20201129(:,2));
y1=table2array(UK_confirm(1,5:274));
y2=table2array(UK_death(1,5:274));
y3=table2array(UK_recover(1,5:274));
figure
plot(1:270,y1,1:270,y2,'-',1:270,y3,'--','LineWidth',1)
set(gca,'xtick',10:50:279);
set(gca,'xticklabel',x(10:50:279));
xlabel('日期');
ylabel('人数');
title('英国疫情趋势图');
legend('累计确诊','累计死亡','累计治愈')
grid on

```

```

ques_1_CH.m
load('chinadailystatus20201129.mat');
x=table2array(chinadailystatus20201129(:,2));
y1=table2array(chinadailystatus20201129(:,3));
y2=table2array(chinadailystatus20201129(:,5));
y3=table2array(chinadailystatus20201129(:,6));
figure
plot(1:321,y1,1:321,y2,'-',1:321,y3,'--','LineWidth',1)
set(gca,'xtick',1:60:321);
set(gca,'xticklabel',x(1:60:321));
xlabel('日期');
ylabel('人数');
title('中国疫情趋势图');
legend('累计确诊','累计死亡','累计治愈')
grid on

```

```

ques_2.m

```

```

clear,clc;close all
syms a b;
c=[a b]';
x={'1-20','2-20','3-20','4-20','5-20','6-20','7-20','8-20',...
    '9-20','10-20','11-20','12-20','1-20','2-20','3-20','4-20','5-20','6-20','7-20'};
load('unemployment_rate.mat');
A=unemployment_rate(3,:);
B=cumsum(A); % 原始数据累加
n=length(A);
for i=1:(n-1)
    C(i)=(B(i)+B(i+1))/2; % 生成累加矩阵
end
% 计算待定参数的值
D=A;D(1)=[];
D=D';
E=[-C;ones(1,n-1)];
c=inv(E'*E)*E'*D;
c=c';
a=c(1);b=c(2);
% 预测后续数据
F=[];F(1)=A(1);
for i=2:(n+10)
    F(i)=(A(1)-b/a)/exp(a*(i-1))+b/a ;
end
G=[];G(1)=A(1);
for i=2:(n+10)
    G(i)=F(i)-F(i-1); %得到预测出来的数据
end
t1=1:9;
t2=1:19;
G
plot(t1,A,'*',t2,G,'b','LineWidth',1) %原始数据与预测数据的比较
legend('原始数据','预测数据');
xlabel('日期')
ylabel('失业率')
set(gca,'xtick',1:2:19);
set(gca,'xticklabel',x(1:2:19));
title('英国失业率预测')
grid on

```

```

ques_3.m
clc,clear
load('chinadailystatus20201129.mat');
x=table2array(chinadailystatus20201129(:,2));
y1=table2array(chinadailystatus20201129(:,3));
y2=table2array(chinadailystatus20201129(:,5));

```

```

y3=table2array(chinadailystatus20201129(:,6));
global date cases %定义真实数据为全局变量供函数调用
date=[0:70]';
%
cases=[7;12;15;15;16;18;23;24;24;25;27;28;28;28;28;29;30;31;46;80;155;345;601;
762;892;1146;1595;2022;2931;3526;4212;4812;5328;5766;6284;6767;7134;7382;75
13;7755;7869;7979;8086;8162;8236;8320;8413;8565;8652;8799;8897;8961;9037;91
37;9241;9332;9478;9583;9661;9786;9786;9976;10062;10156;10237;10284;10331;10
384;10423;10450];
cases=y1(10:80);
bmin=[0.0000005,0.005,8000,0.001,0]';
bmax=[0.000050,0.5,15000,50,0]';
ff=optimset;
ff.LargeScale='off';
ff.TolFun=1e-30;
ff.TolX=1e-20;
ff.TolCon=1e-30;

b_0=[0.0000046,0.02,10000,10,0]';%需要拟合的参数，依次为 lambda/N miu S0 I0
%有约束极小优化参数
[btarget,y]=fmincon(@parameter,b_0,[],[],[],[],bmin,bmax,[],ff);
%优化后参数计算数据
date=0:120;
dateRaw=0:length(cases)-1;
[date,X]=ode45(@SIR,date,btarget(3:5),[],btarget(1:2));
S=X(:,1);
I=X(:,2);
R=X(:,3);
Rsquare=corrcoef(R(1:length(cases)),cases);

figure
scatter(dateRaw,cases,'SizeData',50)
hold on
plot(date,S,'LineWidth',2)
plot(date,I,'LineWidth',2)
plot(date,R,'LineWidth',2)

text_shown={};%元胞数组传入多行图注
text_shown{1}=['beta = ',num2str(btarget(1))];
text_shown{2}=['mu = ',num2str(btarget(2))];
text_shown{3}=['S_0 = ',num2str(btarget(3))];
text_shown{4}=['I_0 = ',num2str(btarget(4))];
text_shown{5}=['r^2 = ',num2str(Rsquare(1,2))];

h=legend('# of cases','S_{pre}','I_{pre}','R_{pre}');

g=text(0.5,0.5,text_shown, 'FontSize',14);
g.Units='normalized';
g.Position=[0.8,0.5];

```

```
xlabel('日期');  
ylabel('人数');  
set(gca,'fontsize',16);  
set(h,'Box','off');  
pbaspect([1 0.618 1])
```

```
clear global
```

```
function errx=parameter(b)  
%为计算误差平方和函数  
global date cases  
datax=outbreak(b,date);  
errx=sum((cases-datax).^2);  
end  
function X=outbreak(b,date)  
%为单独计算隔离者人数函数  
[~,X]=ode45(@SIR,date,b(3:5),[],b(1:2));  
X=X(:,3);  
end  
function dX=SIR(t,X,c)  
%为 SIR 模型函数  
dX=[-c(1)*X(1)*X(2);  
c(1)*X(1)*X(2)-c(2)*X(2);  
c(2)*X(2)];  
end
```