

# 2020 第十二届“深大杯” 数学建模竞赛

计算机与软件学院 姓名：徐宇明

经济学院 姓名：陈琪

经济学院 姓名：冯济深

# 基于改良后的 SEIR 模型对我国经济预测分析

## 摘要

己未庚初，一场突如其来的疫情席卷中国大地，较为严重地影响了我国人民的正常生活。在过去 3 个月中，我国疫情得到基本控制，但是由于期间的一系列抗疫措施，我国经济受到了一定的冲击。为了研究疫情对我国经济短期与中长期的影响，我们分别采用与改造不同的模型进行分析和预测：

对于短期预测，我们对 SEIR 模型进行改良，结合新型冠状病毒的特征加入了诸如无症状感染者的影响。同时，我们使用了高斯曲线拟合等方法对模型中参数进行估计，随后将推导出的微分方程转化为差分方程并进行计算机模拟。我们将得到的余存患者数量曲线与 3 种股市指数进行相关性分析。最终，我们发现：在短期内，疫情对总体经济的影响较大，尤其是对中小企业的打击较为严重。而对第一产业相关企业影响较小。

对于中长期预测，我们采用了索洛模型，分析了影响中长期国民生产总值最重要的两个因素：国民储蓄率和人口自然增长率在疫情过后的长期变化趋势。我们认为在中长期看来，疫情的影响只是短暂的。随后，我们运用时间序列分析中的 Holt-Winters 乘法模型对未来我国经济进行预测。经过分析，从长远来看，我们认为中国经济在未来仍会保持较高较快的增长率。

关键字： 改良 SEIR 模型 高斯拟合 指数拟合 计算机仿真模拟 相关性分析 索洛模型 Holt-Winters 乘法模型

# 目录

一、问题重述 .....	<b>3</b> .....
1.1 问题背景.....	3
1.2 问题提出.....	3
二、问题分析 .....	<b>3</b> .....
三、基本假设 .....	<b>4</b> .....
四、符号说明 .....	<b>4</b> .....
五、模型的建立与求解 .....	<b>5</b> ....
5.1 问题一.....	5
5.1.1 通过改良 SEIR 模型生成存余病患数量图反馈疫情程度.....	5
5.1.2 计算机仿真模型 .....	7
5.1.3 通过股票指数反馈经济情况 .....	9
5.1.4 结合指数走势图和余存患者图对短期经济形势进行预判 .....	9
5.1.5 问题一小结 .....	10
5.2 问题二.....	11
5.2.1 利用索洛模型分析中国中长期 GDP 发展 .....	11
5.2.2 通过 Holt-winters 乘法模型对中长期经济进行预测 .....	12
5.2.3 问题二小结 .....	14
六、模型的评价 .....	<b>14</b> ....
6.1 模型优点.....	14
6.2 模型缺点.....	15
6.3 模型推广.....	15

# 一、问题重述

## 1.1 问题背景

重大突发事件是一个统称，指对社会经济发展带来重大损失与深远影响的各类事件或危机状态。根据我国《突发事件应对法》，当前所明确涵盖的“重大”等级以上的突发事件的爆发一般会导致社会经济发展偏离既定路径，在短期内会对经济发展造成冲击效应，同时也会在中长期经济发展造成潜在影响。

2019 年 12 月，武汉市部分医疗机构陆续出现不明原因肺炎病人。武汉市持续开展流感及相关疾病监测，发现病毒性肺炎病例 27 例，均诊断为病毒性肺炎和肺部感染。由于时间临近中国传统节日春节，在武汉出现的该种病毒随着返乡的人流大潮迅速扩散至全中国以及海外各地。2020 年 1 月 23 号，武汉封城，我国其他地区也及时采取“减少外出，居家隔离”等措施对疫情进行防控。经过两个月数万名医护人员的不懈努力和全国人民聚力同心，我国国内每日新增病例控制在 20 人内，病患数量不断减少。但是由于居家令，几乎所有企业都处于停摆状态，中小企业资金状况普遍紧张，倒闭或破产数量不断上升。同样因为外出游人减少，旅游业、餐饮业和制造业受到了严重影响，2020 年一季度几乎完全处于亏损状态。

总体来说，疫情的出现与蔓延对我国所有的产业都产生了前所未有的打击。因此，对当下经济情况的分析、对中长期经济走势的预测判断在此时显得尤为重要。

## 1.2 问题提出

选取 2019 新型冠状病毒疫情（以下简称“新冠疫情”或“2019-nCoV”）该重大突发事件作为本篇论文的分析研究对象，收集与该疫情相关的数据信息，利用合理的数学模型或者数据统计分析方法分析：

1. 短期内，新冠疫情对于社会经济的影响。
2. 中长期内，新冠疫情对于社会经济的影响。

# 二、问题分析

问题一：

问题一要求分析疫情对经济的影响，需要寻找分别代表此二者的中间变量进行量化比较。对于经济情况，由于 GDP 和工业生产指数等计算周期较长，不具有时效性，我们将使用疫情期间 3 种组合的每日股价走势来代表，分别是 A 股所有流通股每日收盘价指数、中小企业股指数和农业指数。

对于疫情，我们采用每日余存患者数量来量化疫情程度。在原有 SEIR 模型基础上，我们进行了 3 处改良——增加考虑复阳情况（患者痊愈后重新被病毒感染）、病毒感染概率由常数变为随时间递减方程和患者出现症状后立即隔离以便更加贴近真实的新冠疫情。

最后，我们对股价走势与疫情曲线进行相关性分析，观察其结果以分析判断二者之间的联系。

问题二：

在问题一分析出疫情对经济的短期影响的基础上，对中国中长期的经济状况进行分析预测。由于 GDP 是经济发展状况重要的衡量标准，故以 GDP 来量化经济的发展状况。分析的是经济状况与时间的关系，因此可以使用时间序列来对其进行预测。

### 三、基本假设

- . 假设疫情期间人口总数  $N$  基本保持不变，出生率与死亡率相等。
- . 假设所有的有症状感染者  $I$  在出现症状后就立即隔离进行治疗，且只有无症状的潜在者  $E$  在转变为有症状感染者  $I$  的当天才具有感染性。同时也假设所有的潜在者最终都会转化为感染者。
- . 假设康复者会重新得病（复阳），并且康复者得病概率与易感者  $S$  相同。

### 四、符号说明

表 1 符号说明

符号	定义
$S$	Susceptible, 易感染者数量
$E$	Exposed, 潜伏者数量
$I$	Infected, 感染者数量
$R$	Removed, 移除者（死者）数量
$\theta_1$	感染者治愈的概率
$\theta_2$	感染者死亡的概率
$\beta$	易感染者感染病毒的概率函数
$n$	潜伏者平均每天密切接触人数
$r$	潜伏者转化为感染者的概率
$t$	时间

## 五、模型的建立与求解

### 5.1 问题一

我们需要分析疫情对我国经济短期的影响，但是由于其二者属于比较抽象的概念，需要找到两个相对应的指标进行量化。由下图所示，我们采用了用每日股市指数和每日存余患者数量分别代表经济情况与疫情程度。

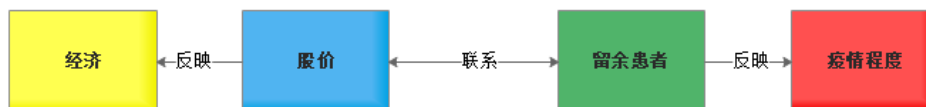


图 1 问题一的量化方

#### 5.1.1 通过改良 SEIR 模型生成存余病患数量图反馈疫情程度

疫情程度则由每日余存患病人数来代表。据此，我们引入了 SEIR 模型来对此次新冠疫情的传染过程进行分析。但是由于新冠的特殊性，传统的 SEIR 模型不能很好地模拟此次的传播方式，所以我们在原有模型的基础上增加了 3 个特征，使得分析更加贴合实际。

传统的 SEIR 模型将研究对象分为 S、E、I、R 四种类型 [2]：

- . S 代表易感人群（Susceptible），表示潜在的可感染人群。
- . E 代表潜伏者（Exposed），表示已经被感染但是没有表现出感染症状的人群。
- . I 代表感染者（Infected），表示已经被感染而且表现出感染症状的人群。
- . R 代表移除者（Removed），表示死亡人群。

结合本次新冠的实际情况，我们基于原有的 SEIR 模型进行改良，增加了 3 个新的特征：

1. 感染者  $I$  会被立刻隔离治疗，所以只有处于潜伏期后期的潜伏者  $E$  才具备传染能力。且因假设所有的潜伏者最终都会转变为感染者，所以每日具有传染性人群数量为潜伏者  $E$  乘以概率  $r$ ， $r$  是潜伏者平均发病时间的倒数 [3]。
2. 由于国家与社会对疫情防控的重视，人们逐渐减少外出、重视卫生情况，病毒的传染力  $\beta$  随时间推移越来越低。所以在改良模型中，易感人群的感染率由常数改为方程  $\beta(t)$ 。
3. 康复者会重新得病（核酸检测复阳），并且康复者得病概率与易感者  $S$  相同。

记  $S(t)$ 、 $E(t)$ 、 $I(t)$ 、 $R(t)$  分别为时刻  $t$  的易感人群数量、潜伏者数量、感染者数量和移除数量（死亡人数）。显然， $S(t) + E(t) + I(t) + R(t) = N$ ，其中  $N$  为总人群数量。

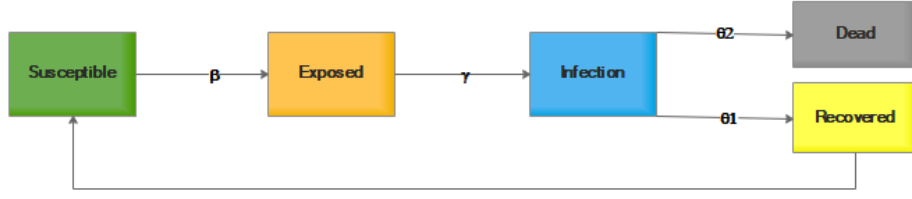


图 2 改良后 SEIR 模型结构图

对于死亡人数  $R$ ，则在感染者  $I$  中会有  $\theta_2$  的死亡率：

$$\frac{dR}{dt} = \theta_2 \cdot I \quad (1)$$

对于感染人数  $I$ ，则由潜伏者  $E$  存在  $r$  概率转化为感染者，同时也存在  $\theta_1 + \theta_2$  的概率痊愈或者死亡：

$$\frac{dI}{dt} = Er - (\theta_1 + \theta_2)I \quad (2)$$

相应的，潜伏者  $E$  的个数因为感染易感者  $S$  被感染而上升，但是存在  $r$  比例的潜伏者转化为感染者  $I$ 。假设病毒成功传染给易感者的概率为与时间相关的递减函数  $\beta(t)$ ，一位潜伏者  $E$  在具有传染性后平均每天密切接触的人数设为  $n$ ，在接触到的人中又有  $(S + \theta_1 I)/N$  比例属易感染者：

$$\frac{dE}{dt} = Enr \cdot \frac{S + \theta_1 I}{N} \cdot \beta(t) - Er \quad (3)$$

最后，易感者  $S$  的数量由于转化为潜伏者  $E$  而下降，同时有感染者  $I$  痊愈后被重新归类于易感人群  $S$ ：

$$\frac{dS}{dt} = -Enr \cdot \frac{S + \theta_1 I}{N} \cdot \beta(t) + \theta \quad (4)$$

整个改良后的 SEIR 模型的表达式为：

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -Enr \cdot \frac{S + \theta_1 I}{N} \cdot \beta(t) + \theta \\ \frac{dE}{dt} = Enr \cdot \frac{S + \theta_1 I}{N} \cdot \beta(t) - Er \\ \frac{dI}{dt} = Er - (\theta_1 + \theta_2)I \\ \frac{dR}{dt} = \theta_2 \cdot I \end{cases} \quad (5)$$

感染率  $\beta$  的计算方法为每日新增患者人数除以密切接触者，治愈率  $\theta_1$  和死亡率  $\theta_2$  的则为当日新增出院人数和新增死亡人数与上一天感染者的比率。我们利用已知疫情数据对感染率进行指数拟合，对治愈率和死亡率进行高斯曲线拟合（以 2020 年 1 月 21 日为开始的第一天，记  $t=1$  为 2020 年 1 月 21 日），结果如下所示：

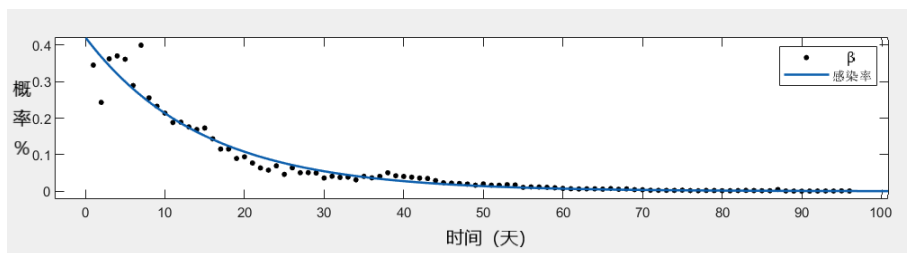


图 3 感染率  $\beta(t)$  拟合图

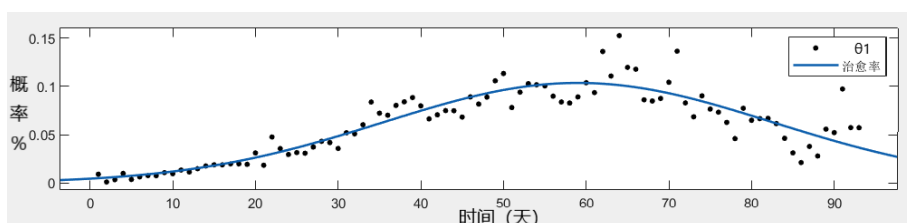


图 4 治愈率  $\theta_1$  拟合图

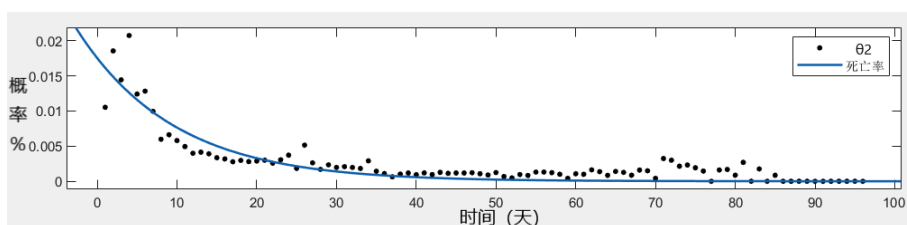


图 5 死亡率  $\theta_2$  拟合图

表 2 感染率、治愈率和死亡率的拟合结果

拟合方程	可决系数 $R^2$	调整可决系数
$\theta_1 = 0.1035 e^{-(\frac{t-0.4453}{1.235})^2}$	0.8266	0.8227
$\theta_2 = 3.341 \times 10^8 e^{-(\frac{t-22.4}{4.246})^2}$	0.8019	0.7976
$\beta(t) = 0.422 e^{-0.006809t}$	0.9422	0.9416

### 5.1.2 计算机仿真模型

可收集的数据均以天为单位，因此我们考虑离散变化的情况，相关微分方程转化为如下的差分方程：

$$\begin{cases} S_t = S_{t-1} - E_{t-1} nr \cdot \frac{S_{t-1} + \theta_1 I_{t-1}}{N} \cdot \beta \theta_1 I_{t-1} \\ E_t = E_{t-1} + E_{t-1} nr \cdot \frac{S_{t-1} + \theta_1 I_{t-1}}{N} \cdot \beta E_{t-1} r \\ I_t = I_{t-1} + E_{t-1} r - (\theta_1 + \theta_2) I_{t-1} \\ R_t = R_{t-1} + \theta_2 I_{t-1} \end{cases} \quad (6)$$

由国家卫生健康委员会官方网站 [5] 提供的数据分析，我们得出 SEIR 模型中  $E_0$ 、



$I_0$ 、 $R_0$  的具体数值：

$$\begin{cases} E_0 = 1757 \\ I_0 = 431 \\ R_0 = 9 \end{cases} \quad (7)$$

我们接着使用计算机进行模拟仿真，通过递推得到了潜伏者人数  $E$ 、感染者人数  $I$ 、死亡人数  $R$ ，见下图：

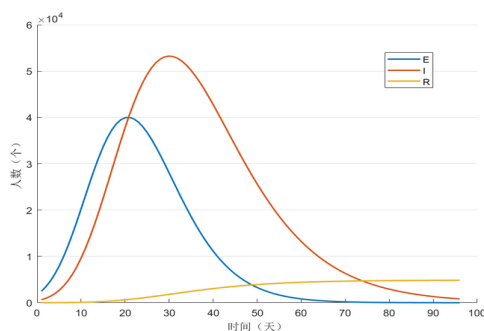


图 6 计算机拟合结果

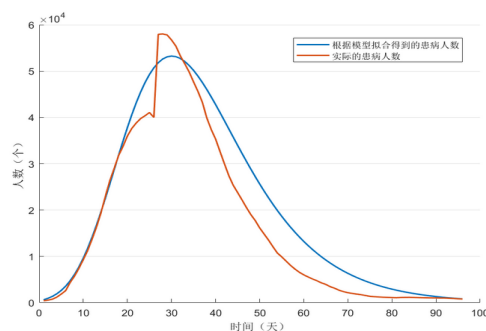


图 7 拟合结果与实际数量对比

对于感染人数  $I$ ，我们计算  $I_{\text{实际}}$  和  $I_{\text{预测}}$  的相关系数，得到： $r=0.9760$ 。上述研究结果表明，我们的拟合结果非常接近真实情况，具有较高的可信度。

为了能够更加直观地看出疫情的演变情况，我们对刚刚计算机仿真得到的  $E$ 、 $I$ 、 $R$  数据进行等比例地缩放，利用 Java 语言编写一个图形可视化程序，并运行得出以下效果图。

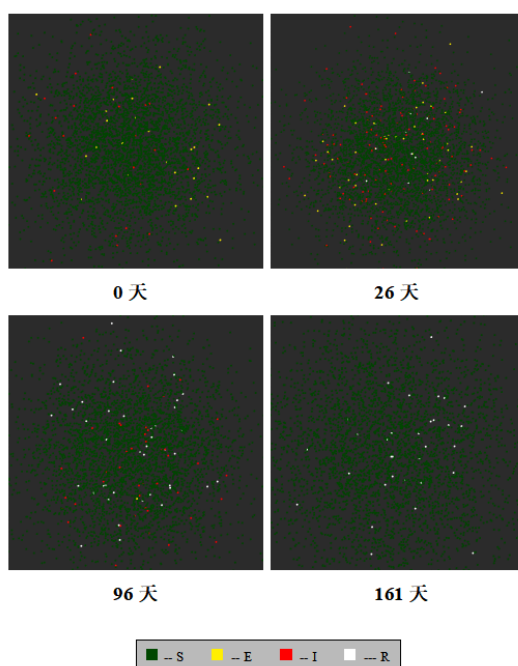


图 8 疫情仿真演变图

5.1.3 通过股票指数反馈经济情况

因为股价与经济景气存在正相关关系，且经济增长的变化是股价变化的重要影响因素 [1]，所以我们采用 A 股市场的 3 种指数来代表我国短期经济情况。3 种指数分别为 A 股平均股价指数、中小企业指数和农业板块指数，分别代表疫情期间整个中国资本市场的行情、中国中小企业的经营情况与第一产业的运营状况。此外，由于国内生产总值（以下简称“GDP”）和工业生产指数等指标计算周期较长，不具有良好的实时性，无法获得大量短期的数据，所以我们并没有采用此类数据。

通过万得数据库，我们获得了近 100 个交易日里上述 3 种组合的收盘价 [4]。但由于我国深圳证券交易所和上海证券交易所非工作日不开市，我们收集到的原始数据有一定的缺失。对此，我们进行了三次样条插值，最终结果见图 9：

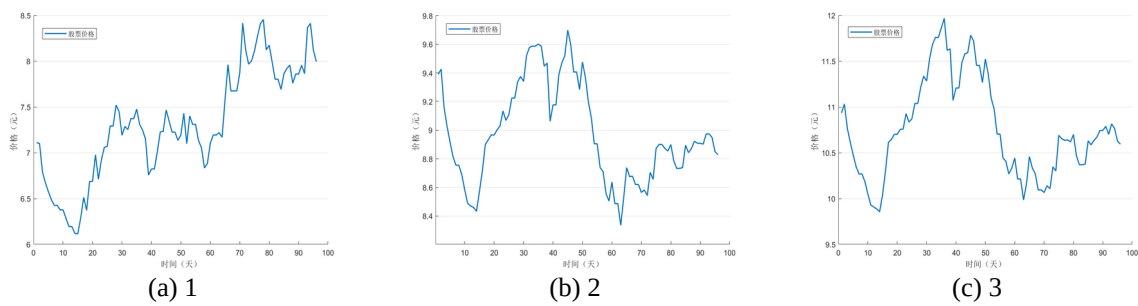


图 9 农业类、中小企业类、A 股平均股价走势图

5.1.4 结合指数走势图和余存患者图对短期经济形势进行预判

我们已经得到过去 100 天内的三种指数的走势图和疫情发展状况图：

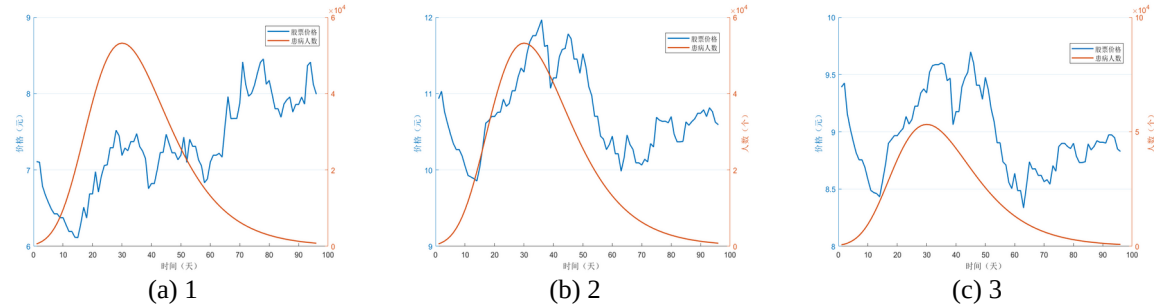


图 10 农业类、中小企业类、A 股平均股价走势与感染人数结合图

我们将二者结合，分析三种指数走势与疫情发展的相关性，从而确定下一步的研究对象。

我们发现，较于农业，中小企业和 A 股平均价格的走势与疫情的相关程度更高，所以我们只挑出后两者进行下一步研究。由此，我们初步认为疫情的出现对于农业的影响并不大。

表 3 3种指数与感染人数的相关系数  $r$

$ r_{\text{农业}} $	$ r_{\text{中小企业}} $	$ r_{\text{A 股平均}} $
0.3443	0.6780	0.6517

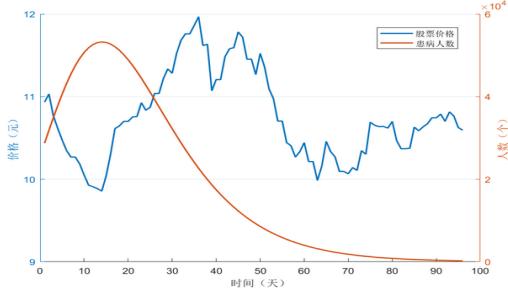


图 11 位移 16 天后的中小企业指数结合图

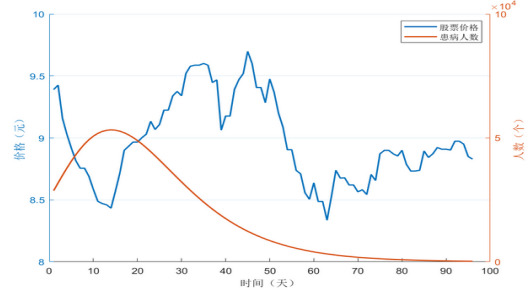


图 12 位移 16 天后的 A 股平均指数结合图

经过多次调试后，我们发现当把余存患者数量曲线左移 16 天时，两种指数与患者数量曲线的相关度  $r$  的绝对值最高。由图可以观察到，在移位后，余存患者数量与股市指数的变化趋势是相反的，且当时间超过 51 天，余存病患数量降低到较小程度后，相关性迅速变弱，所以我们只对于国内疫情与股票相关性的考虑范围只限定于前 51 天。在 51 天后，影响经济（股票指数）的主要因素就不再是国内疫情了。在前 51 天，两线之间的因此，我们初步认为股票价格会对市场上的影响因素做出预判，先于整个市场进行变动，而整个市场的变化具有滞后性，所以根据股票的走势可以看出后期经济总量的变化。

表 4 位移 16 天后两种指数与感染人数相关系数  $r$

时间	$ r_{\text{中小企业}} $	$ r_{\text{A 股平均}} $
$t \leq 51$	0.8346	0.8096
$t > 51$	0.0013	0.0860

根据中国国家统计局官网的数据 [6]，我国 2020 年第一季度 GDP 增速为 -6.8%，这恰好与 51 天后下跌的股市相符合。并且第一季度中第一产业农业的增速为 3.5%，是国民经济三大产业中唯一保持稳定增长的行业，这同样与我们的农业类指数的增长相符合，解释了农业类指数与余存数量低相关性的原因。

### 5.1.5 问题一小结

结合新冠病毒的特征，我们运用了改良的 SEIR 模型和指数、高斯曲线拟合等方法量化了疫情情况，同时用相关性分析证实了股市和患者余存数量之间联系密切，进而

推出经济和疫情程度间接关系——中国股市，尤其是 A 股平均股价与中小企业的股价走势对于中国经济情况有着很大的相关程度，起到了预示的作用。与之相反的，农业股的股价变化趋势与余存人数相关性低，数据同时证明了农业确实受此次疫情影响较小，增速较往年没有较大变化。因此，在短期，我们可以通过对股价变化的趋势对经济的变化进行预测和判断。

## 5.2 问题二

由上题分析可得，在 51 天之后，国内疫情与经济的相关性程度非常小，即此后疫情对经济的影响程度非常小。所以在这时我们可以抛开国内疫情这一对经济的影响因素，分析预测中长期经济恢复的情况。

### 5.2.1 利用索洛模型分析中国中长期 GDP 发展

GDP 的全称是国内生产总值，统计跨度多为季度或者年，是反映中长期经济的重要指标。2020 年 4 月，国家统计局公布当年第一季度 GDP 增速为 -6.8%[6]，一时民众议论纷纷，有言论认为中国经济会因为此次疫情受到严重打击。国民经济的发展由成千上万种因素所影响，我们不可能穷尽所有，但是在以往学者的研究中，往往有一些影响长期经济发展的关键因素。在本文中，我们根据出生率与单位工人资本存量等因素，通过索洛模型（Solow Growth Model）对中国中长期经济发展进行分析和预测。

索洛模型考察了经济是如何随时间而变化的，主要考虑了人口增长率与资本变化等因素对长期经济的影响。该模型假设人口不断增长，而且在研究年限范围内，适龄劳动人口占比保持不变。对于任意年份  $t$ ， $N_t$  表示当年总工人数量， $K_t$  表示总资本量， $Y_t$  表示当年经济总产出量， $I_t$  表示当年社会总投资量， $C_t$  表示当年社会总消费量，则每年的消费、产出和投资之间的关系表达如下：

$$C_t = Y_t - I_t \quad (8)$$

我们的研究重点将会放在单位工人的产出、消费和资本存量上，因为这更加方便分析。因此，有：

$$\begin{aligned} y_t &= \frac{Y_t}{N_t} = \text{当年单位工人产出} \\ c_t &= \frac{C_t}{N_t} = \text{当年单位工人消费} \\ k_t &= \frac{K_t}{N_t} = f(k_t) = \text{当年单位工人资本存量} \end{aligned} \quad (9)$$

在索洛模型的稳态中，假设  $d$  为资本每年折旧率。那么，当每一年投资于购买新资本的金额等于折旧资本与配备给新增工人资本金额之和时，整个社会经济到达了稳态：

$$I_t = Y_t - C_t = (n + d)K_t \quad (\text{稳态}) \quad (10)$$

假设  $s$  为国内居民的储蓄率，则  $sY_t$  为实际储蓄金额。在每一年中，国民储蓄等于投资，有：

$$sY_t = (n + d)K_t \quad (\text{稳态}) \quad (11)$$

对两边同时除以  $N_t$ ，可得：

$$sf(k) = (n + d)k \quad (\text{稳态}) \quad (12)$$

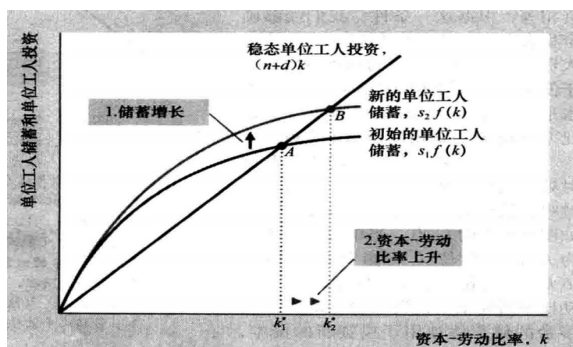


图 13 储蓄率相关

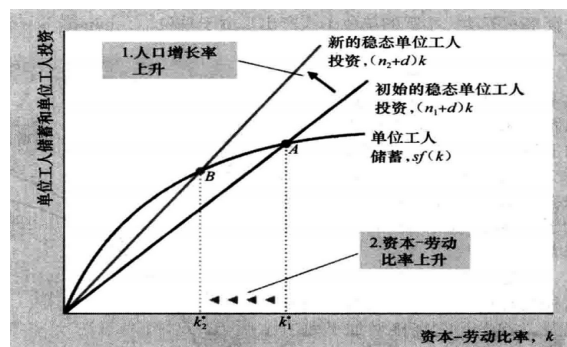


图 14 人口增长率相关

由以上分析，我们可以看出，影响一个国家长期 GDP 发展的主要因素是国民储蓄率  $s$  与人口自然增长率  $n$ 。在这次疫情中，我国多地曾经出现超市断货、物价大幅上涨的情况。如果一个家庭在此次疫情前储蓄不够，那么在疫情居家期间的经济状况应该会比较拮据。经过此次疫情，我们认为大多数国民会增加风险意识，在未来逐渐增加储蓄率。此外，由国家人口统计局数据表明 [9]，尽管在 2016 年逐步放开二胎政策，但是我国人口自然增长率在不断下滑。

上涨的储蓄率和下降的人口自然增长率，推动长期 GDP 增长的重要因素之二都符合当前我国的发展趋势。因此，我们结合索洛模型，根据现状推断：短暂的疫情冲击只是暂时的，我国 GDP 在中长期仍然会有较好的发展趋势。

### 5.2.2 通过 Holt-winters 乘法模型对中长期经济进行预测

观察我国过往 GDP 的季度走势图，我们发现具有季节性和趋势因素影响。对于时间序列数据的分析，通常有两种预测模型：灰色预测模型和指数平滑模型。由于 GDP 季度走势序列具有明显的季节性，灰色预测无法对该特性进行分析，所以我们选择使用指数平滑模型。

指数平滑模型的基本思想 [7] 是通过对历史时间数列进行逐层平滑计算，从而消除随机因素的影响，识别经济现象基本变化趋势，并以此预测未来。其中，常用的三种模型有：

1. 简单平滑模型（SES）：适用于没有明显趋势和季节性变化。
2. Holt 线性趋势模型：在 SES 基础上考虑趋势性的存在。

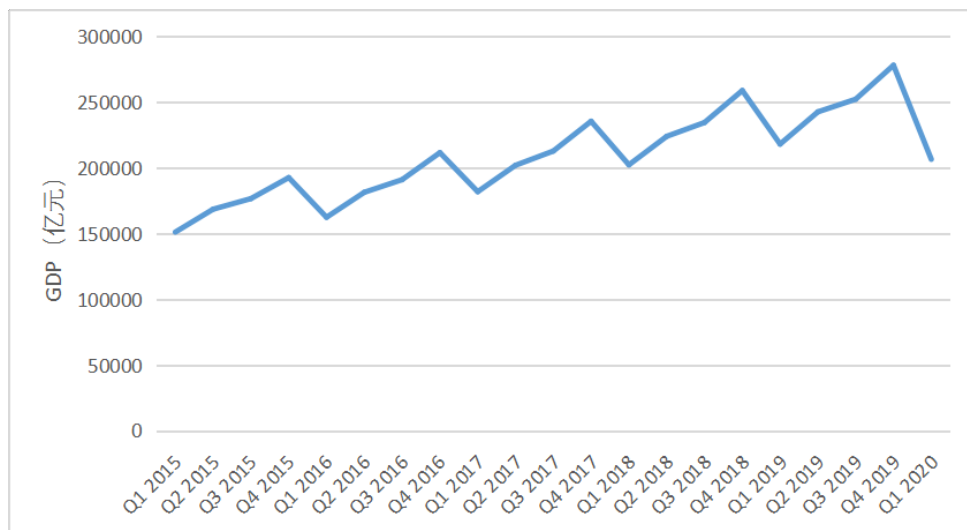


图 15 过往 5 年季度 GDP 走势图

3. Holt-Winters 乘法模型：同时考虑数据成正比趋势性和季节性变化的存在。

显然，使用 Holt-winters 乘法模型是比较合适的，因为它在模拟预测 GDP 时能够考虑其长期趋势性大致呈正比的特征与季节性变化。假设在  $t$  时刻的季度 GDP 为  $y_t$ ，则  $y_t$  的平滑序列  $\hat{y}_t$  由以下式求出：

$$y_{t+k} = [a(t) + b(t)k] \cdot c_k \quad (13)$$

其中：

$$\begin{aligned} a(t) \text{ 表示截距: } a(t) &= \alpha \frac{y_t}{c_{t-s}} + (1 - \alpha)[a(t-1) + b(t-1)] \\ b(t) \text{ 表示趋势: } b(t) &= \beta[a(t) - a(t-1)] + (1 - \beta)b(t-1) \end{aligned} \quad (14)$$

$$c_t(t) \text{ 为乘法模型的季节性因子: } c_t(t) = \gamma \frac{y_t}{a(t)} + (1 - \gamma)c_{t-s}$$

$\alpha, \beta, \gamma$  在 0-1 之间，为阻尼因子。且在上述方程中，指定  $s$  为季节频率，在分析季度 GDP 时， $s=4$ ，最终预测值由下式进行计算：

$$\hat{y}_{T+k} = [a(T) + b(T)k]c_{T+k-s} \quad (15)$$

对该 Holt-winters 乘法模型使用 SPSS 软件进行模型拟合检验，得到下图结果。



拟合统计量	均值	SE	最小值	最大值	百分位						
					5	10	25	50	75	90	95
平稳的 R 方	.550	.	.550	.550	.550	.550	.550	.550	.550	.550	.550
R 方	.998	.	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.998
MAPE	.774	.	.774	.774	.774	.774	.774	.774	.774	.774	.774
MaxAPE	3.925	.	3.925	3.925	3.925	3.925	3.925	3.925	3.925	3.925	3.925
MAE	1347.862	.	1347.862	1347.862	1347.862	1347.862	1347.862	1347.862	1347.862	1347.862	1347.862
MaxAE	8831.519	.	8831.519	8831.519	8831.519	8831.519	8831.519	8831.519	8831.519	8831.519	8831.519
正态化的 BIC	15.591	.	15.591	15.591	15.591	15.591	15.591	15.591	15.591	15.591	15.591

图 16 Holt-winter乘法模型拟合检验

通过对该表的研究，我们发现使用该模型预测中长期 GDP 是非常合适的。

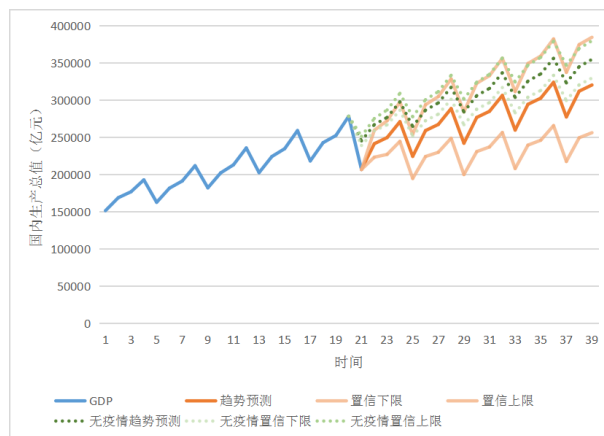


图 17 Holt-winter乘法模型拟合

### 5.2.3 问题二小结

我们结合索洛模型得出：我国未来大概率会出现居民储蓄率逐渐上涨和人口自然增长率下降的趋势，而这二者又是推动长期 GDP 增长的重要因素之二。因此，根据现状推断：短暂的疫情冲击只是暂时的，我国 GDP 在中长期仍然会有较好的发展趋势。

然后，我们从 GDP 的季度走势图发现其有季节性和趋势因素影响。对这种有季节影响的数据，又逐年增加的数据，我们用 Holt-winters 乘法模型进行分析与预测。最终，我们发现，由索洛模型得出的保证中长期 GDP 不受疫情影响的前提下，我国 GDP 在未来仍会保持较高较快的增长率。

## 六、模型的评价

### 6.1 模型优点

1. 在第一个寻求短期经济与疫情关系的模型中，我们将定性的指标进行量化，使得问题求解的过程更为严谨，比如经济发展状况以平均 A 股股票价格等指数来衡量，疫情程度以当前的余存患者数来表示。

2. 在量化疫情程度时，我们对原有 SEIR 模型进行改良，添加了“复阳”“有症状感染者被立即隔离，无症状感染者存在感染能力”等与现实贴切的因素，使得模型预测结果更加接近真实情况。
3. 在预测中长期 GDP 时，我们选择了 Holt-Winters 乘法模型，因为该模型同时考虑 GDP 数据成正比趋势性和随季节性变化的两个特征，所以最终预测结果相比简单平滑指数模型更为精确。

## 6.2 模型缺点

1. 由于疫情数据有存在补报的情况，会有一定程度对模型准确性判断有偏差。
2. 在对中长期的宏观经济预测中，由于突发事件的存在（譬如此次新冠疫情），我们只能挑选数量有限的角度和较重要的影响因素进行分析，存在一定的片面性。

## 6.3 模型推广

在发生重大公共卫生事件，对事件的发展程度以及对经济影响起到分析和预测的作用。



## 参考文献

- [1] 刘家树. 股市波动与经济增长关系的实证分析 %Analysis of the Relationship between Stock Fluctuation and Economic Growth[J]. 安徽工业大学学报 (社会科学版 ), 2008, 025(002):42-44.
- [2] FAN Ru-guo, WANG Yi-bo, LUO Ming, ZHANG Ying-qing, ZHU Chao-ping. SEIR-based Novel Pneumonia Transmission Model and Inflection Point Prediction Analysis[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China. doi: 10.12178/1001-0548.2020029
- [3] 徐恭贤, 冯恩民, 王宗涛, et al. SARS 流行病的 SEIR 动力学模型及其参数辨识 [J]. 黑龙江大学自然科学学报 , 2005(04): 43-46+51. XU Gong-xian, FENG En-min, WANG Zong-tao, et al. SEIR dynamic model of SARS epidemic and parameter identification[J]. Journal of Natural Science of Heilongjiang University, 2005(04): 43-46+51.
- [4] Wind-经济数据库 . 股票数据 . (2020-04-30)[2020-04-30]. <http://www.wind.com.cn/newsite/edb.html>
- [5] 中华人民共和国国家卫生健康委员会官方网站 . 截至 4 月 29 日 24 时新型冠状病毒肺炎疫情最新情况 . (2020-04-30) [2020-04-30]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/yqfkdt/202004/ce78f5575e0d4ef0b4543eb072acebc3.shtml>
- [6] 中华人民共和国国家统计局官方网站 . 2020 年一季度国内生产总值 (GDP) 初步核算结果. (2020-04-18) [2020-04-30]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202004/t20200417-1739602.html>
- [7] 韩晓龙 . 基于 Holt-Winters 方法对 GDP 水平预测方法的比较 [J]. 企业导报 , 2015(5):76-76.
- [8] Andrew Abel. Macroeconomics[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.9, 130-150.
- [9] 中华人民共和国国家统计局官方网 . 张毅: 人口总量增速放缓城镇化水平继续提站 . (2020-01-19) [2020-04-30].<http://www.stats.gov.cn/was5/web/search?channelid=288041&andsen=%E6%80%BB%E4%BA>