

新冠疫情确诊数据模拟

李惠祥

辽宁省丹东市第二中学高一

指导教师：齐丹

[日期]

新型冠状病毒肺炎(COVID-19)席卷了全国乃至全球,各大网站上统计数据飞涨,那么,如何科学地预测新冠数据呢?我们今天可以来简单做个新冠病毒传染模型。

首先,需要定义的变量当然有**自变量 time 时间 t**(单位:天),**因变量 The Infected 感染者 I**(单位:人)。

由于感染者的人数越多,相应地其增长速率也会越快,则有:

$$\frac{dI}{dt} \propto I$$

设一系数 k

$$\frac{dI}{dt} = kI$$

解得:

$$I = I_0 e^{kt}$$

显然,这样解出来的式子不必画图就知道是一个指数增长型函数,无论 k 和 I_0 取多少,最终都会无限增长,甚至超过该地区的总人数——这显然不符合实际。

对此,我们增加 **The Susceptibles 易感者 S**(单位:人),当 $t=0$ 时地区总人数 $N=S+I$ 。

同时,我们还可以再增加几个变量来使其更符合实际情况:

r: 每人每天接触人数

p: 接触后传染概率

于是

$$\frac{dI}{dt} = \frac{rpIS}{N}$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{rpIS}{N}$$

这里两式正负号的判定是由于**易感者 S**→**感染者 I**的缘故。

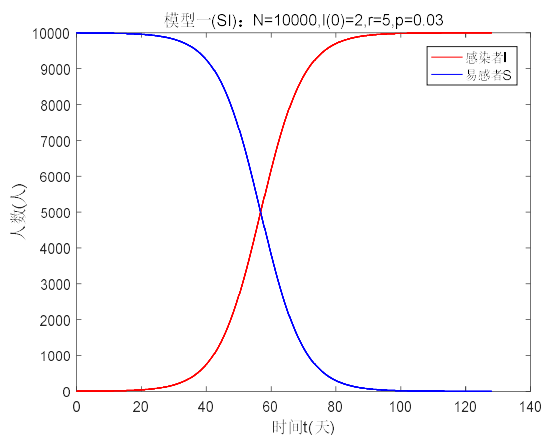
易得

$$I = \frac{NI_0}{I_0 + (N - I_0)e^{-rpt}}$$

$$S = N - I$$

函数 $I(t)$ 就是著名的 *logistic* 函数,这个模型我们称之为 **SI 模型**。

选择适当参数后绘制图像如下:



简单的传染病模型(SI 模型)——MATLAB 绘图

由图可知,当 t 不断增大时, $I \rightarrow N$ 且 $S \rightarrow 0$, 有种‘群体免疫’的感觉。不过,即使我们不人为治疗,身体

```
%MATLAB 绘图脚本: model1SI
t = 0:0.1:128; %时间从 0(天)到 128(天)
N = 10000; %地区总人数 10000(人)
I_0 = 2; %初(t=0)病例 2(人)
r = 5; %每人每天接触人数 5
p = 0.03; %接触后传染概率 0.03
I = N*I_0 ./ (I_0 + (N-I_0)*exp(-r*p*t)); %感染者
S = N-I; %易感者
plot(t,I,'r'); %绘制图像: I-t
hold on
plot(t,S,'b'); %绘制图像: S-t
legend('感染者 I','易感者 S');
xlabel('时间 t(天)'); %添加横轴标签
ylabel('人数(人)'); %添加纵轴标签
title(['模型一(SI):',
      'N=',num2str(N),'I(0)=' ,num2str(I_0),
      ',r=',num2str(r),'p=' ,num2str(p)]);
```

里的免疫系统也不会一直不去工作。由此，我们可以引出 **The Recovered 康复者 R**(单位：人)。

我们对于**康复者 R**的相关内容可以这样定义：

- (1)、**易感者 S** 患病为**感染者 I**后有概率 **q** 康复为**康复者 R**;
- (2)、**感染者 I** 康复为**康复者 R** 后获得永久免疫不再被感染。

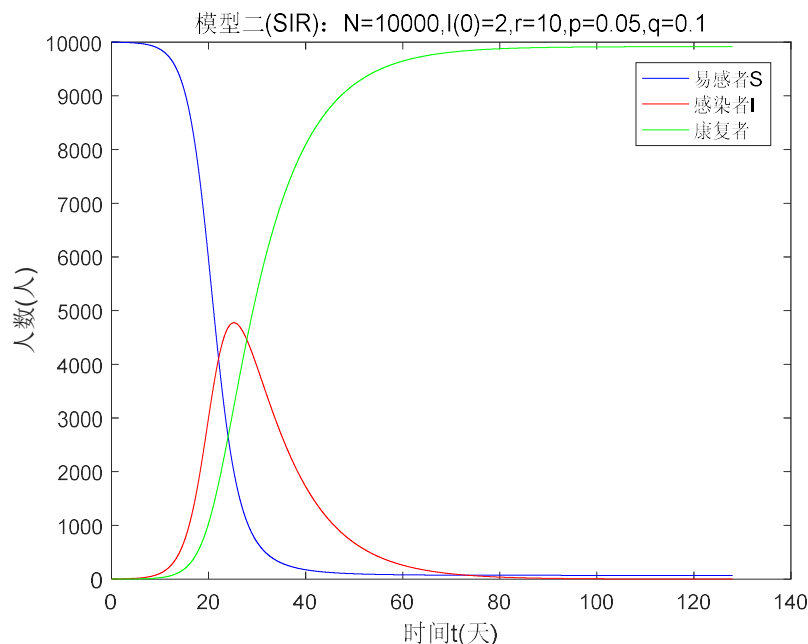
以此，列出方程：

$$\frac{dI}{dt} = \frac{rpIS}{N} - qI$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{rpIS}{N}$$

$$\frac{dR}{dt} = qI$$

因为无法求解其具体解析解，便对其进行数值解模拟，与之前一样，使用 MATLAB 对其进行模拟，代码及图像如下：



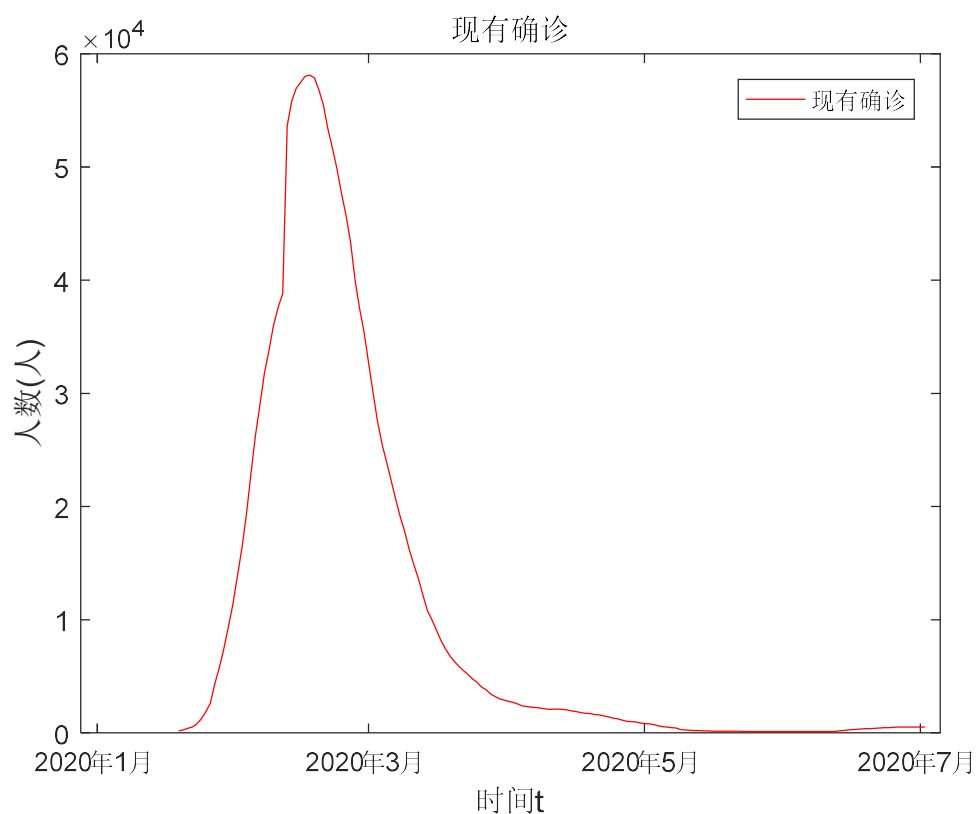
传染病模型(SIR 模型)——MATLAB 绘图

就该图像进行分析：当时间 $t=0$ 时，**易感者 S**=总人数 **N**，而**感染者 S** 约等于 0；当时间 t 增大时，尤其在时间 $t=25$ (天)时，**易感者 S** 达到峰值，疫情爆发最高峰，但在此之后，**易感者 S** 数量逐渐下降，很快，在时间 $t=60$ (天)前后，**感染者 S** 数量低于 270，疫情得到基本控制；在时间 $t>100$ (天)时，**易感者 S** 占地区总人数 **N** 的比例不足百分之一，可以说，此次疫情在第 100 天后得到完全控制。

对比现有的中国疫情**现有确诊病例**数据(2020 年 01 月 19 日 至 2020 年 07 月 02 日)，如下：

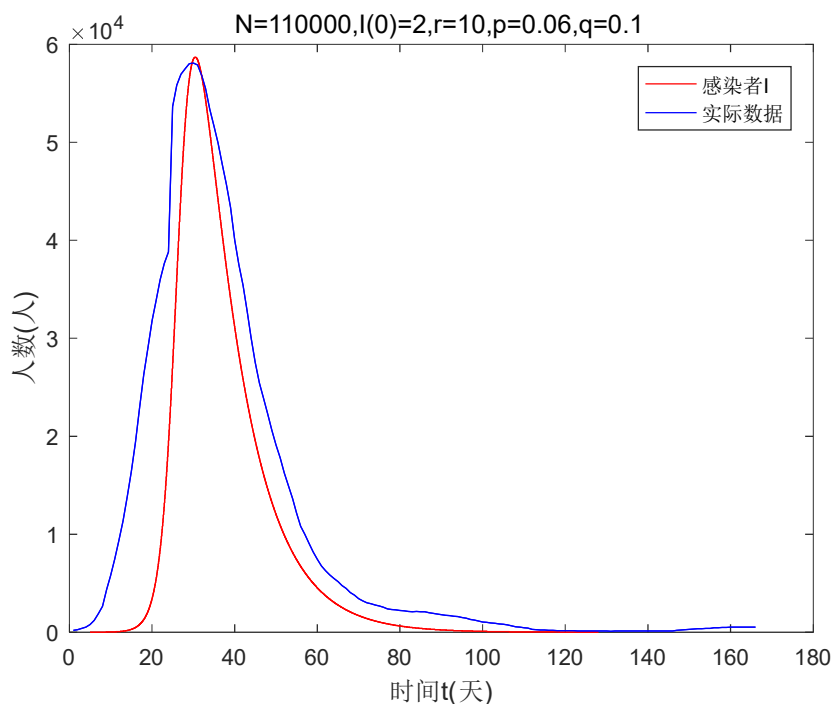
和模型二类似，我国现有确诊病例数在 2020 年 1 月 22 日前后达到 500(例)，而在不到一个月后的 2020 年 02 月 19 日，现有确诊病例数达到峰值，约 58000(例)；但是在 2020 年 05 月 05 日，现有确诊病例数不足峰值的百分之一，疫情得到非常好的控制。

```
N = 10000; %地区总人数 10000(人)
I = 2; %初(t=0)病例 2(人)
r = 10; %每人每天接触人数 10
p = 0.05; %接触后传染概率 0.05
S = N; %易感者(人)
R = 0; %康复者(人)
q = 0.1; %康复概率 0.1
dt=0.01;%微小时间间隔 0.01
ArrayS=[];
ArrayI=[];
ArrayR=[];
ArrayT=[];
for t=0:dt:128
    ArrayT=[ArrayT,t];
    ArrayS=[ArrayS,S];
    ArrayI=[ArrayI,I];
    ArrayR=[ArrayR,R];
    I = I + dt*( r*p*I*S/N - q*I );
    S = S + dt*( -r*p*I*S/N );
    R = R + dt*q*I;
end
plot(ArrayT,ArrayS,'b');
hold on
plot(ArrayT,ArrayI,'r');
hold on
plot(ArrayT,ArrayR,'g');
title(['模型二(SIR):',
N=',num2str(N)','I(0)=',num2str(ArrayI(1)),',r=',num2str(r),',p=',num2str(p),',
q=',num2str(q)]);
```



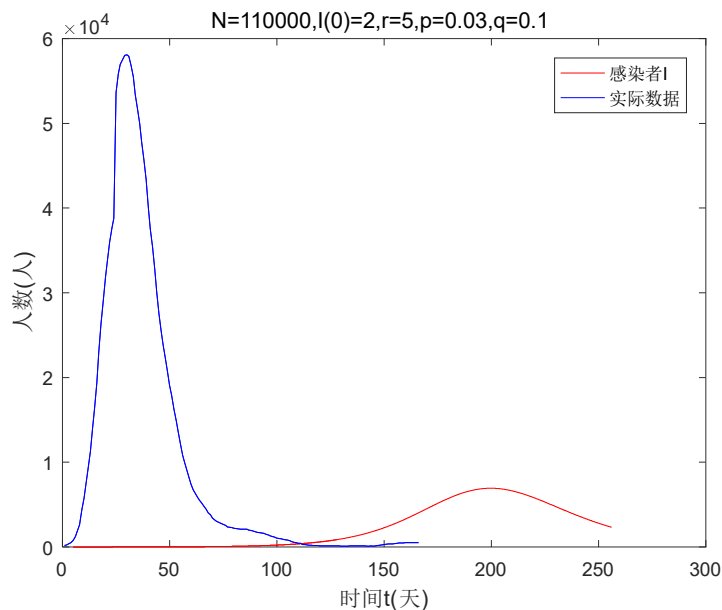
中国疫情**现有确诊病例**数据(2020 年 01 月 19 日 至 2020 年 07 月 02 日)

更改我们的模型的初始参数，调整近似于实际情况的病例曲线，有：



既然我们的模型得到了基本验证，我们可以尝试对**接触人数 r** 和**传染概率 p** 调整。

我们都知道，专家也都说过，通过戴口罩以降低**传染概率**，我们将**传染概率**从 0.06 调整至 0.03；同时，减少出行可以大大减少**接触人数**，那么我们还可以把**接触人数**由 10 改成 5，绘图如下：



这样，我们可以十分清晰地看见，如果每个人只是稍微减少了出行次数或者聚会聚餐等次数，接触人数降低不到一个量级，同时在出行时戴好口罩，而不是仅仅拿着口罩在大街上烧火游行，疫情会被很快控制。相反，增加外出，不戴口罩，只会让确诊病例加快增长，爆发期提前。

不管是曾经的西班牙流感还是 SARS 都有被战胜的一天，虽然最近中国疫情已经基本控制，但是仍然希望在未来不远的一天，中国人民在党的领导下能彻底、完全地击败新型冠状病毒，也希望全世界能尽早摆脱新型冠状病毒的阴影。

向所有在一线抗疫的人致敬！向所有在默默奋斗的抗疫者致敬！向所有在减少出行戴好口罩的同志们致敬！

一、参考文献&资料：

- 1、《简单算算，你宅在家里究竟能为抗击肺炎疫情做出多大贡献？》
<https://m.bilibili.com/video/av85508117>
- 2、《Exponential growth and epidemics》(指数增长与流行病) <https://youtu.be/Kas0tlxDvrg>
- 3、流行病传染模型 <https://meltingasphalt.com/interactive/going-critical/>

二、实际数据来源：《COVID-19 Data | 新型冠状病毒疫情历史数据》

<https://github.com/eAzure/COVID-19-Data>

三、本文使用到的代码及图片存档：

<https://github.com/huixiangli/COVID-19>