计算机模拟大作业 3
COVID19 模拟
3190300985 LUIS LUZERN YUVEN

参考文献：

Simulation of Emotional Contagion using modified SIR model : A cellular automaton approach

工作：

创造一个新数学模型 CA-SIRS (cellular automaton - susceptible - infected - recovered - susceptible / 元胞自动机-SIRS) 来模拟情绪传染。一个元胞表示一个人。元胞自动机更新规则为：

1. 除非种群中的一小部分是感染者，所有人是易感的。如果易感人内在恐慌强度（M）达到阈值（λ），他/她将进入感染状态，以概率 E_i 感染恐慌并感染附近其他人
2. 过了若干个时间步 t_1 之后，感染者以概率 p 康复。t_1 服从 $N(T_1,\delta_1)$，T_1 为感染状态的平均时间长度。
3. 康复了之后，一个人过了若干个时间步 t_2 之后依概率 q 变成易感，其中 t_2 服从 $N(T_2,\delta_2)$，T_2 为康复状态的平均时间长度。

考虑个人的移动：
一个人随机移动到其冯诺依曼邻域或留在当前元胞的概率相同。若没有邻居，概率为 1/5。假设左边有邻居，则移动到东、南、北或者留着的概率为 1/4。以此规则定义随机游走。

文献里使用的参数：$T_1 = T_2 = 300$，$\delta_1 = \delta_2 = 1$，p = 0.7，q = 0.3，网格大小为 100x100，一个网格表示 0.4 米。

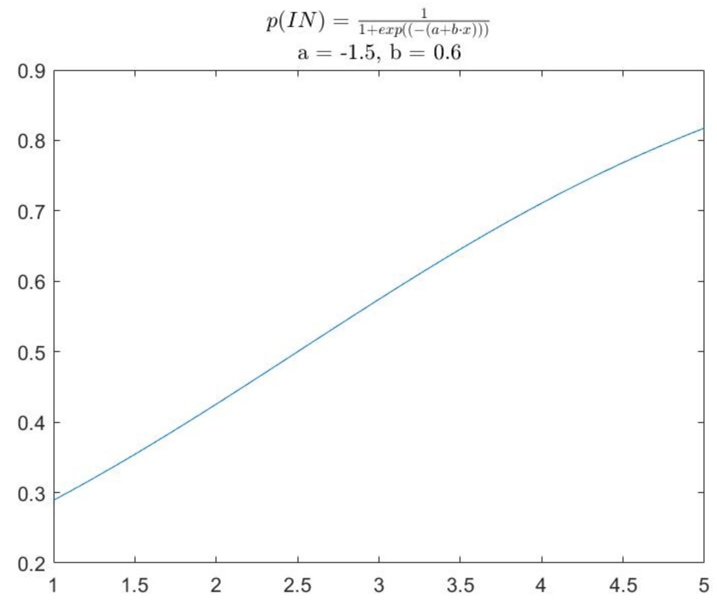
程序解释：

参数：
n = 200
人口密度为大约 50%（25000 个人左右）
最大时间步 T = 1000 天
$T_1 = 10$ 天
$T_2 = 200$ 天
p = 0.8
q = 0.1

一个人被感染的概率服从逻辑斯蒂函数

$$p(IN) = \frac{1}{(1+e^{-(a+b\cdot IN)})}$$

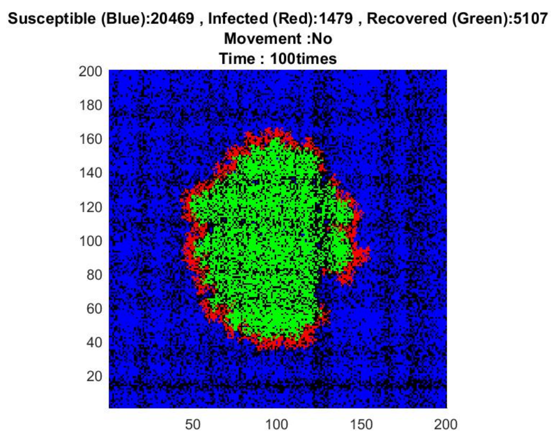
其中 IN 为被感染的邻居（Infected Neighbours），a 和 b 为给定参数。这里设置 a = -1.5，b = 0.6。若一个人的 IN > 0，则会依概率 p(IN) 被感染。

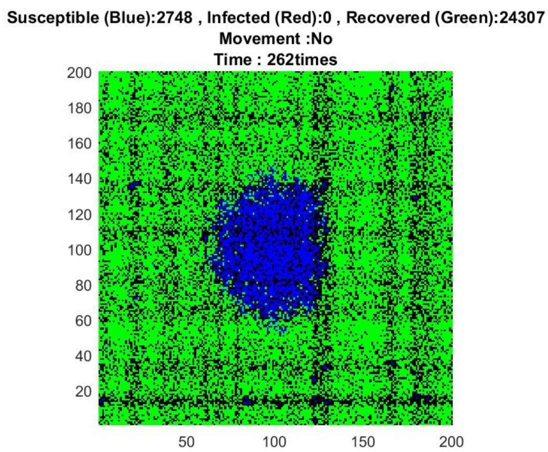


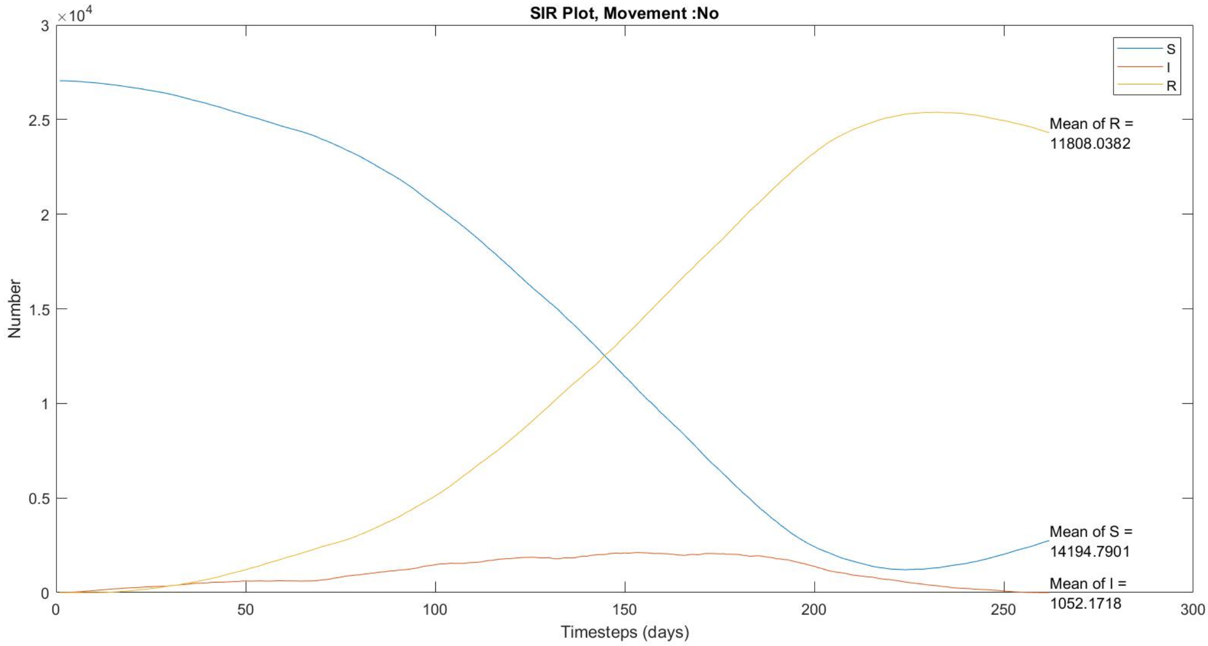
若被感染时间已超过 T1，则病人以概率 p 康复。类似的，若康复人的康复时间已超过 T2，则以概率 q 回到易感状态。

感染领域定义为 Moore 领域，如果一个人的其中一个邻居是感染者，则他/她将被感染。随机游走条件与上面参考文献相同。边界为周期型边界。
康复条件：感染时间大于 10 天，概率 p
从康复到易感的条件：康复时间大于 200 天，概率 q

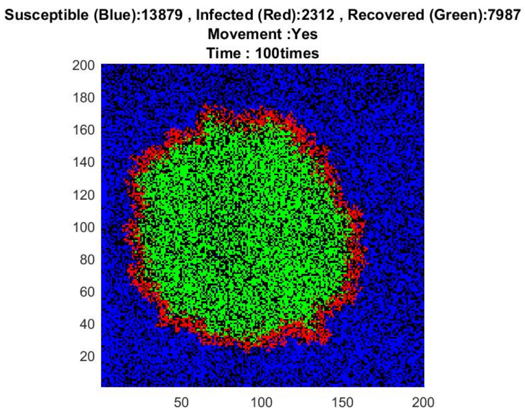
模拟结果：
情形 1：
无移动：

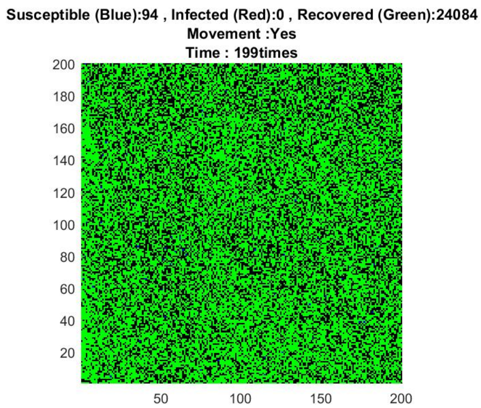


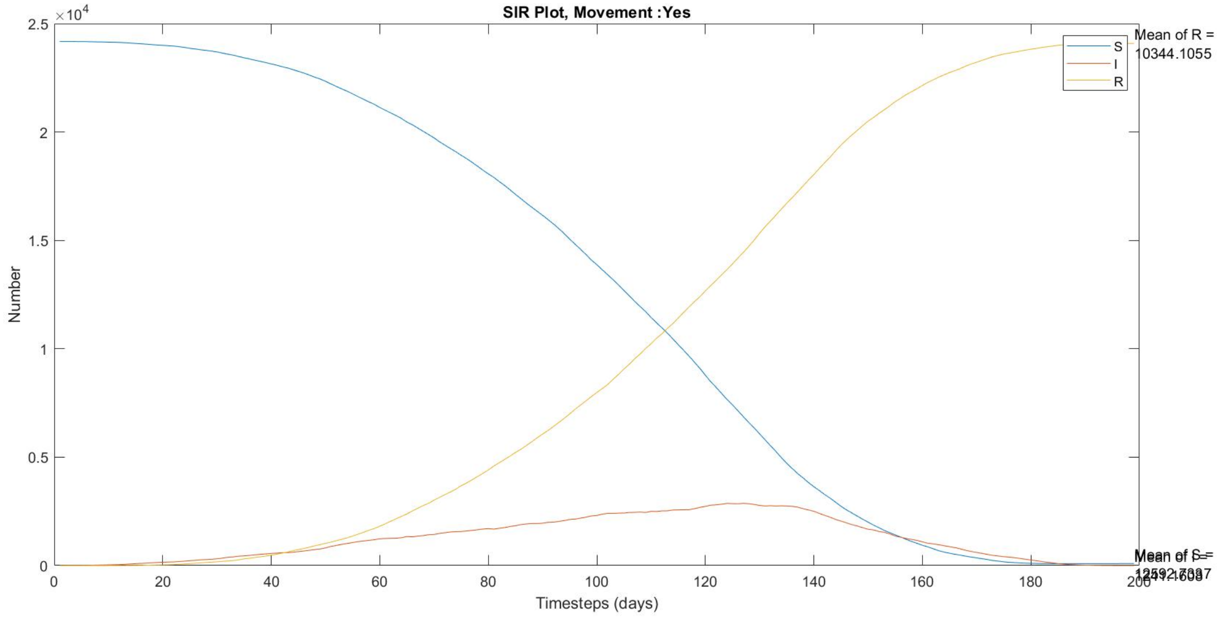



SIR Plot, Movement :No
Number
Timesteps (days)
S
I
R
Mean of R = 11808.0382
Mean of S = 14194.7901
Mean of I = 1052.1718

移动：


Susceptible (Blue):13879 , Infected (Red):2312 , Recovered (Green):7987
Movement :Yes
Time : 100times

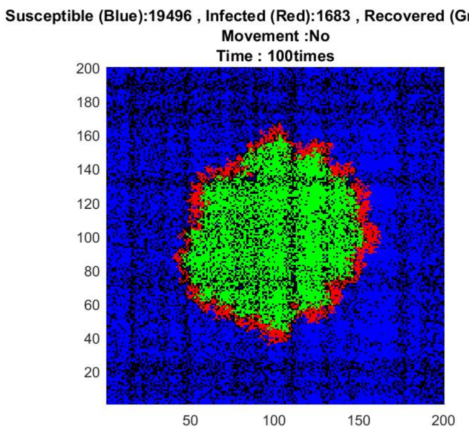

Susceptible (Blue):94 , Infected (Red):0 , Recovered (Green):24084
Movement :Yes
Time : 199times

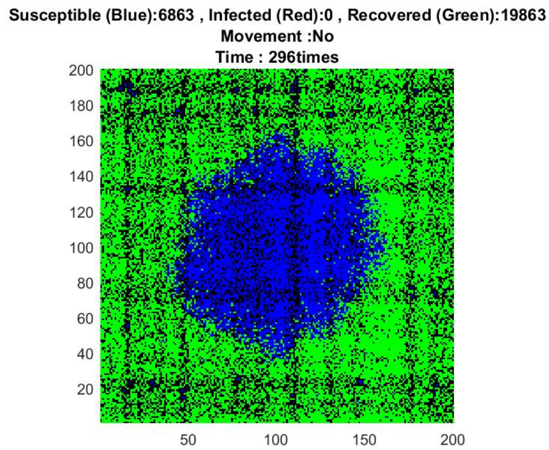


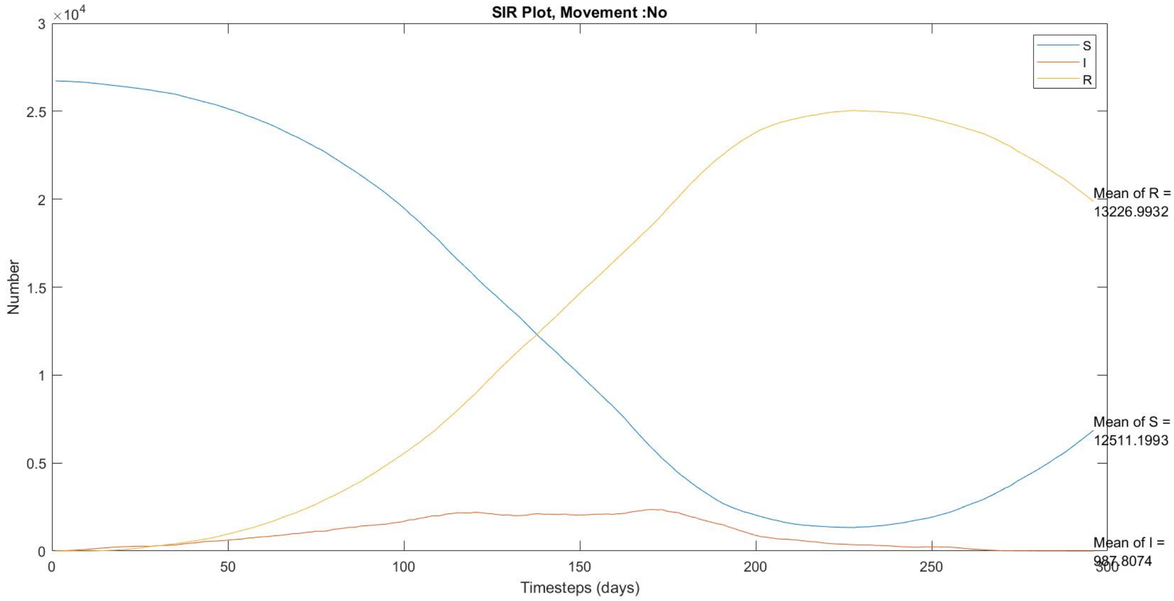
Mean of S = 12953
Mean of I = 1241.2

情形 2：
如果把 p 的值设置为 0.5，即病人的康复概率越小，则结果为：

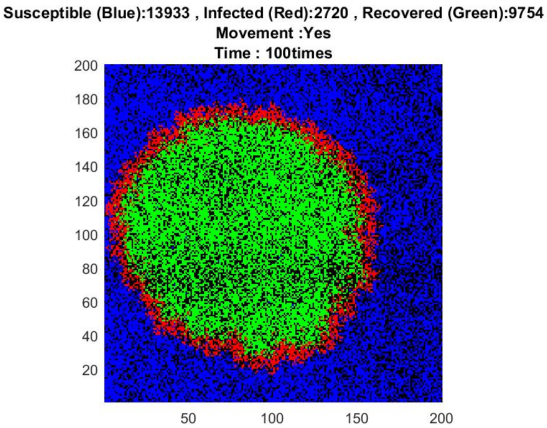
无移动：

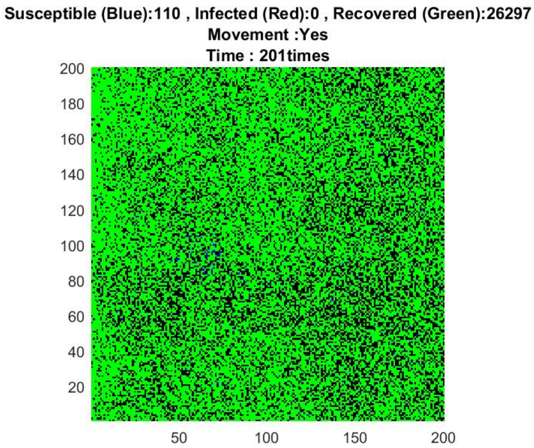


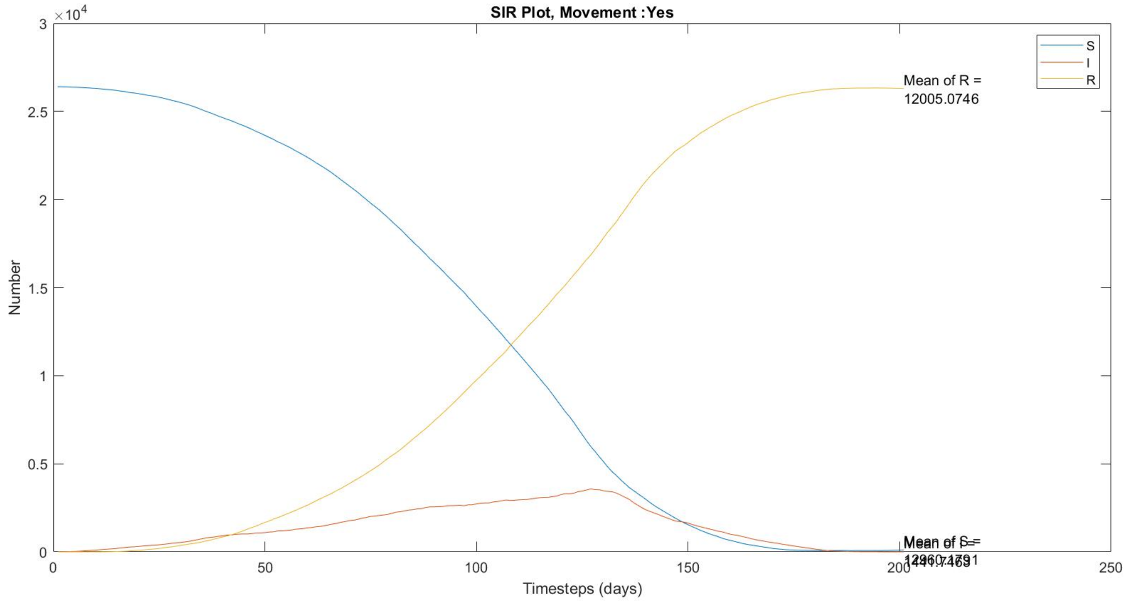



SIR Plot, Movement :No
S
I
R
Number
Timesteps (days)
Mean of R =
13226.9932
Mean of S =
12511.1993
Mean of I =
987.8074

移动：


Susceptible (Blue):13933 , Infected (Red):2720 , Recovered (Green):9754
Movement :Yes
Time : 100times

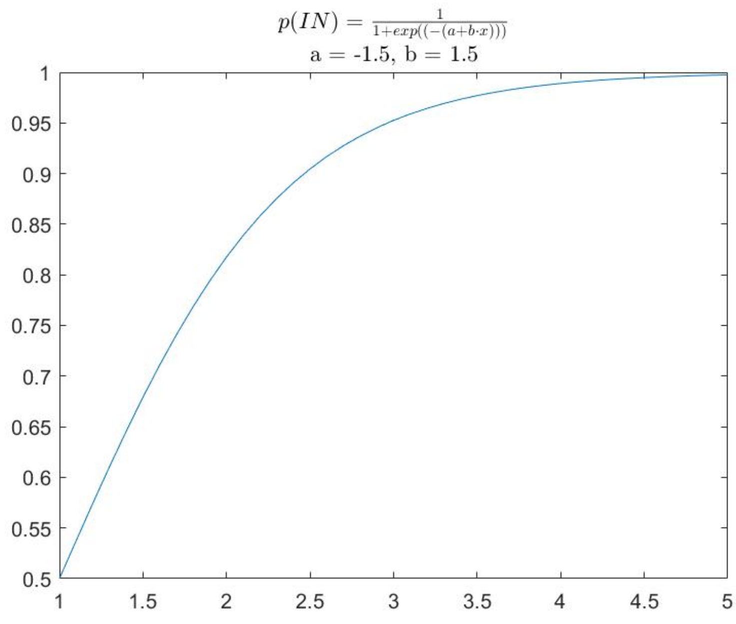

Susceptible (Blue):110 , Infected (Red):0 , Recovered (Green):26297
Movement :Yes
Time : 201times



Mean of S = 12960
Mean of I = 1441.7

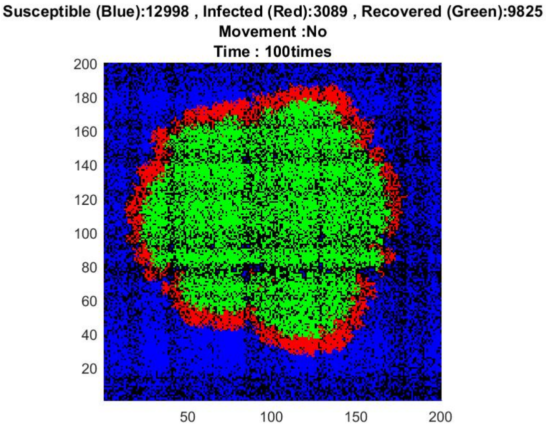
情形 3：

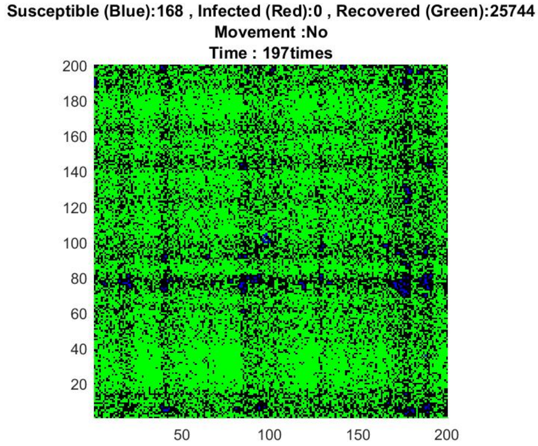
若我们把 p(IN) 函数的参数 b 改为 1.5:

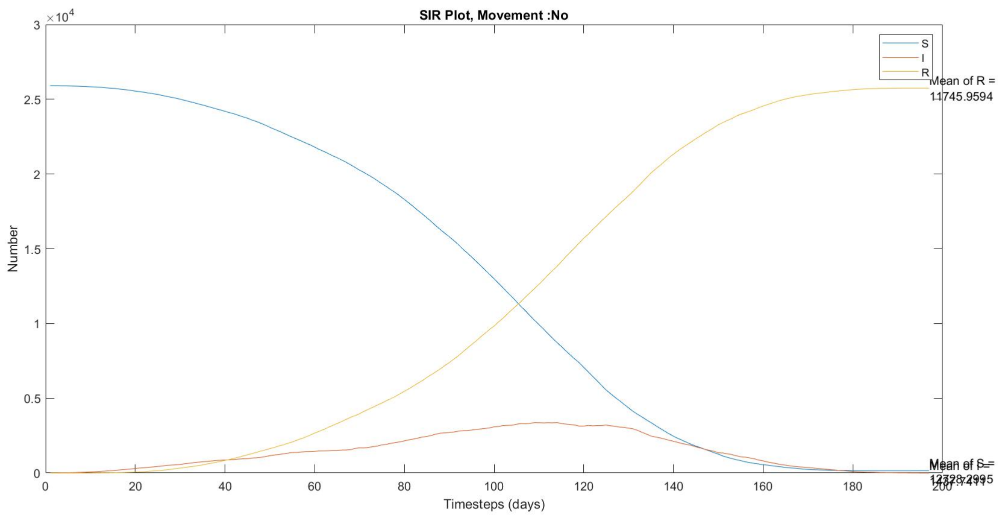


即一个人被感染的概率越高，而 p 仍然等于 0.5，则结果为：

无移动：

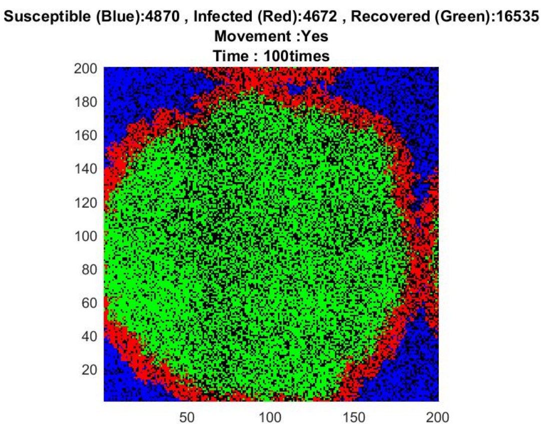


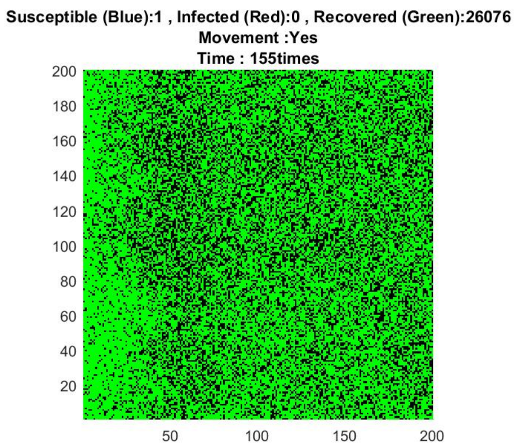


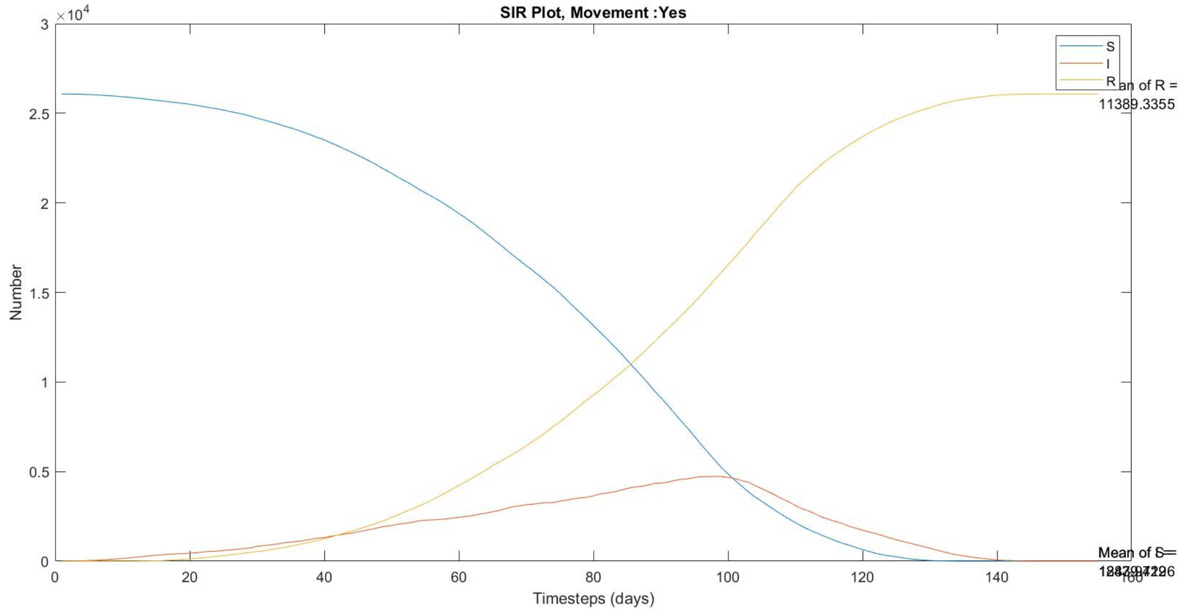


Mean of S = 12728
Mean of I = 1437.7

移动：







Mean of S = 12840
Mean of I = 1847.9

结论：

从上面结果我们可以推出，无移动的被感染人数的曲线比有移动的较平缓，即在没有移动的情况下，被感染的人比较少，控制比较好。移动的动作会促进病毒传染。

我们也可以看出，如果 p(IN) 越大，疫情的情况会比较严重。换句话说，在疫情的情况下，保持好的身体状况以及自我卫生对疫情情况有很好的影响。

这里我们也可以看到疫苗的作用。疫苗可以降低被感染概率，而且如果被感染的话，也提高康复的概率。这些告诉我们，如果一个地区的大部分人已经做疫苗接种，则疫情情况可以更好地被控制。