

باسمه تعالی

پروژه درس شبیه سازی کامپیوتری  
شبیه سازی کوئید ۱۹ در ایران

فایل توضیحات کد ارسالی برای شبیه سازی مونت کارلو

ایمان کیانیان

مهراد دهقان

نوید جمالی پور

محمد حسن پور

شهاب گلزار

نیمسال اول تحصیلی ۱۳۹۹-۱۴۰۰

## ۱. مقدمه

با توجه به مقاله ذکر شده ، هدف از این پروژه ارائه یک مدل شبیه سازی مونت کارلو است که با استفاده از توزیع پواسون و دو جمله ای منفی عمل کرده و شبیه سازی خود را انجام میدهد. در واقع هدف ارائه مدلی است که با استفاده از این مدل بتوان آمار کوید ۱۹ مشابه با آمار واقعی را شبیه سازی کرد. قبل از معرفی تابع مدل و نحوه کارکرد آن سراغ متغیر هایی میرویم که در آینده از آنها در کد استفاده خواهیم کرد.

## ۲. متغیر ها

در این قسمت متغیر هایی که در کد از آنها استفاده و تعریف کرده ایم ذکر خواهند شد .

### ۲-۱. متغیر days

تعداد روز های مشاهده در شبیه سازی که به صورت پیش فرض ۳۰۰ در نظر گرفته شده است. البته میتواند مقداری جز ۳۰۰ را بگیرد.

### ۲-۲. متغیر nd

تعداد روز های شبیه سازی ( روز هایی که قصد داریم شبیه سازی را در آن انجام دهیم ). مقدار پیش فرض این متغیر ۳۰ است که در صورت نیاز میتواند بیشتر یا کمتر باشد.

### ۲-۳. متغیر Rt

در واقع Rt متغیر نیست . Rt یک لیست است که شامل nd عضو است . درایه i ام Rt به معنی این است که میانگین تعداد افرادی که توسط هر یک از موارد آلوده در روز i ام مبتلا میشوند چقدر است. در واقع اعضای Rt پارامتری برای توزیع پواسون هستند. یعنی لامبدا برابر با Rt[i] خواهد بود.

با توجه به این موضوع میتوان دریافت که طول لیست Rt نباید از nd کوچکتر باشد. اگر کوچکتر باشد مجبوریم شبیه سازی را متوقف کنیم.

#### ۲-۴. متغیر $\mu T$

به طور میانگین فرد آلوده در چه زمانی یک شخص دیگر را آلوده میکند. در واقع  $\mu T$  یکی از پارامتر های توزیع دوجمله ای منفی خواهد بود. به طور پیشفرض  $\mu T$  برابر ۴ روز خواهد بود.

#### ۲-۵. متغیر $sizeV$

پراکندگی برای مقدار بالا. در واقع پارامتر پراکندگی برای توزیع دو جمله ای منفی است به طوری که واریانس از فرمول مقابل بدست آید:

$$variance = \frac{\mu T + \mu T^2}{sizeV}$$

به طور پیشفرض  $sizeV$  برابر ۱ است.

#### ۲-۶. متغیر $limit$

جمعیت مورد مطالعه . به طور پیشفرض برابر ۱,۰۰۰,۰۰۰ است اما چون ما شبیه سازی ایران را بررسی میکنیم جمعیت برابر ۸۰,۰۰۰,۰۰۰ در نظر میگیریم.

#### ۲-۷. متغیر $pp$

نسبت افرادی که در این بیماری را انتقال نمیدهند به کل جامعه. در برابر بیماری مصون هستند. در واقع این افراد  $pp$  درصد از هستند یعنی :

$$immunity = limit * pp$$

و همچنین تعداد افرادی که آسیب پذیرند برابر  $limit * (1 - pp)$  میباشد.

#### ۲-۸. متغیر $n_0$

تعداد اولیه افراد آلوده که برابر با تعداد موارد جدید مبتلا در روز قبل است. مثلا اگر شبیه سازی را از ۱ خرداد آغاز کنیم  $n_0$  برابر با مقدار موارد جدید روز ۳۱ اردیبهشت است.

مقدار پیشفرض برابر ۱ است زیرا حداقل ۱ بیمار کرونایی برای انتقال بیماری نیاز است.

## ۲-۹. متغیر **kk**

لیستی است به طول دوره مشاهده (days) که مقدار اولیه تمام درایه های آن صفر است. درایه  $i$  ام از لیست **kk** برابر موارد جدید روز  $i$  ام خواهد بود.

## ۲-۱۰. متغیر **atrisk**

موارد فعال حامل ویروس در هر روز . طول این لیست برابر دوره مشاهده (days) است. مقدار اولیه تمام درایه های آن ۰ است.

## ۲-۱۱. متغیر **tt**

تعداد تجمعی موارد مثبت یا مبتلا شده ( در تمام زمان )

## ۲-۱۲. متغیر **stoplimit**

برابر با تعداد افرادی است که در برابر بیماری مصون نیستند.

$$stoplimit = limit * (1 - pp)$$

## ۲-۱۳. متغیر **ni**

یک عدد رندوم با توزیع پواسون با پارامتر  $\lambda = Rt[i]$

## ۲-۱۴. متغیر **imuind**

انتخاب اینکه آیا فرد انتخابی مصون است یا خیر . در واقع رویکرد ما انتخاب بین ۰ و ۱ است که احتمال وقوع یک **pp** و احتمال وقوع ۰ برابر  $1 - pp$  خواهد بود. در صورتی که ۱ انتخاب شود شخص موصون است و کسی را آلوده نمیکند در واقع  $ni=0$  میشود.

## ۲-۱۵. متغیر **nk**

تعداد افراد جدید درگیر شده در روز قبل. در شروع شبیه سازی برابر  $n_0$  خواهد بود.

## ۲-۱۶. متغیر **tk**

لیستی که برای هر فردی که قرار است آلوده شود روز آن را به صورت تصادفی با توزیع دو جمله ای منفی با پارامتر میانگین  $\mu_T$  مشخص میکند.

### ۲-۱۷. متغیر pastevent

روز هایی که یک مورد تا آن روز ها فعال است برابر با ماکزیمم tk هاست برابر ۱ میشود و بقیه موارد برابر صفر. یعنی آن مورد فعال دیگر فعال نیست.

### ۲-۱۸. متغیر atrisk

تعداد موارد فعال در روزی مشخص از دوره مشاهده را مشخص میکند. با استفاده از pastevent ها بدست می آید.

## ۳. تابع Simulation

تابع شبیه سازی نوشته شده به زبان پایتون و به صورت زیر است.

```
def Simulation(days=300 , nd=30 , Rt=None , muT=4 , sizeV=1 , limit=100000 , pp=0.001 , n0=1 ):
    kk = [0 for i in range(days)]
    atrisk =[0 for i in range(days)]
    tt = 0      if nd > len(Rt):
        print("The length of Rt should not be smaller than nd.")
        sys.exit(0)
    stoplimit = limit*(1-pp)
    nk = n0
    #----- First Day Of Simulation -----
    for k in range(nk):
        if tt>stoplimit:
            Rt[0]=0.001
        ni = rn.poisson(Rt[0],1)[0]
        imuind = rn.choice(2,1,True,[1-pp,pp])[0]
        if(imuind==1):
            ni=0
        tt=tt+ni
        if(ni > 0):
            tk=[0 for i in range(ni)]
            for i in range(ni):
                tk[i]= rn.negative_binomial(1,sizeV/(sizeV + muT),size
=round(sizeV))[0]+
```

```

        kk[tk[i]-1] = kk[tk[i]-1] + 1
        pastevent =[1 for i in range(max(tk)-
1)]+[0 for i in range((days-max(tk)+1))]
        atrisk = [sum(i) for i in zip(atrisk, pastevent)]
#-----

#----- Day 2 to nd -----
for j in range(1,nd):
    nk = kk[j-1]
    if(nk > 0):
        for k in range(nk):
            if(tt>stoplimit):
                Rt[j]=0.001
                ni = rn.poisson(Rt[j],1)[0]
                imuind = rn.choice(2,1,True,[1-pp,pp])[0]
                if(imuind==1):
                    ni=0
                tt=tt+ni
                if(ni > 0):
                    tk=[0 for i in range(ni)]
                    for i in range(ni):
                        tk[i] = rn.negative_binomial(1,sizeV/(sizeV +
muT),size=round(sizeV))[0]+1+j
                        kk[tk[i]-1] = kk[tk[i]-1] + 1

                    pastevent = [0 for l in range(j-
1)]+[1 for l in range(max(tk)+1-j)]+[0 for l in range(days-max(tk))]
                    atrisk = [sum(i) for i in zip(atrisk, pastevent)]
    return [atrisk,kk,tt]

```

که در کد به اندازه ی نیاز کامنت گذاشته شده است و در فایل Covid19.py پیوست شده به همراه فایل ارسالی قابل رویت است.

#### ۴. داده های جمع آوری شده برای انتشار کووید ۱۹ در ایران

داده های مربوط به کووید ایران از سایت [outworldindata.com](https://outworldindata.com) جمع آوری شده است که به همراه فایل ارسالی با نام `iran.csv` ارسال میشود.

مقادیر ابتلای تجمعی و ابتلای روزانه کاملاً از داده ها مشخص است. در واقع ما قصد داریم شبیه سازی را با استفاده از یک سری داده های اولیه انجام دهیم و مقداری مشابه با مقادیر واقعی در بازه ی مشخص شده داشته باشد. در واقع مقدار شبیه سازی شده را با مقدار واقعی فیت کنیم. برای اینکار ما به پارامتر های `Rt` ، `muT` و `sizeV` و همچنین چند پارامتر دیگر نیاز خواهیم داشت. پارامتر های دیگر کاملاً مشخص هستند و میتواند به راحتی به دستشان آورد. کاری که ما باید انجام دهیم پیدا کردن `Rt`، `muT` و `sizeV` است. این پارامتر ها به طور مستقیم از روی داده ها بدست نمی آیند. در این مقادیر بستگی به پارامتر های مختلف از جمله سیاست دولت در مواجهه با همه گیری کرونا ، رعایت مردم ، اطلاع رسانی و ... دارد که با استفاده از اینها کم یا زیاد میشوند. ما باید تلاش کنیم این پارامتر ها را به گونه ای پیدا کنیم تا بعد از شبیه سازی خروجی های ما به راحتی با داده های واقعی که داریم `fit` شوند.

#### ۵. نحوه تقسیم بندی داده ها و انجام شبیه سازی

داده های مربوط به تعداد موارد جدید روزانه از `iran.csv` جمع آوری شد و در بازه های ۶۰ روزه جمع آوری شد. در این پروژه ۵ دوره ۶۰ روزه را شبیه سازی کردیم. در فایل `Covid19.py` متغیر هایی مانند `ir1_newcases` ، `ir2_newcases` و ... وجود دارد که بیانگر موارد جدید روزانه در روز مشخص شده میباشد.

برای مثال `ir1_newcases` لیستی به صورت زیر است:

```
ir1_newcases=[385 , 523 , 835 , 586 , 591 , 1234 , 1076 , 743 , 595 ,  
881 , 958 , 1075 , 1289 ,  
1365 , 1209 , 1053 , 1178 , 1192 , 1046 , 1237 ,  
966 , 1028 , 1411 , 1762 , 2206 , 2389 , 2926 ,  
3076 , 2901 , 3186 , 3110 , 2988 , 2875 , 2715 ,  
2560 , 2483 , 2274,2089 , 1997 , 1634 , 1972 ,  
1837 , 1657 , 1617 , 1574 , 1512 , 1606 , 1499 ,  
1374 , 1343 , 1294, 1297 , 1194 , 1030 , 1168 ,  
1134 , 1153 , 991 , 1112 , 1073]
```

که مشخصاً برابر تعداد موارد ابتلای روزانه از تاریخ ۱۱ اسفند تا ۱۰ اردیبهشت است.

حال با استفاده از تابع `simulation` شبیه سازی زیر را انجام میدهیم :

```
simu=Simulation(nd=60,Rt=rr_ir1, muT=2.8,sizeV=1.3,limit=8000000,n0=205)
```

که جامعه شبیه سازی ما ۸۰ میلیون نفر است. دوره شبیه سازی ما ۶۰ روز است و  $R_t$  ما برابر  $rr\_ir1$  است که همان  $infection\ rate$  یا نرخ عفونت است. که برای مثال برای ۲ ماه اول به صورت زیر جمع آوری شده است:

```
rr_ir1 = [5.95,2.25,3.2,0.03,0.86,4.15,0.75,0,0.3,2.48,1.3,1.3,1.92,1.2,0.55,0.58,1.31,1.2,0.25,1.8,0.33,1.3,2,1.6,2,1.24,1.78,1.15,0.85,1.3,0.92,0.8,0.87,0.8,1,0.76,0.7,0.84,0.68,0.6,1.65,0.65,0.7,0.98,0.8,0.9,1.1,0.85,0.8,0.83,0.77,1.2,0.7,0.585,1.35,0.95,1.1,0.65,1.35,0.92]
```

و همچنین  $muT$  مقداری ثابت برابر ۲,۸ و  $sizeV$  برابر مقدار ثابت ۱,۳ در نظر گرفته شده است تا داده های شبیه سازی شده نزدیک به داده های واقعی بدست آیند. توضیح اثر کم یا زیاد شدن پارامتر های گفته شده روی داده های شبیه سازی شده در فایل توضیحات همراه با پروژه نوشته شده است.