



بخش اول :

در این بخش یک جمعیت نورونی با ۸۰۰ نورون تحریکی و ۲۰۰ نورون مهاري ساخته شده. برای ساخت نورون ها از مدل LIF استفاده شده که فرمول آن در شکل زیر نشان داده شده است.

```
G = NeuronGroup(N_exc + N_inh , '''dv/dt = ((V_r - v)+(R*I))/tau : volt
                                I : amp''',
                threshold = 'v > V_th',
                reset='v = V_r'
                )
```

سپس نورون های تحریکی و مهاري را از یکدیگر جدا می کنیم.

```
exc_neurons = G[:N_exc]
inh_neurons = G[N_exc:]
```

و آن ها را به نورون های کل جمعیت با احتمال دلخواه متصل می کنیم.

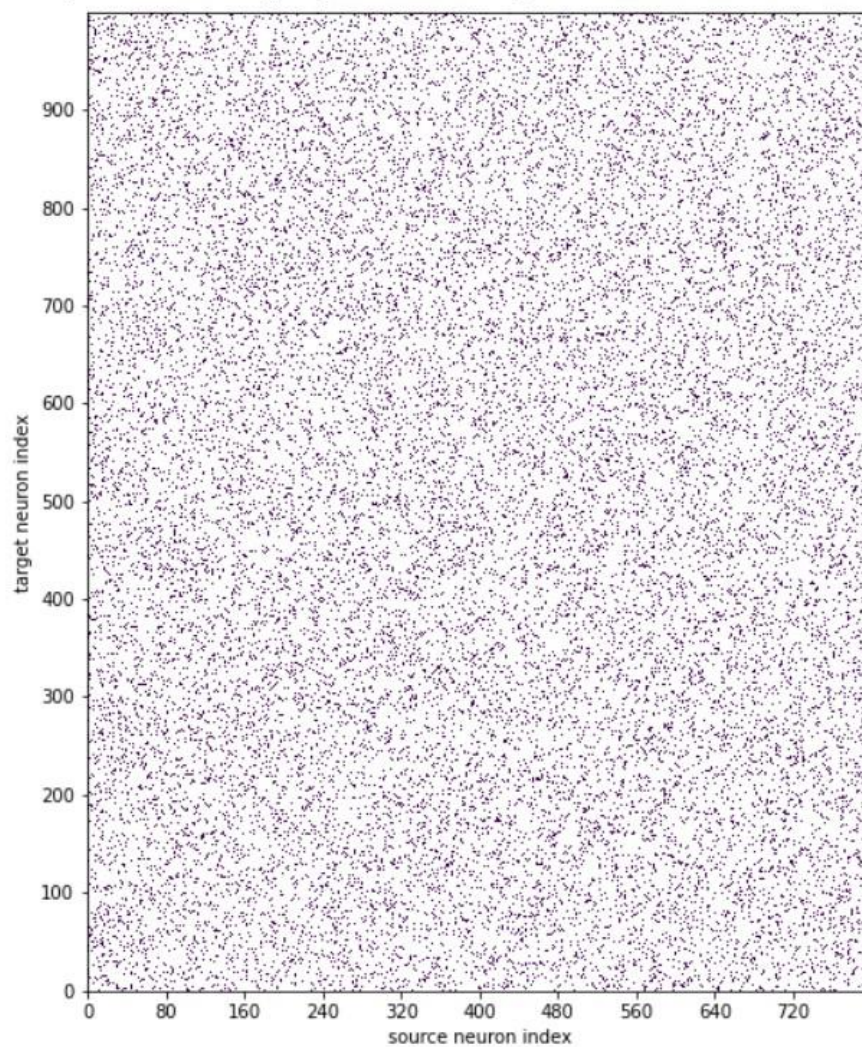
```
exc_synapse = Synapses(exc_neurons , G , 'w:volt' , on_pre = 'v_post += w')
inh_synapse = Synapses(inh_neurons , G , 'w:volt' , on_pre = 'v_post += w')

exc_synapse.connect(p = p_exc)
exc_synapse.w = w_exc
inh_synapse.connect(p = p_inh)
inh_synapse.w = w_inh
```

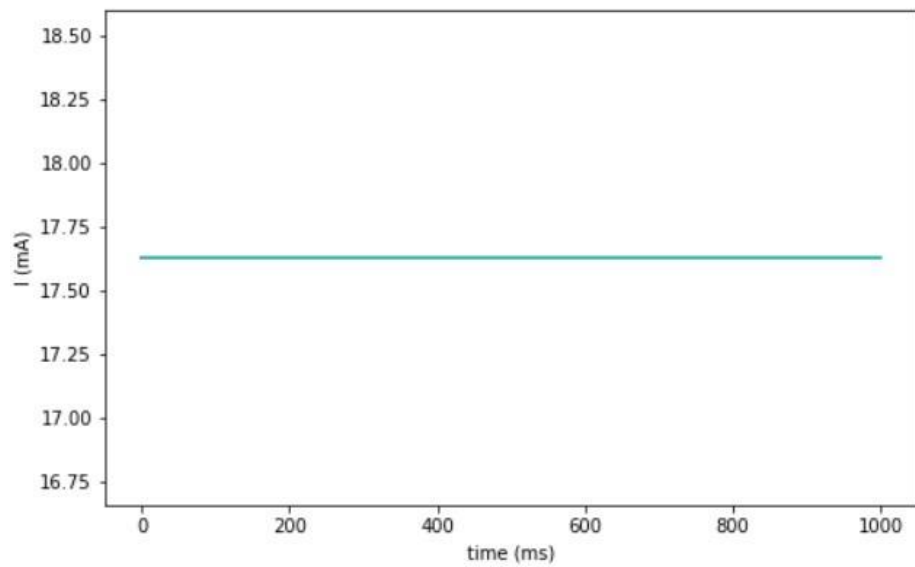
پارامتر های مختلف را به صورت زیر مقدار دهی می کنیم.

```
N_exc = 800
N_inh = 200
R = 0.007*Mohm
tau = 250*ms
V_init = -70*volt
V_r = -75*volt
V_th = -50*volt
i_init = (random()*30)*mA
p_exc = 0.1
p_inh = 0.05
w_exc = 7*volt
w_inh = -8*volt
```

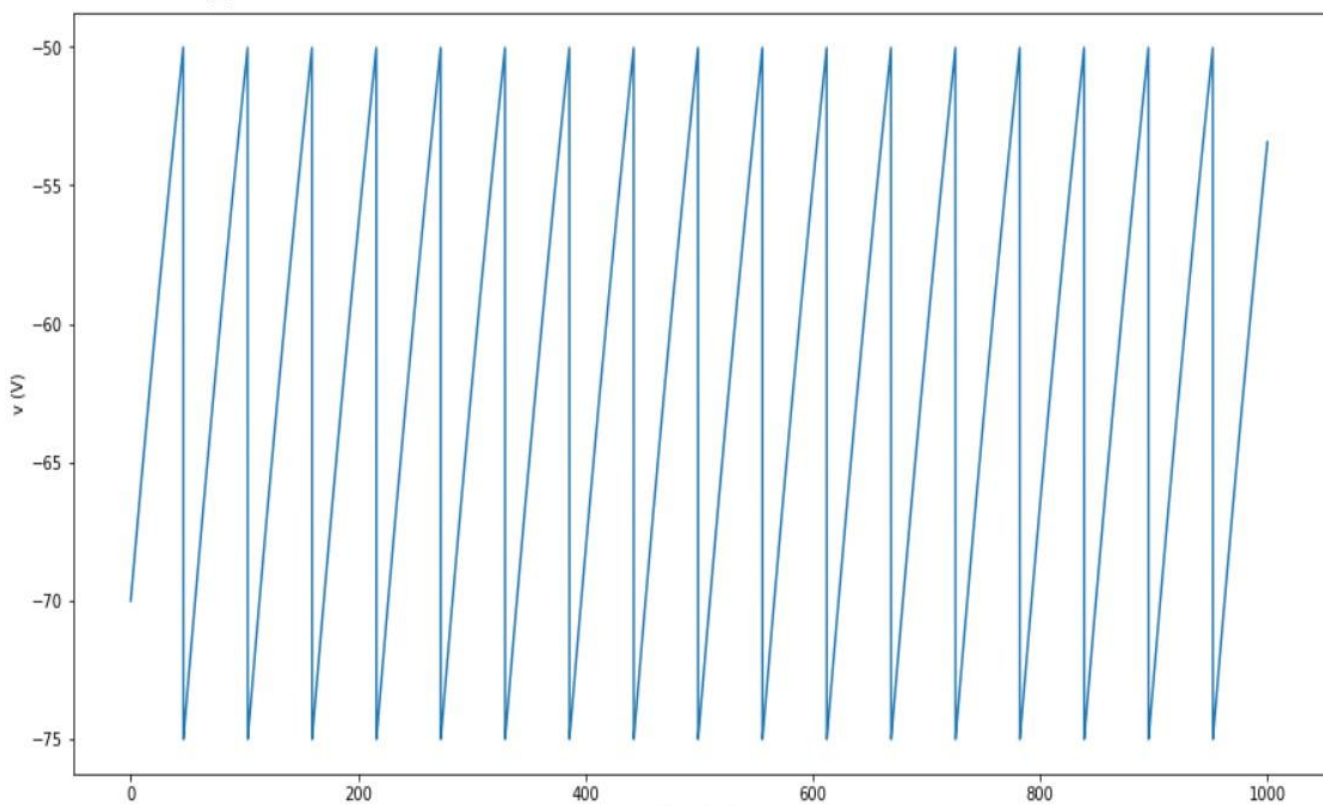
در زیر نحوه اتصال نورون های تحریکی به نورون های کل جمعیت مشاهده می شود.



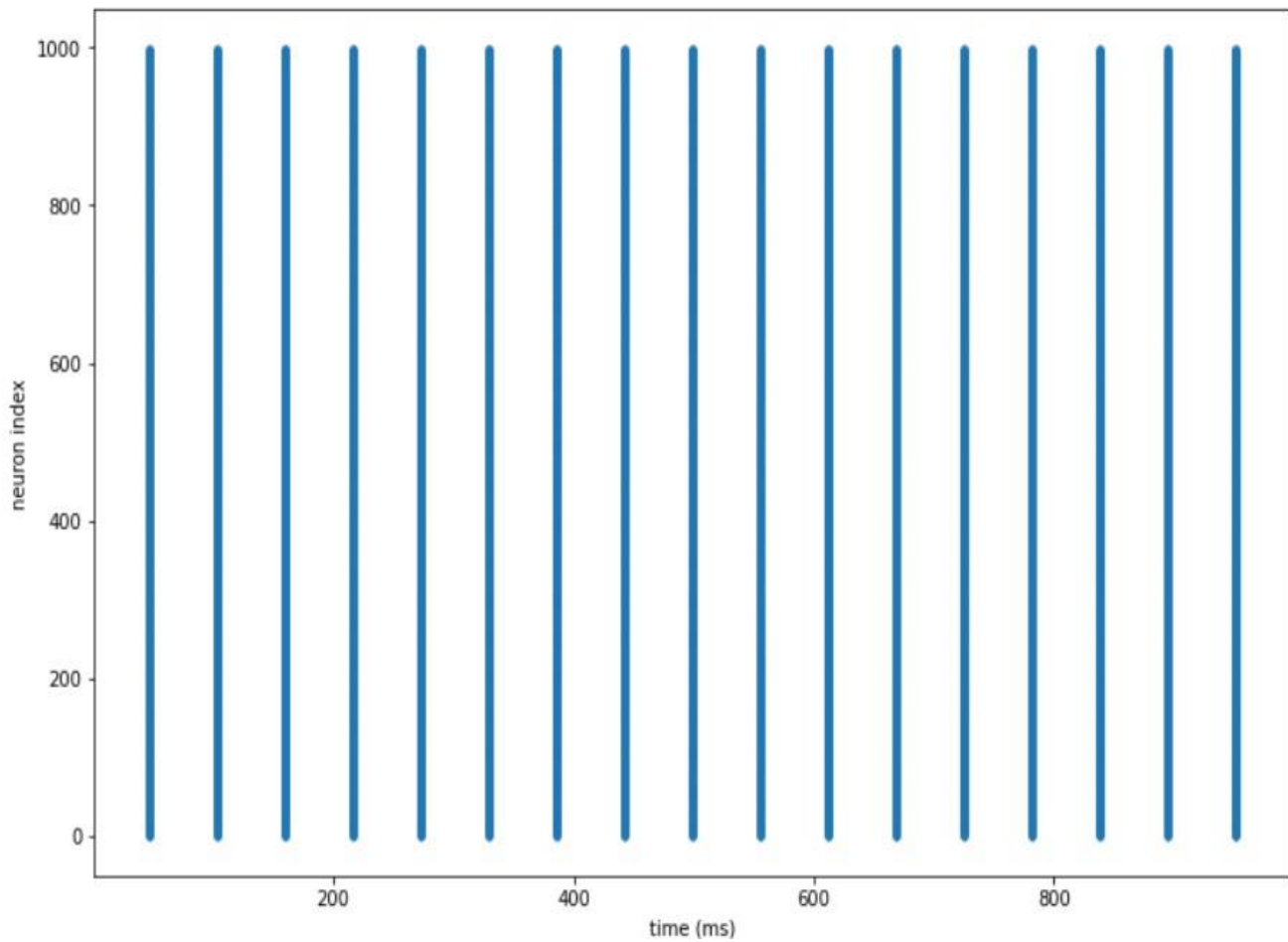
یک جریان ثابت رندوم یکسان را به همه نورون ها وارد می کنیم.



شکل زیر تغییرات پتانسیل برحسب زمان یک نورون از جمعیت تحریکی را نشان می دهد.



شکل زیر raster plot کل جمعیت نرونی (G) را نشان می دهد.



تعداد کل spike ها به صورت زیر می باشد.

```
total spike = 17000  
exc spike = 13600  
inh spike = 3400
```

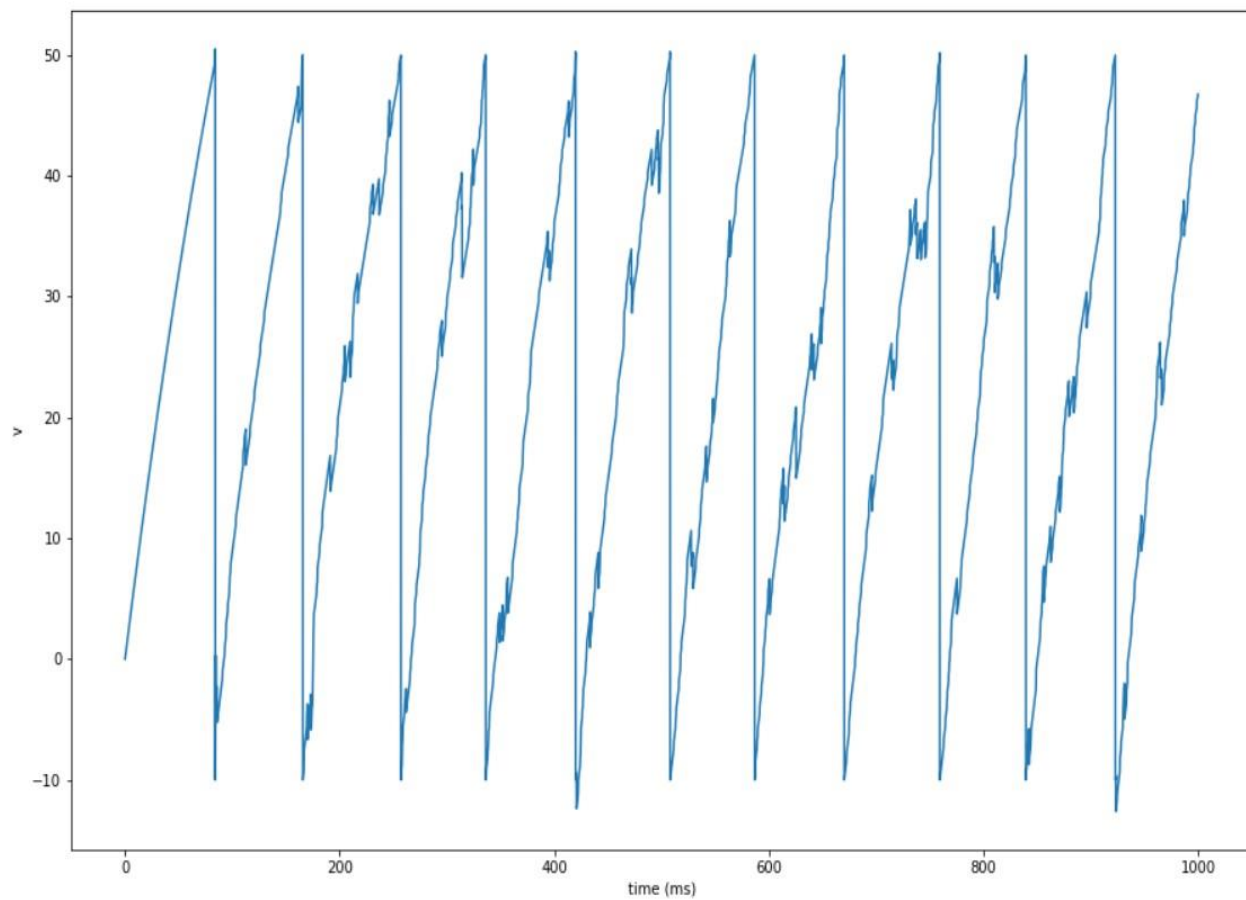
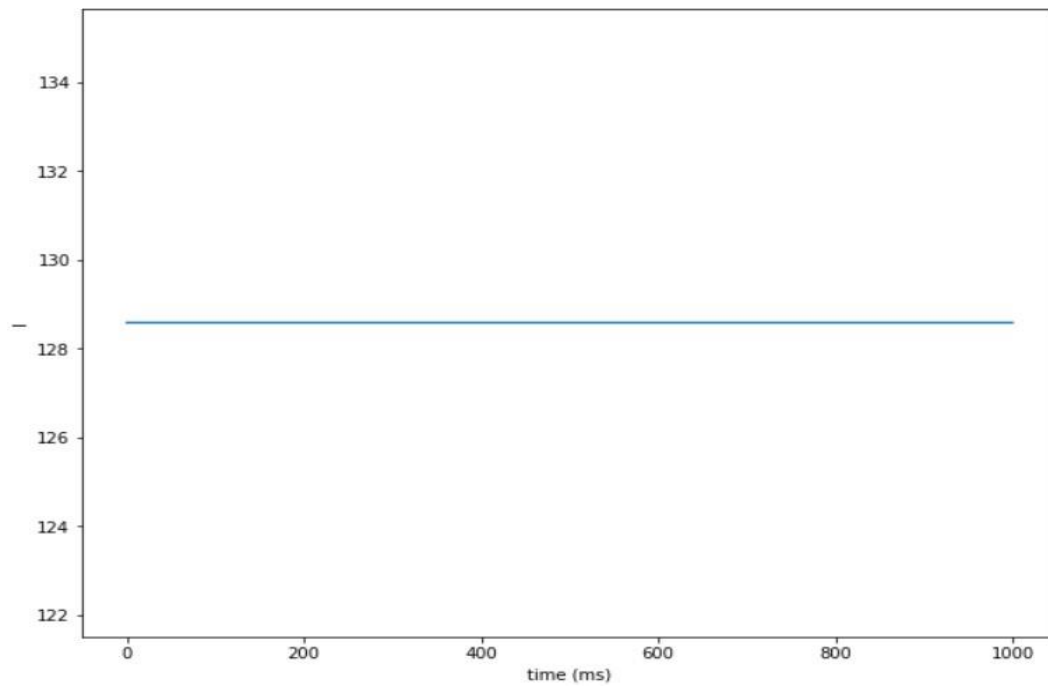
حال به هر نورون به صورت جداگانه یک جریان ثابت رندوم می دهیم.

```
start_scope()
G = NeuronGroup(N_exc + N_inh , '''dv/dt = ( ((V_reset - v)+(R*I))/tau ) / (ms) : 1
                        I : 1''',
                threshold = 'v > V_th',
                reset='v = V_reset'
                )
G.v = V_init
G.I = '(rand()*30)+100'
```

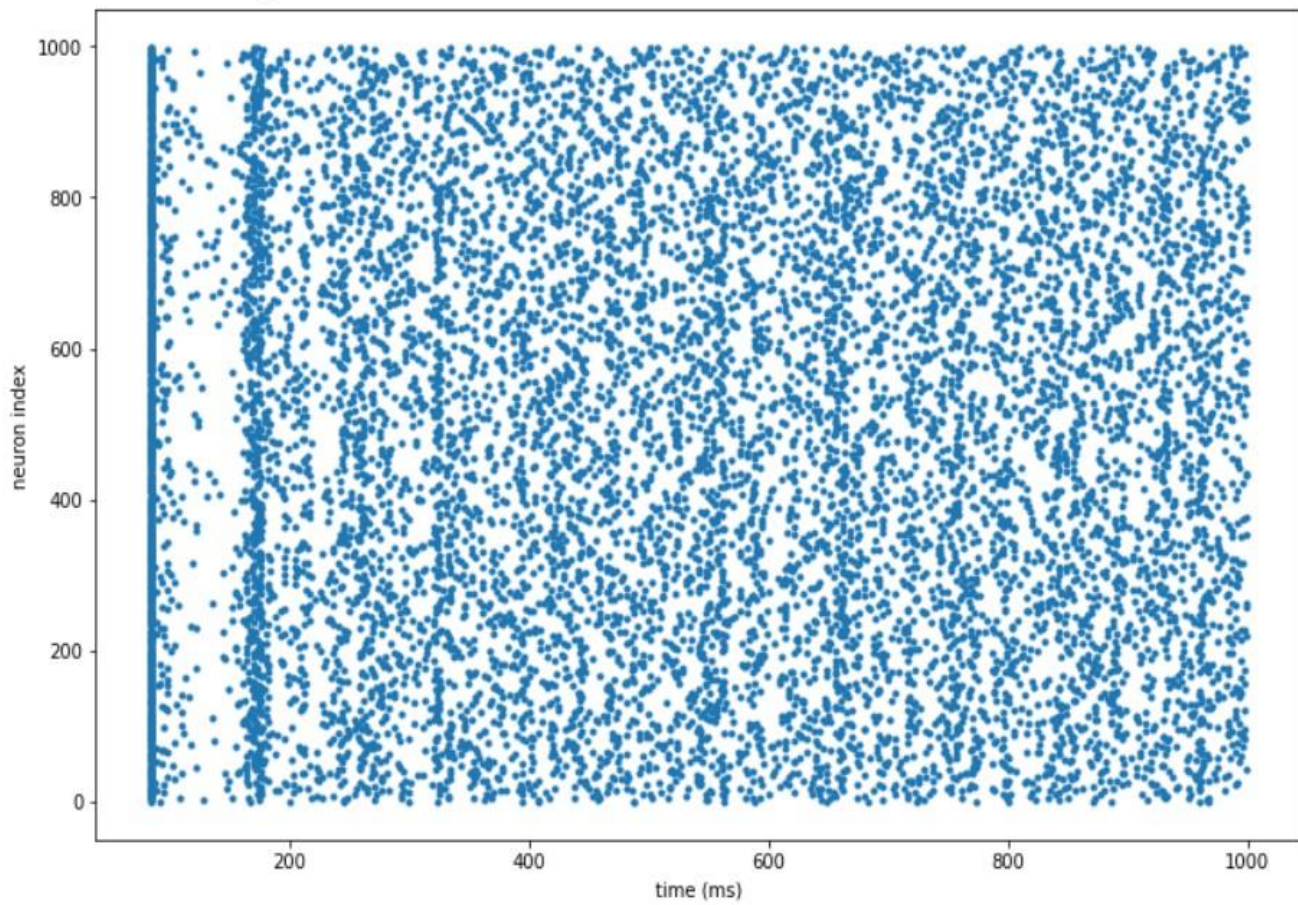
مقدار دهی پارامتر ها را به صورت زیر انجام می دهیم.

```
N_exc = 800
N_inh = 200
R = 1.2
tau = 200
V_init = 0
V_reset = -10
V_th = 50
p_exc = 0.1
p_inh = 0.05
w_exc = 0.5
w_inh = -3
```

در زیر به ترتیب نمودارهای جریان وارد شده و پتانسیل یک نورون دلخواه برحسب زمان دیده می شود.



در شکل زیر raster plot مربوط به کل جمعیت نوروئی مشاهده می شود.



بخش دوم:

در این بخش سه جمعیت نورونی که دو تای آن ها تحریکی و یکی مهارى هستند را تشکیل می دهیم. از همان فرمول بخش یک استفاده می کنیم و به دو جمعیت نورونی تحریکی جریان های ۱۲۰ و ۱۰۰ وارد می کنیم و به جمعیت مهارى جریانی وارد نمی کنیم.

پارامتر ها را مقداردهی می کنیم.

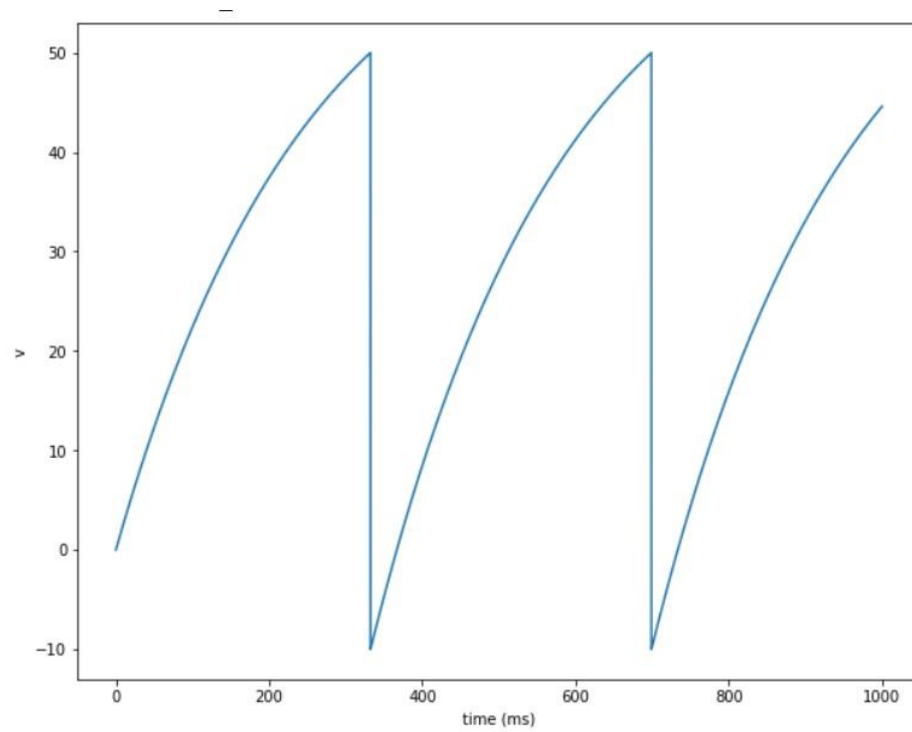
```
N_first_exc = 800
N_second_exc = 800
N_inh = 200
R = 0.6
tau = 250
V_init = 0
V_reset = -10
V_th = 50
I_first_exc = 130
I_second_exc = 110
I_inh = 0
p_first_exc = 0.1
p_second_exc = 0.08
p_inh = 0.2
p_excs = 0.05
w_first_exc = 0.7
w_second_exc = 0.8
w_inh = -8
w_excs = 0.2
```

نورون های هر سه جمعیت نورونی را با مقادیر احتمالاتی که قبلا مقداردهی کردیم، به خودشان متصل می کنیم.

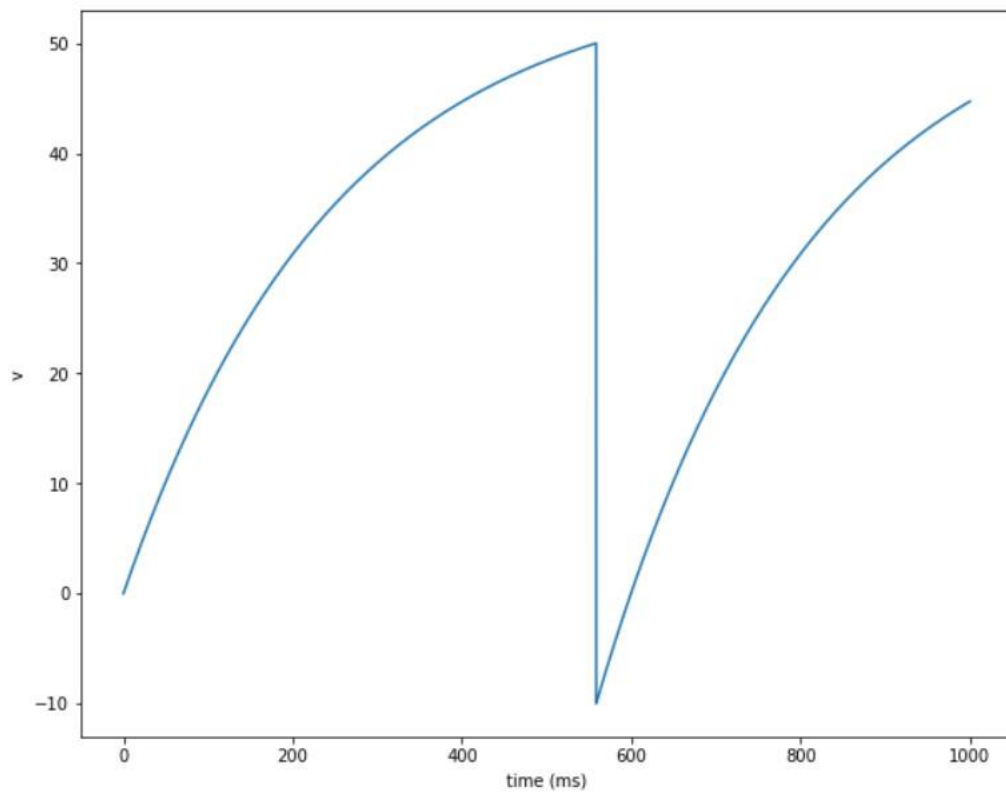
```
first_exc_synapse = Synapses(first_exc_G , first_exc_G, 'w:1' , on_pre = 'v += w')
second_exc_synapse = Synapses(second_exc_G , second_exc_G , 'w:1' , on_pre = 'v += w')
inh_synapse = Synapses(inh_G , inh_G , 'w:1' , on_pre = 'v += w')

first_exc_synapse.connect(p = p_first_exc)
first_exc_synapse.w = w_first_exc
second_exc_synapse.connect(p = p_second_exc)
second_exc_synapse.w = w_second_exc
inh_synapse.connect(p = p_inh)
inh_synapse.w = w_inh
```

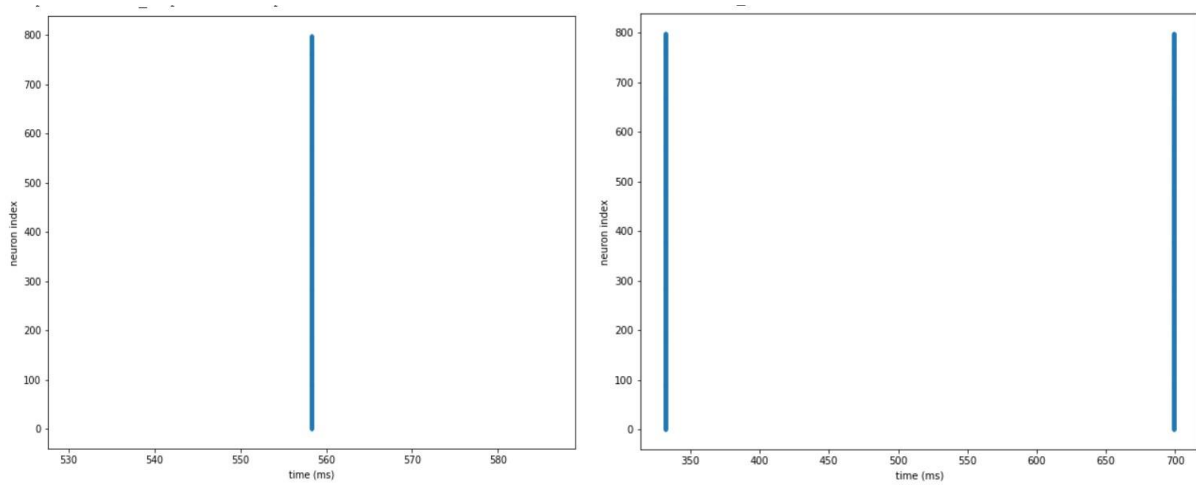

نمودار تغییرات پتانسیل یک نورون دلخواه از جمعیت تحریکی اول :



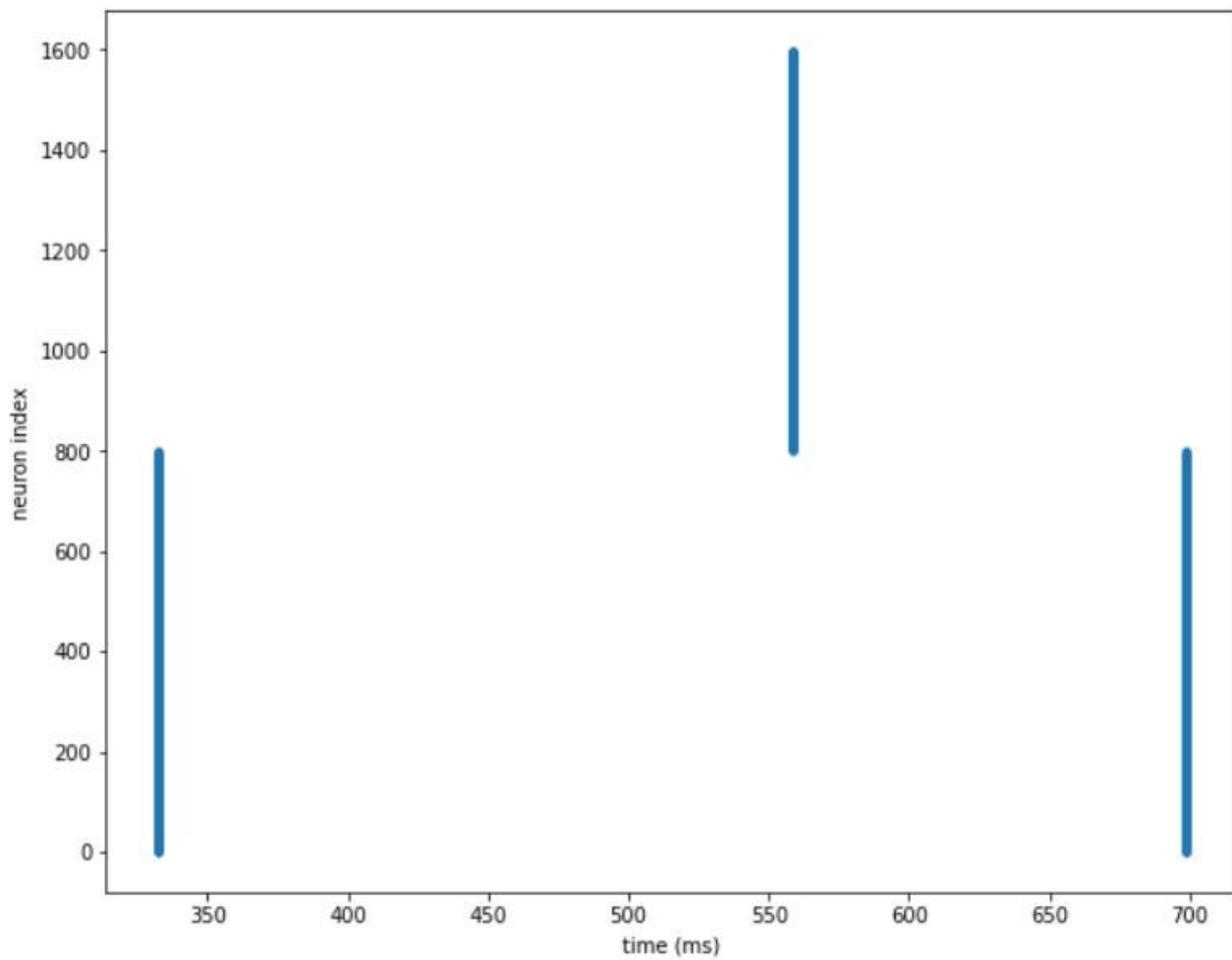
نمودار تغییرات پتانسیل یک نورون دلخواه از جمعیت تحریکی دوم :



نمودار raster plot جمعیت تحریکی اول در سمت راست و جمعیت تحریکی دوم در سمت چپ نمایش داده شده :



نمودار raster plot برای کل جمعیت :



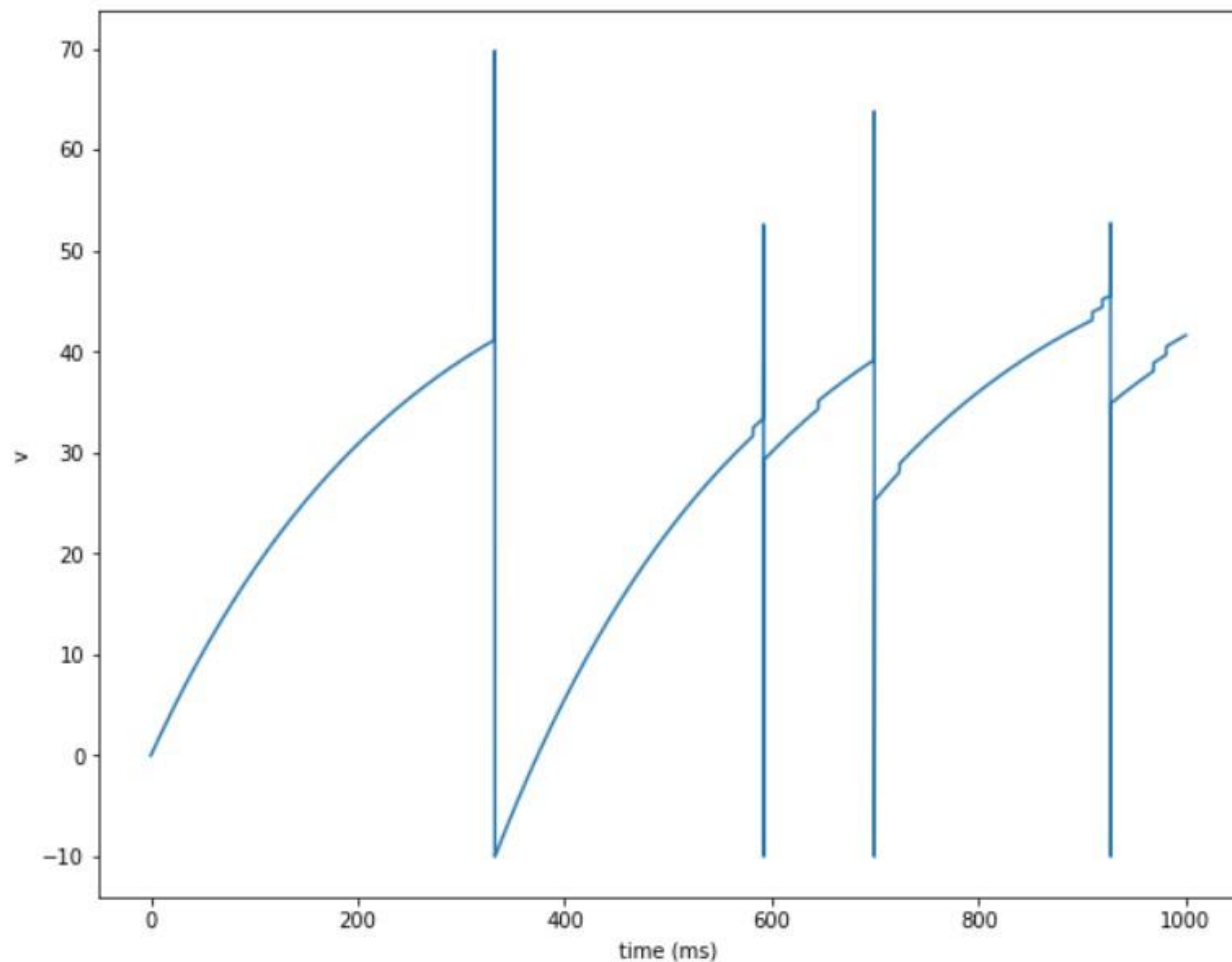
تعداد spike ها :

```
total spike = 2400
first exc spike = 1600
second exc spike = 800
inh spike = 0
```

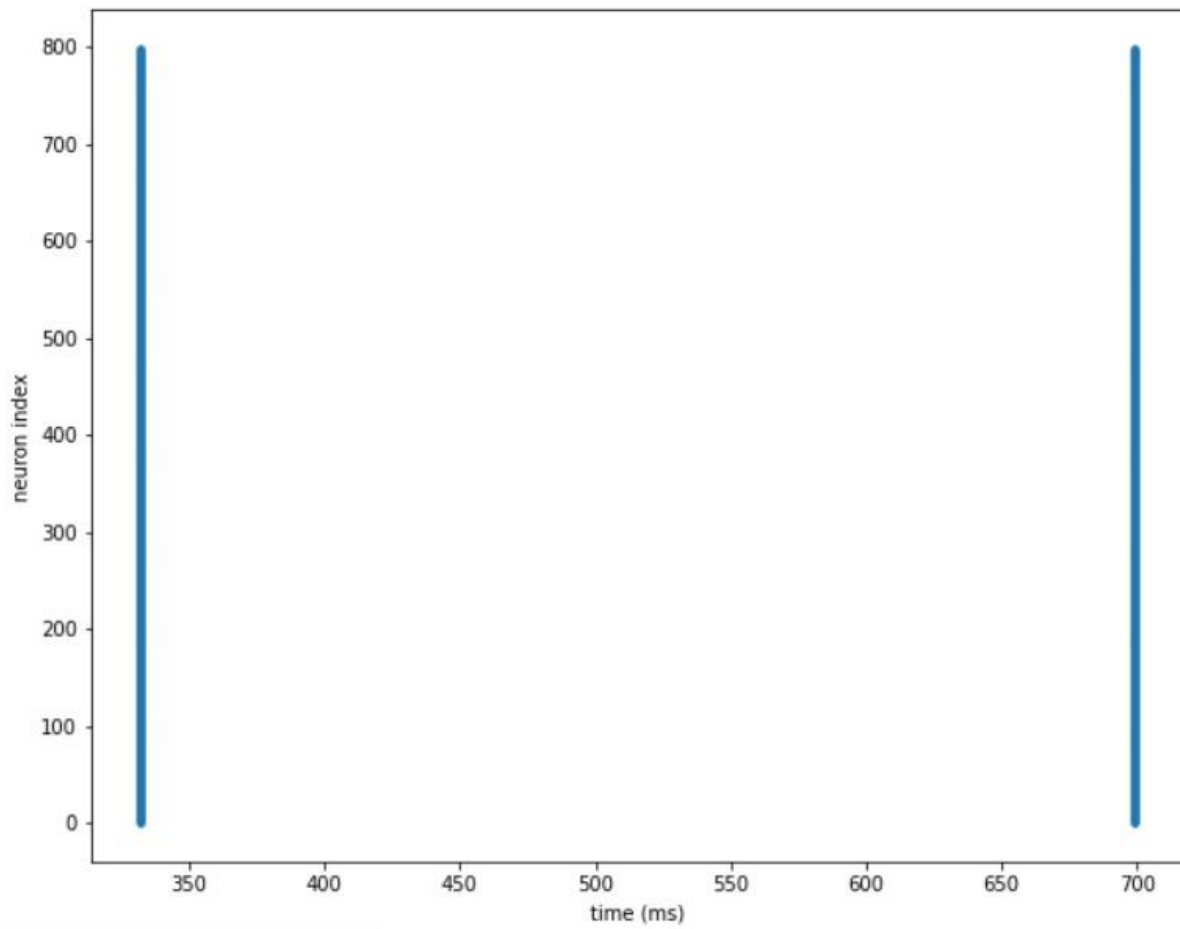
حال دو جمعیت نوروئی تحریکی را با احتمال ۵٪ به یکدیگر متصل می کنیم. (جمعیت نوروئی اول را به عنوان منبع spike و جمعیت نوروئی دوم را به عنوان نوروئی های هدف spike در نظر می گیریم)

```
excs_synapse = Synapses(first_exc_G , second_exc_G , 'w:1' , on_pre = 'v += w')
excs_synapse.connect(p = p_excs)
excs_synapse.w = w_excs
```

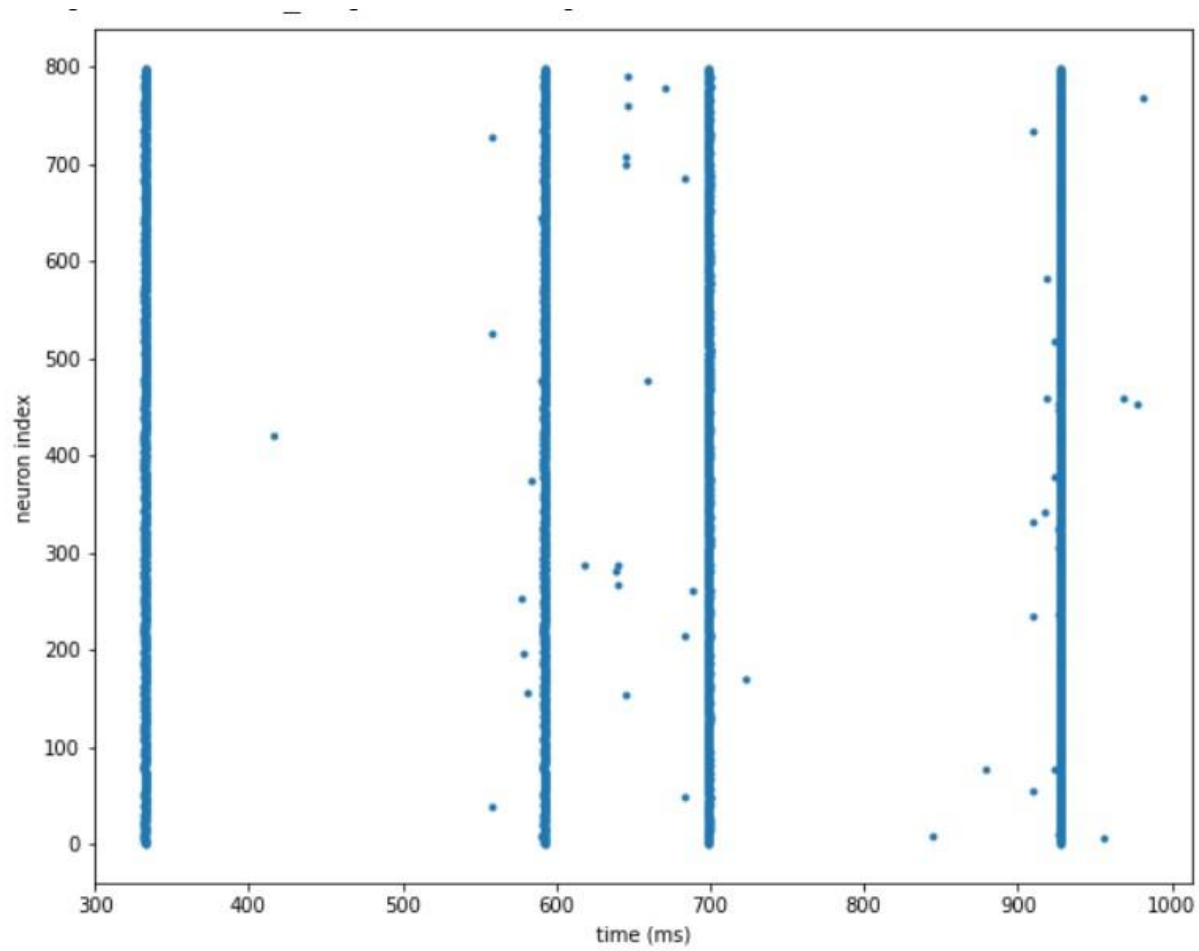
نمودار تغییرات پتانسیل یک نوروئی دلخواه از جمعیت تحریکی دوم :



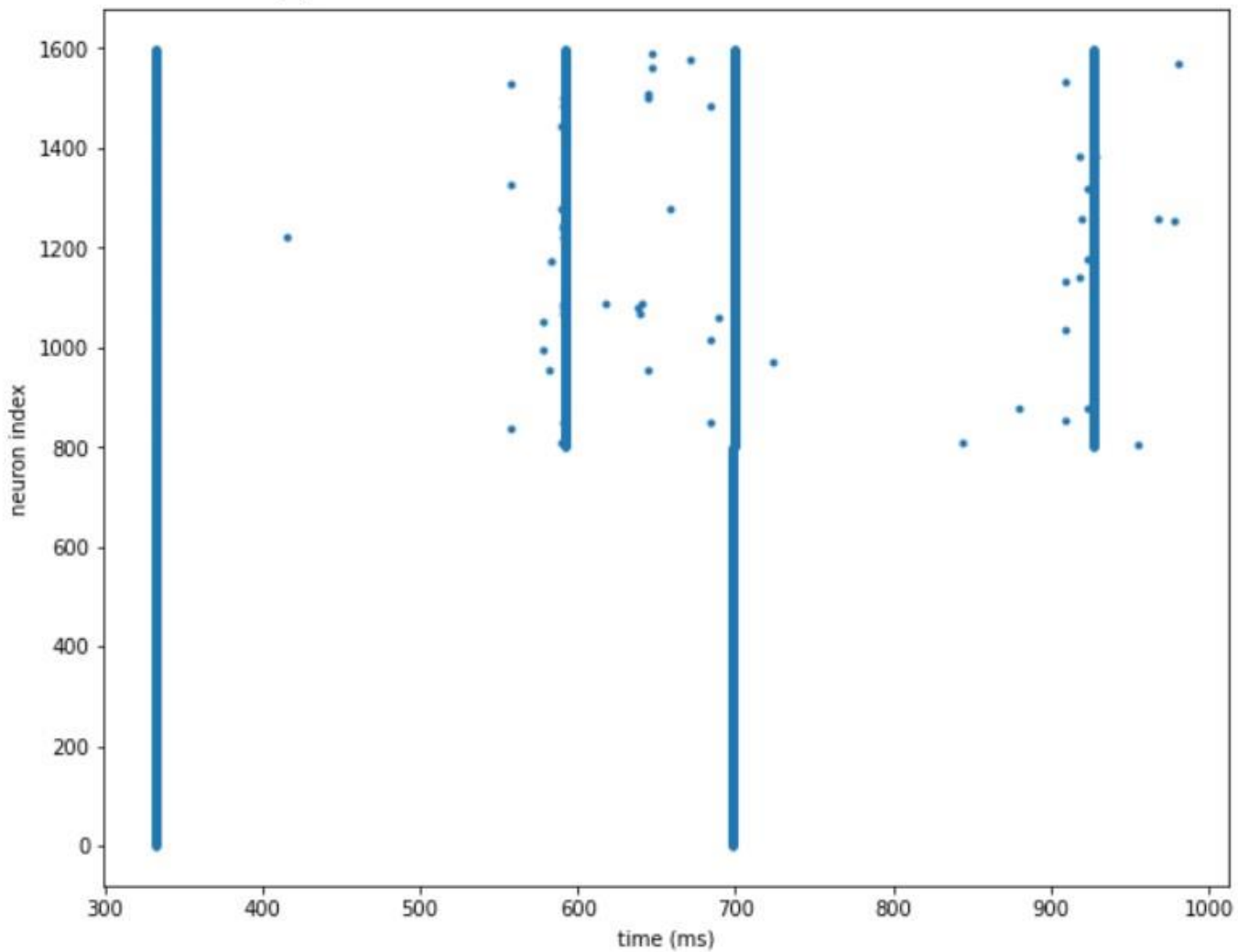
Raster plot مربوط به نورون های تحریکی اول :



Raster plot مربوط به نورون های تحریکی دوم :



Raster plot مربوط به نورون های کل جمعیت :



تعداد spike ها :

```
total spike = 4843
first exc spike = 1600
second exc spike = 3243
inh spike = 0
```

همانطور که مشاهده می شود، اتصال بین دو جمعیت نورونی باعث شد تا تعداد spike ها در جمعیت دوم (جمعیت هدف) به مقدار قابل توجهی (تقریباً ۴ برابر) افزایش یابد.