

گزارش تمرین سری دوم – علوم اعصاب محاسباتی

عرفان کرمی – ۹۸۲۲۲۰۷۹

اردیبهشت ۱۴۰۱

در این سری از تمرین هدف پیاده سازی جمعیت های نورونی و ارتباط بین آنها می باشد. در بخش اول ارتباط بین دو نورون بررسی شده اند که به ترتیب از نوع [excitatory , excitatory] و [excitatory , inhibitory] و [inhibitory, inhibitory] میباشند.

در دومین بخش یک جمعیت نورونی شامل ۸ نورون تحریکی و ۲ نورون مهارتی ساخته شده است به طوری که همه ی نورون ها روی هم تاثیر بگذارند و raster plot آن رسم شده است.

در بخش سوم هم سه جمعیت نورونی هر یک شامل ۱۰ نورون که دوتای آنها تحریکی و یکی از آنها مهارتی اند پیاده سازی شده است و raster plot آن رسم و رفتار آن با رابطه مستقیم هم مورد مقایسه قرار گرفته اند.

در کنار این فایل که گزارش تمرین است سه فایل دیگر نیز به نام های *PyNeuron.py* و *CNS_ErfanKarami_98222079_2.ipynb* و *neuronpopulation.py* هم آمده اند که فایل اول مدلسازی هایی از تک نورون است که در گزارش سری قبلی تمرین در مورد آن توضیحات کامل داده شده است. فایل دوم فایل نوتبوک تمرین است که خروجی اجرای مدل ها در آن قرار دارد و فایل سوم فایل جدیدی است که در این سری اضافه شده است و مدلسازی جمعیت نورونی و شبکه ای از جمعیت های نورونی را نشان می دهد.

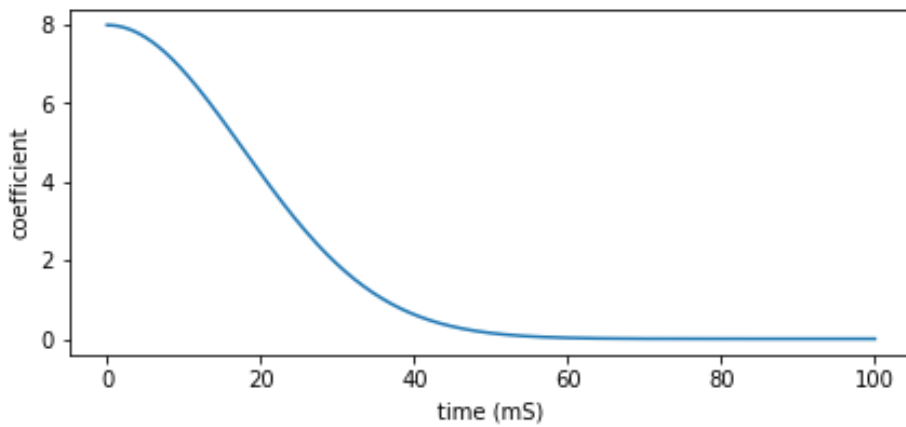
▪ جریان ها

در این سری از تمرین از جریان های ثابت به اندازه ۴۰۰۰ و ۴۲۵۰... همگی با واحد پیکو آمپر استفاده شده است.

▪ تابع گاوسی *time_course*

برای *time_course* اسپایک ها از دو نوع تابع گاوسی استفاده شده است. یکی برای جمعیت های تحریکی و دیگری برای جمعیت های مهارتی. بازه زمانی جمعیت های تحریکی:

time course function for excitatory population

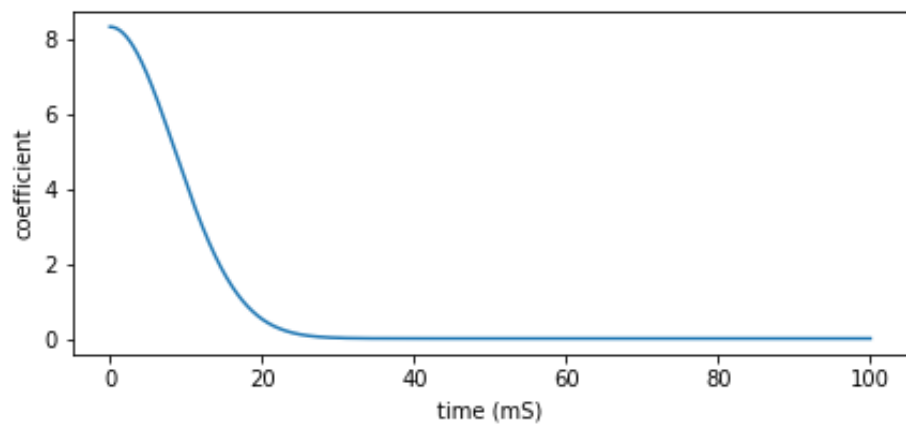


که ضابطه آن به صورت زیر است:

$$time_{course}(t) = \frac{500}{25 * \sqrt{2\pi}} * e^{-\left(\frac{t}{25}\right)^2}$$

بازه زمانی جمعیت های مهارى:

time course function for inhibitory population



که ضابطه آن به صورت زیر است:

$$time_{course}(t) = \frac{250}{12 * \sqrt{2\pi}} * e^{-\left(\frac{t}{12}\right)^2}$$

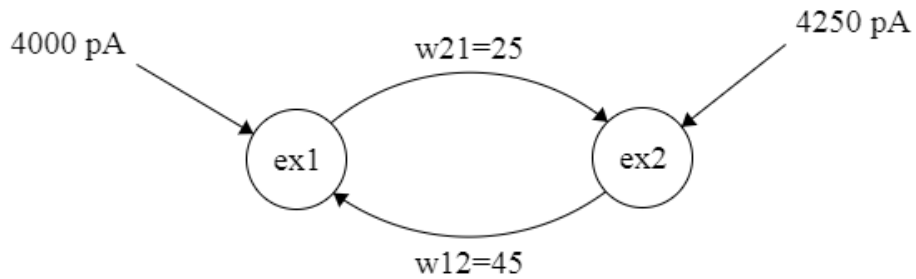
حال با تعريف اين پارامتر ها گزارش هر بخش را ارائه ميکنيم:

** با توجه به اينکه مدل هايي که براي جمعيت نوروني و شبکه ای از جمعيت های نوروني پياده سازي کرده ايم جامع هستند براي هر سه بخش از آنها استفاده کرديم

▪ پیاده سازی کانکشن بین نورون ها

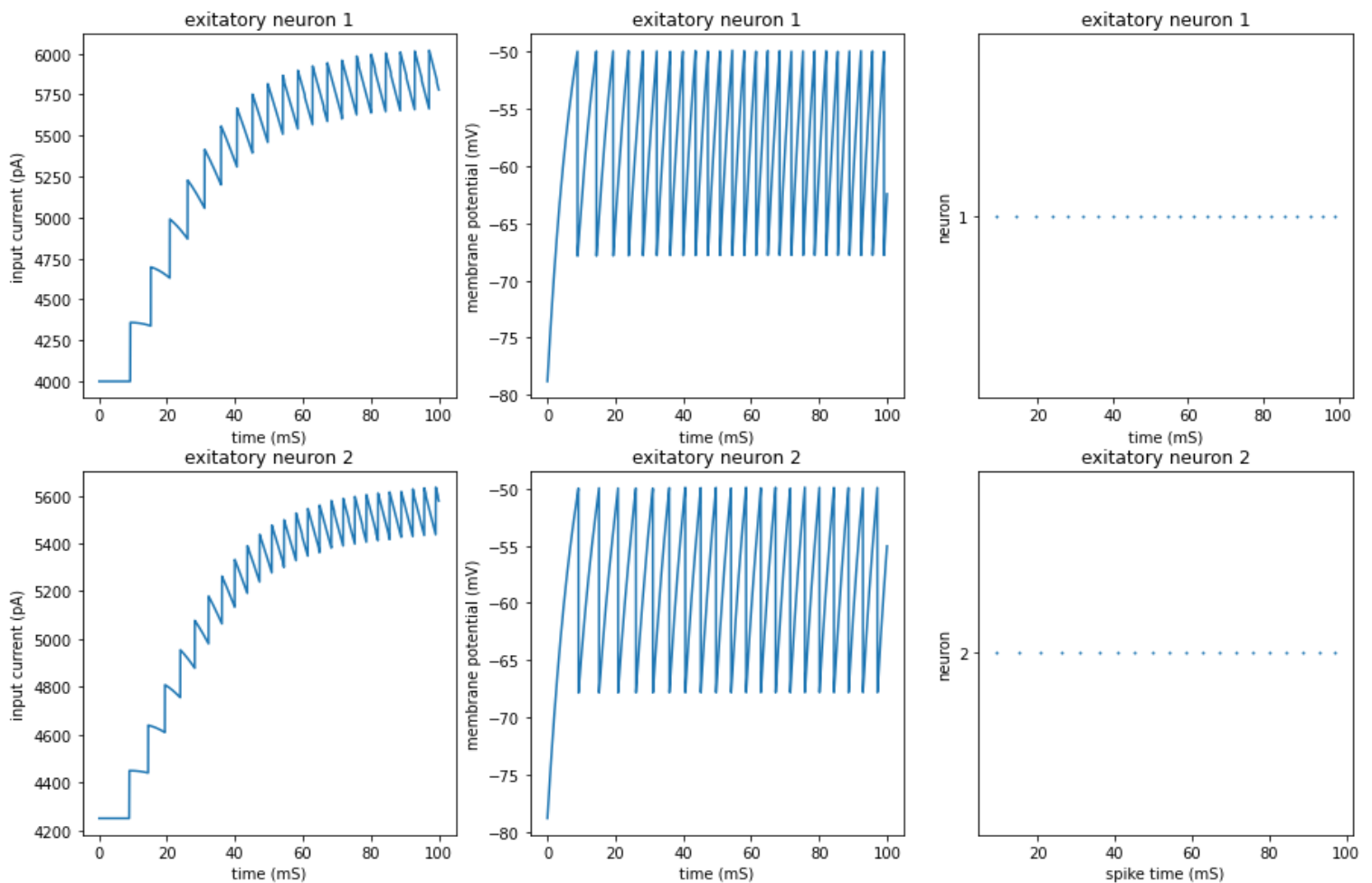
• تحریکی - تحریکی

در این بخش دو نورون تحریکی به همدیگر متصل شده اند. شکل زیر نمای کلی از آنها را نشان می دهد:



در شکل زیر هم خروجی اجرا آمده است:

Information graph for two excitatory neurons



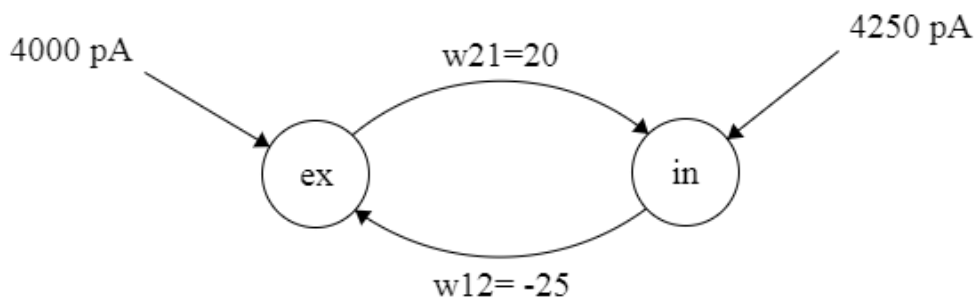
در بخش زیر هم پارامتر ها نمایش داده شده اند:

parameters

number of populations: 2	$R: 10 + \text{random_number} < 2 \text{ M ohm}$
population size of population 1: 1	$\tau: 8 + \text{random_number} < 2 \text{ mS}$
population size of population 2: 1	$u_{\text{rest}}: -79 \text{ mV}$
time period: 100 mS	threshold: -50 mV
dt: 0.3125 mS	$u_{\text{spike}}: 5 \text{ mV}$
connections: [[0 45] [25 0]]	$u_{\text{reset}}: -68 \text{ mV}$
time course thresholds: [0.3, 0.3]	

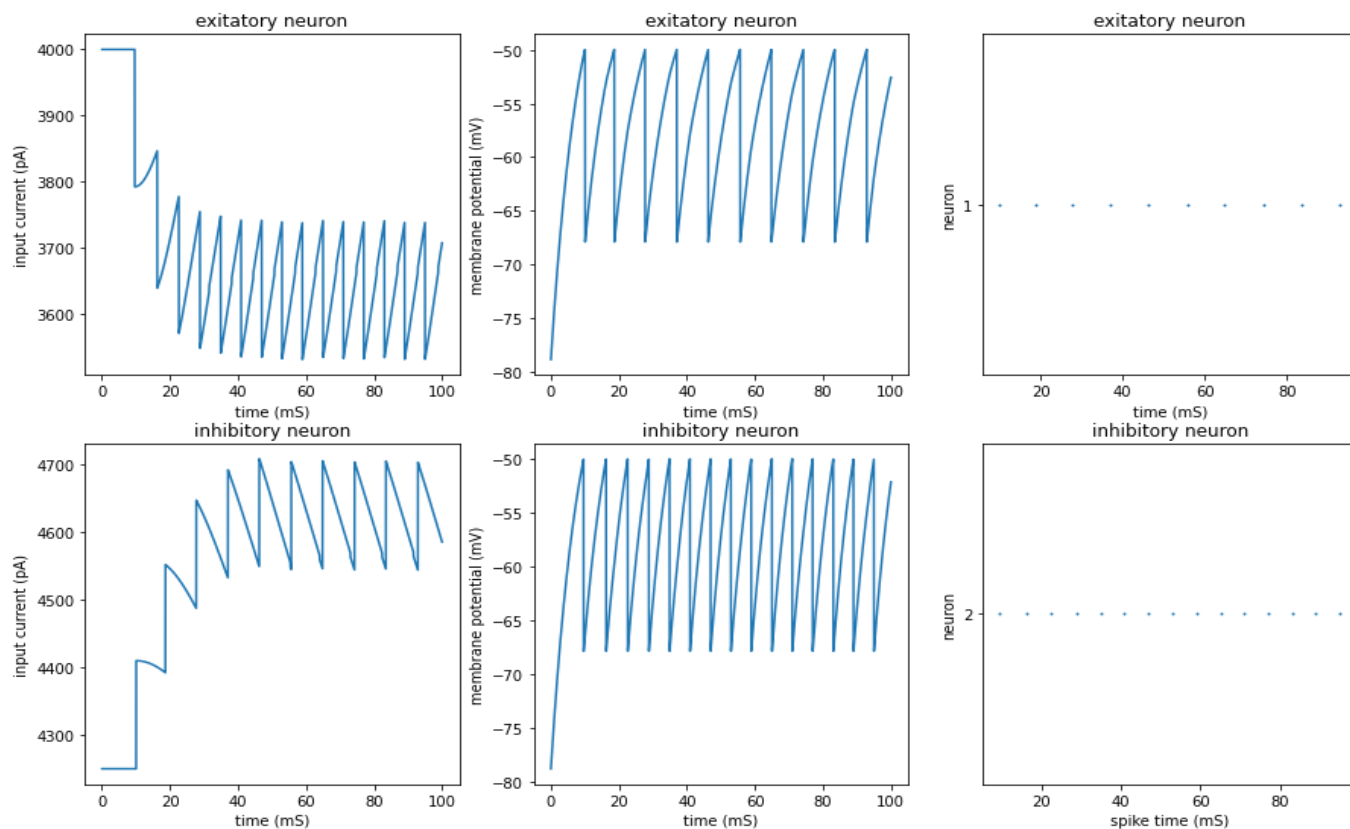
• تحریکی - مهاری

در این بخش یک نورون تحریکی و یک نورون مهاری به همدیگر متصل شده اند. شکل زیر نمای کلی از آنها را نشان می دهد:



در شکل زیر هم خروجی اجرا آمده است:

Information graph for excitatory and inhibitory neurons



و در زیر شکل زیر هم پارامترها نمایش داده شده اند:

parameters

number of populations: 2

population size of population 1: 1

population size of population 2: 1

time period: 100 ms

dt: 0.3125 ms

connections: [[0 -25]
[20 0]]

time course thresholds: [0.3, 0.3]

R: 10 + random_number<2 M ohm

tau: 8 + random_number<2 ms

u_rest: -79 mV

threshold: -50 mV

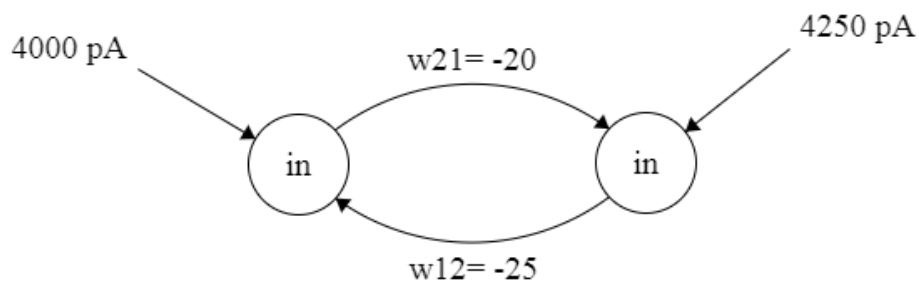
u_spike: 5 mV

u_reset: -68 mV

• مهاری - مهاری

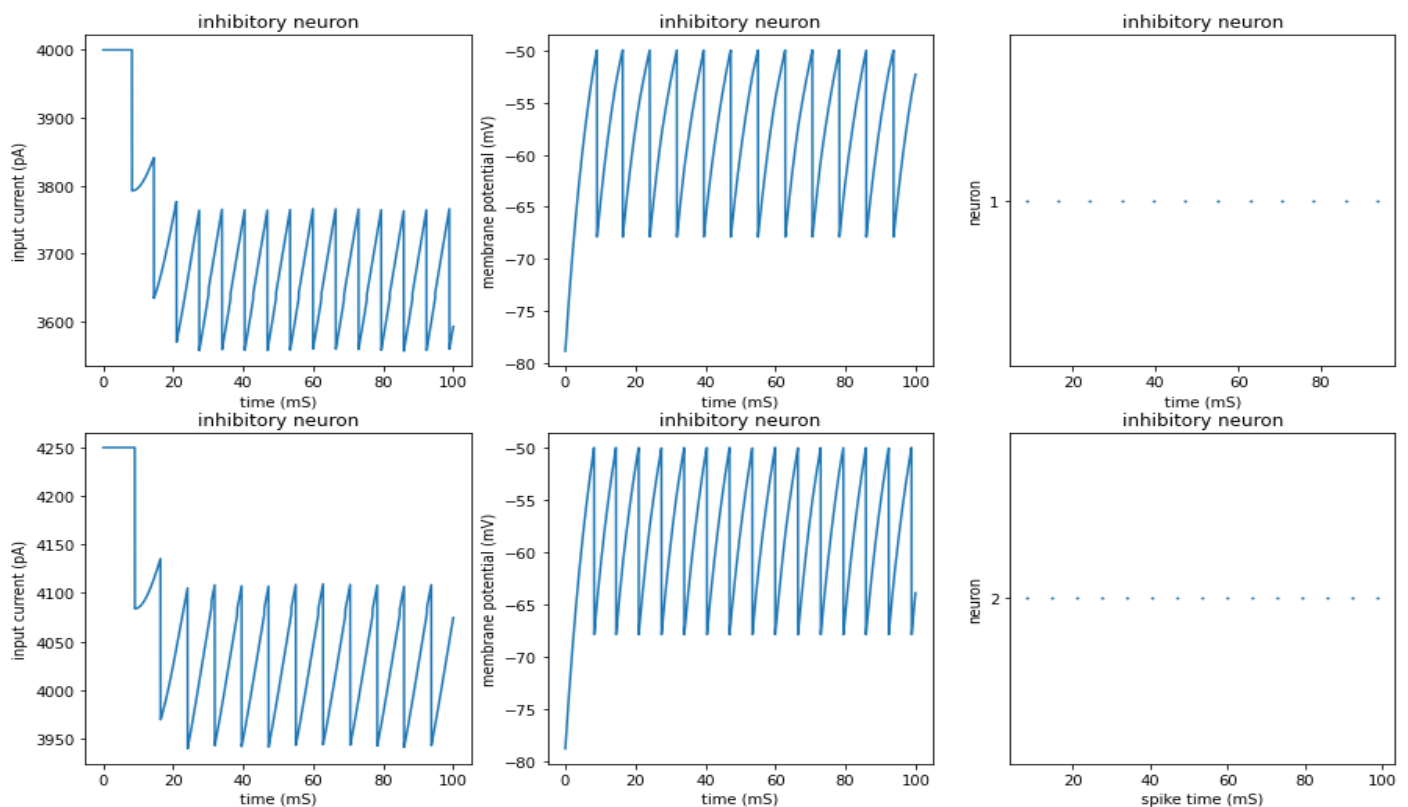
در این بخش دو نورون مهاری به همدیگر متصل شده اند. شکل زیر نمای کلی از آنها را

نشان می دهد:



در شکل زیر هم خروجی اجرا آمده است:

Information graph for two inhibitory neurons



در شکل زیر هم پارامتر ها نمایش داده شده اند:

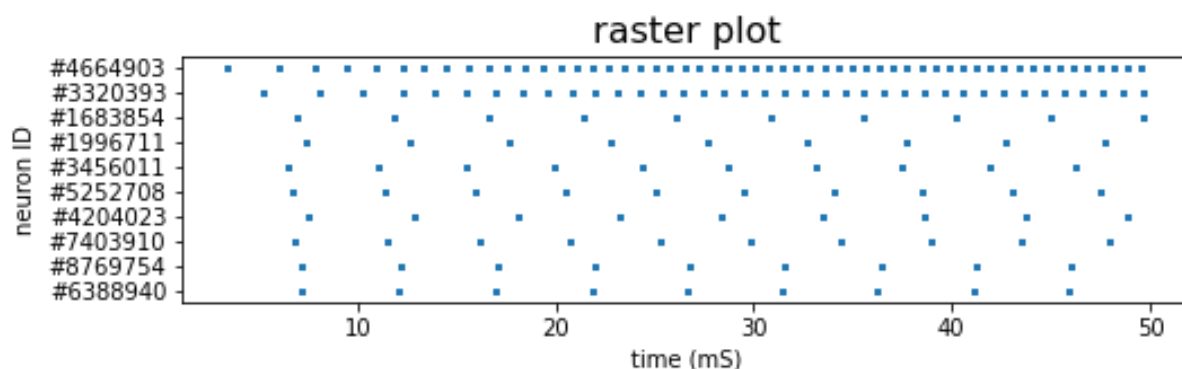
parameters

number of populations: 2
 population size of population 1: 1
 population size of population 2: 1
 time period: 100 mS
 dt: 0.3125 mS
 connections: [[0 -25]
 [-20 0]]
 time course thresholds: [0.3, 0.3]

R: 10 + random_number<2 M ohm
 tau: 8 + random_number<2 mS
 u_rest: -79 mV
 threshold: -50 mV
 u_spike: 5 mV
 u_reset: -68 mV

▪ پیاده سازی جمعیت نورونی

در این بخش پیاده سازی جمعیتی از نورون ها شامل ۸ نورون تحریکی و ۲ نورون مهارى خواسته شده است. به صورت معادل دو جمعیت کاملاً به هم متصل می سازیم که یکی تحریکی و شامل ۸ نورون و دیگری مهارى است و شامل ۲ نورون. شکل زیر *raster plot* را برای این نورون ها نشان میدهد



دو نورون بالایی نورون های مهارى و نورون های پایین تحریکی اند. همانطور که میدانیم نورون های مهارى به طور طبیعی نسبت به ورودی ها حساس ترند و سریع تر فعال میشوند این امر را با تنظیم پارامتر ها انجام داده ایم. و پارامتر ها هم در زیر آمده اند:

parameters

number of populations: 2

population size of excitatory population : 8

population size of inhibitory population : 2

time period: 100 mS

dt: 0.3125 mS
connections: [[0 -1]
[25 0]]

time course thresholds: [3, 3]

R: 10 + random_number<2 M ohm

tau(excitatory): 8 + random_number<2 mS

tau(inhibitory): 3 + random_number<2 mS

u_rest: -79 mV

threshold: -50 mV

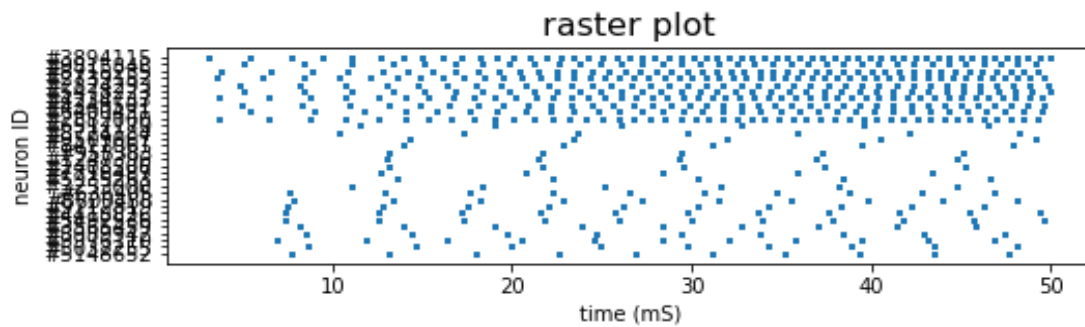
u_spike: 5 mV

u_reset: -68 mV

▪ پیاده سازی کانکشن بین جمعیت های نورونی

در این بخش پیاده سازی شبکه ای از جمعیت های نورونی ها خواسته شده است. سه جمعیت نورونی که هر کدام ۱۰ نورون دارند و دو تای آنها تحریکی و یکی از آنها مهارى است شبیه سازی شده اند.

در شکل زیر *raster plot* رسم شده است:

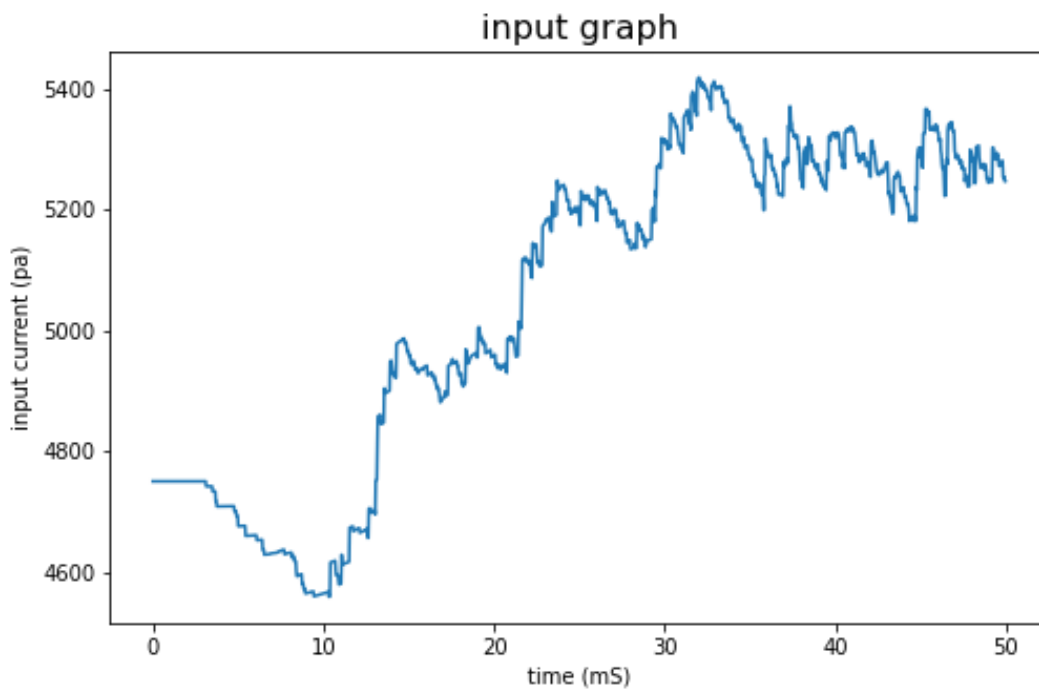


نورون های قسمت بالای نمودار که فعالیت بیشتری داشته اند مهاری و نورون های پایین نمودار تحریکی هستند.

حال میدانیم که رابطه مستقیم *population activity* برای جمعیت های تحریکی به صورت زیر است:

$$\tau_E \frac{dh_{E,k}}{dt} = -h_{E,k} + w_{EE}g_E(h_{E,k}) + w_{EI}g_{inh}(h_{inh}) + RI_k$$

و نمودار جریان ورودی به جمعیت نورونی تحریکی اول به صورت زیر است:



اگر دقت کنیم میبینیم که طبق نمودار *raster plot* در ابتدا فعالیت نورون های تحریکی پایین و فعالیت نورون های مهاری از همان ابتدا بالا بوده است پس طبق رابطه که در بالا داریم چون ترم های RI_k ، $h_{E,k}$ برابر بوده اند و جمعیت های تحریکی هم فعالیت چندانی نداشته اند این ترم $w_{EI}g_{inh}(h_{inh})$ بوده است که در جریان ورودی موثر بوده است و چون ضریب آن مقداری منفی بوده در ابتدا باید موجب کاهش میشده که میبینیم همین اتفاق افتاده است. همین کاهش باعث شده که برابری ترم های RI_k ، $h_{E,k}$ بر هم خورده و تاثیر ترم منفی کاهش بیابد، این اتفاق

به همراه افزایش فعالیت نورون های تحریکی موجب شده فعالیت جمعیت نورونی افزایش بیابد و بعد از آن عملاً میبینیم که به دلیل اینکه ضریب اتصال جمعیت های تحریکی بیشتر بوده اند روند فعالیت به طور کلی صعودی بوده اما با توجه به این که همزمان فعالیت نورون های مهارى نیز با این اتفاق زیادتر شده و از طرفی افزایش ورودی خود باعث افزایش ترم منفی $-h_{E,k}$ نیز میشود ما بعد از هر قله و افزایش قابل توجه مقداری کاهش نیز داشته ایم که این در رابطه پیشبینی میشود و در نمودار نیز به خوبی مشهود است.

****** در این سری از تمرین جمعیت های نورونی و ارتباط بین آنها بررسی شد لازم به ذکر است که نورون های مورد استفاده در این شبیه سازی همگی از نوع LIF بودند و پارامتر های آنها نیز کم و بیش مانند یکدیگر بود البته سعی شد که پارامتر τ برای نورون های تحریکی و مهارى متفاوت و برای نورون های مهارى کم تر باشد تا شبیه سازی به واقعیت نزدیک تر باشد.