

پروژه 3 علوم اعصاب محاسباتی

سید مهدی کاشانی ثانی - 99222081

استاد دکتر خردپیشه

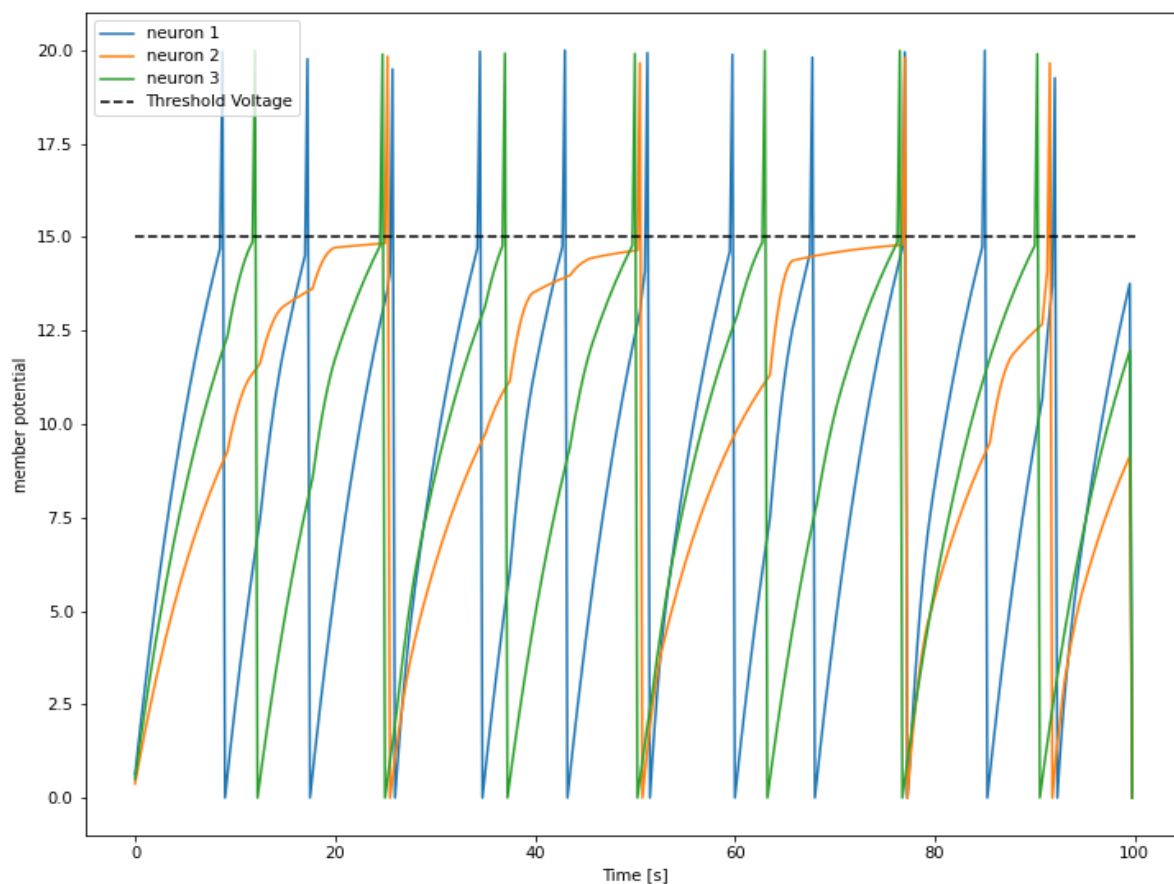
در این پروژه ما دو بخش داریم. در بخش اول روش STDP را در یک جمعیت نورونی کوچک آزمایش میکنیم و در بخش دوم در یک شبکه عصبی الگوریتم R-STDP را آزمایش میکنم و نتایج آن را بررسی میکنیم.

بخش اول پروژه:

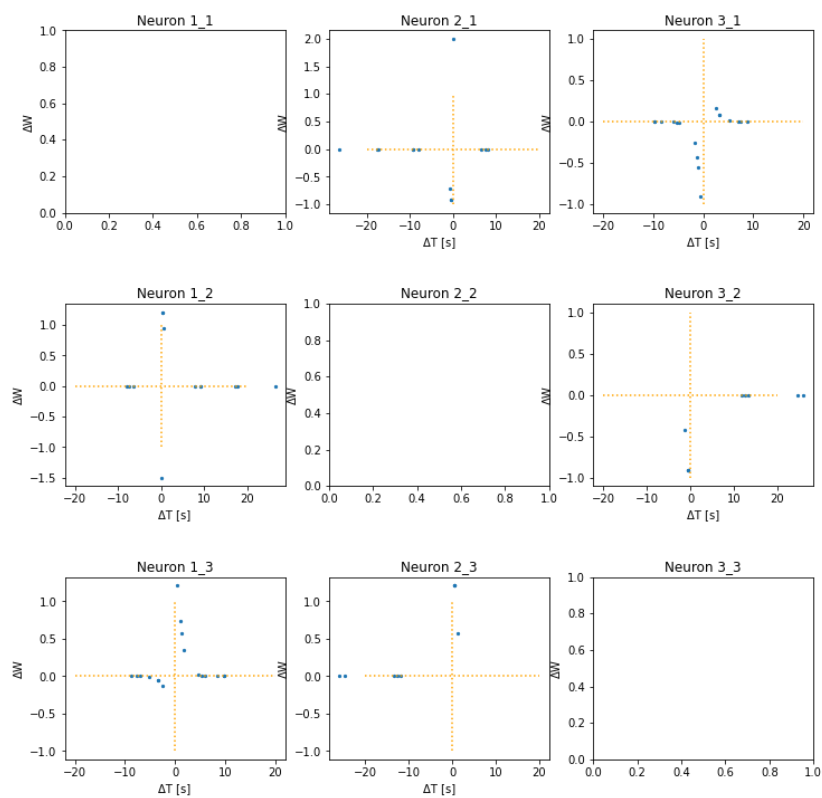
در این بخش ما یک جمعیت 3 نورونی داریم و در سه مثال به هر نورون یک جریان متفاوت می دهیم. در این جمعیت وقتی یک نورون spike بزند در واقع انگار خودش هم pre نورون های دیگر و هم post نورون های دیگر است و اینگونه بر اساس تفاوت زمانی spike ها تغییرات وزن محاسبه می شود.

مثال اول:

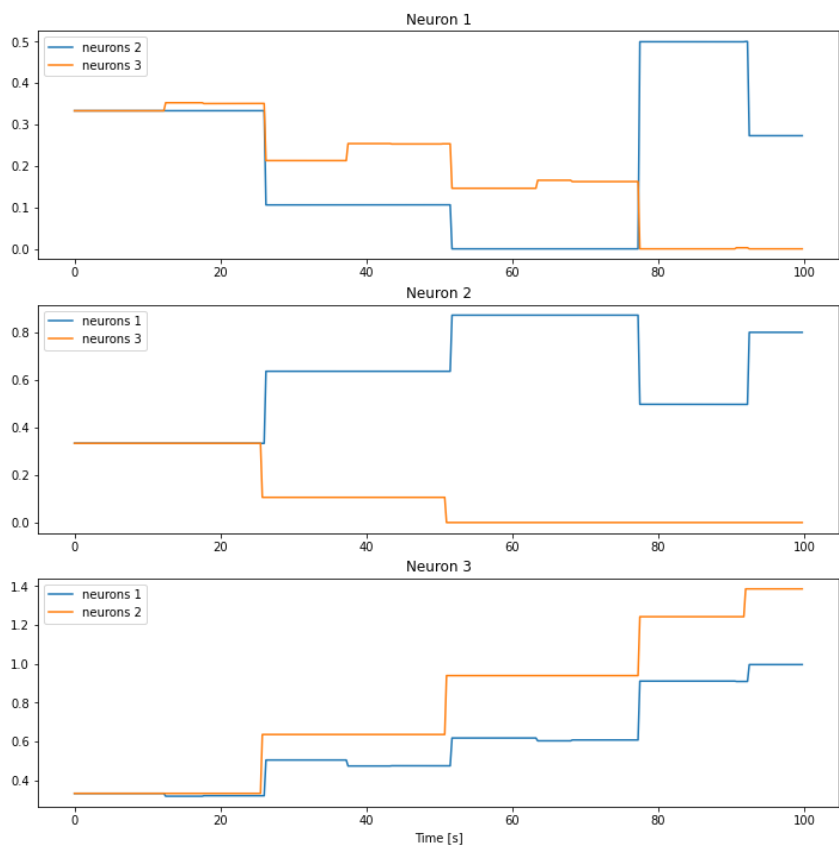
در این مثال ما به 3 نورون خود جریان ثابت متفاوت می دهیم به طوری که نورون اول به عنوان ورودی 2.5 و نورون دوم 1.5 و نورون سوم 2 دریافت می کند. توجه: نمودار وزن به زمان هر نورون در واقع نشان دهنده وزن نورن قبله به آن نورن است برای مثال نورون 1 در واقع نورون post در نظر گرفته شده و نورون 2 و 3 نورون های pre هستند.



$\Delta W / \Delta T$



Weights



وزن نورون ها

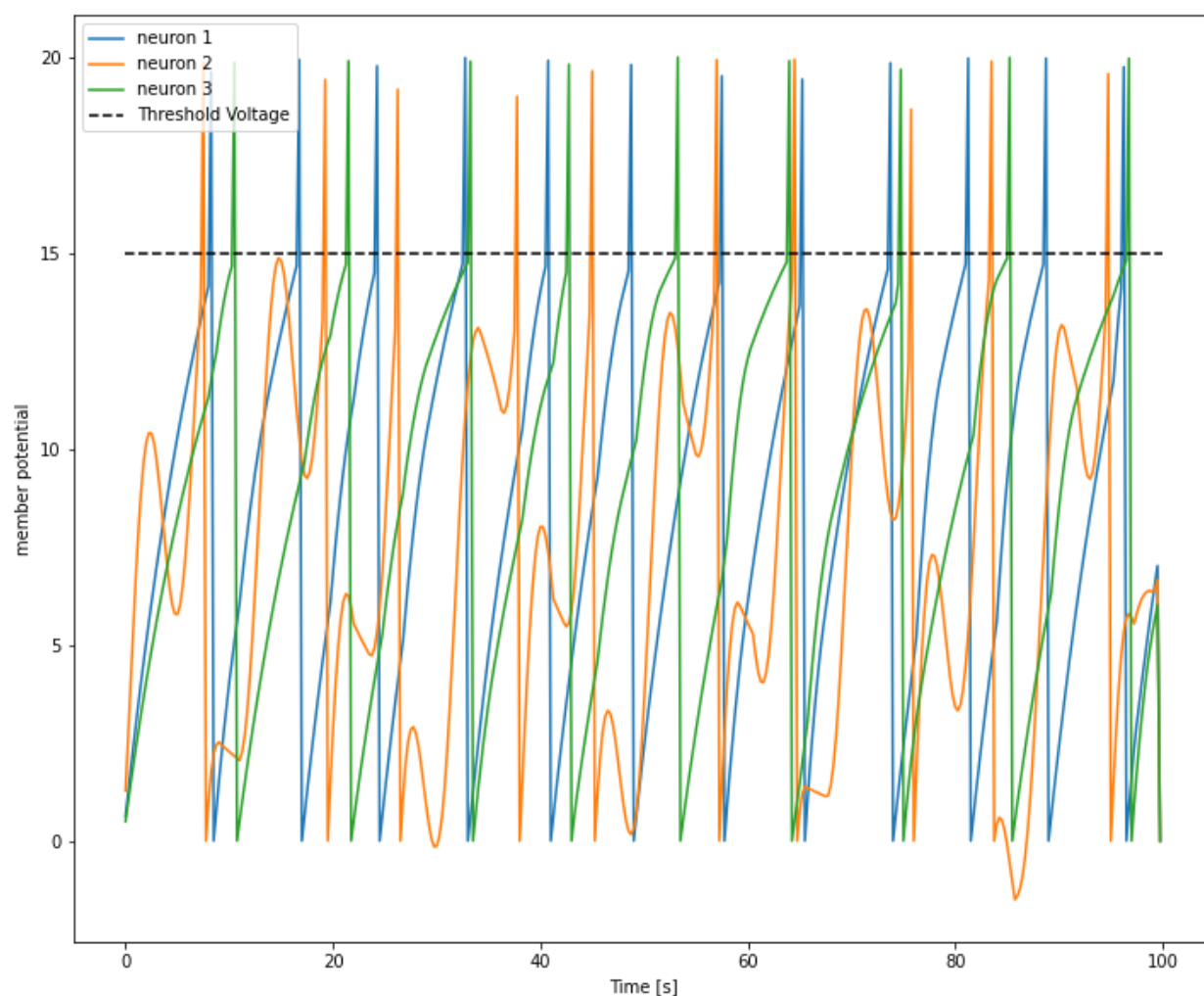
نورون 3	نورون 2	نورون 1	نورون / post pre
0	0.27317692	-----	نورون 1
0	-----	0.80041414	نورون 2
-----	1.3863767	0.99658763	نورون 3

همانطور که از نمودار مشخصه می بینید که نورون 3 اغلب بعد از نورون های 1 و 2 spike زده در نتیجه وزنش با این دو نورون بیشتر شده و بالعکس میبینیم خیلی از مواقع نورون های 1 و 2 با فاصله زمانی کمتری قبل از spike 3 زده اند در نتیجه وزنشان کم شده.

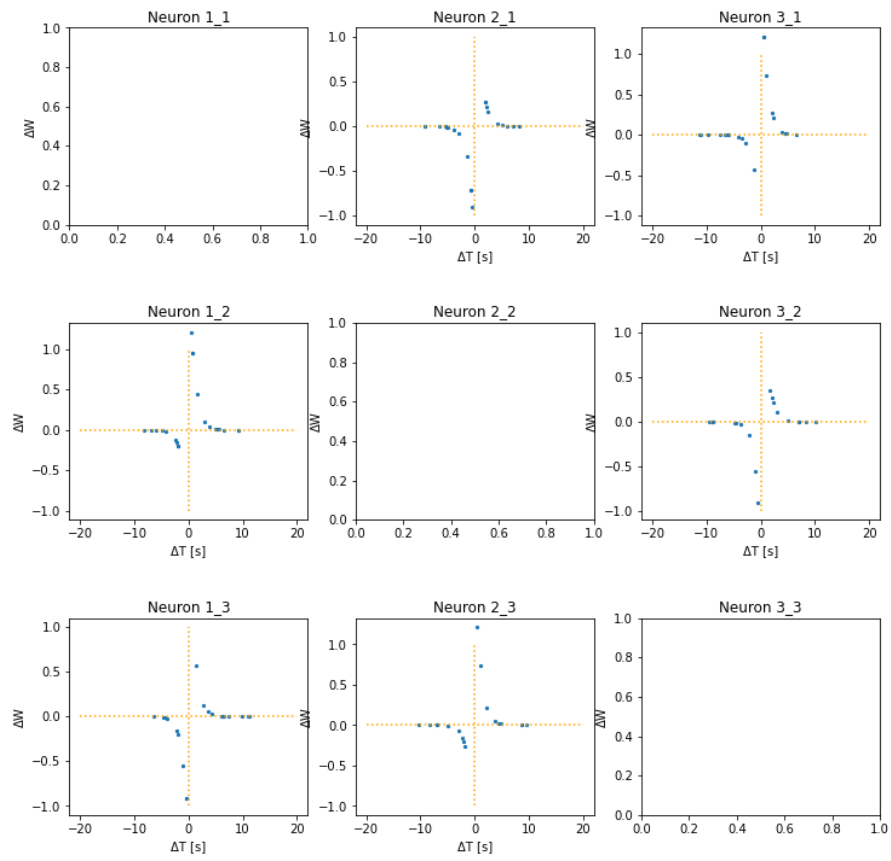
در نمودار $\Delta W / \Delta T$ هم می توان همین نتایج را دید. برای مثال وزن نورون 1 به 3 که 0 است در آنجا می بینیم ΔW های منفی و بزرگ تری نسبت به مثبت ها دارد و بالعکس در نمودار وزن نورون 3 به 1 ΔW های مثبت بزرگتری نسبت به منفی ها دارد و در نتیجه وزن آن هم زیاد شده است.

مثال دوم:

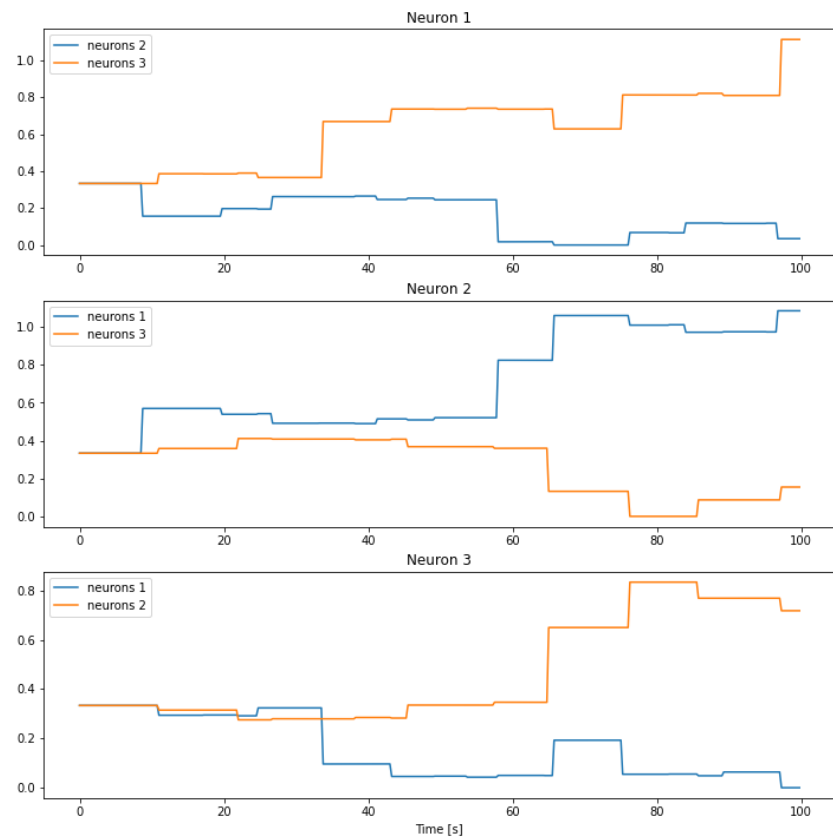
در این مثال ما به 2 نورون خود جریان ثابت متفاوت می دهیم و به یکی از آن ها جریان سینوسی. به نورون 1 و 3 همان جریان های ثابتشان را می دهیم و به نورون 2 جریان سینوسی می دهیم.



$\Delta W / \Delta T$



Weights



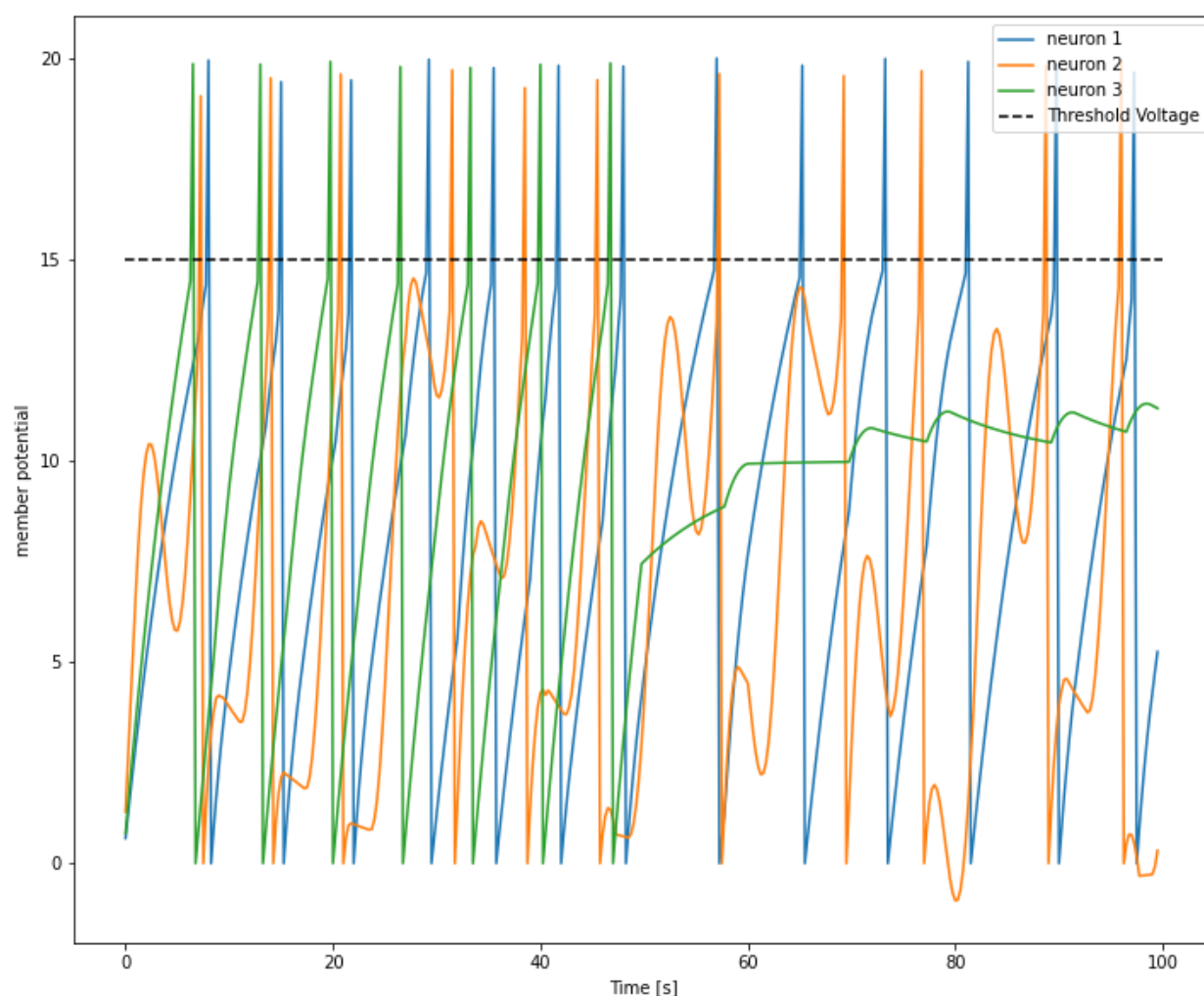
وزن نورون ها

نورون 3	نورون 2	نورون 1	نورون / post pre
1.11341785	0.03443246	-----	نورون 1
0.15452654	-----	1.08501333	نورون 2
-----	0.71764041	0	نورون 3

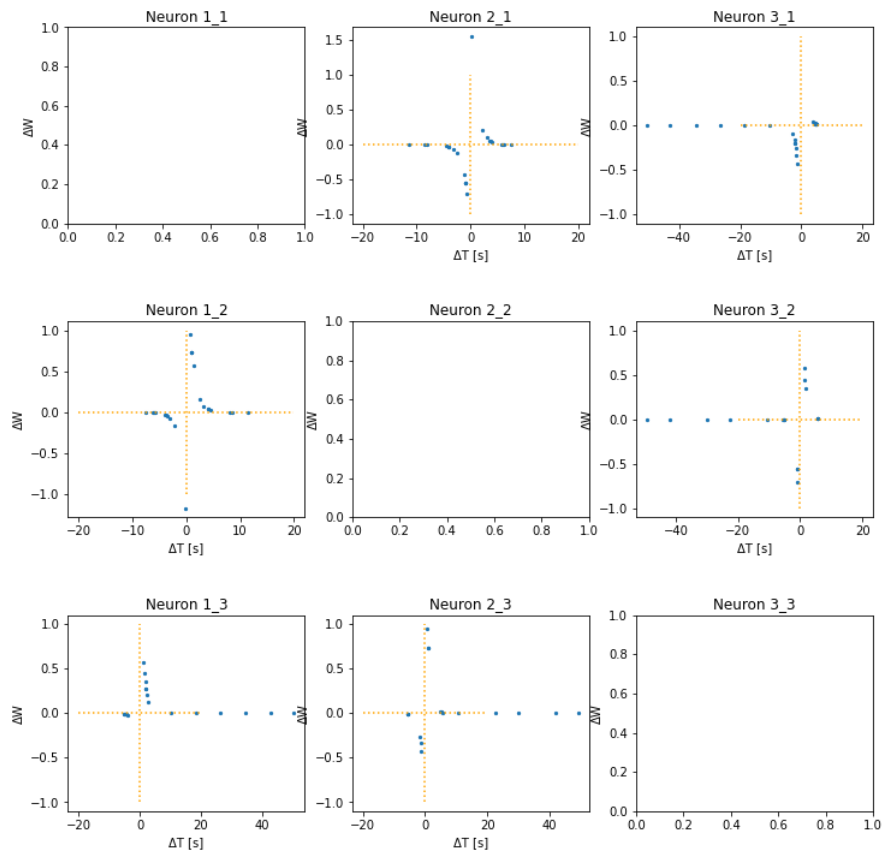
مانند مثال قبلی نورون هایی که با فاصله کمتر قبل از نورون دیگری spike زده باشند قطعا ΔW مثبت و بزرگ تری دارند و اگر بعد از نورون دیگر spike زنند ΔW منفی می شود. برای مثال نورون دوم ما که سینوسی بود میبینیم که اغلب بعد از هر spike اش نورون 1 هم spike زده است و به همین دلیل نورون 3 به 1 وزن زیادی دارد.

مثال سوم:

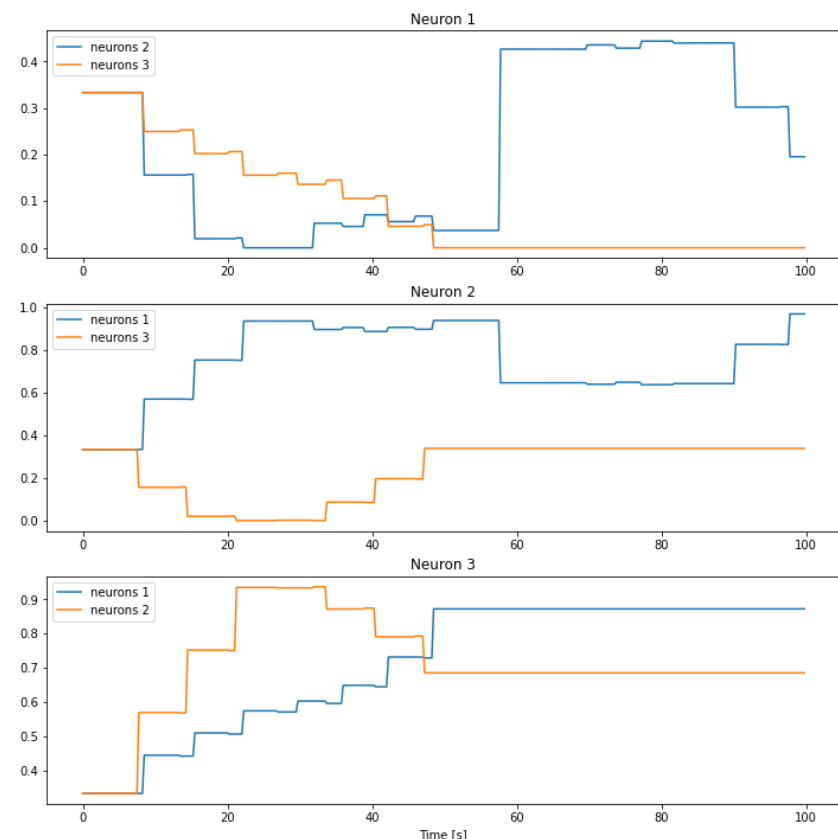
در این مثال ما به نورون اول خود همان جریان ثابت و به نورون دوم همان جریان سینوسی و به نورون سوم جریانی پله این میدهیم که تا قبل زمان 50 برابر 3 و بعد از آن 1 خواهد بود.



$\Delta W / \Delta T$



Weights



نورون 3	نورون 2	نورون 1	نورون / post pre
1.11341785	0.03443246	-----	نورون 1
0.15452654	-----	1.08501333	نورون 2
-----	0.71764041	0	نورون 3

در این مثال به دلیل اینکه نورون 3 وزن خیلی کمی با نورون های قبلی خود دارد به شدت سرکوب می شود و spike کمتری می زند.

بخش دوم پروژه:

در این بخش ما یک شبکه عصبی با 5 ورودی و 2 خروجی داریم که می خواهیم به روش R-STDP این شبکه را از روی دیتای خود لرن کنیم.
اطلاعات train ما به شکل زیر است:

	inpput_neuron_number	train_1	train_2	train_3	train_4	train_5	train_6	train_7	train_8	train_9	train_10
0	1	1	2	3	2	1	1	0	0	0	2
1	2	1	1	1	0	1	0	1	0	0	2
2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
3	4	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1
4	5	0	0	0	0	1	2	0	1	1	2
5	output_neuron_number	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1

و داده های test ما به صورت زیر است:

	inpput_neuron_number	test_1	test_2	test_3	test_4	test_5	test_6	test_7	test_8	test_9	test_10
0	1	1	0	0	2	1	1	3	0	1	2
1	2	0	1	2	2	2	0	1	0	2	2
2	3	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2
3	4	0	0	0	0	0	0	2	2	1	3
4	5	0	0	0	0	0	3	3	2	1	3
5	output_neuron_number	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0

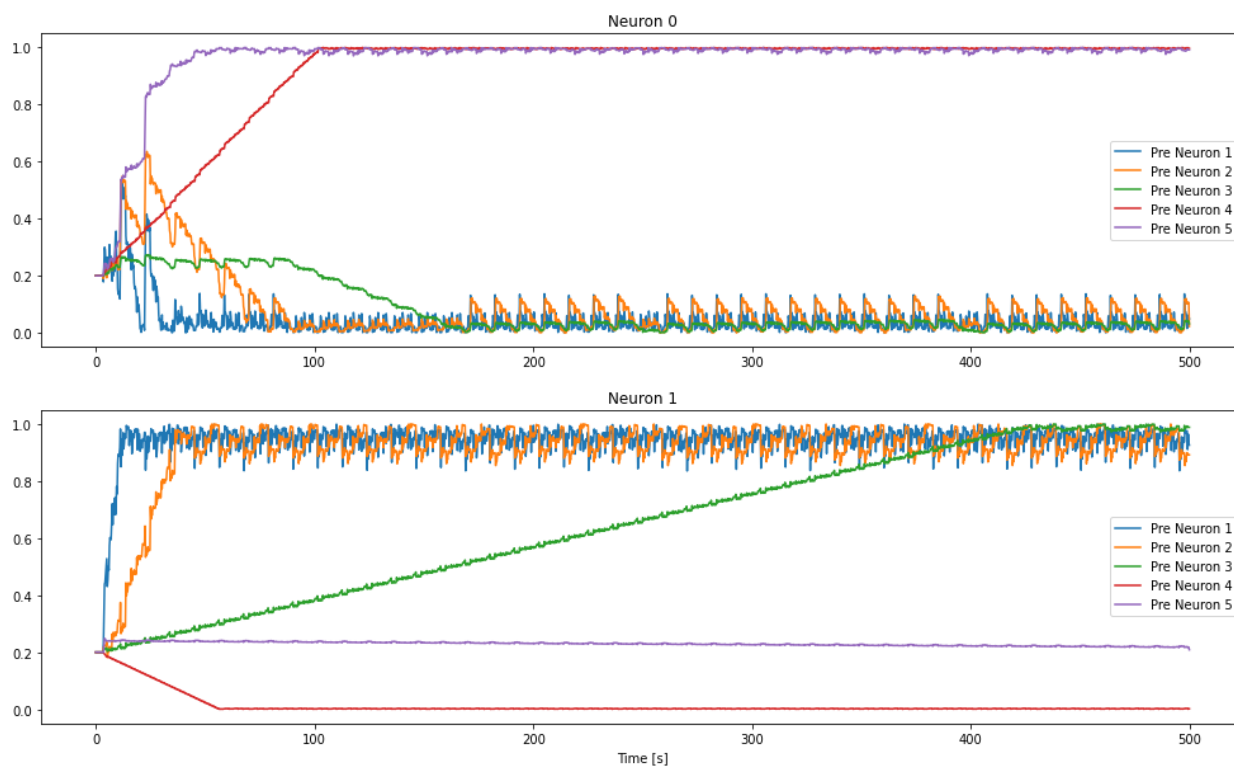
ما به این شکل عمل کردیم که در هر واحد زمانی ورودی های هر sample را به شبکه خود میدادیم و با توجه به الگوریتم R-STDP متغیر های خود را آپدیت میکردیم همچنین reward هم به صورت زیر محاسبه می شود:

$$DA = A * \exp(-|\Delta T|) / \tau$$

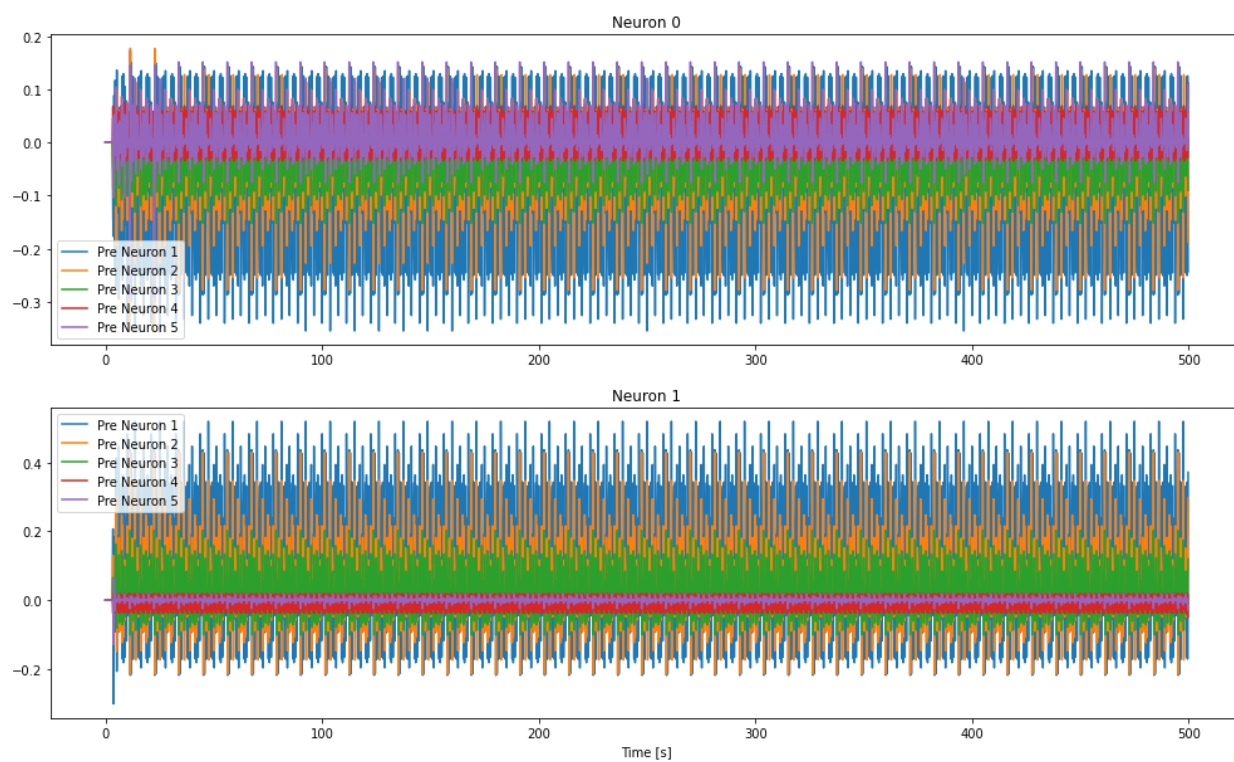
که A با توجه به درستی یا غلطی مثبت و منفی می شود.

ما این آزمایش را برای 500 میلی ثانیه و با $dt=0.25$ میلی ثانیه انجام دادیم.

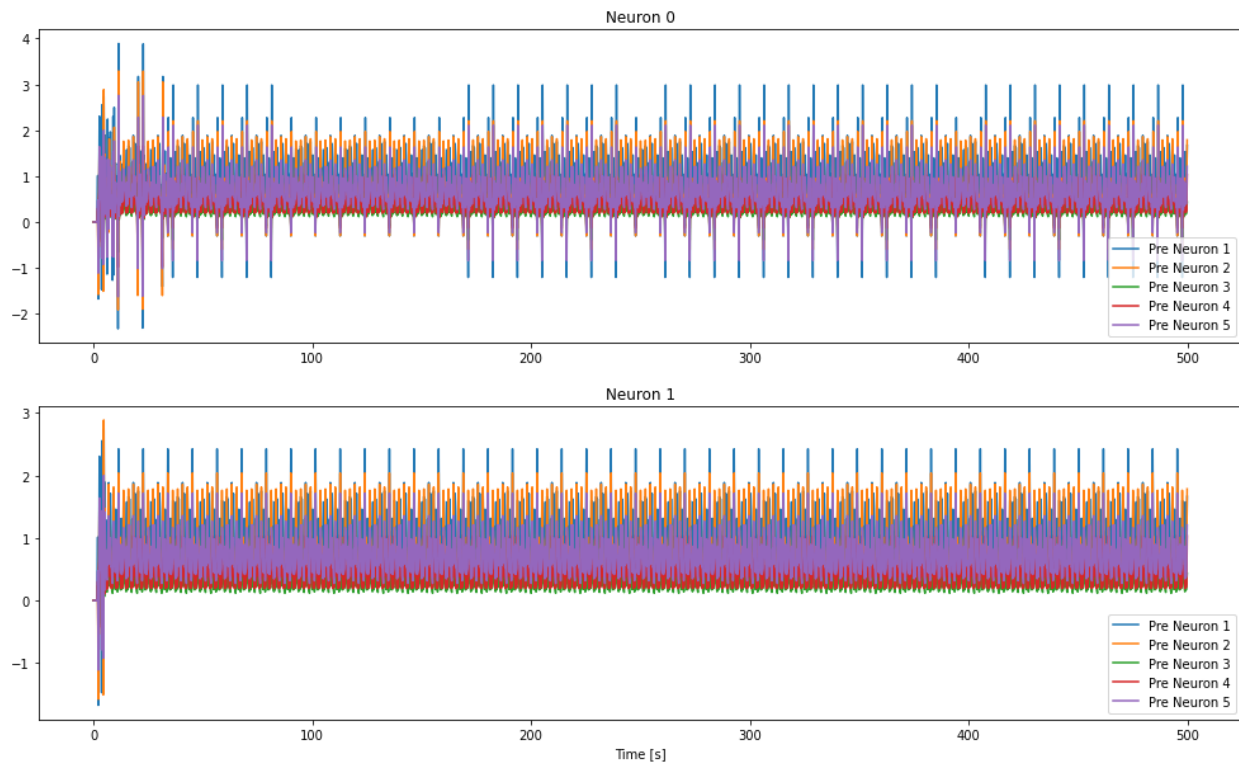
Weight



Dopamine



Synaptic tag



همان طور که میبینید وزن نورون خروجی اول با نورون های ورودی 4 و 5 بسیار وزن زیادی دارد و با نورون های 1 و 2 و 3 وزن کمی دارد و در نورون خروجی دوم این میزان برعکس است که از روی دادی train هم می شد این را حدس زد.

حال می خواهیم مدل خود را ارزیابی کنیم. برای ارزیابی ما دو معیار را در نظر میگیریم. اولی تعداد مثال هایی که درست حدس زده است و دومی آن است که مثالی که درست حدس زده است چه میزان از spike های زده شده دو خروجی متعلق به نورون مدنظر ماست که به نتایج زیر رسیدیم.

number of correct predict 10 / 10
with accuracy %78.22350452942003

که نشان می دهد تقریباً مدل ما دقت خوبی دارد.