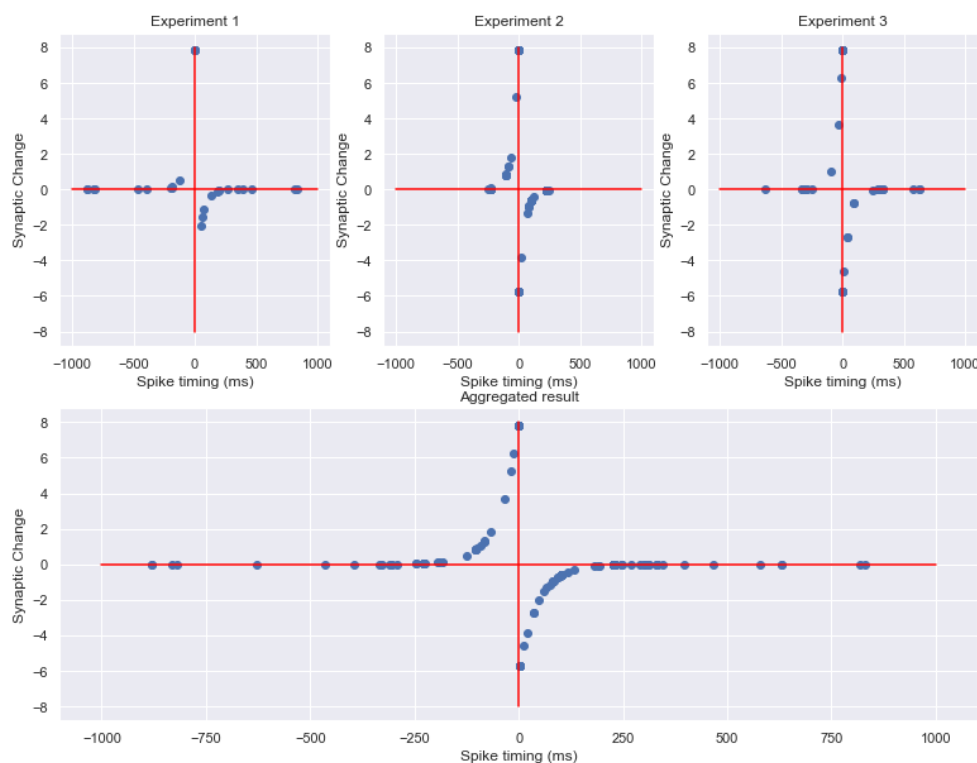


بخش ۱: STDP

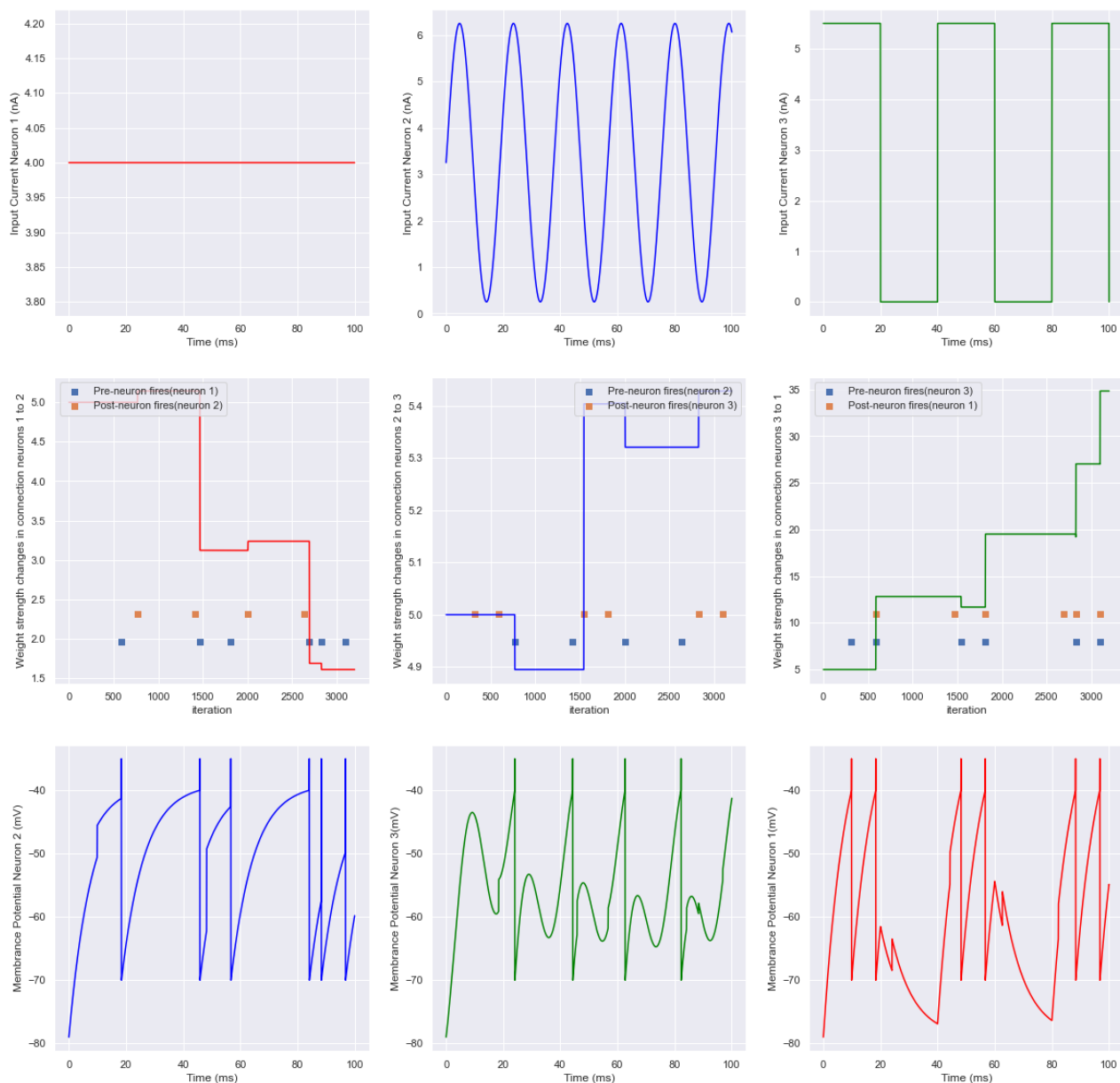
در این بخش از مدل نورونی LIF که در تمرین قبلی پیاده سازی شده بود استفاده شده تا عملکرد جمعیت های نورونی و ارتباطات آن ها با یکدیگر توسط قانون یادگیری STDP شبیه سازی شود. به این صورت که مقدار weight strength کانکشن بین دو نورون در هنگام فایر کردن نورون قبلی زود تر از فایر کردن نورون بعدی افزایش و اگر نورون بعدی زودتر فایر کند این مقدار کاهش میابد. به این منظور، ۳ نورون LIF را در نظر می گیریم که ۲ به ۲ به هم دیگر متصل هستند به صورتی که نورون اول به نورون دوم متصل می شود (pre: ۱, post: ۲)، نورون دوم به نورون ۳ و نورون ۳ نیز به نورون ۱ متصل میشود. وزن اولیه تمامی این ۳ کانکشن نیز ۵ در نظر گرفته شده است و تمامی نورون ها از نوع excitatory می باشند.

این شبیه سازی ۳ بار با جریان های متفاوت ورودی برای هر کدام از نورون ها تکرار شده است که نتایج آزمایش ها در صفحه های بعدی قابل مشاهده است. در نمودار زیر میزان Synaptic change بین کانکشن های داخل پایپولیشن بر اساس فاصله ی زمانی بین فایر کردن دو نورون pre و post میباشد. که در سطر اول این تغییرات برای هر کدام از آزمایش ها به تفکیک نسبت به یکدیگر آمده است و در سطر بعدی نتایج aggregate شده تمامی آزمایش ها با یکدیگر آماده است که همانطور که مشاهده میشود با هر چقدر فاصله زمانی کوتاه تر باشد میزان synaptic change میتواند تغییرات زیاد تری نسبت به هم داشته باشند.



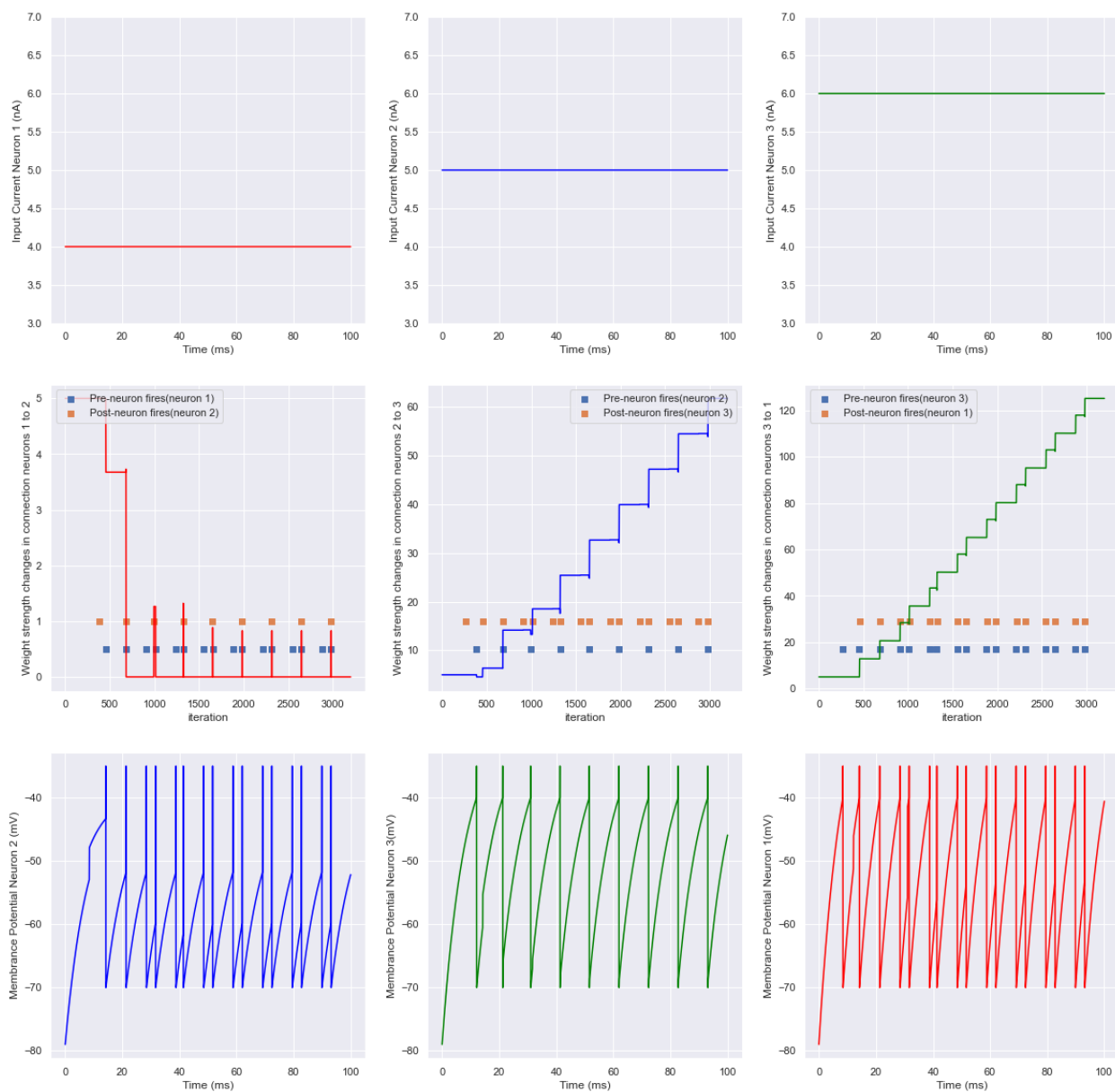
آزمایش اول:

در این آزمایش به نورون اول جریان ثابت ۴ میلی آمپر و به نورون دوم جریان سیسنوسی و به نورون سوم نیز جریان step function داده شده است که نتایج در نمودار زیر مشخص است که در سطر اول آن جریان های ورودی هر نورون، در سطر دوم تغییرات وزن بین کانکشن های بین نورون ها و در سطر سوم نمودار پتانسیل نورون post نمایش داده شده است.



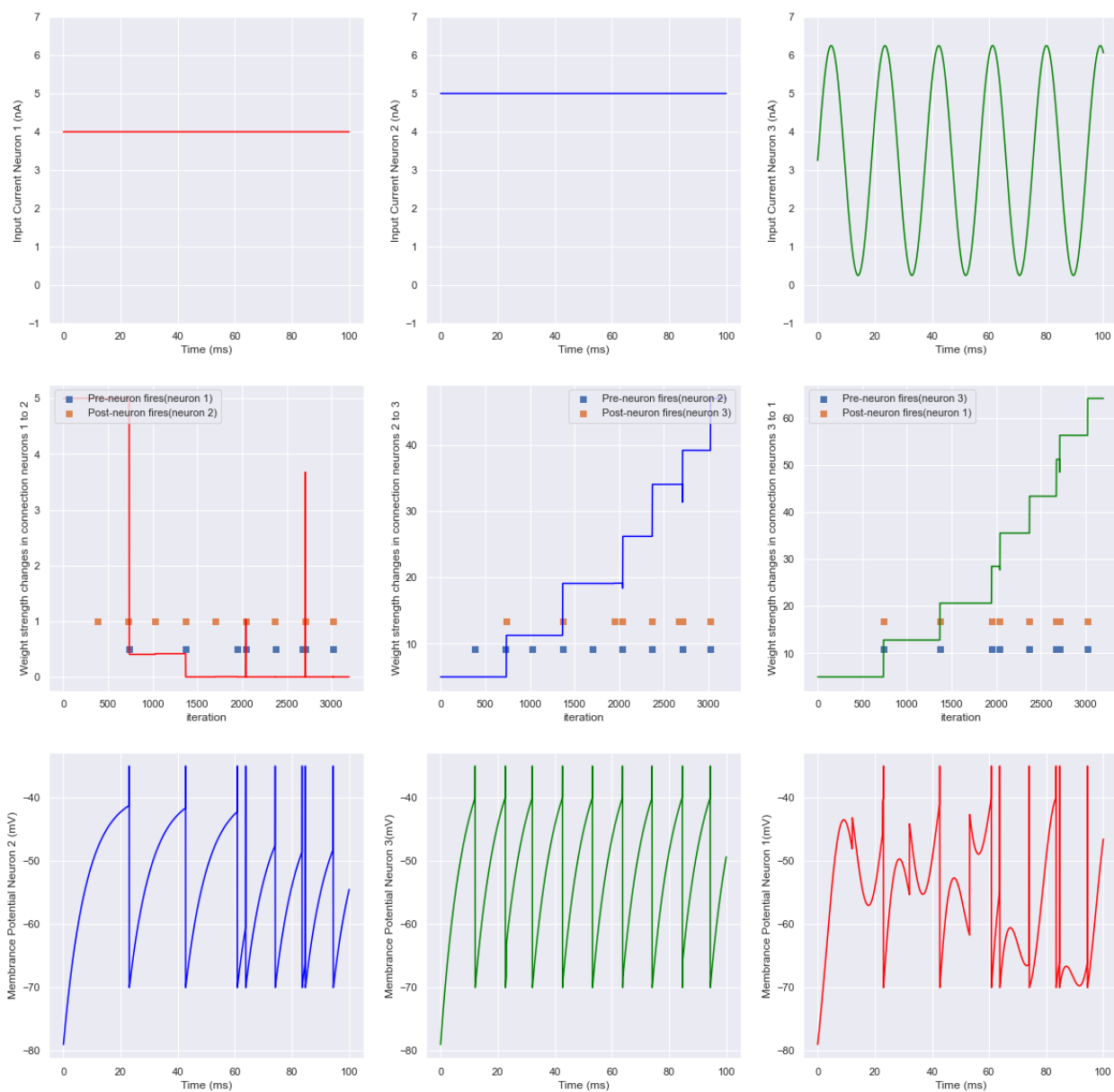
آزمایش دوم:

در این آزمایش به نورون ها جریان های ثابت ۴، ۵ و ۶ میلی آمپری دادیم که نتایج در نمودار زیر مشخص است.



آزمایش سوم:

در این آزمایش به نورون اول جریان ثابت ۴ میلی آمپر و به نورون دوم جریان ثابت ۵ میلی آمپر و به نورون سوم نیز جریان سینوسی داده شده است که نتایج در نمودار زیر مشخص است.

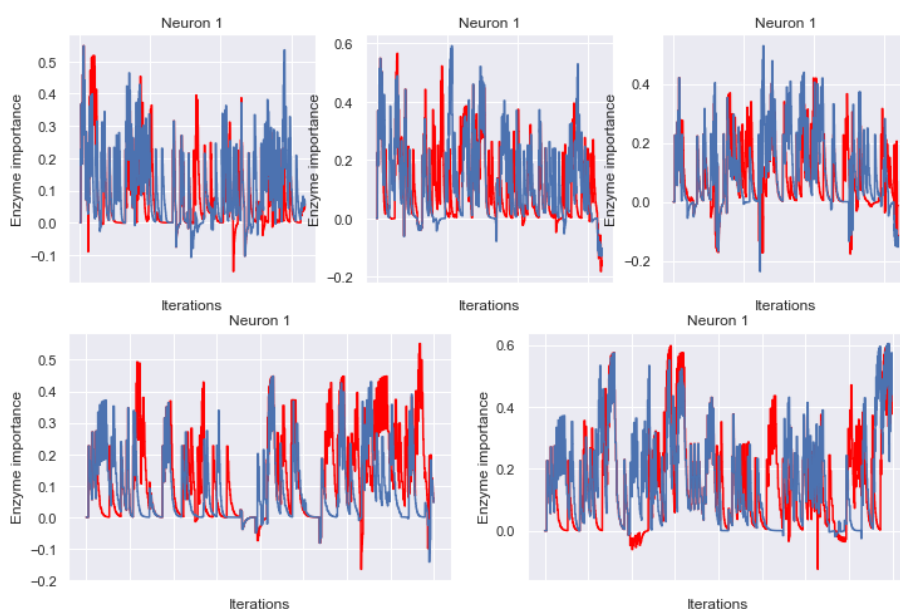


بخش ۲: SNN

در این بخش یک شبکه عصبی اسپایکی شامل ۲ لایه (لایه اول (ورودی) ۵ نورون و لایه ۲ (خروجی) ۲ نورون) است که هدف این است که با استفاده از قوانین R-STDP شبکه بر روی دیتای ترین فیت شود و نتایج آن بر روی دیتای تست بدست آید. که وزن اولیه هر کانکشن به صورت رندوم عددی بین (۴.۹ و ۵.۱) خواهد بود (برای مقابله با symmetry در شبکه عصبی). در قسمت فیت کردن دیتای ترین هم شبکه به اندازه تعداد epoch هایی که مشخص می کنیم و در هر epoch به اندازه ی تعداد iterations بر روی هر record در دیتای ترین فعالیت می کند تا وزن بین کانکشن هایش را آپدیت کند. با هر بار فایر کردن نورون مقدار enzyme importance آن کانکشن تغییر میکند بر اساس مقداری که stdp برای ما مشخص می کند سپس مقدار weight strength آن کانکشن بر اساس dopamine موجود و enzyme importance تغییر می کند. که دوپامین همان مقدار reward ایست که شبکه برای هر prediction صحیح دریافت می کند که این مقدار برای prediction صحیح مثبت و برای prediction غلط منفی می باشد. برای محاسبه تغییرات دوپامین هم، مقدار فایر کردن دو نورون خروجی در لایه آخر را در مدت زمان time window اندازه میگیریم و نورونی که بیشتر فایر کرده باشد به عنوان prediction در نظر گرفته می شود.

بعد از فیت کردن دیتای ترین برای ۵ epoch و ۱۰۰ iterations، accuracy، بدست آمده برای دیتای ترین برابر ۱۰۰٪ و برای دیتای تست نیز برابر ۱۰۰٪ بود به این معنی که شبکه عصبی توانسته بود پترن و رابطه بین نورون ها را به خوبی شناسایی کند.

نمودار زیر مقدار تغییرات enzyme importance برای کانکشن بین هر نورون در لایه اول با لایه دوم را نشان می دهد که خط قرمز نشان دهنده کانکشن با نورون خروجی صفر و خط آبی نشان دهنده ی کانکشن با نورون خروجی ۱ می باشد.



نمودار زیر مقدار تغییرات **weight strength** برای کانکشن بین هر نورون در لایه اول با لایه دوم را نشان می دهد که خط قرمز نشان دهنده کانکشن با نورون خروجی صفر و خط آبی نشان دهنده ی کانکشن با نورون خروجی ۱ می باشد. همان طور که مشاهده می شود نورون های ۱ و ۲ با نورون خروجی ۱ رابطه مستقیم دارند(در ابتدا تفاوت خاصی نداشتند ولی با افزایش تعداد **iteration** مقادیر خط آبی از قرمز فاصله گرفتند).؛ همین طور نورون های ۴ و ۵ با خروجی ۰ رابطه مستقیم دارند (با افزایش تعداد **iteration** مقادیر خط قرمز از آبی فاصله گرفتند)، و نورون سوم هم از آنجایی که در تمامی **iteration** ها مقادیر تقریباً یکسانی نسبت به نورون ۰ و ۱ ندارد در تصمیم گیری نیز تاثیر خاصی نخواهد گذاشت که این نتایج مطابق دیتای داده شده در دیتاست ترین است.

