



Project 3
3-Izhikevich-Population Interaction with
Different Connections Report

عرشیا ربیعی
۶۱۰۳۹۸۱۲۵

خرداد ۱۴۰۲

۱ مقدمه

دز این گزارش ۳ جمعیت نورونی که ۲ تای آنها تحریکی و دیگری مهار می باشد به روش های گوناگون کانکت میکنیم سپس رفتار آنها را تحلیل میکنیم.

در این گزارش تعداد نورون های هر جمعیت مطابق تعریف پروژه ۱۰۰ تا میباشد.

در این گزارش گویی در حال تحلیل روند تصمیم گیری مغز از بین ۲ حق انتخاب هستیم. یعنی دو جمعیت تحریکی حکم گزینه های ما را دارند که ک جمعیت مهار سعی میکند فعالیت یکی از این جمعیت ها را به حداقل برساند و به نوعی جمعیت دیگر که کاندید یکی از انتخاب ها میباشد انتخاب شود. ناگفته نماند همواره جریان ورودی یکی از جمعیت های تحریکی بیشتر از دیگری است تا آن جمعیت جمعیتی باشد که قرار است به عنوان تصمیم اتخاذ شود.

در این گزارش سعی میشود این ۳ جمعیت به طریق های مختلف به هم دیگر متصل شوند و شباهت ها و تفاوت های هر یک تحلیل شوند.

در این گزارش RS مخفف Regular Spike و FS مخفف Fast Spike و CH مخفف Chattering در ست های مختلف پارامتر های مدل ایزیکویچ میباشد.

همچنین نمودار جریان، در این گزارش جریان نهایی اعمالی بر جمعیت را نمایش میدهد. یعنی جمع جریان وارده از بیرون و تاثیر جمعیت های دیگر بر آن را در هر لحظه نمایش میدهد.

۲ اتصال نوع اول

در این حالت که نوع اتصال آن در شکل زیر نشان داده شده منطقی ترین شکل شبیه سازی تصمیم گیری در مغز میباشد.

در این حالت جمعیت های تحریکی به هم دیگر اتصال مستقیم ندارند و از طریق جمعیت نورونی مهار جریان آنها کنترل میشود. همچنین جمعیت مهار به خودش ارتباط ندارد و فقط دو جمعیت تحریکی به خودشان ارتباط دارند.

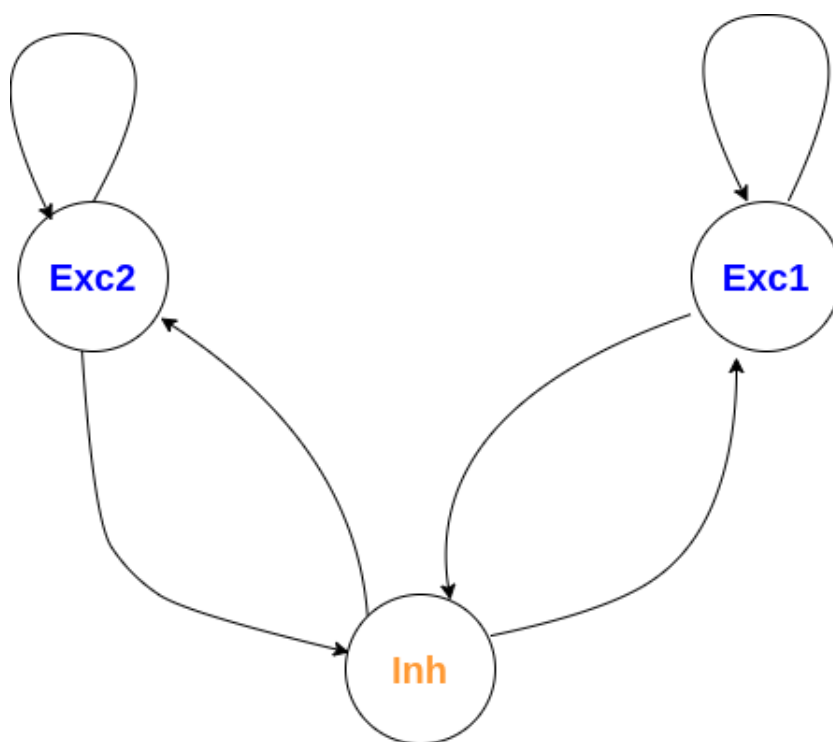


Figure 1: Connection I

۱.۲ INH : RS , EXC1 : RS , EXC2 : RS

در این حالت پارامترهای مدل ایزیکویچ در ۳ جمعیت از نوع RS میباشد در شکل زیر نمودار جریان هر یک از این جمعیت هارا مشاهده میکنید. همانطور که انتظار داریم از زمانی که جریان ورودی جمعیت دوم را به نسبت جمعیت اول بیشتر میکنیم فعالیت این جمعیت رو به افزایش میرود و فعالیت جمعیت تحریکی دیگر رفته رفته رو به نابودی میرود. حال تحلیل دقیقتر روند آن از زمانی که جریان یک جمعیت تحریکی از دیگری بیشتر میشود به صورت زیر است:

به جمعیت تحریکی دوم جریان بیشتری وارد میشود در نتیجه تاثیر آن بر خودش بیشتر میشود و فعالیت خودش دو چندان بیشتر میشود. اسپایک های این فعالیت ها به جمعیت مهاری منتقل میشود و فعالیت این جمعیت نیز بیشتر میشود. از آنجا که فعالیت و جریان این جمعیت بیشتر شده بنابراین جمعیت تحریکی اول را بیشتر کنترل میکنند و فعالیت و جریان آن نسبت به قبل کاهش بیشتری می یابد و در نتیجه تاثیر خود این جمعیت بر خودش نیز کمتر میشود.

حال این مسیر برمیگردد یعنی فعالیت جمعیت تحریکی اول کمتر شده بنابراین اسپایک های کمتری به جمعیت مهاری منتقل میشود و جریان آن کمتر افزایش می یابد و در نهایت به میزان کمتری جمعیت تحریکی دوم را مهار میکنند. در ادامه ی این روند جریان و فعالیت جمعیت تحریکی اول به صفر میل میکند و تعامل بین دو جمعیت تحریکی دوم و مهاری ادامه پیدا میکند.

در ادامه ی تعاملات این دو جمعیت اینگونه خواهد بود که فعالیت جمعیت تحریکی زیاد میشود در نتیجه فعالیت جمعیت مهارى را افزایش میدهد و به همان اندازه بیشتر فعالیت و جریان جمعیت تحریکی را میکاهد.

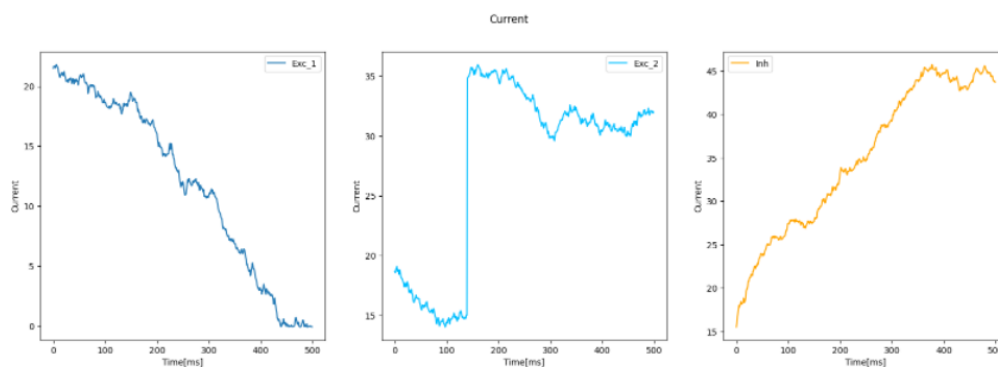


Figure 2: RS and RS and RS Current

در شکل زیر نیز نمودار فعالیت یکی از نورون ها در هر جمعیت نورونی را نشان میدهد. همانطور که توصیف کردیم جمعیت تحریکی اول پس از این که جریان جمعیت تحریکی دیگر را زیاد کردیم فعالیت آن تقریباً صفر میشود و پس از این مدت به مرور زمان با شیب ملایم فعالیت جمعیت مهارى کمى بیشتر و جمعیت تحریکی دوم کمى کمتر میشود.

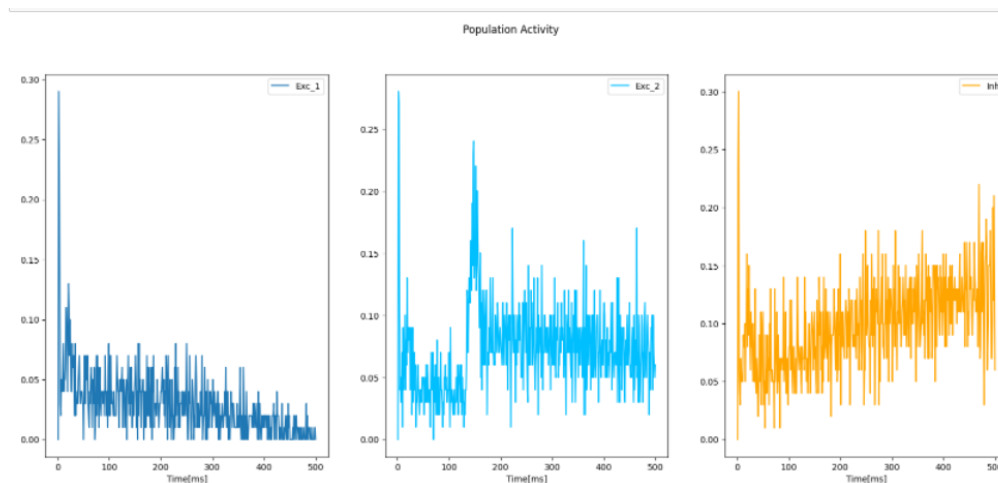


Figure 3: RS and RS and RS Population Activity

همچنین در نمودار اخر این مورد نیز نشان میدهد هر نورون در چه زمان هایی اسپایک زده

است که آن هم همانطور که انتظار داریم در جمعیت تحریکی اول پس از افزایش جریان رو به صفر میل میکند و تراکم کم میشود و در دو جمعیت دیگر اینطور نیست.

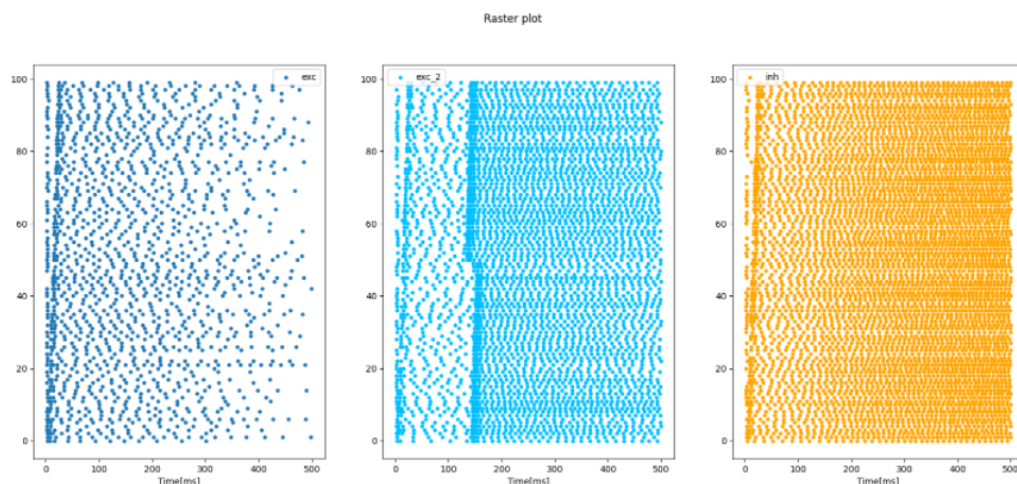


Figure 4: RS and RS and RS Raster plot

۲.۲ FS and RS and RS

در این حالت جمعیت نورونی مهارى تبدیل به Fast spike میشود.

۱.۲.۲ Fully Connected

در این زیر حالت ارتباط هابی که وجود دارد به صورت کامل است یعنی تمامی نورون های مبدا به تمامی نورون های مقصد ارتباط دارد به عبارتی density برابر با ۱ میباشد در این حالت انتظار داریم جمعیت تحریکی اول که جریان کمتری نسبت به دیگری دارد نسبت به حالت قبل زودتر به جریان ناچیز و فعالیت صفر برسد که مطابق شکل جریان و فعالیت که در زیر مشاهده میکنید همین اتفاق نیز می افتد. همچنین از آنجا که فعالیت نورون های مهارى بسیار زیاد شده و تعداد آن ها با جمعیت تحریکی برابری میکند به مرور زمان آن جمعیت تحریکی دوم را نیز به صفر میرساند

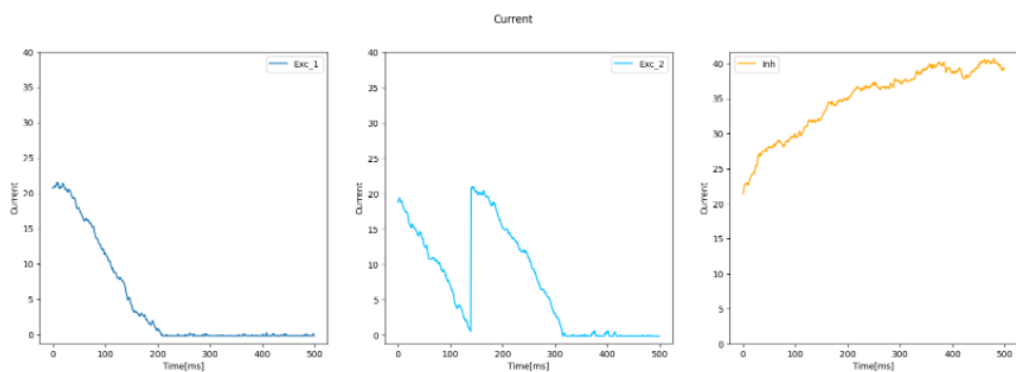


Figure 5: FS and RS and RS Current

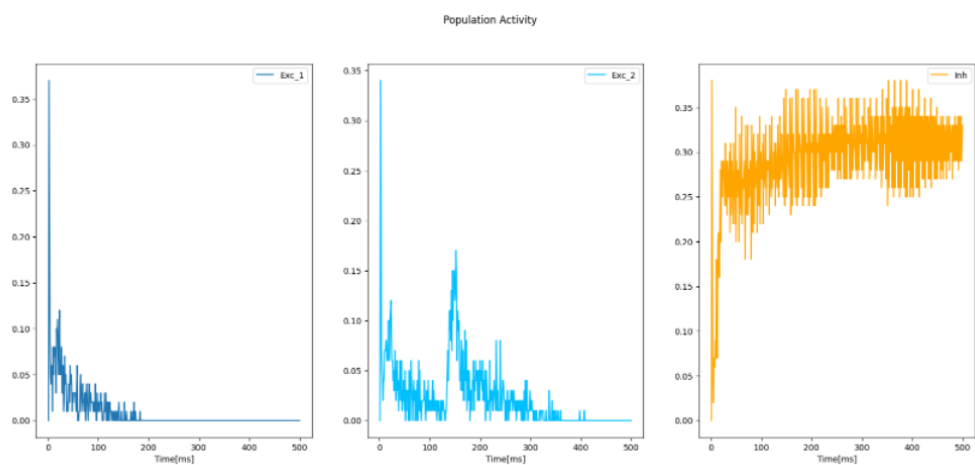


Figure 6: FS and RS and RS Population Activity

همچنین در شکل زیر اسپایک های هر نورون هر جمعیت را مشاهده میکنیم که مطابق نمودار هایی است که در بالا نشان داده شده است.

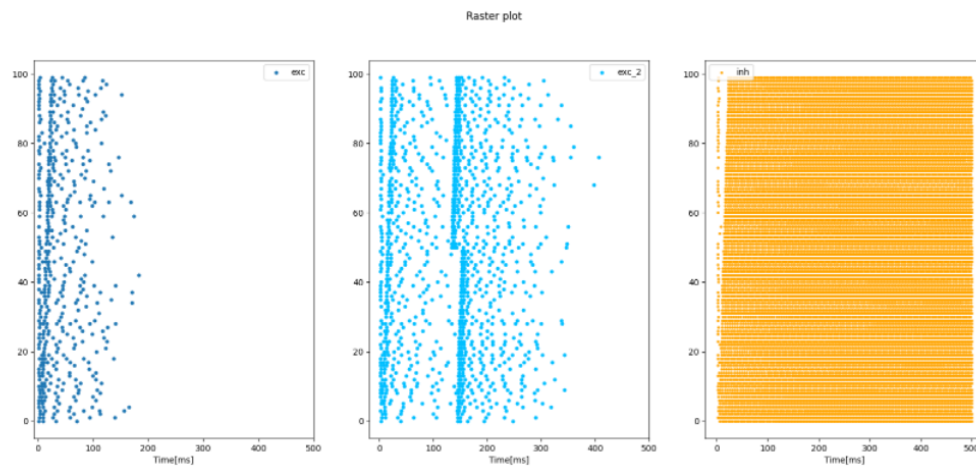


Figure 7: FS and RS and RS Raster plot

۲.۲.۲ Partially Connected I

در این حالت density تمامی سیناپس های موجود را به 0.5 کاهش میدهیم. همانطور که مشاهده میکنید نمودار جمعیت مهاری تغییر زیادی نکرده است اما شیب کاهش جریان چه در جمعیت تحریکی اول چه در جمعیت تحریکی دوم کاهش یافته است یعنی زمانی بیشتری طول میکشد تا انتخاب دوم select شود

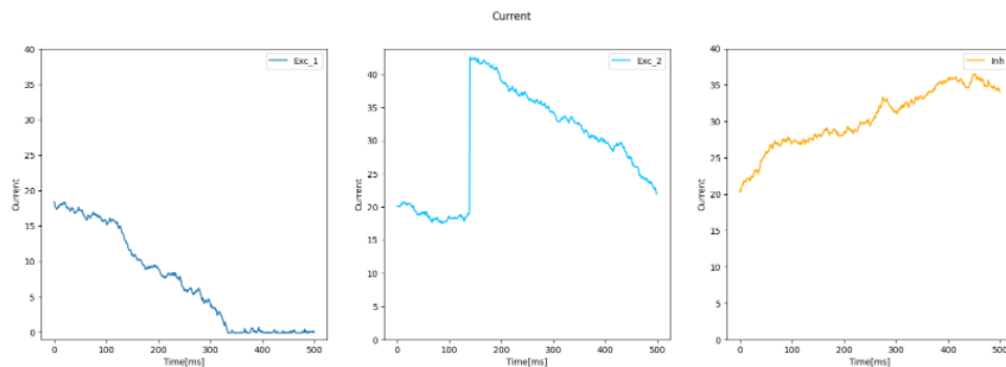


Figure 8: FS and RS and RS and Current

در شکل زیر نیز همین روند مثل بالا تکرار شده یعنی کاهش جمعیت های تحریکی کند تر شده و زمان تصمیم گیری طولانی تر.

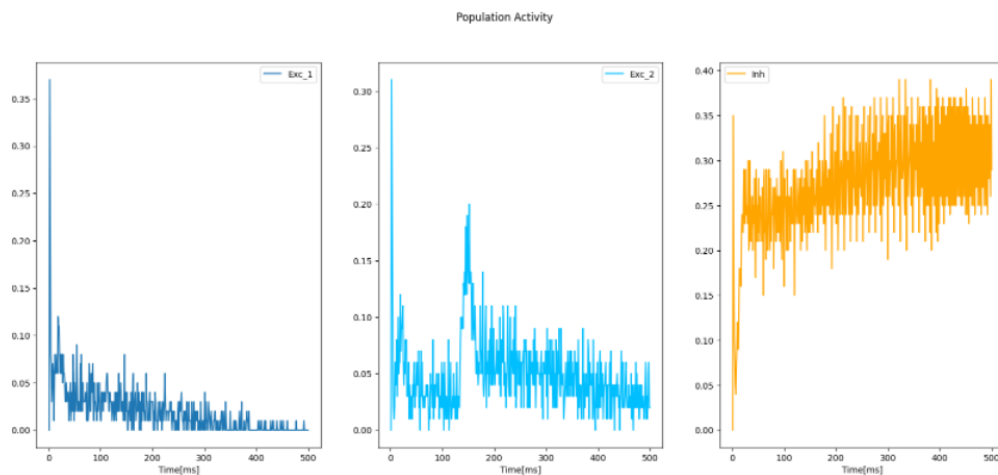


Figure 9: FS and RS and RS Population Activity

همچنین در نمودار زیر مشاهده میکنید تراکم به مرور زمان بیشتر کاهش یافته است.

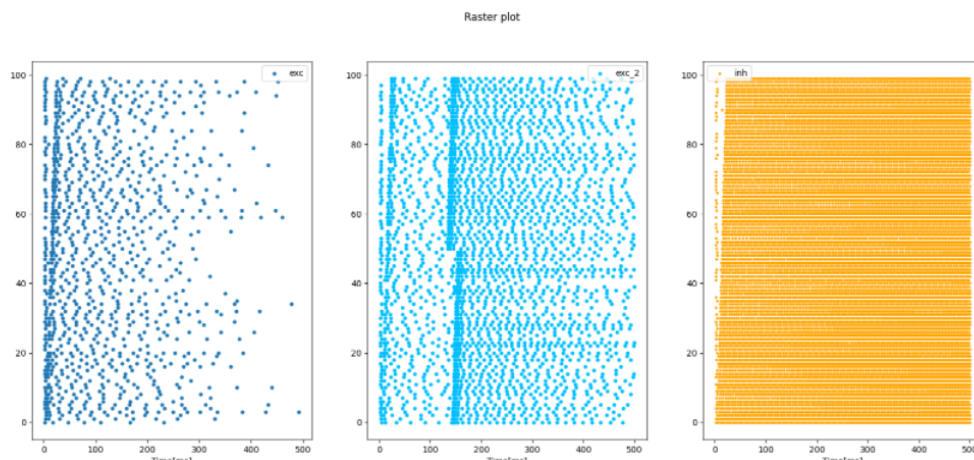


Figure 10: FS and RS and RS Raster plot

Partially Connected II ۳.۲.۲

در این حالت احتمال ارتباط جمعیت نورونی مهارى به جمعیت نورونی تحریکی دوم که قرار است انتخاب شود را کمتر میکنیم.

مطابق شکل زیر متوجه میشویم که روند کاهش جریان این جمعیت باز کند تر شده و جمعیت تحریکی اول مقداری زودتر از حالت قبل به فعالیت صفر میرسند از آنجا که ارتباط از جمعیت

نورونی مهارى به تحريكى دوم ضعيف تر شده در نتيجه كمتر اين جمعيت را مهار ميكند در نتيجه اين جمعيت جمعيت مهارى را بيشتر فعال ميكند و باعث ميشود جمعيت تحريكى اول زودتر به جريان ناچيز و فعاليت صفر برسد. (مطابق شكل هاى زير)

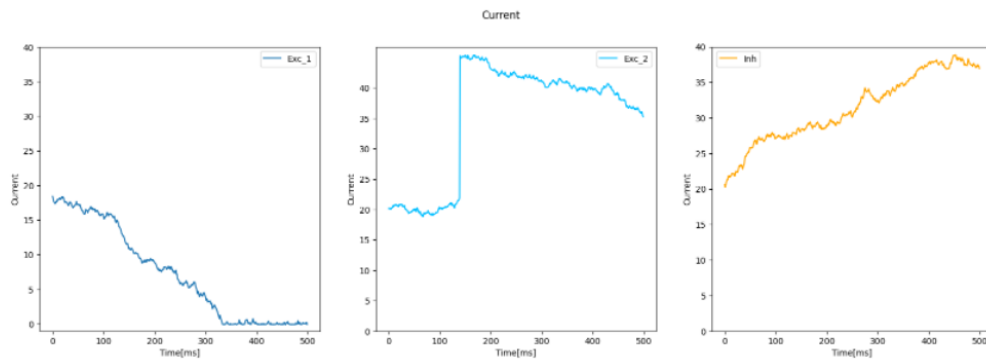


Figure 11: FS and RS and RS Current

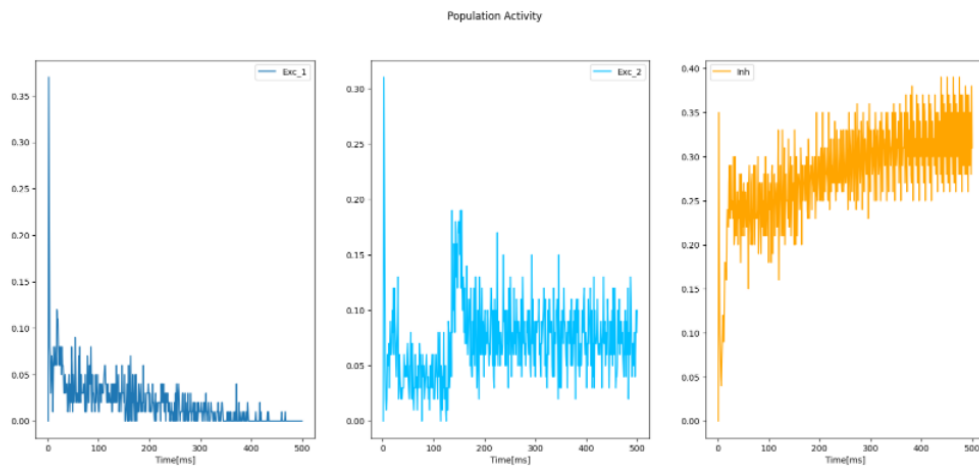


Figure 12: FS and RS and RS Population Activity

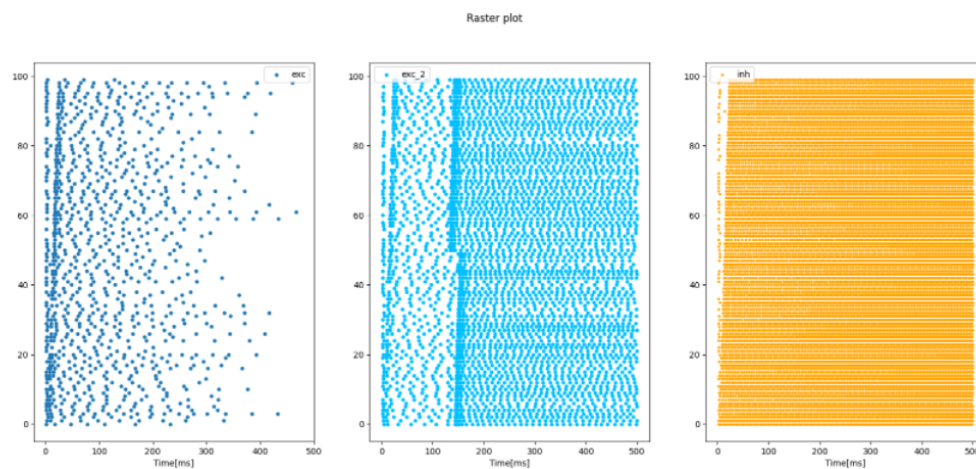


Figure 13: FS and RS and RS Raster plot

۳ اتصال نوع دوم

در این اتصال از جمعیت تحریکی که جریان بیشتری دریافت میکند یک ارتباط به جمعیت مهاری داریم و از جمعیت مهاری به جمعیت تحریکی با جریان کمتر داریم.

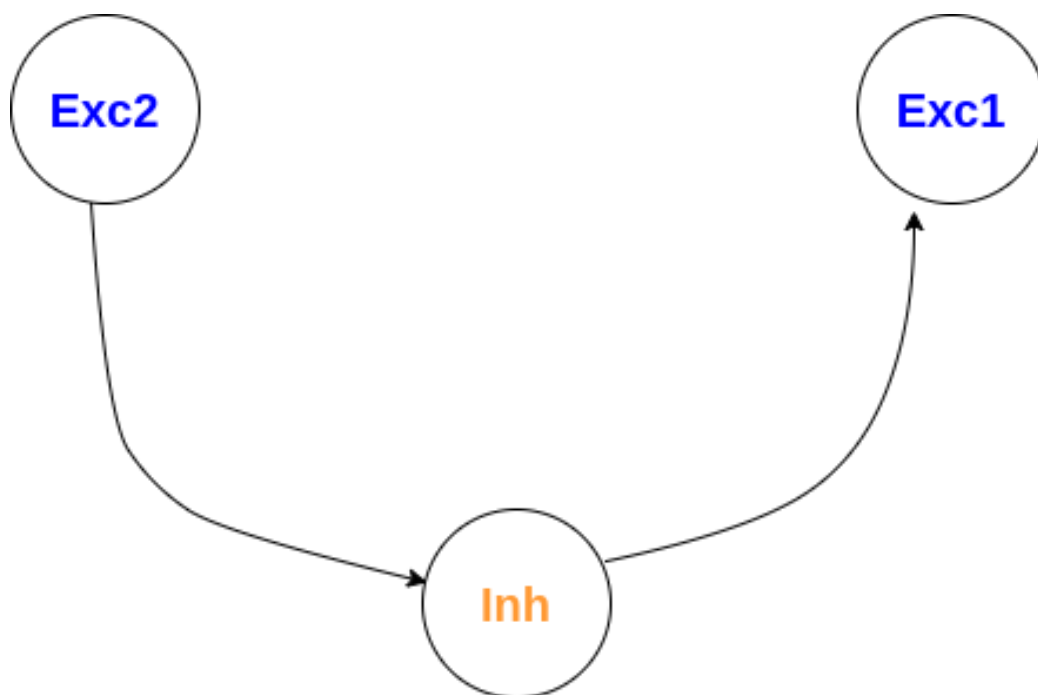


Figure 14: Connection II

در این حالت انتظار داریم در ابتدا که جریان ها برابر می باشد فعالیت جمعیت تحریکی با جریان کمتر کمتر از جمعیت تحریکی دیگر باشد چرا که بر آن یک کنترلی وجود دارد. یعنی جمعیت تحریکی با جریان بیشتر اسپایک های خود را به جمعیت مهارتی منتقل میکند و فعالیت این جمعیت به جمعیت تحریکی اول منتقل میشود و فعالیت کمتری نسبت به جمعیت تحریکی اول از خود نشان میدهند.

۱.۳ RS and RS and RS

در این حالت تمامی نورون ها رفتار مدل ایزیکویج با پارامترهای Regular Spike دارند همانطور که در شکل زیر میبینید تا قبل از اضافه شدن جریان به جمعیت نورونی تحریکی دوم تقریباً دو جمعیت تحریکی به اندازه ی هم اسپایک میزنند و جریان تقریباً برابری دارند گویا جمعیت مهارتی وجود ندارد که جمعیت تحریکی اول را مهار کند. این اتفاق به این دلیل است که جمعیت مهارتی از نوع RS میباشد در نتیجه نورون ها بسیار کم اسپایک میزنند و اسپایک زیادی به جمعیت نورونی تحریکی اول منتقل نمیشود. پس از این مورد جمعیت مهارتی را از نوع FS میکنیم تا تفاوت را مشاهده کنیم.

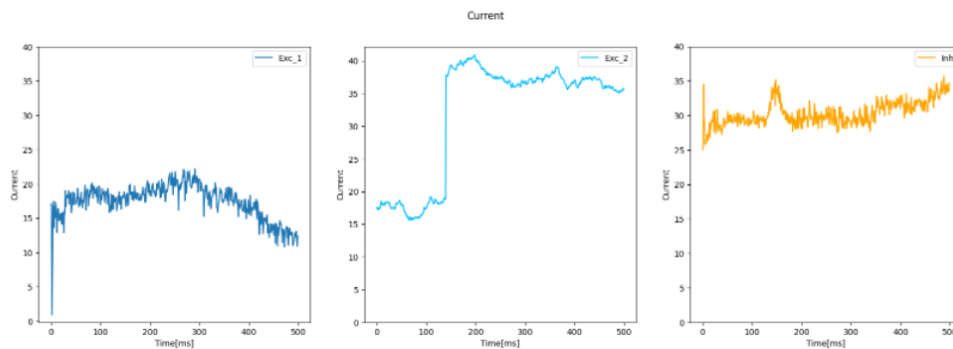


Figure 15: RS and RS and RS Current

همانطور که مشاهده کردید پس از این که جریان ورودی یک جمعیت افزایش یافت به وضوح فعالیت آن جمعیت بیشتر از دیگری شد. همچنین نکته جالب اینجاست که با اینکه جریان بیشتری به جمعیت مهاری منتقل میشود اما بخاطر RS بودن و فعالیت کند آنها جمعیت تحریکی دیگر نسبت به قبل فعالیت کمتر مشهودی نداشته است.

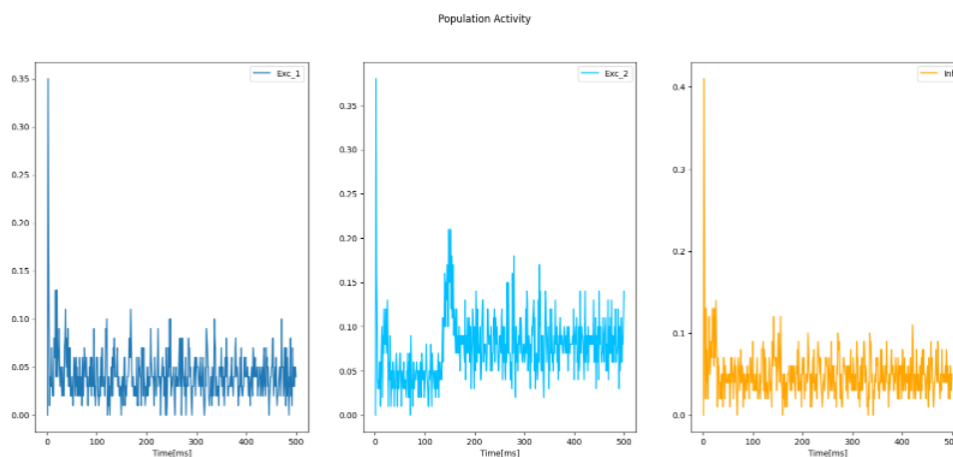


Figure 16: RS and RS and RS Population Activity

در نمودار زیر اسپایک های نورون های هر جمعیت را مشاهده میکنید.

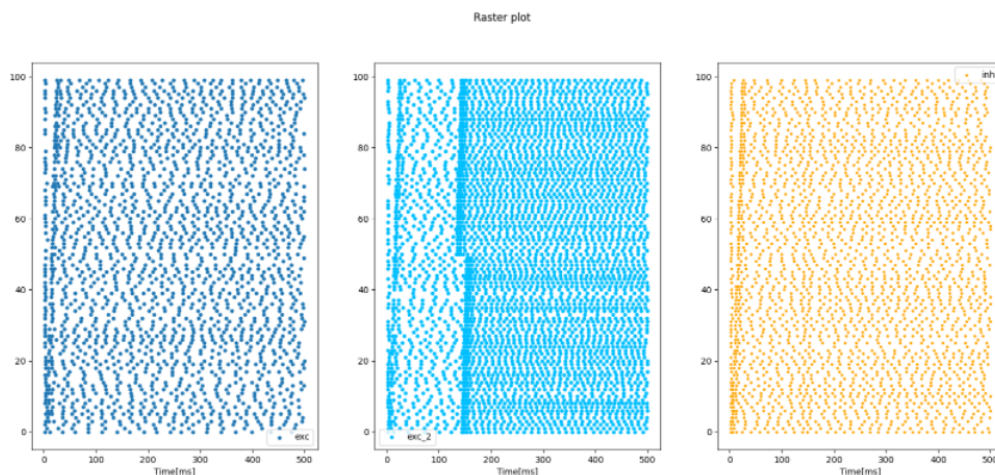


Figure 17: RS and RS and RS Raster plot

۲.۳ FS and RS and RS

در این حالت انتظار داریم که تاثیر جمعیت مهاری بر روی جمعیت تحریکی که بر آن اثر میکند بیشتر باشد. همانطور که از شکل زیر میبینیم در این حالت حتی قبل از القای جریان به یکی از جمعیت های تحریکی نیز فعالیت یکی از دیگری بیشتر است که همان تاثیر جمعیت مهاری میباشد.

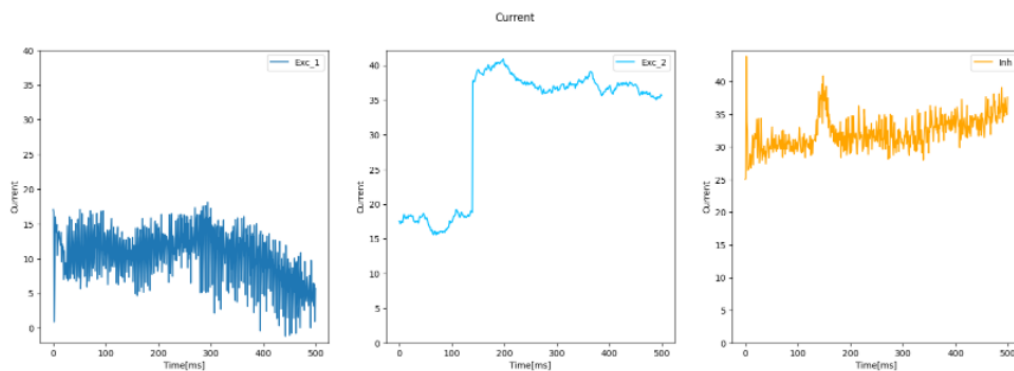


Figure 18: FS and RS and RS Current

نکته ی جالب دیگر در این است برعکس حالت قبل که پس از اضافه کردن جریان به یکی از جمعیت های تحریکی فعالیت و جریان دیگری کاهش پیدا نمیکرد در شکل بالا و پایین میبینید که جریان جمعیت تحریکی با جریان کمتر به وضوح کاهش می یابد که دلیل آن این

است فعالیت بیشتری که از جمعیت تحریکی دوم به جمعیت مهارى منتقل میشود باعث مهار بیشتر جمعیت تحریکی اول میشود.

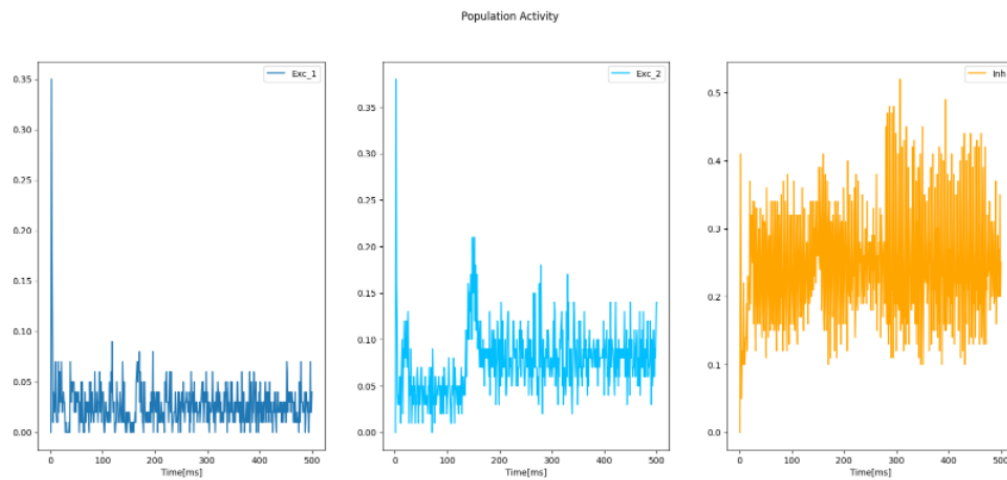


Figure 19: FS and RS and RS Population Activity

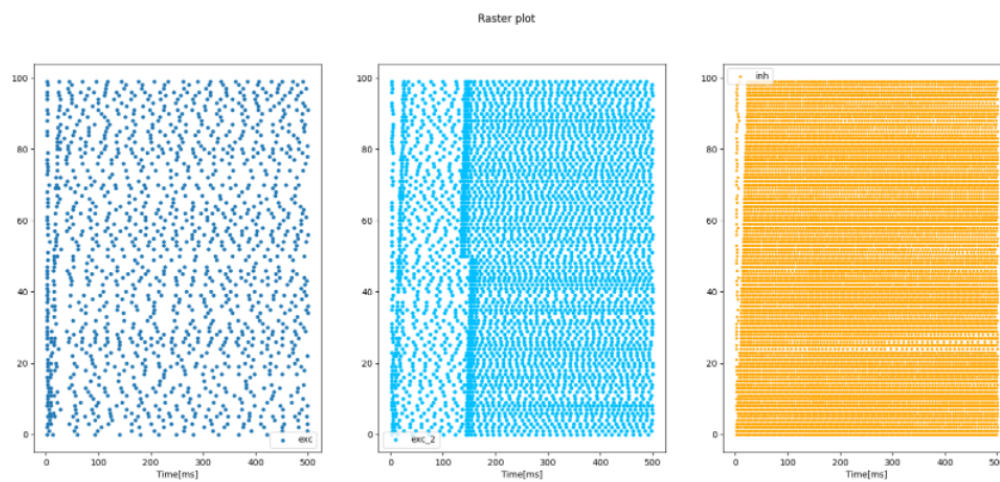


Figure 20: FS and RS and RS Raster plot

۴ اتصال نوع سوم

در این نوع اتصال یک ارتباط از جمعیت تحریکی با جریان کمتر به جمعیت مهارى داریم و از این جمعیت مهارى به جمعیت تحریکی با جریان بیشتر و از جمعیت تحریکی با جریان کمتر به خودش نیز ارتباط وجود دارد. در واقع مسیر اتصال مخالف مورد قبل میباشد به علاوه که از جمعیت تحریکی با جریان کمتر به خودش نیز یک ارتباط دیگر اضافه شده است. (مطابق شکل زیر)

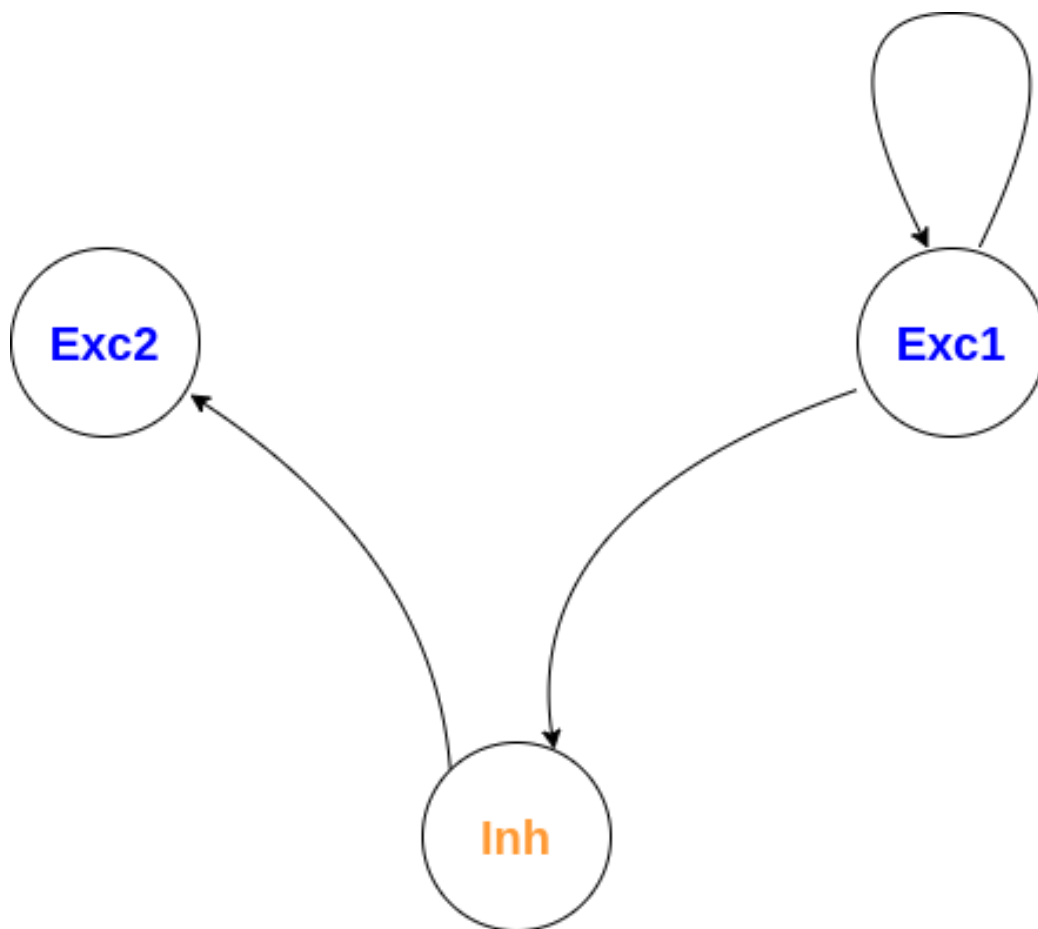


Figure 21: Connection III

در این حالت نوروں های مهارى از نوع FS و نوروں های تحریکی از نوع RS میباشد. هدف از تحلیل این نوع ارتباط این بود که ببینیم میتوانیم با وجود جریان بیشتر در جمعیت تحریکی دوم فعالیت این جمعیت را به اندازه جمعیت تحریکی با جریان کمتر برسانیم که موفق شدیم.

قبل از این حالت این که جمعیت تحریکی به خودش ارتباط نداشته باشد با پارامترهای متعدد یعنی تغییر Coef و غیره تست کردم اما پاسخی که میخوام را دریافت نکردم اما وقتی جمعیت تحریکی با جریان کمتر به خودش نیز ارتباط پیدا کند از طرفی فعالیت خود را افزایش میدهد و از طرف دیگر فعالیت جمعیت تحریکی دیگر را بیشتر میکاهد.

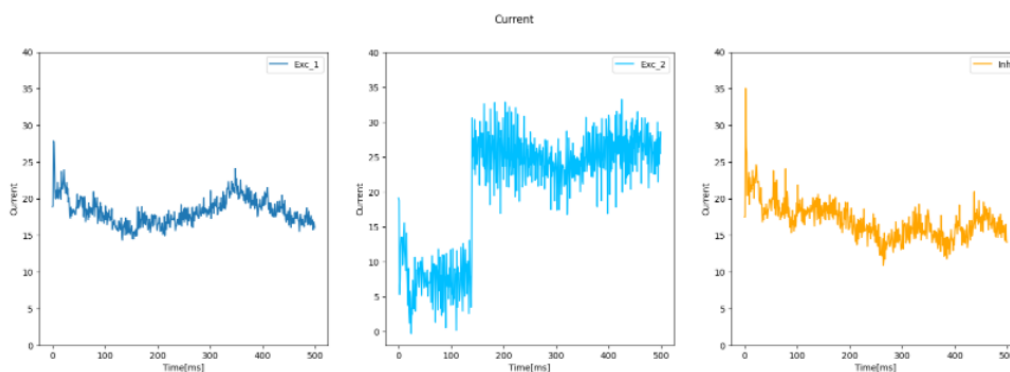


Figure 22: FS and RS and RS Current

همانطور که در نمودار بالا مشاهده میکنید قبل از اضافه کردن جریان به جمعیت نورونی تحریکی که مهار میشود جریان آن رو به کاهش است. پس از مدتی جریان به این جمعیت تزریق میشود و در ابتدا جریان آن زیاد میشود اما پس از مدتی جریان آن به اندازه جریان جمعیت تحریکی دیگر میشود و در همان حدود بالانس میماند و نوسان میکند. در شکل زیر میتوانید فعالیت این جمعیت های نورونی را مشاهده کنید و برابری فعالیت این دو جمعیت تحریکی پس از مدتی از تزریق جریان بیشتر به یک جمعیت در شکل زیر مشخص است.

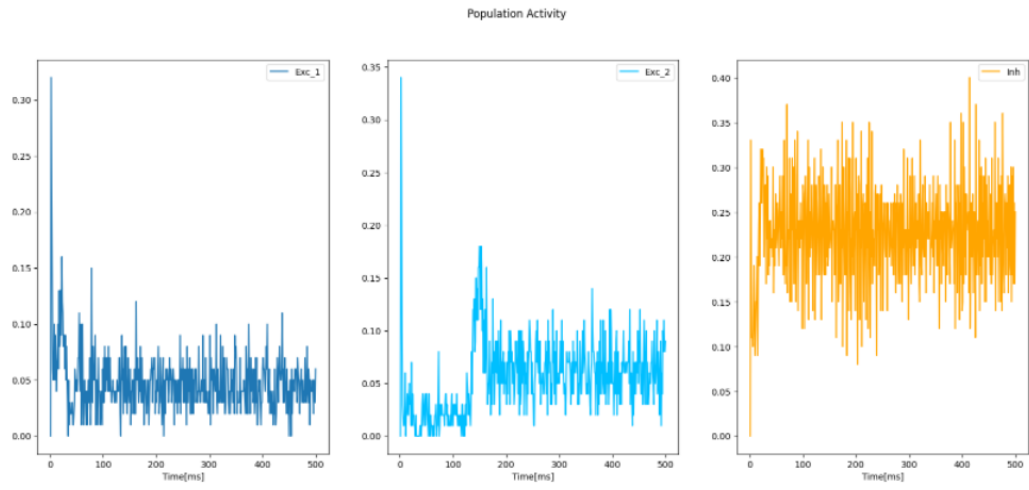


Figure 23: FS and RS and RS Population Activity

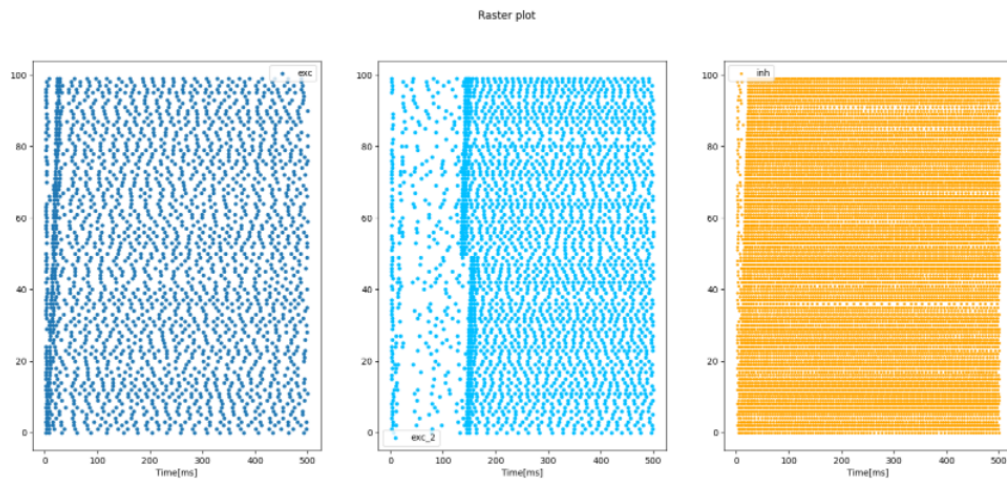


Figure 24: FS and RS and RS Raster plot