

# مطالعه همگامی در شبکه‌های عصبی مهاری

محسن مهرانی - استاد راهنما: دکتر سامان مقیمی عراقی



## فهرست مطالب

۵	۱ سخن نخست
۵	۱.۱ مقدمه
۷	۲ تصویرسازی سامانه‌ها
۷	۱.۰.۲ بازی از نو(سامانه‌ی تک‌جریان)



# فصل ۱

## سخن نخست

مطالعه فعالیت شبکه‌های عصبی برای تحقیق و بررسی کارکردهای مغز اهمیت زیادی دارد. همه بر این باوریم که مغز محمل اندیشه و تفکر است. ما کنجکاو هستیم که چگونه همکاری بین نورون‌های آن باعث می‌شود تا حافظه، کشف و پردازش صورت گیرد. هر کدام از نورون‌های مغز می‌تواند در حالت فعال [روشن] یا غیرفعال [خاموش] قرار گیرد. هم اکنون شواهدی وجود دارد که کارکردهایی طلایی یاد شده مغز در زمان‌هایی رخ می‌دهند که الگوی خاموش و روشن شدن نورون‌های آن باهم «هم‌گامی» دارند. هم‌گامی به این معناست که جمعیت بزرگی از نورون‌ها هم باهم خاموش و روشن می‌شوند و یک الگوی تکرار شونده‌ای را دنبال می‌کنند. تو گویی که باهم هم‌آهنگ یا هم‌گام شده‌اند.

بی‌تردید دستیابی به تمام جزئیات مغز برای ما میسر نیست و به آن به عنوان یک «جعبه‌ی سیاه» نگاه می‌کنیم که مدت‌هاست به دنبال ارائه مدلی هستیم که رابطه‌ی بین ورودی‌ها و خروجی‌های ثبت شده را بازتولید کند. کاری که در این پژوهش انجام خواهیم داد تلاشی است برای پیشنهاد دادن یک مدل برای این جعبه‌ی سیاه که رفتار نسبتاً مشابهی را میان ورودی و خروجی‌های این جعبه سیاه و یا مغز ایجاد می‌کند.

### ۱.۱ مقدمه

مدل‌های زیادی برای شبکه‌های عصبی ارائه شده است که توانایی تولید رفتار هم‌گام شدن نورون‌ها را در آن‌ها می‌توانیم جستجو کنیم. یکی از این مدل‌ها که در تمام فصول شبیه‌سازی از آغاز تا کنون از آن بهره برده شده است؛ مدل انباشت و شلیک است [۱]. در این جستار ابتدا با مدل انباشت و شلیک شروع می‌کنیم و سپس مدلی توسعه یافته که آن را «چرخنده» صدا خواهیم کرد؛ می‌پردازیم. متن اصلی این جستار شامل معرفی این مدل‌ها و پویایی آن‌ها در زمان و نتایج ضبط شده از نشانگرهایی است که برای آشکارسازی هم‌گامی تعبیه شده‌اند.



## فصل ۲

### تصویرسازی سامانه‌ها

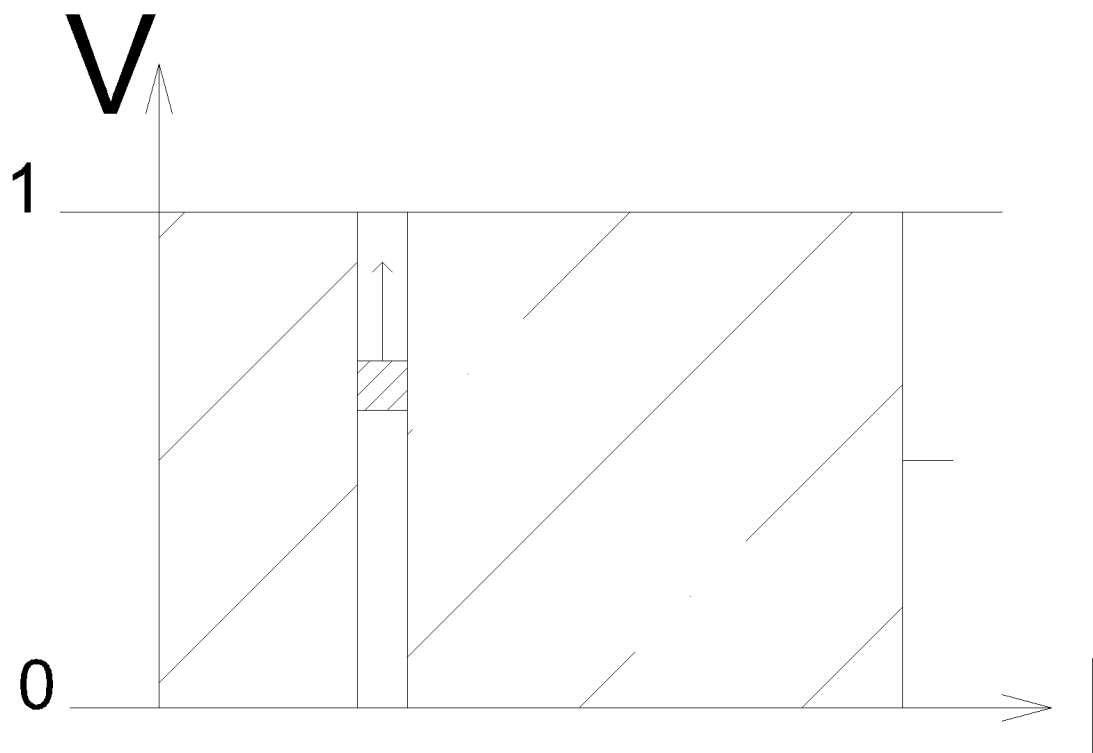
از آنچه که اشکال صفحه‌ی قبل در مورد سامانه روایت می‌کنند؛ می‌توان تنها «حدس» زد که در پس پرده [جعبه سیاه] چه می‌گذرد. به همین دلیل برآن شدم تا روشی برای به تصویر کشیدن سامانه ابداع کنم تا از لحظه‌لحظه‌ی سامانه با خبر شوم. ۱.۲

### فرصتی برای مدل‌های دیگر نرونی

در بخش قبل به بررسی ویژگی‌های مدل انباشت-شلیک پراختم. اگر چه این مدل بسیار ساده توانست رفتارهای آشنایی را برای ما بازتولید کند اما شامل محدودیت‌هایی است. این محدودیت‌ها باعث می‌شود تا ما به سراغ مدل‌های نرونی دیگری مانند نرونها‌ی چرخنده برویم. این مدل نسبت به مدل قبلی شامل ویژگی‌های مثبتی است. یکی از ویژگی‌های خوب آن این است که پس از بازنشانی فاز نرون تیزه زده، فاز آن به زاویه‌ای برده می‌شود که دارای خواص مثلثاتی مشابهی است. به این معنا که دیگر شاهد گسستگی در اندازه‌ی جملاتی که تحول نرون را توصیف می‌کنند؛ نیستیم.

### ۱.۰.۲ بازی از نو (سامانه‌ی تک‌جریان)

بنظر نمی‌آید که معادلات ما از این طریق حل شوند. بیاید یک طریق دیگر در پیش گیریم.



شکل (۱.۲) تصویر فضای فاز سامانه نرونی انباشت و شلیک

#### دیدار

استاد: محسن! بیا مسئله را باز هم ساده‌تر کنیم. به جای آن که یک پهنای جریان بگیریم؛ فقط و فقط یک جریان را در سامانه قرار دهیم. آنگاه ببینیم باز هم هم‌گامی خواهیم دید؟

پیشنهاد بعدی این که تیزه‌ها را باریک و بدون پهنای در نظر بگیر ( $\alpha \rightarrow \infty$ ) امیدوارم در این حالت مسئله حل شود.

محسن: مسئله شاید کمی عوض شود. زیرا جریان مهاری برآمده از نوروتهایی با جریان بالا روی پتانسیل نوروتهای پایین‌تر هم تاثیر می‌گذارد.

استاد: می‌دانم. اما از همین سامانه تک‌جریانی باید دریابید. وقتی یکی را حل کنیم بقیه را می‌توانیم از کنار هم قرار دادن این زیرسامانه محاسبه کنیم.

محسن: خیلی هم خوب! چشم انجام می‌شود.

استاد: فردا می‌توانی بیایی و حضوری باهم جلسه داشته باشیم؟

محسن: بله حتما خدمت خواهیم رسید.

(اتاق انجمن علمی، سه‌شنبه عصر ۳۰ فروردین)



خروجی این مکالمات و چند جلسه پشت سرهم در ادامه‌ی این بخش خواهد آمد.

بیاید مجدد رابطه‌ی؟؟ که جریان را در سامانه گزارش می‌داد برای سامانه‌ی جدید بازنویسی کنیم. با این تفاوت که  $\alpha$  را به بینهایت سوق داده‌ایم و تیزه‌ها کاملاً باریک هستند.

$$E(t) = \frac{n(\pi, t-d)}{N} \cdot [a - gE(t-d)] \quad (۱.۲)$$

### حالت پایا

برای این سامانه میدان حالت پایا به صورت زیر قابل توصیف است:

$$E_{\cdot} = \frac{n}{N} \cdot [a - gE_{\cdot}] = \frac{1}{2\pi} [a - gE_{\cdot}] \quad (۲.۲)$$

$$\Rightarrow E_{\cdot} = \frac{a}{2\pi + g} \quad (۳.۲)$$

### اختلال از حالت پایا

حال فرض کنیم که جریان به اندازه‌ای کوچک از حالت پایای خود منحرف شود.  $E = E_{\cdot} + \epsilon$  علاقه‌مندیم که سامانه در زمان‌های بعدی چگونه رفتار خواهد کرد. آیا این اختلال به طریقی هضم خواهد شد و یا بزرگ‌تر می‌شود و همواره سامانه را از حالت پایا دور خواهد کرد؟

$$E(t+d) = \frac{1}{2\pi} [a - gE(t)] \quad (۴.۲)$$

$$= \frac{1}{2\pi} [a - g(E_{\cdot} + \epsilon)] \quad (۵.۲)$$

$$= \frac{1}{2\pi} [a - gE_{\cdot}] - \frac{g\epsilon}{2\pi} \quad (۶.۲)$$

$$= E_{\cdot} - \frac{g\epsilon}{2\pi} \quad (۷.۲)$$

با ادامه‌ی همین روند می‌توانیم به این نتیجه برسیم که در گام‌های بعدی سامانه چگونه رفتار خواهد کرد:

$$E(t+nd) = E_{\cdot} + \epsilon \sum_n \left(\frac{-g}{2\pi}\right)^n \quad (۸.۲)$$

پرواضح است که اگر ضریب تاثیر از مقدار  $2\pi$  کمتر باشد؛ این مجموع همگراست و اختلال در سامانه هضم خواهد شد. در صورتی اگر بیشتر باشد؛ واگرا خواهد بود. این مقدار بنظر همان گذر فازی است که مدت‌هاست به دنبال آن می‌گردیم. پس موفق شدیم که برای سامانه‌ی تک‌جریان نقطه‌ی گذر فاز را محاسبه کنیم. کمتر باشد؛ این مجموع همگراست و اختلال در سامانه هضم خواهد شد. در صوتی اگر بیشتر باشد؛ واگرا خواهد بود.

## شبیه‌سازی سامانه‌ی تک‌جریان

حدس می‌زنیم که برای سامانه‌ی یاد شده در قسمت قبل گذر فاز در  $g = 2\pi$  رخ دهد. پس شبیه‌سازی را بار دیگر با تنظیمات زیر راه‌اندازی می‌کنیم:

$$\alpha = 100 \text{ s}^{-1} *$$

\* جریان خارجی متصل به همه‌ی نورون‌ها یکسان و برابر ۵.۹ است.

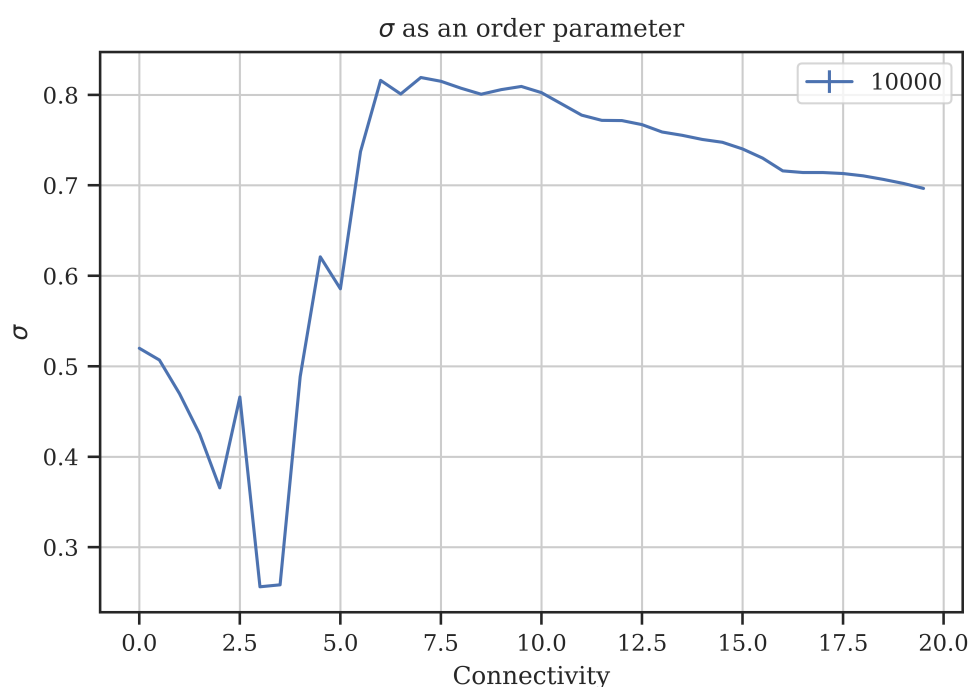
$$N = 10000 *$$

$$t_d = 0.1 \text{ s} *$$

\* کل زمان شبیه‌سازی ۱۰۰ ثانیه در نظر گرفته شده

\* هر گام زمانی برابر ۰.۱۰ ثانیه است.

به این ترتیب نتیجه‌ی شبیه‌سازی به شکل زیر در آمد: متأسفانه این شکستی برای امید به محقق شدن



شکل (۲.۲) مشخصه‌ی نظم سامانه ده هزار نورونی تک‌جریان

توصیف تحلیلی این سامانه است. زیرا نقطه‌ی گذر فاز کاملاً دور از همسایگی عدد ۶ و در همسایگی

نزدیکی حول ۵.۳ پیدا شده است. سوالی که ما در این بخش با آن تنها خواهیم ماند این است که راه حل پیشین ما از چه جزئیاتی چشم پوشی کرده است؟!

#### دیدار

محسن: استاد! شکل به این صورت درآمد.

استاد: خوب اشکال ندارد! باید بررسی کنیم ببینیم مشکل از کجاست.  
(لحظاتی پیش از شروع جلسه‌ی برخط مقاله‌خوانی روز چهارشنبه ۷ اردیبهشت)



## کتاب نامه

- [1] Luccioli, Stefano and Politi, Antonio. Irregular collective behavior of heterogeneous neural networks. *Phys. Rev. Lett.*, 105:158104, Oct 2010. [5](#)