

به نام خدا



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

علوم اعصاب یادگیری، شناخت و حافظه

پروژه‌ی پایانی درس: بررسی

استاد: دکتر کربلایی آقاجان

امیرحسین برقراری شماره دانشجویی

مازیار شمسی‌پور ۹۸۱۰۱۸۴۴

۲۵ تیر ۱۴۰۰

۱ مقدمه

توضیحات کلی در مورد کدها و پروژه و مقاله.

۲ آشنایی با مقاله‌ی پژوهش

۱.۲ هدف پژوهش

هدف این مقاله مدل سازی receptive field نوروهای پیچیده غش بصری^۱ می باشد. در واقع با اعمال تحریک های تصادفی spatiotemporal از توزیع $p(s)$ و مشاهده ی پاسخ نوروها می خواهیم راستایی را بدست بیاوریم که در آن $p(s|r)$ تفاوت معناداری با توزیع اولیه ی تحریک ها داشته باشد. تفاوت این مقاله با پژوهش های قبل خود آن است که به دلیل رفتار غیر-خطی نوروهای پیچیده ی موجود در Visual cortex نمی توانیم از آنالیزهای خطی spike-triggered average که پیش از این کارگشا بودند استفاده کنیم. این مقاله روش spike-triggered correlation analyses را پیشنهاد می دهد که بر پایه ی Wiener Kernel طراحی شده است.

نهایتا با این پژوهش با بررسی هایی که انجام می دهد ادعا می کند که می توان با این روش پایه ای برای تحریک ها ارائه داد که تعداد کمی از آن ها مشخص کننده ی ویژگی های مرتبط و تعداد زیادی مربوط به ویژگی های پوچ می باشند.

۲.۲ نوروهای «پیچیده»

این مفهوم اولین بار در مقاله ی نوبلیست Hubel and Wiesel مطرح شده است. نوروهای ساده نوروهایی هستند که رابطه ی تحریک-پاسخ آنها نسبت به زمان خطی می باشد. این موضوع باعث به وجود آمدن مناطق ON-OFF در Receptive Field نورو مورد نظر می شود. به عکس دست نوشته ی موجود در مقاله ی مذکور برای جزئیات بیشتر توجه کنید.



شکل ۱: مناطق ON-OFF حوزه ی دریافتی نوروهای ساده^۲

همچنین در بخش Material and Methods آمده است که اگر نسبت هارمونیک اول به مقدار DC حوزه ی دریافتی بزرگتر از یک باشد نورو را ساده می نامیم. روشن است که نوروهایی که از تعاریف بالا پیروی نکنند ساده نبوده و پیچیده اند.

^۱ Visual cortex

^۲ EVOLUTION OF IDEAS ON THE PRIMARY VISUAL CORTEX, 1955-1978. BY DAVID H. HUBEL

۳.۲ STC analysis

می‌دانیم که اگر یک ویژگی در تحریک باعث تغییر احتمال اسپایک زدن شود، می‌دانیم که اگر تحریک‌ها را به فضای آن spike-triggered منتقل کنیم باید تفاوت قابل توجهی بین مقادیر $p(s|r)$ و $p(s)$ باشد.^۳

روش‌های مبتنی بر correlation با هدف بررسی تغییر این توزیع احتمالات با توجه به تغییرات گشتاور مرتبه‌ی دوم آنها (واریانس) طراحی می‌شوند.

در این بین روش PCA به این خاطر که پایه‌ای در اختیار ما قرار می‌دهد که راستاهای بیشترین تا کمترین واریانس می‌باشند، بسیار مناسب کار ما خواهد بود و می‌تواند ویژگی‌هایی را که در آن واریانس تحریک‌ها بسیار بالا می‌باشد را در اختیار ما بگذارد.

روش spike-triggered analysis مبتنی بر موارد فوق مراحل زیر را انجام می‌دهد:

۱. ابتدا با فرض اینکه حافظه‌ی نورون‌ها بیشتر از ۱۶ فریم یا ۲۶۸ میلی‌ثانیه نخواهد بود؛ پترن‌های تحریک را متشکل از ۱۶ نوار رنگی در ۱۶ فریم و در فضای ۲۵۶ بعدی تعریف می‌کنیم.

۲. ماتریس spike-triggered correlation را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S(i)^T S(i)$$

که در آن $S(i)$ بردار ۲۵۶ بعدی در i امین باریست که نورون در طول آزمایش اسپایک زده است و N تعداد کل اسپایک‌ها در طول آزمایش است.

۳. بردارویژه‌ها و مقدارویژه‌های این ماتریس محاسبه شده و با توجه به اندازه‌ی مقدارویژه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

با توجه به PCA می‌دانیم که حاصل راستاهایی خواهد بود که در آن واریانس تحریک‌هایی که موجب اسپایک می‌شوند از زیاد به کم مرتب شده‌اند.

۴.۲ اعتبارسنجی نتایج

برای اعتبارسنجی مشاهدات روش spike-triggered correlation روشی که مقاله استفاده می‌کند این است که دنباله‌ای از اسپایک‌های تصادفی با تعداد اسپایک‌های مساوی با N تولید می‌کند و ماتریس correlation تحریک‌هایی که موجب این اسپایک‌های فرضی تصادفی شدند را ایجاد می‌کنیم. هدف این است که control correlation matrix را محاسبه کنیم که به این معناست

^۳ $p(\text{response} | \text{stimulus})$

که روشی که در قبل پیش گرفتیم را برای داده‌هایی که می‌دانیم مستقل از اسپایک زدن هستند (تمام داده‌ها) نیز اعمال کنیم. با توجه به حجم بالای داده‌ها N مساوی تعداد اسپایک‌ها را در نظر می‌گیریم و ۵ بار فرایند تولید $\text{control correlation matrix}$ را انجام می‌دهیم و میانگین مقدارویژه‌ها را محاسبه می‌کنیم. با توجه به متن مقاله حاصل این میانگین‌گیری $\pm 5/2 SD$ بازه‌ی اطمینان ما با $p < 10^{-4}$ خواهد بود. و بنابراین اگر مقدارویژه‌ای خارج از این بازه‌ی اطمینان باشد؛ آن مقدارویژه و بردارویژه دارای تفاوت آشکار خواهند بود. (در واقع آن بردار ویژه راستایست که تحریک‌های موجب اسپایک در آن واریانس و در نتیجه توزیع احتمال کاملاً متفاوتی با توزیع اولیه دارند)

۵.۲ نتایج پژوهش

همانطور که در بخش‌های قبل اشاره کردیم هدف پیدا کردن eigenvalue هایی بود که خارج از بازه‌ی اطمینان باشند که آن‌ها به عنوان ویژگی‌های اصلی موجود در receptive-field گزارش شود. نتایج مقاله نشان می‌دهد که برای تعداد زیادی از سلول‌های پیچیده دو بردارویژه پیدا شده‌است که این بردار ویژه‌ها ناحیه‌ی ON-OFF مشخص و مجزا از همی دارند و همچنین correlation بسیار پایینی دارند. همچنین می‌بینیم که این راستاها به خوبی سبب تحریک نورون‌ها می‌شوند با این حال برای eigenvalue هایی که در بازه‌ی اطمینان مذکور قرار دارند تاثیر بسیار کمتری در تحریک نورون‌ها مشاهده شده است.