



باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

۲۵۶۴۵ - علوم اعصاب یادگیری، حافظه، شناخت - بهار ۱۳۹۹ - ۰۰

پروژه پایانی

۱ آشنایی با مقاله‌ی پژوهش اصلی (۵ نمره)

در این پروژه، بر روی دیتاستی که در یک پژوهش در سال ۲۰۰۲ مورد استفاده قرار گرفته است، کار خواهید کرد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی و آشنایی با نوروهای «پیچیده» در غشای ابتدایی بینایی^۱ مغز گربه است. مقاله‌ی زیر را دانلود کنید و تا حدی که بتوان به سؤالات زیر پاسخ داد، آن را مطالعه کنید. (با این که بنا نیست تمامی کارهایی که در مقاله انجام شده است را تکرار کنید، اما توصیه می‌شود در صورتی که فرصت آن را دارید، مقاله را با جزئیات مطالعه کنید و همچنین از ایده‌های موجود در آن برای قسمت آخر استفاده کنید.)

Touryan, Jon, Brian Lau, and Yang Dan. "Isolation of relevant visual features from random stimuli for cortical complex cells." *Journal of Neuroscience* 22.24 (2002): 10811-10818.

توجه کنید که هدف این قسمت تنها آن نیست که به مطالعه‌ی یک مقاله بپردازید و محتوای آن را بیاموزید؛ بلکه هدف بزرگ‌تر، آن است که با مطالعه‌ی مقاله، نحوه‌ی تفکر محققان آن مقاله به مسأله و چگونگی ارائه‌ی ایده‌ها و نتایجشان را بیاموزید.

۱. با مطالعه‌ی چکیده و مقدمه، توضیح دهید هدف این پژوهش چیست و چه تفاوت‌هایی با کارهای قبلی‌اش دارد.

۲. نوروهای «پیچیده» چگونه تعریف می‌شوند و با چه معیاری انتخاب شده‌اند؟

۳. از قسمت materials and methods، بخش spike-triggered correlations analysis را مطالعه کنید و فرآیند آن را به طور تقریبی توضیح دهید.

۴. همان‌طور که از مطالعه‌ی بخش spike-triggered correlations analysis متوجه شده‌اید، برای بررسی اعتبار یافته‌های علمی ارائه‌شده در مسأله‌ی مورد نظر، باید تحریک‌هایی که موجب اسپایک شده‌اند (توزیع تحریک به شرط اسپایک) را با تحریک‌های کلی و مستقل از اسپایک مقایسه کنیم. توضیح دهید مقاله چه روشی را برای این کار پیشنهاد می‌دهد. در قسمت‌های بعدی از این روش استفاده خواهیم کرد.

۵. از قسمت نتایج، بخش segregation between two types of visual features را مطالعه کنید. نتیجه را به طور تقریبی توضیح دهید.

¹primary visual cortex

۲ آشنایی با دیتاست (۱۵ نمره)

فایل‌های دیتاست اصلی، و راهنمای استفاده از آن (تقریباً تمام آنچه توسط تیم اولیه‌ی این پژوهش منتشر شده است) در فایل CRCNS_ORG_PVC_2.rar ضمیمه‌ی این تمرین شده است، تا در صورت نیاز، برای بررسی بیشتر به آن مراجعه کنید. با این حال برای انجام این پروژه، نیازی نیست لزوماً به دیتاست اصلی رجوع کنید. بخشی از داده‌ها و توابعی که برای این پروژه مورد نیاز است، به ترتیب در فولدرهای Data و MatlabFunctions قرار داده شده‌اند. در ادامه، محتویات ضمیمه شده را توضیح می‌دهیم:

• تحریک:

همان‌طور که با خواندن مقاله متوجه شده‌اید، هر تحریک تصویری شامل ۱۶ نوار سیاه یا سفید است؛ بدین ترتیب برای مشخص کردن هر تحریک ۱۶ عدد کافی است. فایل msq1D.mat در آدرس Data\Stimulus_Files\ حاوی ماتریسی با ابعاد 32767×16 است که دنباله‌ی تحریک‌ها را توصیف می‌کند.

• پاسخ:

همان‌طور که در متن مقاله مشاهده کرده‌اید، این آزمایش روی چندین نورون انجام شده است. پاسخ مربوط به هر نورون در فولدری جداگانه و در آدرس Data\Spike_and_Log_Files قرار داده شده است. اسم هر فولدر، کد نورون متناظر را مشخص می‌کند. همچنین لازم به ذکر است که تحریک، برای هر نورون در بهترین راستا (راستایی که نورون بیشترین تحریک‌پذیری را دارد) نمایش داده می‌شود. نام فایل‌های موجود در هر فولدر به صورت زیر می‌باشد:

[Neuron Code][Alphabet Index][Type of Stimuli].[Format]

که Alphabet Index نمایانگر این است که فایل مورد نظر متناظر با چندمین آزمایش بر روی این نورون مشخص است. همچنین Type of Stimuli نوع تحریک را مشخص می‌کند که حالت‌های مختلفی دارد، ولی در این پروژه تنها با دو حالت آن کار خواهیم کرد:

– msq1D: آزمایشی است که دنباله‌ی تحریک msq1D برای گربه پخش شده است.

– tune: آزمایشی است که هدف آن، پیدا کردن بهترین راستا (راستایی که نورون بیشترین تحریک‌پذیری را دارد) برای هر نورون بوده است.

و در نهایت، فرمت هر فایل یکی از دو حالت log یا sa0 است. فایل‌های log شامل مشخصات تحریک، و فایل‌های sa0 شامل پاسخ نورون در طول آزمایش هستند. فایل‌های log با نرم‌افزاری ساده مانند notepad قابل باز کردن و بررسی هستند، و نحوه‌ی کار با فایل‌های sa0 نیز در ادامه توضیح داده می‌شود. با خواندن هر فایل sa0، برداری با عنوان events در متلب لود می‌شود که شامل زمان اسپایک‌ها با واحد 0.1 ms است.

• توابع:

تابع fget_spk.m موجود در آدرس MatlabFunctions\fileload برای خواندن فایل‌های sa0 استفاده می‌شود. تابع tvview.m نیز در آدرس MatlabFunctions\tview برای نمایش خروجی آزمایش tuning (فایل‌های tune) استفاده می‌شود. کار با هر دوی این توابع بسیار ساده است و توضیحات موجود در کدها کافی خواهد بود.

برای این قسمت، کافی است تعدادی از توابع مقدماتی را بنویسید و نسبت به دیتاست شناخت پیدا کنید. برای این منظور:

۱. بررسی کنید که در هدر فایل‌های sa0 و همچنین در فایل‌های log چه اطلاعاتی وجود دارد.

۲. یکی از کارهایی که قرار است در این پروژه تمرین کنید، کار کردن با دیتاست‌های شلوغ حوزه‌ی نوروساینس است! برای این منظور باید ساختارمند کد بنویسید. در غیر این صورت مجبور می‌شوید بعضی کارها را چندین باره انجام دهید. تابعی با عنوان Func_ReadData بنویسید که در ورودی کد نورون مورد نظر را به صورت string دریافت کند، و در خروجی یک struct تحویل دهد که شامل زمان اسپایک‌ها و هدر تمام فایل‌های sa0 متناظر با msq1D آن نورون خاص است. در ادامه ساختار خروجی توضیح داده شده است:

محتوا	output struct
برداری شامل زمان اسپایک‌های متناظر با آزمایش i ام	Output(i).events
هدر فایل sa0 متناظر	Output(i).hdr

نکات:

- ممکن است استفاده از توابع dir و findstr مفید باشد.
 - فایل‌هایی با پسوند sub یا vecs را استفاده نکنید.
 - توجه داشته باشید که ممکن است برای بعضی نوروها، در نام برخی فایل‌ها به جای msq1D از msq1d استفاده شده باشد.
۳. متوسط کل spike-count rate را برای هر نرون محاسبه کنید، و هیستوگرام آن را رسم کنید. برای دقت بیشتر، از نوروهایی که spike-count rate کوچک‌تر از ۲ دارند، برای پردازش‌های بعدی صرف‌نظر می‌کنیم. کد این نوروها را گزارش کنید.
۴. تابعی با عنوان Func_StimuliExtraction بنویسید که در ورودی، بردار events را به عنوان دنباله‌ی زمان اسپایک‌ها، و ماتریس msq1D را به عنوان دنباله‌ی تحریک‌ها دریافت کند؛ و در خروجی، ماتریسی با ابعاد $16 \times 16 \times N$ تحویل دهد که شامل تحریک‌هایی است که موجب برانگیخته‌شدن اسپایک شده‌اند. توجه داشته باشید که N تعداد اسپایک‌هایی است که با توجه به تعریف مقاله، می‌توان یک تحریک 16×16 برای آن‌ها در نظر گرفت. (در صورت وجود ابهام، قسمت Spike-triggered correlation analysis را مجدداً مطالعه کنید).
۵. نحوه‌ی استفاده از tview.m را مطالعه کنید. برای چند نرون دلخواه، خروجی‌اش را رسم و گزارش کنید. توضیح دهید که فرآیند پیدا کردن بهترین راستا چگونه صورت گرفته است. (هدف از این سؤال آن است که نتیجه‌ی این فرآیند جالب را ببینید!)

۳ بررسی با روش کلاسیک Spike-Triggered Average (۲۵ نمره)

نکات:

● با توجه به این که در برخی از قسمت‌های این بخش لازم است اعمالی را بر روی تعداد زیادی نورون انجام دهید، توصیه می‌شود ابتدا این عملیات را بر روی یک یا دو نورون پیاده‌سازی کنید تا شهود لازم را به دست آورده و از صحت کد خود مطمئن شوید. پس از آن، عملیات مربوطه را بر روی تمامی نورون‌هایی که در قسمت ۳ بخش قبل انتخاب شدند (حذف نشدند)، بسط دهید.

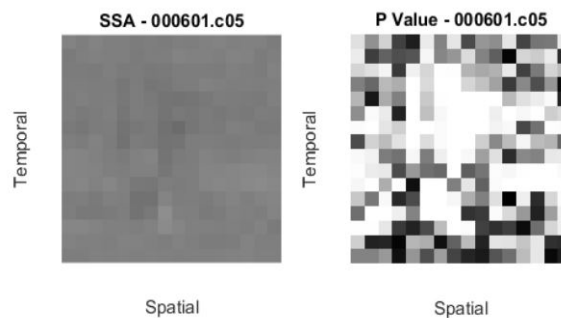
● توجه داشته باشید که فرکانس پخش تصاویر 59.721395 Hz می‌باشد. همچنین برای تمامی قسمت‌ها فرض کنید که اولین تصویر در زمان صفر پخش شده است.

در این قسمت می‌خواهیم یک روش کلاسیک بررسی عملکرد نورون‌ها را به طور مختصر آزمایش کنیم، و «پیچیده» بودن نورون‌ها را تحقیق کنیم. برای این منظور، یک نورون دلخواه را در نظر بگیرید و نام آن را در گزارش ذکر کنید.

۱. برای نورون مورد نظر خود، با استفاده از روش Spike-Triggered Averaging، شکلی تخمینی برای receptive field به دست آورید و با استفاده از دستور imshow، این تصویر را رسم کنید. (توجه کنید که یک تصویر با ابعاد 16×16 خواهید داشت. روی شکل باید محور زمان و مکان را مشخص کنید. فرمت شکل‌ها باید شبیه به شکل 2.B. در مقاله باشد. همچنین برای بهتر شدن نمایش، می‌توانید contrast تصویر خود را زیاد کنید، اما باید توجه داشت که با این کار، شکلی که می‌بینید حساسیت بیشتری از receptive field دارد. همچنین توجه داشته باشید که ممکن است استفاده از توابع cat و reshape مفید باشد.)

۲. (امتیازی) برای تک‌تک درایه‌های ماتریس مورد نظر، از t-test استفاده کنید (برای تحقیق این امر که آیا مقدار این درایه، تفاوت معناداری با صفر دارد یا نه). مقادیر p-value‌های حاصل در ماتریسی 16×16 قرار می‌گیرد که تناظر یک‌به‌یک با ماتریس اصلی دارد. در کنار شکلی که در برای قسمت قبل رسم کردید، تصویر ماتریس p-value را نیز نمایش دهید.

راهنمایی: خروجی باید شکلی مشابه با شکل ۱ باشد.

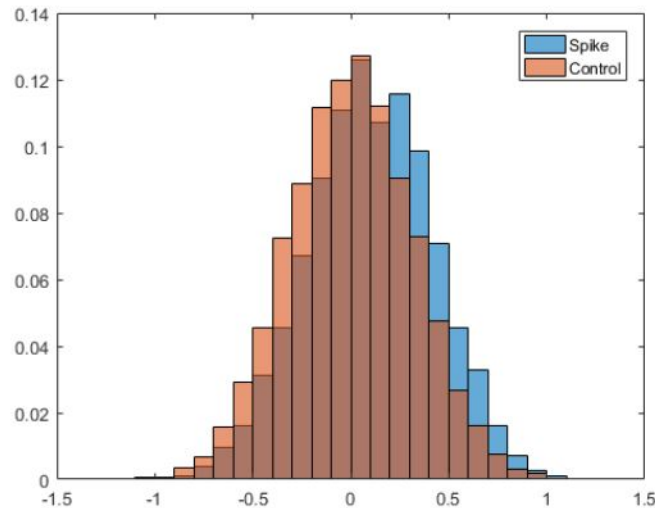


شکل ۱

۳. با محاسبه میانگین تحریک‌هایی که منجر به اسپایک شده‌اند، گویی یک راستا در یک فضای $16 \times 16 = 256$ بُعدی یافته‌اید؛ که اگر نورون ساده‌ای داشتیم، می‌توانستیم ادعا کنیم که اگر تصویر تحریک بر این راستا (یا به عبارتی، مقدار همبستگی^۲ تحریک با STA) از حدی بیشتر باشد، نورون با احتمال زیادی اسپایک می‌زند. توزیع تصویر تحریک‌ها روی این راستا را، برای تحریک‌هایی که منجر به اسپایک شده، و همچنین تحریک‌های کلی (با روشی مشابه مقاله)، با دستور histogram در یک شکل رسم کنید.

راهنمایی: خروجی باید شکلی مشابه شکل ۲ باشد.

²correlation



شکل ۲

۴. (امتیازی) بین دو متغیری که در قسمت قبل به دست آوردید، یعنی تصویر تحریکات منجر به اسپایک و کلیه تحریکات، از t-test استفاده کنید و نتیجه را گزارش کنید. مشاهدات خود را تفسیر کنید.

۵. فرض کنید می‌خواستیم ناحیه‌ی On و Off برای این نورون قائل شویم؛ یعنی این که حد آستانه‌ای انتخاب کنیم که اگر تصویر تحریک روی Spike-Triggered Average از این حد آستانه بیشتر بود، این تحریک را به عنوان تحریک منجر به اسپایک، و اگر کمتر بود، به عنوان یک تحریک معمولی در نظر بگیریم. با فرض گوسی بودن توزیع‌ها، این حد را چگونه انتخاب می‌کنید؟ این حد، چند درصد از تحریک‌ها را درست دسته‌بندی می‌کند؟ (از داده‌های قسمت ۳ استفاده کنید.)

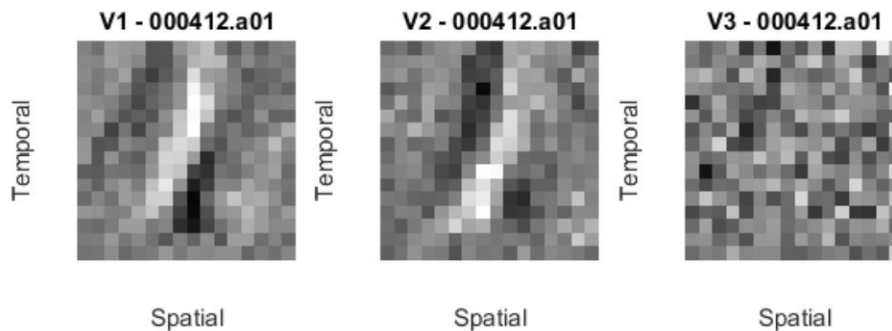
۶. جدولی بکشید و در آن، برای تمامی نورون‌ها، خروجی ۵ قسمت قبلی را گزارش کنید. (طبیعی است اگر بخش‌های امتیازی را حل نکرده‌اید، برای این قسمت نیز نیازی نیست حل کنید!)

۷. آیا در Spike-Triggered Average، الگوی معناداری می‌بینید؟ در مورد ادعای مقاله مبنی بر simple نبودن نورون‌های مورد بررسی، اظهار نظر و استدلال کنید.

۴ بررسی با روش Spike-Triggered Correlation (۳۰ نمره)

در این قسمت، می‌خواهیم با تقریب خوبی کارهای مقاله را تکرار کنیم، و به همین خاطر، در نظر داشته باشید که تقریباً باید جواب‌هایی مشابه با نتایج مقاله به دست آورید. همان نرونی که در بخش قبل انتخاب کردید را مجدداً در نظر بگیرید.

۱. مطابق با روش مقاله، ماتریس Spike-Triggered Correlation را محاسبه کنید و با استفاده از تابع eig، مقادیر و بردارهای ویژه آن را به دست آورید. سه بردار ویژه متناظر با بزرگ‌ترین مقادیر ویژه این ماتریس را رسم کنید (مشابه با قسمت ۱ بخش قبل). (برای بهتر شدن نمایش، می‌توانید contrast تصویر خود را زیاد کنید، اما باید توجه داشت که با این کار، شکلی که می‌بینید حساسیت بیشتری از receptive field دارد).
راهنمایی: خروجی باید شکلی مشابه شکل ۳ باشد.



شکل ۳

۲. مشابه با روش مذکور در مقاله، بازه اطمینان را برای مقادیر ویژه ماتریس Spike-Triggered Correlation روی تحریک‌های کلی حساب کنید. شکلی شبیه به شکل 2.A. مقاله تولید کنید، که مقادیر ویژه ماتریس مذکور را در کنار بازه اطمینان آن‌ها نمایش می‌دهد. چه تعداد بردار ویژه «معنی‌دار» وجود دارد؟ (برای اطمینان، بازه اطمینان را $\text{mean} \pm 10.4\text{SD}$ بگیرید).

۳. نتایج دو قسمت قبل را توضیح دهید.

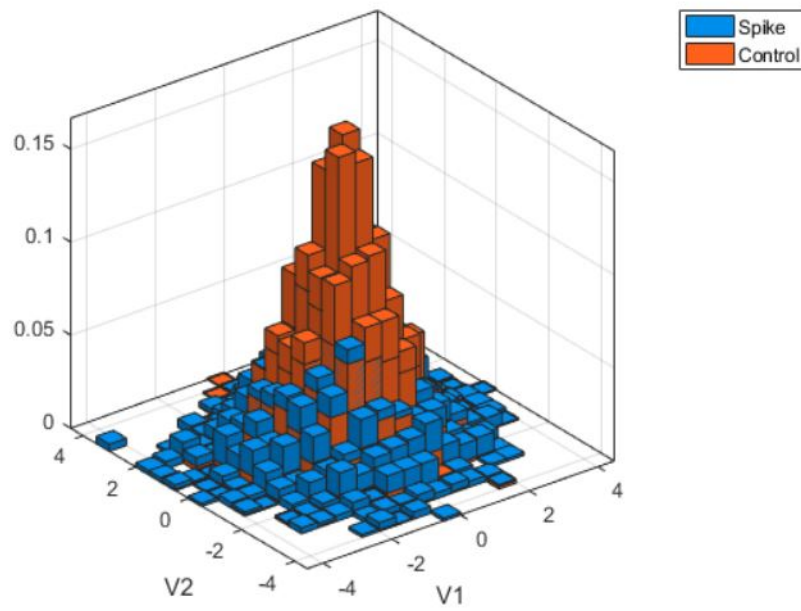
۴. همانند کاری که در قسمت ۳ بخش قبل انجام دادید، هیستوگرام متناظر را برای تصویر تحریک‌ها روی بردار ویژه اول، و همچنین بردار ویژه دوم ترسیم کنید. همچنین توزیع مشترک این دو پارامتر (تصویر تحریک‌ها روی بردار ویژه‌ها) را نیز، هم برای تحریک‌های منجر به اسپایک، و هم برای کلیه تحریک‌ها، با استفاده از تابع histogram2 رسم کنید. در مورد آن‌چه که مشاهده می‌کنید توضیح دهید، و همچنین تفاوت‌های نتیجه‌ای این تحلیل را با تحلیل Spike-Triggered Average مقایسه کنید.

راهنمایی: خروجی باید شکلی مشابه شکل ۴ باشد.

۵. در این قسمت، می‌خواهیم عملیاتی شبیه به قسمت ۵ بخش قبل انجام دهیم. این بار، به جای آن که تصویر هر تحریک روی راستای STA را به عنوان معیار در نظر بگیریم، تصویر تحریک روی تمامی بردار ویژه‌های معنادار را حساب کرده، و این فضای چندمتغیره را به عنوان معیار در نظر می‌گیریم. با فرض مشترکاً گوسی بودن این متغیره‌ها، توضیح دهید چگونه تحریک‌های منجر به اسپایک و تحریک‌های کلی را از هم جدا می‌کنید. چند درصد از تحریک‌ها را درست تشخیص می‌دهید؟

۶. جدولی بکشید و در آن، برای تمام نرونها، خروجی ۵ قسمت قبلی را گزارش کنید.

۷. آیا در بردار ویژه‌ها الگوهای معناداری می‌بینید؟ نتایج را با روش کلاسیک مقایسه کنید.



شکل ۴

۵ یک سؤال دلخواه! (۲۵ نمره)

برای این قسمت با استفاده از مقاله، مطالب درس، یا هر ایده‌ی خلاقانه‌ای که به ذهنتان می‌رسد، یک سؤال طرح کنید و سعی کنید با روش‌های مناسب به این سؤال پاسخ دهید. سؤال و روش‌ها لازم نیست لزوماً پیچیده باشند؛ کافی است ساختاریافته و جالب باشند!