



باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

۲۵۶۴۵ - علوم اعصاب، حافظه، یادگیری، شناخت - ترم بهار ۱۴۰۲

۱۴۰۱-۰۲

تمرین سری دوم

**پرسش:** در صورت داشتن هر گونه ابهام سوال تان را در گروه تلگرام درس بپرسید یا با آیدی @zahranabd ارتباط برقرار کنید.

**نحوه تحویل:** کدهای پایتون یا متلب و فایل گزارش خود را در CW آپلود کنید. گزارش و نتایج تنها در صورتی معتبر هستند که اجرای کدها با خطا همراه نباشد.

**توجه:** تلاش‌های شما و دریافت مفهوم تمارین در نمره‌دهی مهم‌تر از خروجی معتبر هستند. بعضی سوال‌ها می‌توانند بیش از یک خروجی معتبر داشته باشند. با این اوصاف مشاهده تقلب در تمارین باعث از دست دادن کل نمره تمرین هر دو طرف می‌شود.

## ۱ مدل FitzHugh-Nagumo و بررسی صفحه فاز و انشعاب

**۱،۱ سوال اول.** در مدل نورونی فیتزهیو-ناگومو (معادلات زیر)، نقش هر متغیر و پارامتر را شرح دهید. توضیح این مدل را در اسلایدهای درس هم می‌توانید ببینید.

$$\begin{cases} \dot{V} = V - V^3 - w + I \\ \dot{w} = 0.08(v + 0.7 - 0.8w) \end{cases}$$

**۲،۱ سوال دوم.** این معادلات را در پایتون شبیه‌سازی کنید (معادله دیفرانسیل را عددی حل کنید) و چند trajectory را برای نقاط اولیه مختلف در صفحه فاز رسم کنید. مدل را برای  $I=0.3$  اجرا کنید و تصویر trajectory را در گزارش خود بیاورید.

راهنمایی: می‌توانید از تابع odeint, quiver, streamplot یا کدهای آماده برای این کار استفاده کنید. دیدن این [لینک](#) نیز می‌تواند مفید باشد.

۳,۱ سوال سوم. به ازای  $I=0.3$  نقاط تعادل سیستم را پیدا کرده و با استفاده از ماتریس ژاکوبین نوع و پایداری آن‌ها را تعیین کنید. آیا این نتیجه با شبیه‌سازی قسمت قبل هماهنگ است؟ (این قسمت را با تحلیل ریاضی معادلات-دستی- پاسخ دهید.)

۴,۱ سوال چهارم. با در نظر گرفتن  $I$  به عنوان پارامتر انشعاب تغییر رفتار سیستم را به ازای مقادیر مختلف آن بررسی کنید. با شبیه‌سازی نیز این نتایج را بررسی کنید.

۵,۱ سوال پنجم. آیا این مدل نورونی چرخه حدی دارد؟

۶,۱ سوال ششم. اگر معادله دوم را به صورت زیر تغییر دهیم، آیا برای  $a \gg 1$  مدل می‌تواند چرخه حدی داشته باشد؟ برای پاسخ‌تان دلیل ارائه کنید.

$$\dot{w} = a(v + 0.7 - 0.8w)$$

## ۲ شبکه winner takes all

یک شبکه‌ی عصبی ساده شامل دو نورون را در نظر بگیرید که از روند *winner takes all* پیروی می‌کنند. معادلات دیفرانسیل چنین شبکه‌ای به صورت زیر است:

$$\tau \frac{dE_1}{dt} = -E_1 + S_{(k_1 - 3E_2)}$$

$$\tau \frac{dE_2}{dt} = -E_2 + S_{(k_2 - 3E_1)}$$

در آن  $E_1$  نرخ اسپایک زدن نورون شماره یک هنگام دریافت ورودی  $k_1$  است و نورون دو روی آن عملکرد مهاری دارد. تابع  $S$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S(x) = \frac{Mx^N}{\sigma^N + x^N} \quad \text{if } x \geq 0$$

$$S(x) = 0 \quad \text{if } x < 0$$

۱,۲ مقادیر عددی زیر را در نظر گرفته و با شبیه سازی صفحه‌ی فاز  $E_1$  و  $E_2$  را به همراه *nullcline* و مسیر حرکت (*limit cycle*) برای 3 نقطه‌ی اولیه‌ی مختلف رسم کنید.

$$\tau = 20, N = 2, M = 100, \sigma = 120, k_1 = k_2 = 120$$

۲,۲ با حل عددی معادله دیفرانسیل (شبیه سازی) نمودارهای  $E_1$  و  $E_2$  بر حسب زمان را رسم کنید. یکبار شرایط اولیه را  $(E_1 = 1, E_2 = 0.5)$  و یکبار  $(E_1 = 0.49, E_2 = 0.51)$  بگذارید تا مشخصه‌ی *winner take all* در نمودارها نمایان شود. تفاوت نمودارها و این مشخصه را شرح دهید.

۳,۲ نقاط تعادل را به دست آورده و نوع پایداری آن‌ها را تحلیل کنید.

۴,۲ قسمت‌های ۱,۲ تا ۳,۲ را برای این اعداد تکرار کنید:  $k_1 = 150, k_2 = 90$  (دیگر ثوابت را تغییر ندهید). برای قسمت ۲,۲ از این شرایط اولیه استفاده کنید:  $(E_1 = 0.51, E_2 = 55.51)$

۵,۲ در قسمت ۴,۲ مقدار  $\tau$  را از 20 به 220 تغییر دهید. تاثیر ثابت زمانی بر تعادل چیست؟

۶,۲ در سناریوی تصمیم‌گیری ( غالب شدن یک نورون بر دیگری) چه نکته‌ی در قسمت‌های قبل وجود دارد؟