

سری دوم مسائل درس سیستمهای دینامیک در علوم اعصاب

۱. مدل *FitzHugh-Nagumo* را با پارامترهای a و b و c و جریان تزریقی I در نظر بگیرید:

$$\dot{V} = V(a - V)(V - 1) - w + I$$

$$\dot{w} = bV - cw$$

برای دو حالت زیر پاسخ سیستم (ولتاژ غشاء) در میدان زمان را توسط نرم افزار *MATLAB* بدست آورده و رسم کنید:

$$\text{۱-۲: } a=0.1, b=0.01, c=0.02, I=5$$

$$\text{۲-۲: } a=-0.1, b=0.01, c=0.02, I=5$$

در هر دو حالت فرض کنید جریان ورودی ابتدا طولانی مدت برابر صفر بوده است و سپس به ۵ تغییر یافته است (ورودی پله). تعبیر فیزیکی متغیر a چیست و تغییر آن چه تغییری در پاسخ مدل ایجاد می کند؟

۲. در یک مدل مرتبه یک *Leaky Integrate & Fire (LIF)* که روابط آن در زیر آمده است:

$$\tau \dot{V} = -(V - V_r) + R_m I \quad V(t) \geq V_{Th} \Rightarrow \text{Spike} \& V(t) \rightarrow V_{reset}$$

که در آن R_m مقاومت غشاء، τ ثابت زمانی، V_r پتانسیل استراحت نورون، V_{Th} ولتاژ آستانه غشاء و V_{reset} ولتاژی است که غشاء بعد از *spike* در آن بازتنظیم (*reset*) می گردد. فرض کنید $V_{reset} < V_{Th}$ و $V_r < V_{Th}$. بعلاوه فرض کنید زمان T_{ref} برای نمایش دوره *refractory* بعد از تولید *spike* در نظر گرفته شود.

الف: حداقل مقدار I (دامنه ورودی پله) را که باعث تولید حالت تونیک (خروجی پریودیک) در مدل *LIF* می گردد بیابید.

ب: فرکانس نوسانات حالت تونیک بر حسب جریان ورودی را بدست آورده، مشخصه $F-I$ را با فرض زمان ترمود صفر ترسیم کنید.

۳. مدل $I_{Na,P} + I_K$ زیر برای $I=0$ در حالت سکون کامل بسر می برد.

$$C\dot{V} = I - g_L(V - E_L) - g_{Na}m_{\infty}(V)(V - E_{Na}) - g_Kn(V - E_K)$$

$$\dot{n} = \frac{n_{\infty}(V) - n}{\tau_n(V)}$$

$$C = 1, E_L = -80 \text{ mV}, g_L = 8, g_{Na} = 20, g_K = 10, E_{Na} = 60 \text{ mV and } E_K = -90 \text{ mV, and } \tau_n(V) = 1,$$

$$m_{\infty}(V) \text{ has } V_{1/2m} = -20 \text{ and } k = 15,$$

$$n_{\infty}(V) \text{ has } V_{1/2n} = -25 \text{ and } k = 5,$$

در یک آزمایش کامپیوتری پنج ورودی مختلف پله در لحظه $t=5 \text{ sec}$ با دامنه $I=I_0 \text{ pA}$ به این سیستم اعمال می گردد، بطوریکه مقدار دامنه I_0 به ترتیب ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ قرار داده می شود (هر بار از مقدار اولیه صفر).



الف: ولتاژ غشاء نورون را به ازاء ورودیهای فوق رسم نمائید. با تغییر دامنه ورودی پاسخ نورون چه تغییری می کند؟ آیا دامنه اسپایک به دامنه پله ورودی وابسته است؟ آیا مقدار ولتاژ غشاء در حالت دائمی با دامنه ورودی تغییر می کند؟ آیا می توانید علت مشاهدات خود را توضیح دهید؟

ب: فرض کنید در پارامترهای مدل داده شده دو مقدار E_L و $V_{1/2K}$ را تغییر دهیم بطوریکه:

$$E_L = -78 \text{ mV and } n_{\infty}(V) \text{ has } V_{1/2n} = -45 \text{ mV}$$

در این حالت بند الف را تکرار کنید.

۴. در یک مدل $I_{Na,t}$ مرتبه ۳، فرض می کنیم متغیر دروازه دهی فعال کننده سدیمی خیلی سریع است ($m \rightarrow m_{\infty}$) و به این ترتیب مدل را به یک مدل مرتبه ۲ تقلیل مرتبه می دهیم. پاسخ این مدل مرتبه ۲ را به ورودی پله $I = 10$ از طریق شبیه سازی مدل در محیط نرم افزار MATLAB بدست آورید. برای شبیه سازی مدل از پارامترهای زیر استفاده کنید:

$$E_{Na} = 60 \text{ mV}, \tau_h = 5 \text{ ms}, E_L = -70 \text{ mV}, g_L = 1, g_{Na} = 10, \text{ and } V_{1/2} = -42 \text{ mV}$$

سایر پارامترهای مدل را از جداول داده شده در بخش ۵-۳-۲ کتاب مرجع درس استخراج نمائید. توجه کنید که تمام پارامترها و توابع باید دقیقاً مطابق با کتاب باشند. با ترسیم جریانهای نشتی و پتانسیمی و I_h نقش این جریانهها را در تولید اسپایک بررسی کنید.

۵. یک مدل *Adaptive Exponential Integrate & Fire (aEIF)* که با معادلات زیر تعریف شده و پارامترهای آن در جدول ذیل

معادلات آمده است را در محیط MATLAB شبیه سازی نمائید.

$$C \frac{dV}{dt} = -g_L(V - E_L) + g_L \Delta_T \exp\left(\frac{V - V_T}{\Delta_T}\right) + I - w, \quad (1)$$

$$\tau_w \frac{dw}{dt} = a(V - E_L) - w. \quad (2)$$

At spike time ($V > 20 \text{ mV}$): $V \rightarrow E_L$
 $w \rightarrow w + b$

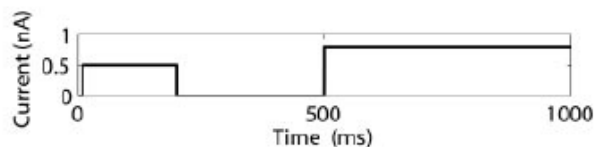
Parameter	Value
C (membrane capacitance)	281 pF
g_L (leak conductance)	30 nS
E_L (leak reversal potential)	-70.6 mV
V_T (spike threshold)	-50.4 mV
Δ_T (slope factor)	2 mV
τ_w (adaptation time constant)	144 ms
a (subthreshold adaptation)	4 nS
b (spike-triggered adaptation)	0.0805 nA

الف: حد آستانه ولتاژ آتش در این نورون چقدر است؟

ب: پاسخ نورون را به ورودی متشکل از یک قطار پالس با فرکانس ۱۰ هرتز و دامنه ۲/۵ نانوامپر بدست آورید.

ج: پاسخ نورون را به ورودی داده شده در شکل زیر بدست

آورید



د: تغییرات پارامتر b چه تاثیری در پاسخ مدل در بند ج ایجاد خواهد کرد؟ لطفاً از طریق شبیه سازی بررسی و سپس توضیح دهید.

زمان تحویل تمرینها: دوشنبه ۲۳ آبان (۱۴۰۱/۸/۲۳)

لطفاً پاسخ تمرینها را تا ساعت ۲۴ به همراه کدهای شبیه سازیها در سایت درس در قالب یک فایل فشرده RAR (به نام خودتان و همراه با شماره دانشجویی تان) بارگذاری کنید.