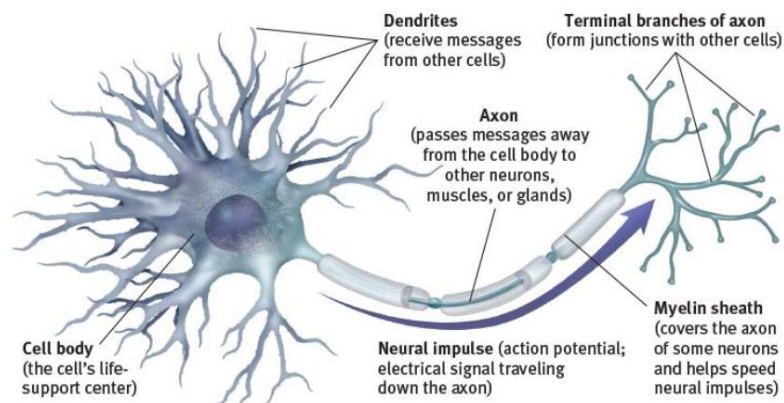


مقدمه

سیستم عصبی انسان یکی از پیچیده‌ترین و حیاتی‌ترین بخش‌ها در بدن است که مسئول کنترل و هماهنگی فعالیت‌های مختلف می‌باشد. این سیستم به دو بخش اصلی سیستم اعصاب مرکزی و سیستم اعصاب محیطی تقسیم می‌شود. سیستم اعصاب مرکزی شامل مغز و نخاع است. مغز به عنوان مرکز پردازش اطلاعات، وظیفه تحلیل و تفسیر داده‌های دریافتی از حواس مختلف را بر عهده دارد. نخاع نیز به عنوان یک مسیر ارتباطی بین مغز و سایر بخش‌های بدن عمل می‌کند و سیگنال‌های عصبی را به اندام‌ها و عضلات منتقل می‌سازد. در مقابل، سیستم اعصاب محیطی شامل تمام اعصابی است که خارج از مغز و نخاع قرار دارند. نورون‌ها، به عنوان واحدهای اصلی سیستم عصبی، وظیفه انتقال اطلاعات را بر عهده دارند. هر نورون از سه بخش اصلی دندریت‌ها، جسم سلولی و آکسون تشکیل شده است. دندریت‌ها اطلاعات را از نورون‌های دیگر دریافت و به جسم سلولی برای پردازش منتقل می‌کنند. سپس سیگنال به وسیله آکسون به نورون‌های دیگر یا به عضلات و غدد منتقل می‌شود. نورون‌ها از طریق سیناپس‌ها، که نقاط اتصالی برای انتقال سیگنال‌های عصبی به صورت شیمیایی هستند، با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. هنگامی که یک نورون تحریک می‌شود، مواد شیمیایی به نام نوروترنسمیترها از انتهای آکسون آزاد می‌شوند و به گیرنده‌های نورون هدف متصل می‌شوند. این فرایند انتقال اطلاعات به صورت الکتریکی و شیمیایی، اساس ارتباطات عصبی در بدن را تشکیل می‌دهد و به هماهنگی فعالیت‌های مختلف کمک می‌کند. مدل *Hodgkin – Huxley*، که در دهه ۱۹۵۰ توسط آلن لویدهاچکین و اندرو هاکسلی توسعه یافت، به عنوان یکی از مهم‌ترین مدل‌ها در الکتروفیزیولوژی شناخته می‌شود. این مدل با استفاده از معادلات دیفرانسیل غیرخطی، رفتار الکتریکی نورون‌ها را در پاسخ به تحریکات مختلف توصیف می‌کند و به ویژه در توصیف پتانسیل عمل نورون‌ها و فرآیندهای مرتبط با آن کاربرد دارد.

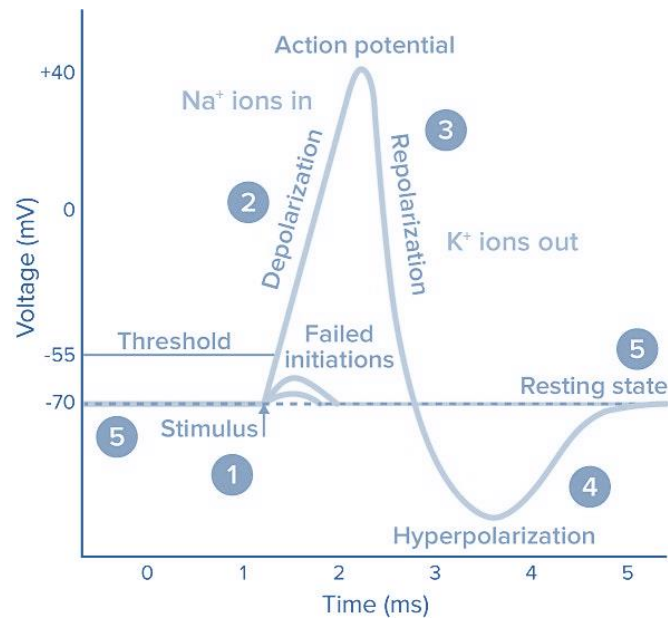
این پروژه با هدف شبیه‌سازی و تحلیل پتانسیل عمل نورون‌ها بر اساس مدل *Hodgkin – Huxley* طراحی شده است. با بررسی رفتار نورون‌ها در شرایط مختلف و تحلیل تأثیر پارامترهای مختلف بر عملکرد آن‌ها، می‌توانیم درک بهتری از اصول بنیادی عصب‌شناسی و عملکرد سیستم عصبی پیدا کنیم. امید است که نتایج این پروژه به گسترش دانش ما در این زمینه کمک کند و به درک عمیق‌تری از فرآیندهای پیچیده عصبی منجر شود.



شکل ۱. ساختار نورون حرکتی.

بخش تحلیلی

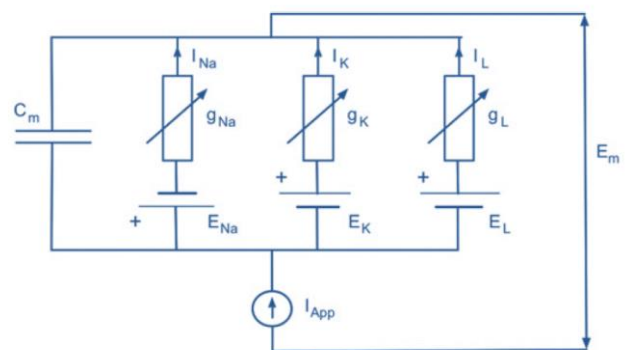
۱-۱. تصویر زیر نمایانگر پتانسیل عمل یک نورون می‌باشد. توضیح دهید که هر بخش نمودار متناظر با چه اتفاق فیزیولوژیکی ای است.



شکل ۲. نمودار پتانسیل عمل یک نورون.

۲-۱. یکی از مدل‌های الکتروفیزیولوژیکی مطرح برای توصیف نحوه عملکرد نورون، مدل *Hodgkin – Huxley* می‌باشد. این مدل با مجموعه‌ای از معادلات دیفرانسیل غیرخطی توصیف می‌گردد. مدل مداری *Hodgkin – Huxley* در ادامه به شما داده شده‌است. المان‌های مختلف این مدار را توضیح داده و مقدار E_K , E_{Na} را محاسبه کنید.

یون	غلظت در سیتوپلاسم (mM)	غلظت خارج سلولی (mM)
K^+	136	15
Na^+	19	155



شکل ۳. شماتیک مداری از مدل *Hodgkin – Huxley* به همراه مقادیر مورد نیاز.

۳-۱. در ادامه معادلات دیفرانسیل مربوط به مدل مذکور به شما داده شده است، هر معادله را توصیف کنید. توضیح دهید که پارامترهای n ، m و h هرکدام بیانگر چه عاملی در کانال‌های پتاسیمی و سدیمی هستند؟

$$I = C_m \frac{dV_m}{dt} + \bar{g}_k n^4 (V_m - V_k) + \bar{g}_{Na} m^3 h (V_m - V_{Na}) + \bar{g}_l (V_m - V_l)$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(V_m)(1 - n) - \beta_n(V_m)n$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(V_m)(1 - m) - \beta_m(V_m)m$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h(V_h)(1 - h) - \beta_h(V_m)h$$

$$\alpha_m = 0.1 \frac{25 - v}{\exp\left(\frac{25 - v}{10}\right) - 1}$$

$$\beta_m = 4 \exp\left(-\frac{v}{18}\right)$$

$$\alpha_n = 0.1 \frac{10 - v}{\exp\left(\frac{10 - v}{10}\right) - 1}$$

$$\beta_n = 0.125 \exp\left(-\frac{v}{18}\right)$$

$$\alpha_h = 0.07 \exp\left(-\frac{v}{20}\right)$$

$$\beta_h = \frac{1}{\exp\left(\frac{30 - v}{10}\right) + 1}$$

$$I_{Na} = \bar{g}_{Na} m^3 h (V_m - V_{Na})$$

$$I_K = \bar{g}_k n^4 (V_m - V_k)$$

$$I_L = \bar{g}_l (V_m - V_l)$$

بخش شبیه‌سازی

۱-۲. با در نظر گرفتن بازه ولتاژی $[-70, 20]$ میلی‌ولت برای غشای نورون، طبق معادلات داده‌شده، پارامترهای m ، n و h را بر حسب ولتاژ غشا در بازه مذکور رسم کنید.

m_0	n_0	h_0
0.05	0.35	0.65

جدول ۱. مقادیر اولیه‌ی m ، n و h .

۲-۲. با محاسبه پاسخ پله مدل داده‌شده، نمودار پتانسیل عمل نورون را به همراه پارامترهای m ، n و h (با در نظر گرفتن ولتاژ استراحت صفر ولت) رسم کنید. حداقل مقدار ورودی پله برای رخداد اسپایک چه مقداری باید باشد؟ (برای انجام شبیه‌سازی از مقادیر داده شده در جدول زیر کمک بگیرید).

\bar{g}_k	$\frac{36mS}{cm^2}$
\bar{g}_{Na}	$\frac{120mS}{cm^2}$
\bar{g}_L	$\frac{0.3mS}{cm^2}$
V_k	$-12mV$
V_{Na}	$115mV$
V_L	$10.6mV$
C_m	$\frac{1\mu F}{cm^2}$

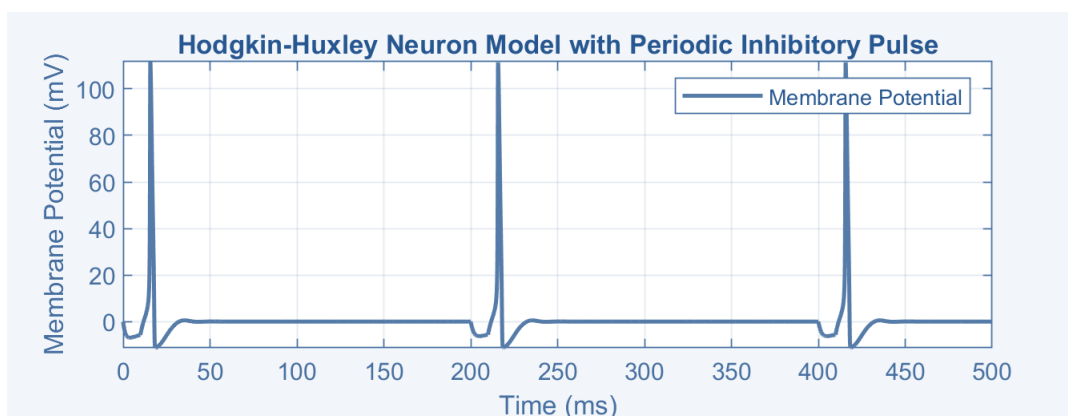
جدول ۲. مقادیر اولیه برای شبیه‌سازی.

۳-۲. حال با در نظر گرفتن شبیه‌سازی‌ای که انجام داده‌اید، جریان تحریک چه مقداری باید داشته باشد تا در شکل خروجی اسپایک‌های متوالی (به صورت تونیک) مشاهده کنیم؟ *Refractory Period* را تعریف کرده، در شکل خروجی آن را مشخص و مقدار آن را گزارش کنید.

در بخش‌های زیر جریان تحریک داده‌شده به نورون را، به‌همراه نتایج خواسته‌شده Subplot کنید.

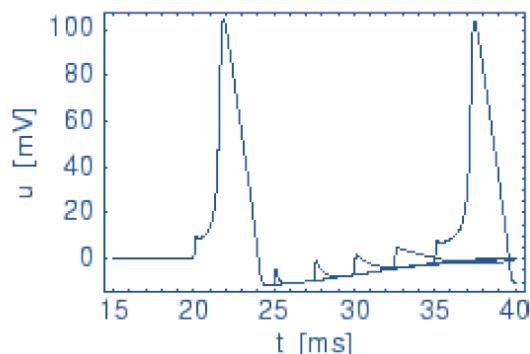
۴-۲. در این بخش، پاسخ مدل را به ورودی شیب بررسی کنید. چرا سیستم با گذر از مقدار مشخصی از ورودی اسپایک می‌زند؟ جریان شیب با رسیدن به چه مقداری باعث بروز رفتار تونیک در نورون می‌شود؟ (برای راحتی کار می‌توانید شیب تحریک ورودی را برابر 0.2 در نظر بگیرید).

۵-۲. نورون علاوه بر اینکه می‌تواند یک جریان ورودی دیپلاریزه‌کننده دریافت کند و اسپایک بزند، این قابلیت را دارد تا با دریافت یک جریان ورودی هایپرپلاریزه‌کننده نیز اسپایک بزند. به این اسپایک *Rebound Spike* گفته می‌شود. حال با اعمال ورودی مناسب، نموداری رسم کنید که نورون تحریک‌شده (مهارشده) در آن *Rebound Spike* بزند.



شکل ۴. نمودار خواست شده برای ولتاژ غشای نورون.

۶-۲. سعی کنید با دادن تحریک اولیه به‌صورت تابع پالس، پاسخ زیر را شبیه‌سازی کنید (امتیازی).



شکل ۵. نمودار خواسته‌شده برای ولتاژ غشای نورون.

نکات تحویل:

۱. در صورت وجود هرگونه ابهام، میتوانید از طریق ایمیل با [دستیار مربوطه](#) در ارتباط باشید.
۲. پاسخ تمارین کامپیوتری باید شامل یک فایل متلب به صورت *Script Live MATLAB* با پسوند *mlx* به همراه یک خروجی *pdf* از فایل *mlx* یادشده باشد. توجه داشته باشید گزارش شما باید در همان فایل *Script Live MATLAB* نوشته شده باشد.
۳. گزارشکار باید کامل، شامل نمودارها و نتایج خواسته شده و توضیحات کافی برای هر بخش باشد. مسئولیت گویا و جامع بودن گزارش و همچنین رعایت اصول گزارش نویسی به عهده دانشجو است و عدم رعایت آن‌ها موجب کسر نمره خواهد شد.
۴. گزارش نهایی پروژه باید به همراه فایل کد و شبیه سازی‌های خواسته شده با نام *IBME_CA(Assignment Number)_SID* در صفحه درس بارگذاری گردد.
۵. تحویل پروژه تا حداکثر ۳ روز تاخیر قابل قبول است و به ازای هر روز تاخیر ۵ نمره از نمره‌ی پروژه کسر می‌گردد. پس از گذشت این زمان امکان تحویل وجود نخواهد داشت.
۶. پروژه‌ها تحویل حضوری خواهند داشت که بخشی از نمره‌ی پروژه را تشکیل می‌دهد. در صورتی که دانشجو در تحویل حضوری حاضر نگردد، نمره‌ی پروژه به وی تعلق نخواهد گرفت.

شاد باشید !