

۱. اخیراً یک بیماری بسیار نادر، که بخش بینایی در سیستم عصبی مرکزی را مورد تهاجم قرار میدهد شناخته شده است. یک شرکت داروسازی قصد دارد برای این بیماری درمانی را بیابد اما به دلیل تعداد بسیار کم بیماران و مخاطرات ناشی از ناشناخته بودن بیماری امکان انجام آزمایش ها بر روی بیماران وجود ندارد، از شما خواسته شده است تا با استفاده از مدلسازی راه را برای انجام آزمایش های لازم هموار کنید. (بهترین مدل مدنظر است)

(آ) اگر بخواهیم تاثیر داروی X بر این بیماری در سطح تک نورون را بررسی کنیم، شما کدام مدل نورونی را پیشنهاد میکنید؟ چرا؟

(ب) اگر بخواهیم تاثیر داروی X بر این بیماری در سطح لب پس سری مغز^۱ را بررسی کنیم، شما کدام مدل نورونی را پیشنهاد میکنید؟ چرا؟

۲. غلاف میلین^۲ لایه ای از چربی است که بر روی برخی از آکسون ها^۳ و دندریت ها^۴ تشکیل میشود.

(آ) نحوه عملکرد و تاثیر غلاف میلین بر انتقال پیام در سیستم عصبی را با جزئیات کامل شرح دهید.

(ب) فرض کنید با بررسی دو نورون متفاوت از سیستم عصبی متوجه شده ایم آکسون یکی از آنها دارای طول ۵ cm و دیگری ۱ mm است، حدس میزنید کدام یک از دسته نورون های متصل کننده مغز و عضلات پا باشد؟ چرا؟

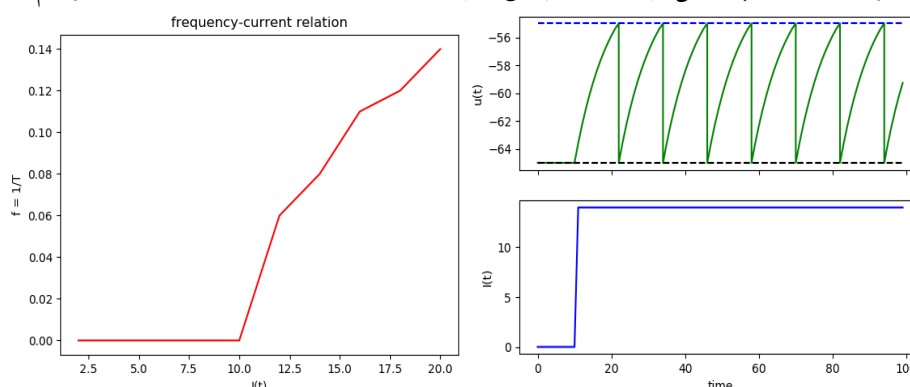
۳. سلولهای مویی شنوایی^۵ در حلزون گوش داخلی قرار دارند و وظیفه اصلی تشخیص صدا بر عهده آنهاست توضیح دهید کدام یک از کانال های یونی چهار گانه^۶ نقش اساسی تری را در تحریک این سلولها برعهده دارند.

۴. فرض کنید که با فعال شدن نورون در ثانیه t^f ناقل های عصبی^۷ در فضای سیناپسی^۸ آزاد میشوند. میزان این ناقل ها در فضای سیناپسی از معادله دیفرانسیل $\tau_x \frac{dx}{dt} = -x + \delta(t - t^f)$ پیروی میکند. در نهایت با اتصال این ناقل ها به غشای نورون پس سیناپسی کانال های یونی باز میشوند و جریانی را ایجاد میکنند که دینامیک آن به صورت $\tau_s \frac{dI}{dt} = -I + I_s x(t)$ است. اگر دینامیک تغییرات پتانسیل نورون پس سیناپسی به صورت $\tau_m \frac{du}{dt} = -u + RI(t)$ باشد. پاسخ ولتاژ^۹ به جریان تک پالس^{۱۰} را به صورت یک انتگرال بنویسید.

۵. در این سوال هدف پیاده سازی ساده ترین مدل نورونی LIF میباشد. مدل سازی های خود را با استفاده از کتابخانه پایتورچ PyTorch انجام دهید.

(آ) مدل نورونی تجمع و آتش نشستی^{۱۱} را به گونه ای پیاده سازی کنید که تمام پارامتر های آن قابل تغییر باشد

(ب) به عنوان ورودی این مدل، جریان های مختلفی به شکل تابع پله ای (با شدت های متفاوت) را در نظر گرفته و نمودار تغییرات اختلاف پتانسیل نورون و همچنین نمودار $F - I$ را در حالت های مختلف ترسیم کنید.



¹Occipital lobe

²Myelin

³Axon

⁴Dendrite

⁵Hair cells

⁶Ion channels

⁷Neurotransmitter

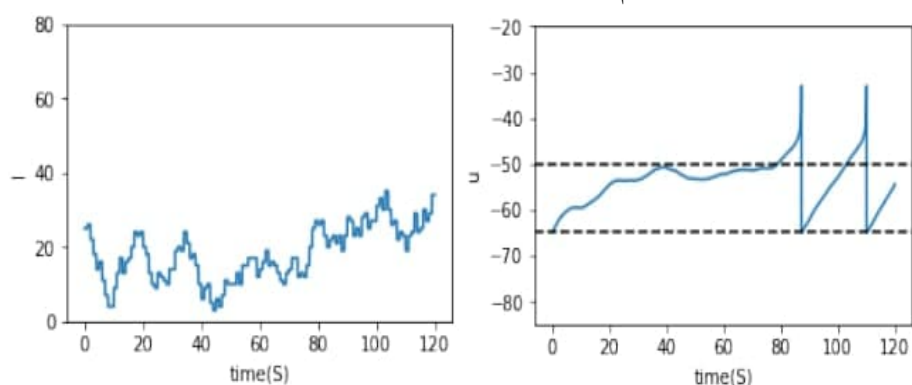
⁸synaptic cleft

⁹voltage response

¹⁰single current pulse

¹¹LIF

(ج) همچنین برای حالتی که ورودی نورون یک جریان دلخواه به همراه نویز باشد (برای مقادیر مختلف نویز) نمودار تغییرات اختلاف پتانسیل نورون را رسم کنید.



(د) آزمایش های قبل را برای مجموعه پارامترهای مختلف (حداقل پنج مجموعه متفاوت از پارامترها) انجام داده و نتایج هر کدام را رسم کنید.

(ه) با توجه به نتایج بدست آمده، رفتار نورون در حالت های مختلف را تحلیل کنید.