

Praktyczne aspekty modelowania układu nerwowego

Ćwiczenia 4

Potencjały postsynaptyczne

dr Daniel Wójcik

na podstawie „The Book of GENESIS”

Ćwiczenie -1

- Przykładamy pojedynczy impuls do dendrytu #2 korzystając z source A. Ustawiamy odstęp między iglicami na 100 ms. Ustawiamy Dend #2 Exc. Wt. na 1, pozostałe na 0. Uruchamiamy program. Powtarzamy dla wag = 2, 10,20, 100, 200 i szacujemy wartości szczytowe wygenerowanych PSP. Jaka jest zależność tego maksymalnego potencjału od pobudzenia synaptycznego?

$$V_m(t) = \frac{g_{syn}}{g_{syn} + g_{rest}} E_{syn} (1 - e^{-t(g_{syn} + g_{rest})/C_m})$$

Ćwiczenie -2

- Zbadajmy efekt „cichego hamowania”.
Ustawmy parametry wejścia A i B tak samo.
Niech $E_{syn} = -70mV$. Zmieniajmy wartości wag synaptycznych tak, żeby efektywna wartość g_{syn} była znacznie mniejsza lub znacznie większa od g_{rest} . Kiedy dobrze widać efekt cichej synapsy?

$$V_m(t) = \frac{g_{syn}^{(1)}E_{syn}^{(1)} + g_{syn}^{(2)}E_{syn}^{(2)} + \dots}{g_{total}} (1 - e^{-g_{total}t/C_m})$$

$$g_{total} = g_{rest} + g_{syn}^{(1)} + g_{syn}^{(2)} + \dots$$

Ćwiczenie 1

- Zbadaj, jak zmiany oporności właściwej błony R_M w przedziale Dendrite 1 wpływają na amplitudę i powierzchnię EPSP. Zbadaj to dla domyślnej wartości t_p (3ms) a następnie dla szybszego pobudzenia synaptycznego, np. $t_p=0.3ms$. Która synapsa jest bardziej wrażliwa na zmiany R_M ? Wyjaśnij swoje wyniki.

Ćwiczenie 2

- Czy rozmiar PSP dla $g_{\text{syn}} \ll g_{\text{rest}}$ jest powiązany w prosty sposób z rozmiarem przedziału postsynaptycznego? Czy wartość t_p ma znaczenie w tym przypadku? Wykonaj doświadczenia, żeby zbadać te efekty i wyjaśnij swoje wyniki. Dlaczego zależność od t_p jest znacznie słabsza niż w poprzednim ćwiczeniu? Załóżmy, że g_{syn} jest wyrażona przy pomocy gęstości przewodności w mS/cm^2 , tak, że g_{syn} skaluje się z powierzchnią przedziału. Czy wtedy spodziewałbyś się zależności PSP od rozmiaru przedziału?

Ćwiczenie 3

- Zbadaj warunki, przy których depolaryzujące IPSP może albo wzmacniać albo hamować jednoczesne EPSP. W tym celu ustaw E_{syn} izolowanego kanału hamującego dendrytu 2 na -65mV , czyli 5mV powyżej potencjału spoczynkowego. Pozostałe wartości weź domyślne. Ustaw czasy wejściowe obu źródeł A i B tak samo. Eksperymentuj zarówno z dużymi, jak i z małymi wartościami wag synaptycznych obu kanałów, żeby stwierdzić, które wartości g_{syn} zwiększą albo zmniejszą PSP w stosunku do sytuacji, kiedy przewodność hamująca jest 0. Wyjaśnij swoje wyniki korzystając z równań omawianych na wykładzie.

Ćwiczenie 4

- Jak czas trwania zmiany przewodności (czas do maksimum, t_p) wpływa na amplitudę PSP? Zrób wykres V_{peak} (mierzonego względem E_{rest}) w funkcji t_p i wyjaśnij dlaczego należało się spodziewać takich wyników, jakie otrzymałeś.

Ćwiczenie 5

Sztuczne sieci neuronowe często wykorzystują sigmoidalne krzywe (w kształcie litery S) do reprezentacji relacji wejścia-wyjścia sztucznego „neuronu”. Wejście jest analogiem średniej częstości generacji iglic wchodzących do neuronu, a wyjście reprezentuje średnią częstość generacji iglic przez neuron. Wykonaj doświadczenia z tym modelem neuronu z domyślnymi wartościami parametrów. Zbadaj, czy wykres częstości generacji iglic ma mniej więcej taki kształt, to jest 0 dla małych wejść i zbliżający się do stałej dla intensywnych wejść. Ustal wagę wejścia pobudzającego do dendrytu 1 na 12 i zmieniaj odstęp między iglicami źródła A