

Homework 2. Chemical synapse model

Georgy Galumov

October 2019

1 Prerequisites

$$S(t) = S(0) + (V_{Rel} - V_{Deg} - V_{Uptake}) * t, \quad 0 \leq S(t) \leq S_{max} \quad (1)$$

$$R = X_{R_2} + Y_{R_3} + Z_{R_4}, \quad |R| = 1500 \quad (2)$$

$$P_{R_n^*} = \frac{S(t) * P_{R_n}}{S_{max}} \quad (3)$$

$$U_t = U_{t-1} + U_{R_2} Q_{R_2^*}^t + U_{R_3} Q_{R_3^*}^t + U_{R_4} Q_{R_4^*}^t \quad (4)$$

$$F_{activation} = \begin{cases} 1, & U(t) \mapsto U_0, & \text{if } U(t) \geq U_{spike} \\ 0, & & \text{if } U(t) < U_{spike} \end{cases} \quad (5)$$

Constants:

$S(0) = 1000$ molecules

$S_{max} = 100000$ molecules

$V_{Deg} = 100$ molecules/ms

$V_{Uptake} = 1000$ molecules/ms

$U(0) = -70$ mV

$U_{spike} = 30$ mV

$U_{R_2} = 0.05$ mV/ms

$U_{R_3} = 0.1$ mV/ms

$U_{R_4} = 0.13$ mV/ms

$P_{R_2} = 0.6$

$P_{R_3} = 0.71$

$P_{R_4} = 0.97$

$T = 10$ s

2 Task

Вам необходимо рассмотреть синапс как модель из двух нейронов и синаптического пространства между ними.

Пресинаптический нейрон обеспечивает процессы выделения нейромедиатора в синаптическое пространство, обратный захват нейромедиатора.

Синаптическое пространство содержит молекулы доступного нейромедиатора и описывается уравнением 1, где $S(0)$ - начальное количество молекул нейромедиатора, V_{Rel} - скорость выделения нейромедиатора (в молекулах в мс), V_{Deg} - скорость деградации нейромедиатора, V_{Uptake} - скорость обратного захвата.

Постсинаптический нейрон описывается набором рецепторов и функцией активации.

Множество рецепторов описано формулой 2, где x, y, z - константы, описывающее число рецепторов, активируемых, соответственно двумя, тремя или четырьмя молекулами лиганда. Общее количество рецепторов зафиксировано и равно 1500.

Вероятность включения рецепторов задана формулой 3. Если рецептор активирован, он обеспечивает увеличение потенциала мембраны, описанное константами U_{R_n} . В рамках модели, каждый рецептор может активироваться каждый квант времени согласно вероятности.

Потенциал мембраны задан формулой 4, где $Q_{R_n}^t$ - количество активированных рецепторов каждого типа n в момент времени t . Для определения $Q_{R_n}^t$ выбросьте случайное число n раз из равномерного распределения на промежутке $[0, 1]$ и сравните полученные числа с вероятностью активации рецептора данного типа.

Функция активации задана формулой 5.

Найти:

1. Такие значения V_{Rel} , X , Y , Z , при которых симуляция на протяжении времени T с квантом времени 5мс обеспечит не менее 10 последовательных спайков постсинаптического нейрона.
- 2*. Такие значения V_{Rel} , X , Y , Z , при которых симуляция на протяжении времени T с квантом времени 5мс обеспечит не менее 50 последовательных спайков постсинаптического нейрона, либо обосновать, почему такая ситуация невозможна в рамках заданных констант.

3 Analysis

Для вашей симуляции постройте следующие графики:

1. Зависимость S от времени, зависимость U от времени, зависимость $Q_{R_n}^*$ от времени (3 графика). Сделайте выводы о динамике изменения величин.

4 Results

Ссылка на репозиторий с кодом модели, симуляций и построения графиков.
Выводы положить в отдельный md файл.