

044

SIMULAÇÃO DE NEURÔNIOS DE FITZHUGH-NAGUMO. Fábio Schittler Neves, Rubem Erichsen Júnior (Instituto de Física, UFRGS)

O neurônio é a unidade fundamental de processamento em sistemas neurais biológicos. Sua atividade consiste na emissão de pulsos eletroquímicos cada vez que o potencial de membrana atinge um determinado limiar. Em função das conexões sinápticas, este pulso estimula ou inibe a emissão de pulsos similares por outros neurônios da rede. Os modelos de neurônio biológicos têm por objetivo reproduzir este comportamento pulsante, seja oscilatório e sincronizado, seja irregular e caótico. O modelo de FitzHugh-Nagumo captura a essência do comportamento oscilatório de neurônios biológicos, e pode ser descrito pelas seguintes equações

$$\begin{aligned} \dot{V} &= -\left(\frac{V^3}{3} - V + W\right) + I_{ext}(t) + I_{syn}(t) \\ \dot{W} &= \frac{1}{10}(V + 1.3) \end{aligned}$$

Onde V descreve o potencial de membrana e W reproduz um conjunto de variáveis auxiliares necessárias para reproduzir um comportamento pulsante oscilatório, I_{ext} representa o impulso externo e I_{syn} representa o impulso injetado pela própria rede. Em trabalhos recentes [1,2], foi mostrado que este modelo apresenta a propriedade de memória associativa, que é uma importante função cognitiva que emerge do comportamento coletivo de sistemas neurais. Nos trabalhos citados, a capacidade de memória associativa foi atingida através da utilização da regra de Hebb para a determinação das conexões sinápticas. No presente trabalho, investigamos, por meio de simulações numéricas, capacidades ótimas de armazenamento de redes de neurônios de FitzHugh-Nagumo, no caso em que as conexões sinápticas são determinadas a partir de algoritmos de aprendizado iterativos baseados na correção de erros. Para a criação da rede definimos uma matriz binária ξ_i^μ que armazena os padrões P da rede, i representa o índice de neurônio e μ o índice de padrão. Os padrões são gerados randomicamente seguindo a distribuição

$$P(\xi_i^\mu) = (1 - a)\delta(\xi_i^\mu) + a\delta(\xi_i^\mu - 1)$$

A partir desta matriz, utilizando a regra de Hebb, montamos uma matriz não binária J_{ij} que armazena todos os pesos das conexões sinápticas. As funções $I_{syn}(t)$ e $I_{ext}(t)$ são descritas da seguinte forma:

$$\begin{aligned} I_{ext}(t) &= \begin{cases} 1 \rightarrow 0 < t < \Delta t \\ 0 \rightarrow 0 < t, \Delta t < t \end{cases} \\ I_{syn}(t) &= I_{amp} \sum_{j=1}^N J_{ij} \sum_{K=1}^{K_{max}} F_{syn} [t - t_{jk} - d_{ij}] \end{aligned}$$

onde t_{imp} é a duração do impulso, I_{amp} é a amplitude, d_{ij} expressa o atraso do sinal devido ao tempo de propagação da informação, k representa o índice de disparo e t_{jk} é matriz onde são guardados os momentos dos disparos passados. $F_{syn}(t)$ é uma função que descreve a influência dos disparos passados no instante atual, sendo descrita da seguinte forma:

$$F_{syn}(t) = \begin{cases} 0 \rightarrow t < 0 \\ \frac{t}{t_s^2} \exp\left(-\frac{t}{t_s}\right) \rightarrow 0 \leq t \end{cases}$$

onde t_s é um parâmetro que regula a forma da curva de decaimento da força de um dado pulso. Para comparar o estado da rede com os padrões que são binários, definimos um vetor binário S_i que assume 1 caso o valor de V esteja acima do limiar de disparo, e assume 0 caso contrário. Esta rede necessita de um impulso inicial externo para deixar seu estado de repouso e alcançar uma possível recuperação. Este impulso possui uma determinada similaridade 'm' com os vários padrões

$$m_\mu(t) = \left(\frac{1}{Na}\right) \sum_{i=1}^N S_i(t) (\xi_i^\mu - a)$$

chamamos de m_0 o m do padrão que se deseja recuperar. Assim sendo, quando m_0 é próximo de 1 significa que o estado inicial de atividade é similar ao padrão relacionado com este m. No presente trabalho investigamos o efeito do corte de conexões entre alguns dos neurônios da rede na capacidade de armazenamento de informação. Para tanto montamos uma rede em forma de anel onde cada neurônio interage com um dado número de vizinhos mais próximos, e ao variar este número de vizinhos fazemos uma média sobre a recuperação de memórias definindo sua capacidade e qualidade.