

Espelhamento neural em um modelo integrate-and-fire com plasticidade sináptica dependente do tempo

Samuel Fernando Faria da Silva¹, Fabio Marques Simões de Souza²

¹Centro de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, SP

²Centro de Matemática, Computação e Cognição, UFABC, São Paulo, SP

Introdução/Objetivos

Neurônios-espelhos disparam potenciais de ação quando o indivíduo executa uma ação e quando visualiza ou ouve a mesma ação sendo executada por outro indivíduo, ensaiando e intermediando o reconhecimento da ação. Trata-se de uma integração sensório-motora que é ativada no tempo, durante a observação de uma determinada ação [1]. Aqui, implementamos um modelo matemático de dois neurônios, com base na hipótese de que o fenômeno espelho surge como uma propriedade emergente da ocorrência de STDP entre células motoras e células sensoriais [2], do tipo integra-e-dispara com vazamento (*leaky integrate-and-fire LIF*), representando o neurônio sensorial (pré) e o neurônio motor (pós) respectivamente, no software MATLAB (MathWorks). A ocorrência de disparos no neurônio pré-sináptico ativou uma condutância pós-sináptica que gerou potenciais pós-sinápticos excitatórios no neurônio motor. Um peso sináptico controlado pela regra de aprendizagem hebbiana por STDP foi acrescentado no modelo. Uma sinapse excitatória adicional foi inserida em cada neurônio para estimulação sensorial e motora definida por sequências de disparos gerados por uma distribuição de Poisson. Foram produzidos estímulos sensoriais e motores separadamente e estímulos sensoriais e motores com e sem a regra STDP. O modelo é descrito da seguinte forma:

$$\tau \frac{dT}{dV} = -v(t) + RI(t)$$

onde $v(t)$ representa o potencial de membrana em t , τ é a constante de tempo da membrana, R é a resistência, v é a voltagem da membrana e I é a corrente elétrica que flui na membrana. Os neurônios foram estimulados com picos de correntes (I) pré-sinápticas, onde cada pico faz uma

¹samuel.fernando@live.com

²fabio.souza@ufabc.edu.br

contribuição estereotipada, descrita por uma função *alfa* (t), a corrente de diferentes entradas pré-sinápticas nos neurônios j e f (pré e pós) são integradas linearmente para obter a corrente pós-sináptica total:

$$I_i(t) = \sum_j \omega_{ij} \sum_f \alpha(t - t_j^{(f)})$$

Onde a variação do peso w de um neurônio pré-sináptico j depende do tempo relativo de chegada de picos pré e pós sinápticos (neurônios j e f) e é induzida por um protocolo de estimulação com pares de picos pré e pós dados por:

$$\Delta w_j = \sum_{f=1}^N \sum_{n=1}^N W(t_i^n - t_j^f)$$

W denota uma função STDP para cada neurônio, tipo de plasticidade que obedece a seguinte regra:

$$W(x) = A_+ \exp(-x/\tau_+) \quad \text{for } x > 0,$$

$$W(x) = -A_- \exp(x/\tau_-) \quad \text{for } x < 0.$$

Os parâmetros A_+ e A_- , para potenciação e depressão (aumento e diminuição do peso) respectivamente, dependem do valor da corrente I com um time de 10ms.

Conclusões

Os resultados iniciais demonstraram que o neurônio motor funcionou como espelho. A ocorrência de STDP foi necessária para que o neurônio motor disparasse na presença do estímulo sensorial. O espelhamento é resultado da ocorrência de STDP entre neurônios sensoriais e motores e a aprendizagem hebbiana é o meio pelo qual essa propriedade emerge no cérebro.

Referências

- [1] V. Gallese, L. Fadiga, L. Fogassi, e G. Rizzolatti, Action recognition in the premotor cortex, *Brain*, vol. 119, no 2, p. 593–609, 1996.
- [2] C. Keysers e V. Gazzola, Hebbian learning and predictive mirror neurons for actions, sensations and emotions, *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 369, p. 20130175– 20130175, 2014.