REDES NEURONALES 2020

Práctico 2

Nota: Dado que somos muchos y yo estoy solo para preparar y dictar las clases y corregir los prácticos, les solicito **encarecidamente** que:

- Entreguen el práctico **solo** en formato pdf. Por favor no manden las notebook a menos que yo se los pida.
- El práctico no puede tener más de cuatro (4) páginas. Sino lo devolveré.
- Envíen los prácticos a mi cuenta de la universidad (francisco.tamarit@unc.edu.ar) y no a mi cuenta privada.

Problema 1: Considerá el modelo Integrate-and-Fire para la evolución temporal del potencial de membrana $V_m(t)$ al tiempo t entre el interior y el exterior de una neurona genérica:

$$\tau_m \frac{\partial V_m(t)}{\partial t} = E_L - V_m(t) + R_m\, I_e(t),$$

donde E_L es el potencial en reposo, $I_e(t)$ es una corriente eléctrica externa (cuyo valor positivo corresponde a una corriente entrante) que se inyecta (input), R_m es la resistencia y τ_m es el tiempo característico de la membrana $\tau_m = r_m\, c_m$ (donde r_m y c_m son respectivamente la resistencia y la capacitancia de la membrana por unidad de área). Esta ecuación se puede reescribir como:

$$\frac{dV_m(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_m}\left(E_t - V_m(t) + R_m\, I_e(t)\right).$$

a) Resolvé analíticamente esta ecuación sin incorporar el umbral de disparo para el caso de una corriente externa constante $I_e(t) = I_e$ y $V_m(t = 0) = V_0$. Grafica la solución para $0\, ms \leq t \leq 200\, ms$ con los siguientes valores de los parámettros:

$$V_m(t = 0) = E_L = -65\, mV, \qquad R = 10\, M\Omega, \qquad V_{th} = -50\, mV, \qquad \tau_m = 10\, ms.$$

Discutí e interpretá.

b) Usá el método de Runge Kutta de cuarto orden para resolver el problema de valor inicial del modelo Integrate-and-Fire:

$$\frac{dV_m(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_m}\left(E_L - V_m(t) + R_m\, I_e(t)\right) \qquad \text{con} \quad V(t = 0) = E_L, \quad 0\, ms \leq t \leq 200\, ms, \quad \text{y} \quad h = 0.05\, s,$$

donde h es el paso de integración y los paráetros toman los valores usados en el punto **a)**. Tené presente que ahora **debés agregar** en la simulación el umbral de disparo propio del modelo Integrate-and-Fire. O sea, si $V_m(t)$ ultrapasa el valor umbral V_{th}, debés restituir el valor de $V_m(t)$ a E_L. La corriente externa $I_e(t)$ debe ser constante y tomar el valor $I_e = 2\, nA$. Graficá la aproximación numérica de $V_m(t)$ superpuesta con la solución analítica del punto **a)** (que no tenía disparos) de $V_m(t)$ $0\, ms \leq t \leq 200\, ms$.

c) Ahora variá los valores de I_e entre 0 y 6 y calculá para cada valor la frecuencia de disparo. Graficá la frecuencia de disparo ω vs. I_e (recordá la relación entre frecuencia y período). Intentá resolver esta ecuación $\omega(I_2)$ analíticamente (no es obligatorio esto).

d) opción 1: Repetí el punto b) pero ahora con una corriente externa dependiente del tiempo que en cada paso del método Runge Kutta de cuarto orden elige el valor con una distribución de probabilidades uniforme entre 0 nA y 5 nA.

d) opción 2 Repetí el punto b) pero ahora con una corriente externa dependiente del tiempo t de la forma:

$$I_e(t) = 0.35 \left(\cos\left(\frac{t}{3}\right) + \sin\left(\frac{t}{5}\right) + \cos\left(\frac{t}{7}\right) + \sin\left(\frac{t}{11}\right) + \cos\left(\frac{t}{13}\right) \right)^2 nA \tag{1}$$