REDES NEURONALES 2021

Práctico 1

Nota:

- El práctico debe entregarse con un informe escrito en formato pdf que no contenga el código de programación. Si desean pueden enviar las notebook pero por separado.
- La parte numérica puede resolverse programando en el lenguaje que mejor manejen o usando programas disponibles.
- El práctico no puede tener más de cuatro (4) páginas.

Considere el modelo Integrate-and-Fire para la evolución temporal del potencial de membrana $V_m(t)$ entre el interior y el exterior de una neurona genérica, tal cual lo vimos en las clases teóricas.

Primera parte: sin activación del mecanismo de disparo

Considere solo la ecuación diferencial del modelo, **sin activar el mecanismo de disparo**:

$$\frac{dV_m(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_m}(E_L - V_m(t) + R_m\, I_e(t)), \tag{1}$$

donde

- $\tau_m = 10\, ms$ es el tiempo característico de la membrana,
- $E_L = -65\, mV$ es el potencial en reposo,
- $R_m = 10M\Omega$ es la resistencia
- $I_e(t)$ es una corriente eléctrica externa.

A) Considere el caso en que $I_e = 0$. Haga un estudio geométrico de la dinámica de la ecuación (1) indicando la dinámica para tiempos largos ($t \to \infty$).

B) Considere el caso en que $I_e = 2nA$. Haga un estudio geométrico de la dinámica de la ecuación 1 indicando la dinámica para tiempos largos ($t \to \infty$).

C) Resuelva analíticamente la ecuación diferencial (1) (sin incorporar el mecanismo de disparo) para un valor arbitrario y constante $I_e(t) = I$.

D) Grafique la solución exacta para $0\, ms \leq t \leq 200\, ms$ con los valores de los parámetros indicados arriba y $I_e = 2\, nA$ y $V(0) = E_L = -65\, mV$.

E) Use el método de Runge-Kutta de cuarto orden para resolver el problema de valor inicial

$$\frac{dV_m(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_m}(E_L - V_m(t) + R_m\, I_e(t)), \qquad V(t=0) = E_L \qquad 0\, ms \leq t \leq 200\, ms \tag{2}$$

con paso $h = 0.05ms$, $I_e = 2\, nA$ y **sin activar el mecanismo de disparo**. Grafique en un mismo gráfico la solución exacta que ya calculó en el punto D) y la aproximación numérica. Use los valores de los parámetros definidos arriba.

Segunda parte: con activación del mecanismo de disparo

F) Considere el problema de valor inicial

$$\frac{dV_m(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_m}(E_L - V_m(t) + R_m\, I_e(t)), \qquad 0ms \leq t \leq 200ms \quad h = 0.05ms. \tag{3}$$

donde h es el paso de integración, $V(t=0) = -65\, mV$, $I_e = 2\, nA$ y los restantes parámetros toman los valores ya definidos. Incorpore ahora el mecanismo de disparo. Para ello, si $V_m(t)$ ultrapasa cierto valor umbral V_{um}, se debe restituir el valor de $V_m(t)$ a E_L:

$$V_m(\tau) \to E_L.$$

donde τ indica entonces el tiempo de disparo. Grafique la aproximación numérica de $V_m(t)$ para $0\, ms \leq t \leq 200\, ms$ y un potencial umbral de $V_{um} = -50\, mV$.

G) Repita el punto F) con

$$I_e(t) = I_0 \cos(t/30), \qquad I_0 = 2.5nA,$$

para $0\, ms \leq t \leq 200\, ms$,

H) Manteniendo el mecanismo de disparo, calcule analíticamente la frecuencia de disparo para los valores del punto anterior en función de la corriente externa I_e (constante). Compare este resultado con el obtenido mediante simulaciones numéricas.

I) Repita el punto F) pero ahora con una corriente externa dependiente del tiempo t de la forma:

$$I_e(t) = 0.35 \left(\cos\left(\frac{t}{3}\right) + \sin\left(\frac{t}{5}\right) + \cos\left(\frac{t}{7}\right) + \sin\left(\frac{t}{11}\right) + \cos\left(\frac{t}{13}\right) \right)^2 nA \tag{4}$$