REDES NEURONALES 2023

Trabajo Práctico 1

Importante

- Entreguen el práctico **solo** en formato `.pdf`. Si desean pueden enviar las notebook pero por separado.
- El práctico no puede tener más de cuatro (4) páginas.

El modelo *integrate and fire*

El modelo *integrate and fire* fué desarrollado para describir la evolución temporal del de potencial de membrana V de una neurona genérica. El modelo consta de dos ingredientes:

- *i*) Una Ecuación Diferencial Ordinaria (EDO)

$$\dot{V}(t) = \frac{1}{\tau}(E - V(t) + R\,I(t)) \tag{1}$$

  que determina la evolución temporal de V en ausencia de disparos.

- *ii)* Un mecanismo de disparo que setea el valor de $V(t)$ a un valor de reposo E en el instante t en que V supera un valor umbral V_u.

El modelo presenta los siguientes parámetros:

- $\tau = 10\,ms$ es el tiempo característico de la membrana,
- $E = -65\,m\text{V}$ es el potencial en reposo,
- $R = 10\,M\Omega$ es la resistencia eléctrica al paso de corrientes iónicas que presenta la membrana,
- I es la corriente corriente iónica que traspasa la membrana,

La corriente se especific en nA y viene determinada por factores externos a la neurona. En otras palabras, $I(t)$ no depende del valor de $V(t)$. Los valores (o unidades de valores) especificados para los parámetros son relativamente comparables a los observados empíricamente.

Primera parte

Considere la EDO del modelo despreciando el **mecanismo de disparo**.

A) Realice un estudio geométrico de la dinámica determinada por la EDO (ec. 1), cuando la corriente externa es nula. Es decir, cuando $I(t) = 0\,nA$ para todo t. Además, describa la dinámica a tiempos largos ($t \to \infty$).

B) Repita el inciso anterior para una corriente constante, $I(t) = 2\,nA$ para todo t.

C) Resuelva analíticamente la EDO para una función genérica $I(t)$.

D) Grafique la solución exacta para $0\,ms \leq t \leq 200\,ms$ con los valores de los parámetros indicados arriba, corriente externa $I(t) = 2\,nA$ para todo t y condición inicial $V(0\,ms) = E = -65\,mV$.

E) Compare la solución exacta del inciso anterior, con una aproximación numérica integrada con el método de Runge-Kutta de cuarto orden computada con un paso de integración $h = 0.05\,ms$.

Segunda parte

Considere ahora el **mecanismo mecanismo de disparo**.

F) Incorpore al integrador numérico el mecanismo de disparo y recompute la solución del inciso **E)** para $V_u = -50\,m$V. Grafique, simultaneamente, las soluciones obtenidas con y sin el mecanismo de disparo. Añada al gráfico líneas que indiquen el valor del potencial de reposo y el valor del potencial umbral y describa lo que observa.

G) Teniendo en cuenta el mecanismo de disparo, ingenieselas para calcular analíticamente la frecuencia de disparo para un corriente externa constante I. Chequee el resultado, comparándolo con el que se obtiene numéricamente con el cómputo del inciso **F)**. Grafique la frecuencia en función de I y describa lo que observa.

H) Repita el inciso **F)** pero con la corriente externa

$$I(t) = 2.5\,\cos\left(\frac{t}{30\,ms}\right)\,n\text{A}$$

Agregue, además, un gráfico de la evolución temporal de la corriente.

I) Repita nuevamente el inciso **F)** pero con la corriente externa

$$I(t) = 0.35\,\left(\cos\left(\frac{t}{3\,ms}\right) + \sin\left(\frac{t}{5\,ms}\right) + \cos\left(\frac{t}{7\,ms}\right) + \sin\left(\frac{t}{11\,ms}\right) + \cos\left(\frac{t}{13\,ms}\right)\right)^2\,n\text{A}$$

Agregue, además, un gráfico de la evolución temporal de la corriente o, si se anima, incorpórelo al gráfico de la evolución temporal del potencial, indicando en el eje derercho de la figura la escala correspondiente en unidades de nA.