

Introducción a la neurociencia computacional

Departamento de Ingeniería en Informática
ITBA

Trabajo Práctico 1

Codificación y decodificación neuronal. Teoría de la información.

1. Generar disparos para una secuencia de 10 s usando un generador de disparos de Poisson con una velocidad constante de 100 Hz, y registrar el momento en que ocurren. Calcular el coeficiente de variación de los intervalos entre disparos, y el factor de Fano para el recuento de disparos obtenido contando en intervalos que van de 1 a 100 ms. Graficar el histograma de los intervalos entre disparos.
2. Construir un estímulo de ruido blanco eligiendo valores aleatorios a tiempos discretos separados por un intervalo de tiempo de paso Δt . Graficar la función de autocorrelación. Discutir cuán bien el estímulo generado simula un ruido blanco real dado el valor de Δt usado.
3. El archivo *c1p8.mat* contiene datos recogidos y suministrados por Rob De Ruyter van Steveninck de una neurona H1 de un moscardón que responde estímulo visual de movimiento aproximado por un ruido blanco. Los datos fueron recogidos durante 20 minutos a una velocidad de muestreo de 500 Hz. En el archivo *rho* es un vector que da la secuencia de eventos de disparos en los tiempos de la muestra (cada 2 ms). Cuando un elemento de *rho* es uno, esto indica que la presencia de un disparo en el momento correspondiente, mientras que un valor cero indica que no hay disparo. La variable *stim* da la secuencia de los valores de los estímulos en los tiempos de la muestra. Calcular y graficar la media de los estímulos de disparo de estos datos en el rango de 0 a 300 ms (150 pasos de tiempo).
4. Utilizar la media de los estímulos de disparo calculada en el ej. 3 para construir un núcleo lineal y reemplazarlo en la ecuación $r_{\text{est}}(t) = r_0 + \int_0^\infty D(\tau) s(t - \tau) d\tau$ para proporcionar una modelo de la respuesta de la neurona H1. Elegir r_0 de manera que la media de la tasa predicha por el modelo de disparo en respuesta al estímulo utilizado para los datos coincida con la tasa media de disparo real. Utilizar un generador de Poisson con la tasa calculada para generar un tren de disparos sintético a partir de esta estimación lineal de la velocidad de disparo en respuesta al estímulo *stim*.

Graficar los disparos reales y los simulados. ¿En qué se parecen y en qué se diferencian?

Graficar la función de autocorrelación de los disparos reales y los simulados en el rango de 0 a 100 ms.

5. Simular el experimento de la discriminación de puntos aleatorios del experimento de Britten et al.

Denotar el estímulo con "+" o "-" de acuerdo a las dos direcciones de movimiento.

En cada ensayo, elegir el estímulo al azar con igual probabilidad para los dos casos.

Cuando se elige el estímulo negativo, generar las respuestas de la neurona con valores de 20 Hz más un término gaussiano aleatorio con una desviación estándar de 10 Hz (haciendo que cualquier tasa negativa tome el valor cero).

Cuando se elige el estímulo positivo, generar las respuestas con valores de $20 + 10d$ Hz más un término gaussiano aleatorio con una desviación estándar de 10 Hz, donde d es la discriminabilidad (de nuevo, haciendo que cualquier tasa negativa tome el valor cero).

Elegir un umbral de $z = 20 + 5d$, que está a medio camino entre las medias de las dos distribuciones de respuesta. Cuando $r \geq z$, decir que la respuesta es "+", de lo contrario, es "-".

Considerar un gran número de ensayos (1000, por ejemplo) y determinar con qué frecuencia se obtiene la respuesta correcta para diferentes valores de d . Graficar el porcentaje correcto como función de d en el rango $0 \leq d \leq 10$.

6. El archivo *tuning.mat* contiene los datos correspondientes a experimentos artificiales para cuatro neuronas simuladas que emulan el comportamiento que se encuentra en los órganos cerci de un grillo.

En la primera serie de experimentos, se observó el comportamiento de cada neurona frente a una serie de estímulos dados por la velocidad del aire de intensidad uniforme en distintas direcciones. Se registró la tasa de disparo de cada una de las neuronas en respuesta a cada uno de los valores de estímulo. Cada una de estas grabaciones duró 10 segundos y se repitió este proceso 100 veces para cada combinación neurona-estímulo.

El archivo contiene los valores de las tasas de disparo registradas (en Hz) para cada una de las neuronas en las variables *neuron1*, *neuron2*, *neuron3*, y *neuron4*. El estímulo, la dirección de la velocidad del aire, está en el vector *stim*.

Graficar la curva de ajuste (la velocidad de disparo media de la neurona como función del estímulo) para cada una de las neuronas. ¿Qué función describe mejor dicha curva (lineal, coseno, gaussiana, otra función)?

Hay razones para sospechar que una de las neuronas no es como las otras. Tres de las neuronas están modeladas mediante un proceso de Poisson, pero la restante posiblemente no. ¿Cuál de las neuronas (si la hay) no es de Poisson?

Por último, se realizó un conjunto adicional de experimentos en los que se expuso cada una de las neuronas a un solo estímulo de dirección desconocida para los 10 ensayos de 10 segundos cada uno. Decodificar las respuestas neuronales y recuperar el vector estímulo de estos experimentos calculando el vector poblacional de estas neuronas. Se debe utilizar la tasa de disparos medio máximo de una neurona como el valor de r_{\max}

para esa neurona; es decir, r_{\max} debe ser el valor máximo en la curva de ajuste para esa neurona.

¿Cuál es la dirección, en grados, del vector poblacional?