

Redes Neuronales

Práctica 3 - Estadística de trenes de spikes

F. M. Cabrera

28 de marzo de 2021

Se analizó estadísticamente los resultados de actividad neuronal de un saltamontes frente a un estímulo acústico. Los datos utilizados se corresponden a la envolvente de la onda sonora utilizada como estímulo y a la actividad neuronal del saltamontes durante 128 realizaciones distintas, de un segundo de duración y con 10000 ventanas de 0,1 ms. Todo el código implementado en esta practica puede encontrarse [acá](#).

Ejercicio 1

En la parte superior de la Figura 1 se observa la envolvente del estímulo al que fue sometido el receptor acústico del saltamontes. En la zona inferior, se observan las respuestas a este estímulo para cada una de las 128 realizaciones. indicando con un punto en aquellas ventanas de tiempo en los cuales se obtuvo un spike. Se observa que para algunas ventanas de tiempo, por ejemplo para $t \approx 400$ ms, en donde la densidad de spikes es claramente menor que durante el resto del estímulo.

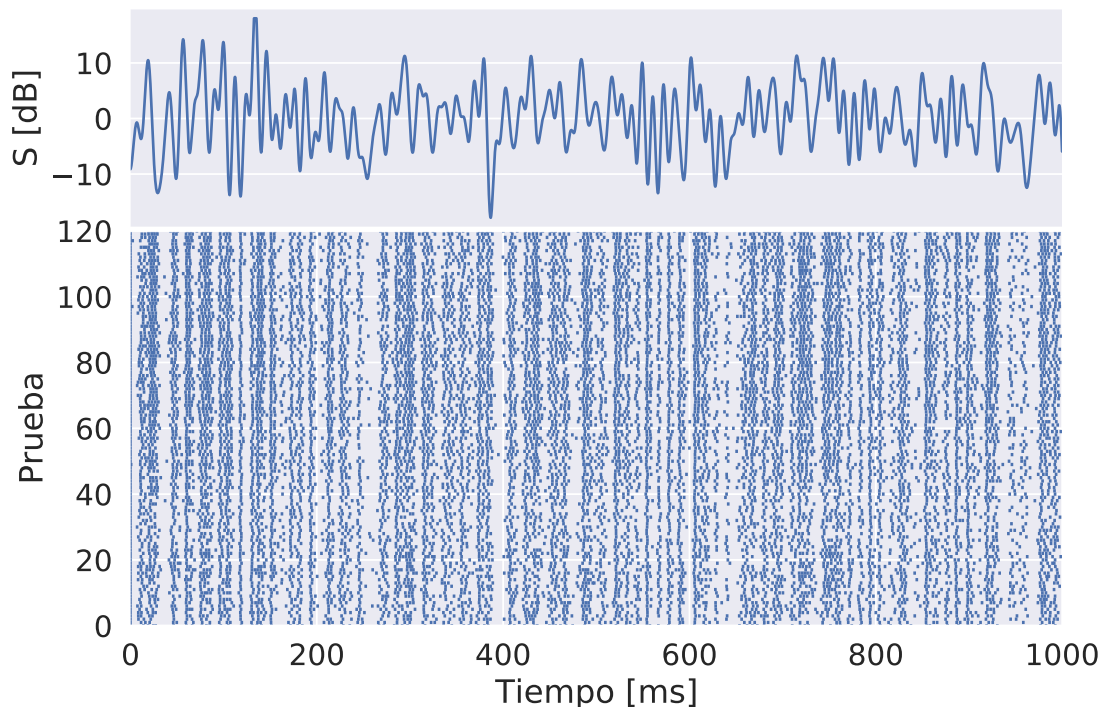


Figura 1: En la figura superior, se observa el estímulo utilizado en función del tiempo. En la figura inferior, se observa con un punto los momentos en donde se presentó un spike en la actividad del saltamontes, para cada una de las 128 realizaciones.

En la Figura 2 se observa una histograma que aproxima la distribución ISI (*inter-spike interval*), considerando las 128 realizaciones. En la misma, se observa que luego de un spike, la neurona no vuelve a disparar por uno pocos milisegundos. Esto se debe a que al llegar un potencial de acción, se abren los canales de sodio y se despolariza la neurona. Luego los canales de sodio se inactivan hasta que la bomba ATPasa vuelve a polarizar la membrana y reactiva los canales de sodio, con lo cual la neurona no puede recibir ningún potencial de acción nuevo durante este periodo de tiempo, generalmente denominado periodo refractario.

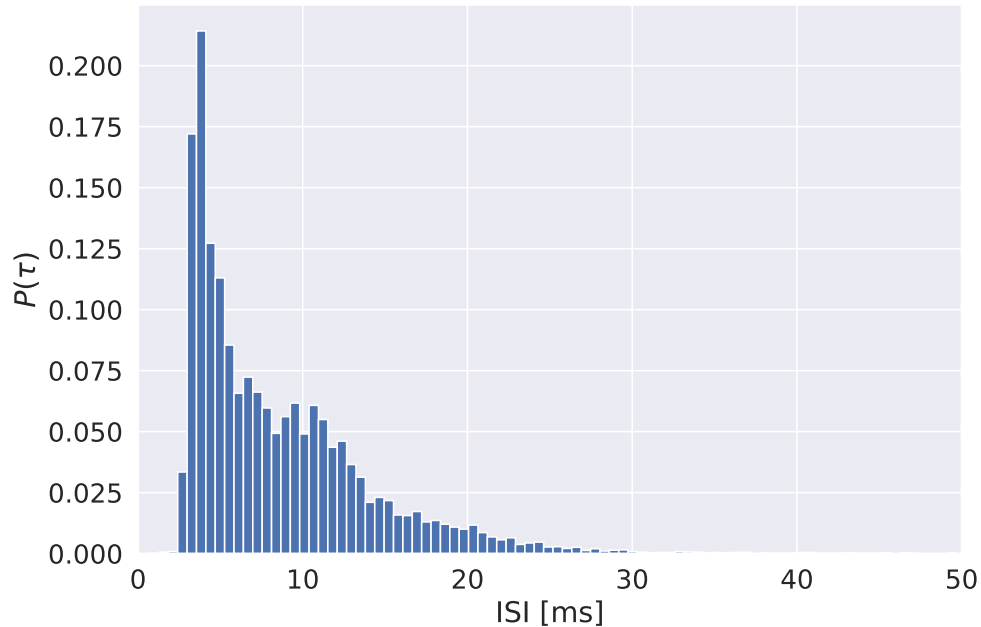


Figura 2: Histograma normalizado que aproxima la distribución $P(\tau)$ en función del ISI (*inter-spike interval*), considerando las 128 realizaciones.

Luego se calculo el coeficiente de variabilidad (CV), para el cual se obtuvo que $CV \approx 0,657$. Dado que $CV \neq 1$, podemos concluir que este proceso no es un proceso de Poisson. Esta conclusión también puede desprenderse del hecho que la distribución de ISI obtenida en la Figura 2 no se corresponde con una distribución exponencial decreciente.

Ejercicio 2

Se procedió a aproximar la probabilidad $P(N)$ de obtener N spikes en una dada realización. Para esto, obtuvo la cantidad de spikes total de cada una de las 128 realizaciones y se generó un histograma, el cual puede observarse en la Figura 3.

Luego se calculó el factor de Fano, el cual se obtiene como el cociente entre la desviación cuadrática y el valor medio de $P(N)$. Para el mismo se obtuvo $F \approx 1,566$, lo cual es otra comprobación de que el proceso no es de Poisson. Por otro lado, en caso de ser un proceso de *renewal*, debe verificarse que $F = CV^2$, pero $CV \approx 0,432$, lo cual sugiere que la suposición de que es un proceso de *renewal* tampoco es precisa.

Ejercicio 3

En este ejercicio se busco obtener un histograma de la tasa de disparo dependiente del tiempo $r(t)$. Esta se obtiene calculando el promedio de spikes en las 128 realizaciones para cada intervalo de tiempo, en este caso 0,1 ms, y luego dividiendo por dicho intervalo. El resultado obtenido puede observarse en la Figura 4.

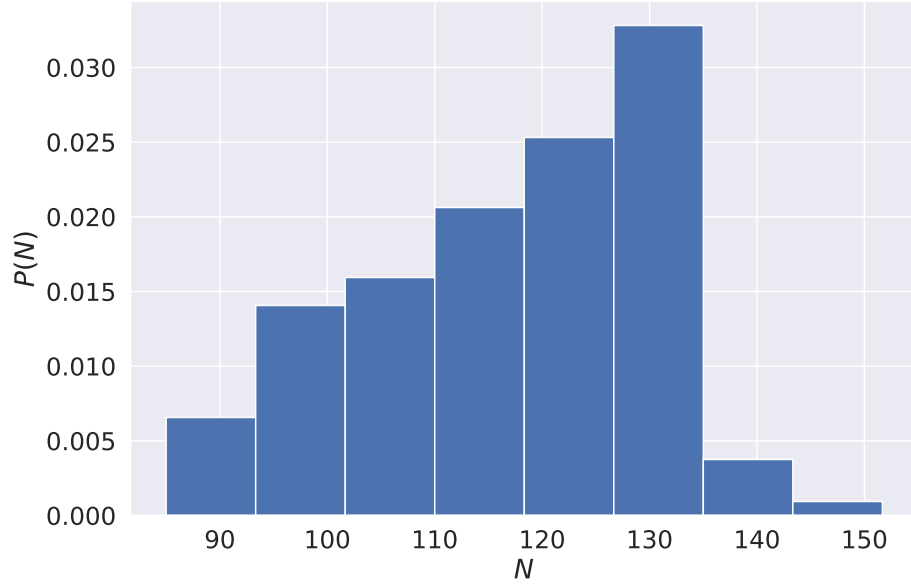


Figura 3: Histograma normalizado que aproxima la probabilidad $P(N)$ se obtener N spikes en una dada realización.

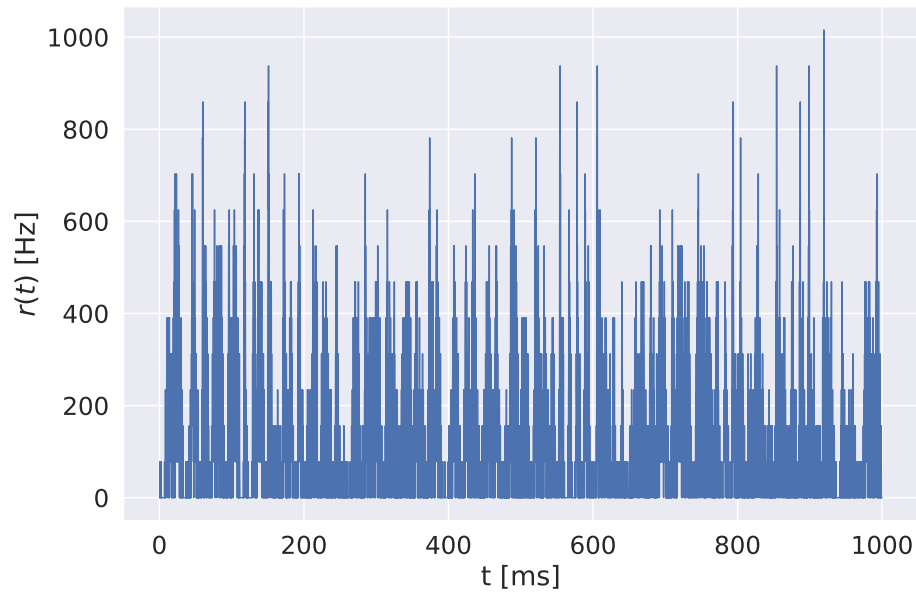


Figura 4: Histograma de la tasa de disparo $r(t)$ como función del tiempo, promediada para las 128 realizaciones.

Ejercicio 4

Por último, se busca obtener el *spike-triggered average* $C(\tau)$, correspondiente al promedio del estímulo generado un tiempo τ previo a observarse un spike. Esta función corresponde al término lineal en la expansión de Volterra al despreciar la autocorrelación del estímulo, suponer que tiene media cero y es estacionario. Se calculó dicho parámetro promediando sobre todos los spikes y todas las realizaciones, para τ entre 0 y 100 ms. Dicho resultado puede observarse en la Figura 5. Se observa que la correlación entre el estímulo y la tasa de disparo es máxima para $\tau \approx 6$ ms, es decir que la neurona tarda aproximadamente 6 ms en responder al estímulo.

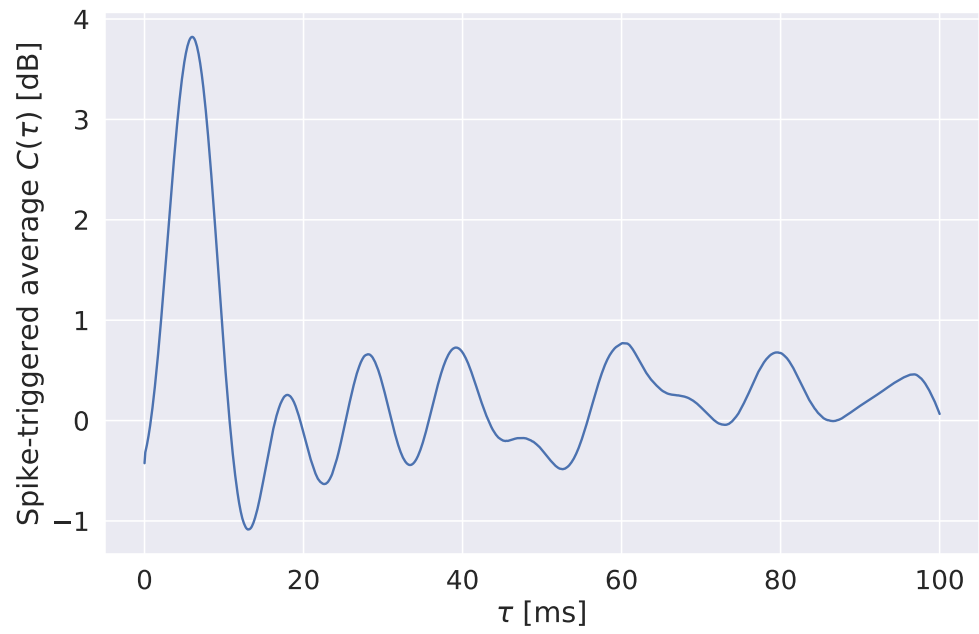


Figura 5: *spike-triggered average* $C(\tau)$ del estímulo en función de tiempo τ .