

RESUMEN

Las medidas de complejidad son un conjunto de métodos estadísticos que permiten estimar la regularidad de un sistema. Estos métodos se basan en técnicas de análisis no lineal de forma que se pueda caracterizar un señal sin hacer asunciones implícitas de estacionariedad o ergodicidad de la misma.

Estos métodos se están aplicando ampliamente sobre señales biológicas debido a la naturaleza de las mismas. Las señales biológicas se caracterizan por ser irregulares, no lineales y variables en el tiempo, de forma que los métodos tradicionales de análisis lineal no consiguen caracterizar su comportamiento completamente.

Estas medidas funcionan muy bien en la práctica, ya que consiguen extraer información de las señales que de otra forma no es posible. Entre otras capacidades, consiguen diferenciar estados patológicos, precedir la aparición de un ataque epiléptico o distinguir entre estados del sueño. Pero su aplicación presenta cierta controversia, ya que carecen de una caracterización que indique al usuario qué medida aplicar en función de las características del registro, cómo debe ser aplicada o incluso cómo interpretar los resultados obtenidos.

En este trabajo se ha propuesto abordar una caracterización de algunas de las medidas de complejidad de uso más común. Se muestra una caracterización de la entropía aproximada (ApEn), la entropía muestral (SampEn), la entropía en múltiples escalas o multiescala (MSE), el análisis de fluctuaciones sin tendencias (DFA), la entropía cuadrada de Rényi (RSE) y el coeficiente de entropía muestral (CosEn), ante situaciones en las que las señales han perdido muestras o cuya longitud es limitada.

La pérdida de muestras es algo muy común en la actualidad, donde la mayoría de los registros se hacen de forma ambulatoria y el espacio de almacenamiento es limitado (compresión de datos) o la transmisión se hace de forma inalámbrica, donde el canal puede presentar condiciones inestables o interferencias que causen la pérdida de muestras, bien de forma uniforme o aleatoria. La longitud limitada de los registros puede deberse, entre otras posibilidades, a que la toma de datos se ha realizado de forma manual o ésta resulta incómoda para el paciente.

Se presenta una caracterización paramétrica de las medidas para las señales de longitud reducidas y se proponen dos métodos de optimización no supervisada para el análisis de registros de corta duración con RSE o CosEn.

Este trabajo muestra cómo las medidas de entropía consideradas, presentan un comportamiento similar ante una misma situación, conservando las capacidad de separabilidad entre clases, independientemente del registro biológico analizado, siempre y cuando la medida se use de forma correcta.

SampEn se ha erigido como la medida más estable y de mayor aplicabilidad en registros de duración media ($300 < N < 5000$) cuando las señales pierden muestras, tanto de forma aleatoria, como uniforme mateniendo coeficientes de correlación cruzados por encima de 0.8 hasta un 70 % de pérdidas. Si las señales presentan desviaciones estándar altas o gran variabilidad, se recomienda la aplicación de MSE ya que introduce un suavizado y decorrelación de los patrones.

En señales de corta duración ($100 < N < 300$) se recomienda el uso de DFA, ya que permite una caracterización de la complejidad de forma estable y robusta aunque con un coste computacional alto y la necesidad de realizar una inspección visual para determinar el número de coeficientes de escalado necesarios.

Finalmente, en señales de muy corta duración ($N < 100$) se recomienda el uso de CosEn. Se han conseguido segmentar señales de HTA en humanos de apenas 55 muestras, algo muy novedoso, con mejores estadísticos que RSE.