

La entropía en la vida nuestra de todos los días

Tema: Física / Análisis de Datos

La entropía

Uno de los conceptos más empleados en todas las ciencias es el de entropía. Este concepto surge en el siglo XIX luego del invento de la máquina de vapor, y se puede decir que expresa la medida del desorden de un sistema aislado (segunda ley de la termodinámica). A esta variable se la suele identificar con la letra "S". Posteriormente, en 1948, Claude Shannon protagoniza un hecho histórico, cuando trabajando en problemas de "teoría de la información y la comunicación" halla una nueva magnitud vinculada a las señales, cuya representación matemática es idéntica a la de la entropía descubierta casi 100 años antes. Para diferenciarla de la anterior, a esta se la suele denominar con la letra "H". Con el descubrimiento de Shannon, el concepto de la entropía se extiende hoy en día, a sistemas de información de todas las ramas del conocimiento humano.

¿Para qué sirve la entropía de Shannon?

Esta magnitud permite detectar tanto eventos poco frecuentes, como también frecuentes en series de datos. Se pueden caracterizar señales para detectar enfermedades en el sistema cardiovascular, como por ejemplo arritmias y muerte súbita. También permite caracterizar pandemias como la pasada COVID-19, predecir eventos en series temporales como la Gota Fría que azotó pocos meses atrás a la ciudad de Valencia (España), detectar la diabetes mellitus tipo II a partir de mediciones de glucosa en sangre, detectar y predecir las posibles fallas en todo tipo de máquinas industriales, etc. Con el correr de los años, el número de sus aplicaciones va en constante expansión.

Entropía de señales

Se ha comprobado, tanto a nivel teórico como experimental, que la entropía brinda una estimación de la falta de información que se posee en una serie de datos, cuando uno se para en uno de ellos y quiere anticipar el valor del siguiente. Es decir, brinda una idea de falta de información. Se la suele emplear en la forma normalizada, con valores que van entre cero y uno. Vale 0 para señales o datos provenientes de problemas totalmente predecibles (deterministas), toma valores cercanos a 0,4 cuando un proceso proviene de un fenómeno caótico (expresión muy de moda en los últimos 50 años) y su valor se aproxima a 1 en procesos que son totalmente azarosos, es decir que su ocurrencia depende del azar. En los valores intermedios de entropía de una señal, se encuentra un conjunto de procesos bien definidos como los ruidos, los procesos intermitentes y varias clases de fenómenos caóticos. Resumiendo, la entropía de señales es una medida que cuantifica la aleatoriedad o incertidumbre en una señal, porque indica la complejidad de información que ella contiene. En el contexto de las señales, una entropía alta significa que la señal es más aleatoria y contiene mucha más variabilidad, mientras que una entropía baja indica que la señal es más regular y por lo tanto una representación más sencilla.

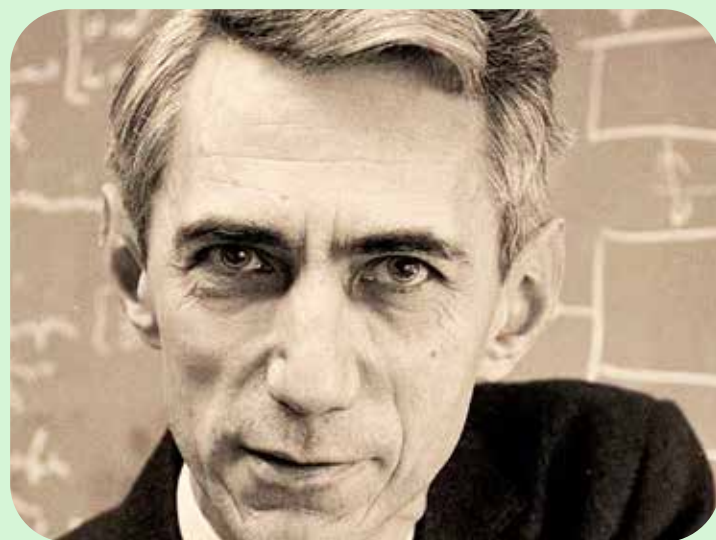
Otras variantes

Como se puede ver, la magnitud hallada por Shannon cumple una función primordial en la investigación científica actual, y por su trascendencia se han desarrollado a posteriori numerosas variantes, como ser la entropía de Renji, la entropía de Tsallis (apellido de su creador, un gran físico argentino actualmente en actividad) y muchas variantes más que se aplican a un amplio abanico de estudios tecnológicos y científicos.



En 1769 el escocés James Watt patentó la primera Máquina a vapor práctica y eficiente, que impulsó la Revolución Industrial.

(Aparato expuesto en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid, España - Licencia de Documentación Libre GNU)



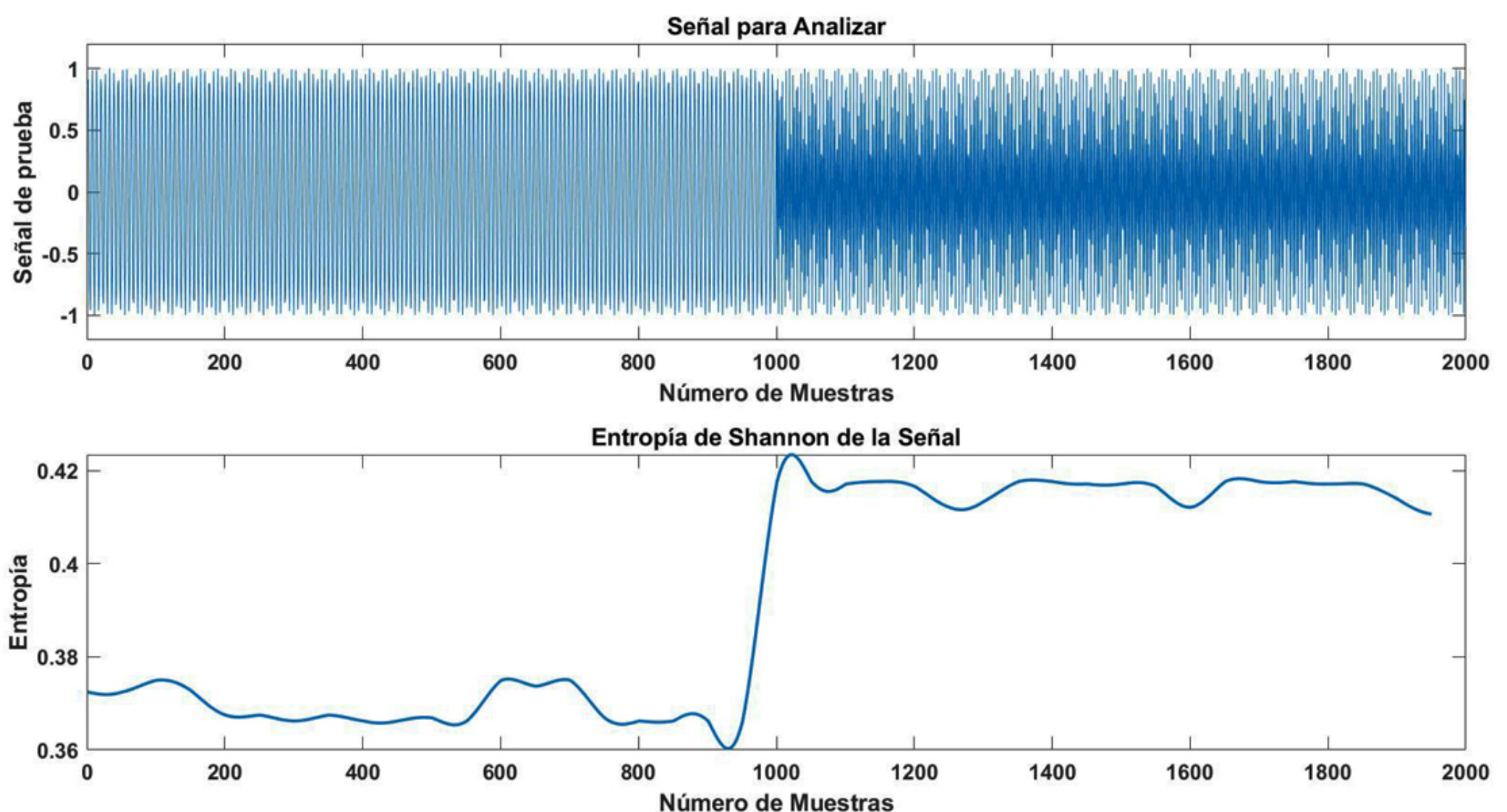
El matemático estadounidense Claude Shannon es recordado como "El padre de la teoría de información" por ser el hombre que sentó las bases de la era digital.

La entropía en la vida nuestra de todos los días

Tema: Física / Análisis de Datos

Análisis de señales biológicas

La entropía de Shannon se utiliza para analizar electroencefalogramas, porque permite identificar cambios en la actividad cerebral del paciente, debido a la esquizofrenia o la epilepsia. Esta entropía también permite detectar rápidamente ciertas patologías cardíacas. Por ejemplo, cuando se realiza un electrocardiograma, el valor de entropía del mismo para una persona que posee un corazón sano es de 0,9 y el de una persona con arritmia está por debajo de 0,8. Por otro lado, si una señal experimenta un cambio a lo largo del tiempo, no detectable por el simple análisis de los gráficos, la entropía de Shannon detecta dicho cambio. Esto se puede observar en el gráfico superior, donde la señal comienza siendo del tipo oscilatoria senoidal y en la mitad de su extensión experimenta un cambio repentino. En el gráfico inferior se puede apreciar un abrupto crecimiento, cuando el valor de su entropía pasa de tener un valor medio de 0,37 a 0,42.



El gráfico superior muestra una señal que sufre un cambio, en la mitad de su longitud. En el gráfico inferior, el valor de la entropía muestra cómo detecta dicho cambio. (Fuente: El autor).

Resumiendo

Desde hace varias décadas, la entropía descubierta por Shannon es una herramienta imprescindible en el análisis de señales y datos, para una extensa lista de áreas científicas (biología, economía, medicina, física, química, neurociencias, etc.). Y día a día se le encuentran más aplicaciones.

CIENCIA A GOTAS

“Lo que sabemos es una gota, lo que no sabemos es un océano”. Isaac Newton

Esta publicación es editada por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Delta)

Campana - Provincia de Buenos Aires - ARGENTINA | OCTUBRE 2025



WALTER LEGNANI

Doctor en Física. Profesor Universitario. Miembro de la American Association for the Advancement of Science (AAAS). Integrante del panel de expertos de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Unión Europea. Director del Centro de Procesamiento de Señales e Imágenes de la UTN-FRBA. Conformó el comité editorial de las más prestigiosas revistas científicas internacionales. Ha integrado numerosas comisiones de evaluación del ex Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina y de otros países de Latinoamérica. Evaluador externo de CONICET.