

Shannon y la información cuantificable

Juan Seguro

Pregunta central

¿Cómo se convirtió la información en una magnitud medible que podía analizarse independientemente del significado de un mensaje y utilizarse para diseñar sistemas de comunicación fiables?

Contexto histórico y evolutivo

Telegrafía, telefonía y radio ya habían creado problemas de ingeniería relacionados con ancho de banda, ruido y codificación. En 1928 Ralph Hartley propuso una medida logarítmica relacionada con el número de posibles secuencias de símbolos. Los artículos de Claude Shannon de 1948 unificaron estas cuestiones en una teoría matemática general de la comunicación. El paso decisivo fue tratar una fuente como una distribución de probabilidad sobre mensajes posibles y definir la información en términos de incertidumbre, no de contenido semántico.

¿Qué podían saber las comunidades antes de esta transición?

Los ingenieros podían medir amplitud de señal, respuesta en frecuencia y tasas de error, y diseñar códigos pragmáticamente. PIO-072 había mostrado cómo la comunicación separó los mensajes del viaje físico. La limitación era la ausencia de un lenguaje cuantitativo general para preguntar cuánta información produce una fuente, cuánta puede transportar un canal y cómo puede intercambiarse redundancia por fiabilidad.

¿Qué cambió?

La entropía cuantificó la incertidumbre de la fuente

Shannon definió una medida de incertidumbre de la fuente de forma logarítmica relacionada con probabilidades. La misma estructura matemática podía describir símbolos binarios, alfabetos u otros conjuntos discretos de mensajes. La información podía compararse así entre distintas implementaciones físicas.

La capacidad del canal se convirtió en un límite teórico

El marco de canal ruidoso separó fuente, codificador, canal, decodificador y destino. Shannon mostró que, con codificación adecuada, es posible una comunicación fiable por debajo de una capacidad del canal, mientras que tasas superiores no pueden hacerse arbitrariamente fiables. La ingeniería obtuvo un teorema límite y no solo hardware mejor.

La redundancia se convirtió en recurso y no en puro desperdicio

El lenguaje cotidiano y los códigos diseñados contienen estructura predecible. El marco de Shannon mostró cómo la redundancia puede apoyar detección y corrección de errores, mientras que la codificación de fuente puede eliminar repetición innecesaria cuando el objetivo es la eficiencia.

¿Por qué pudo surgir esta capacidad?

La teoría dependió de probabilidad, ingeniería de telecomunicaciones, ideas booleanas y de conmutación, criptografía de guerra y la necesidad práctica de transmitir señales por canales ruidosos. Bell Laboratories proporcionó un entorno donde matemáticas abstractas y hardware de comunicación estaban estrechamente acoplados.

¿Qué formas posteriores de conocimiento hizo posibles?

La teoría de la información permitió codificación, compresión de datos, almacenamiento y comunicación digitales y proporcionó conceptos utilizados más tarde en genética, física estadística, computación y aprendizaje automático. Hizo además posibles comparaciones de ingeniería entre sistemas que utilizan medios físicos muy diferentes.

Nuevos límites y riesgos

La información de Shannon ignora deliberadamente verdad y valor semánticos. Un mensaje muy informativo en sentido técnico puede ser falso, perjudicial o carente de significado para

un receptor. Aplicar metáforas de entropía fuera de modelos probabilísticos bien definidos puede crear falsa precisión. La comunicación digital genera además nuevas dependencias de estándares de codificación e infraestructura y aumenta las capacidades de vigilancia y análisis de tráfico.

¿Qué cambió en la arquitectura del conocimiento?

La información se convirtió en una **relación cuantificable entre posibilidades, probabilidades y canales**. La comunicación podía analizarse a un nivel abstraído tanto del significado del mensaje como del material que lo transporta.

Pérdida, exclusión e incertidumbre

La historia se comprime a menudo únicamente en Shannon. Hartley, Nyquist, ingenieros telegráficos, criptoanalistas y practicantes de codificación aportaron antecedentes esenciales. La teoría de Shannon tampoco resolvió semántica, cognición o verdad; los usos posteriores no deben atribuir retrospectivamente esas afirmaciones más amplias al marco de 1948.

Mapa de dependencias

- INDIRECTO ← PIO-072 Telégrafo y radio: conocimiento que viaja más rápido que las personas
- PARALELO ← PIO-082 Turing y la computación programable
- DIRECTO → PIO-090 Redes, simulación y aprendizaje automático

Referencias

1. Hartley, R. V. L. «Transmission of Information.» *Bell System Technical Journal* 7(3), 535-563 (1928). DOI: 10.1002/j.1538-7305.1928.tb01236.x.
2. Shannon, C. E. «A Mathematical Theory of Communication.» *Bell System Technical Journal* 27(3), 379-423 (1948). DOI: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.
3. Shannon, C. E. «A Mathematical Theory of Communication.» *Bell System Technical Journal* 27(4), 623-656 (1948). DOI: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb00917.x.