

## Shannon tra documentazione e comunicazione: un profilo

CHIARA TULLIO

*La recente scomparsa di Claude E. Shannon, una delle figure più rappresentative e innovative nell'ambito della teoria dell'informazione, è motivo di riflessione rispetto ai numerosi contributi teorici da lui portati nel settore. In primo luogo, la formalizzazione quantitativa dell'informazione, a prescindere dal contenuto semantico del messaggio trasmesso, espressa con codice binario 0/1, il "bit". Di pari rilievo l'analisi degli elementi comuni a tutti i processi informativi – sorgente, trasmettitore, canale, ricevitore, destinatario – e l'individuazione del rapporto tra effetto rumore e ridondanza, attraverso la nozione di entropia.*

*Numerose le applicazioni della teoria della comunicazione di Shannon, non solo in ambito informatico.*

**Parole chiave:** Teoria dell'informazione – Teoria della comunicazione – Binary digit – Processi comunicativi – Rumore – Ridondanza

La percezione, anche se solo intuitiva e superficiale, del proprio esser parte di una società che annovera tra le sue caratteristiche fondanti la diffusione e la centralità delle ICT è quanto mai comune. Non altrettanto ampia è, invece, la conoscenza di quegli uomini e di quelle istituzioni che tale rivoluzione hanno reso possibile, portatori in anni ormai lontani di contributi teorici ed empirici di rilievo nel settore della Scienza dell'informazione e della comunicazione.

Solo di recente, uno spazio adeguato, in particolar modo sulla stampa estera<sup>1</sup>, è stato riservato alla scomparsa di due pionieri nel campo della teoria dell'informazione e dell'intelligenza artificiale, Claude Elwood Shannon ed Herbert Simon, entrambi statunitensi, entrambi del 1916.

Specialmente la figura di Claude Shannon sembra riassumere in sé tutte le caratteristiche dell'uomo di scienza contemporaneo, non più votato, per mezzo di una isolata specializzazione, ad un'unica disciplina, ma capace di unire alla valenza intellettuale una curiosità di fondo tipica delle personalità eclettiche e versatili, con un che di prometeico che ben si attaglia agli esploratori di nuove frontiere dell'immaginario.

Scomparso il 27 febbraio 2001 a Medford (Mass.), dopo una lunga lotta con il morbo di Alzheimer, Shannon era nato il 30 aprile del 1916 a Gaylord (Michigan), in una famiglia molto vivace dal punto di vista intellettuale e contraddistinta da uno spiccato senso pratico e da una sorprendente inventiva.

Emblematica, in tal senso, la figura del nonno, agricoltore con la passione per la tecnologia, inventore, tra l'altro, di diversi macchinari agricoli.

Fin da bambino, Shannon aveva mostrato una predilezione per la matematica e per le sue applicazioni, dedicando parte della giornata alla costruzione di modellini

radiocomandati e telegrafi rudimentali per comunicare con un'amica lontana, sulle orme di un altro illustre, seppur lontano, parente, Thomas Edison. Negli anni a venire Shannon non avrebbe disatteso le aspettative, conseguendo una laurea in matematica ed una in ingegneria elettronica presso la University of Michigan. Entrato dopo gli studi universitari come assistente di ricerca nel prestigioso MIT [Massachusetts Institute of Technology], aveva avuto modo di studiare con quelli che sarebbero poi diventati grandi nomi, quali Vannevar Bush, ideatore dell'ipertesto, e Norbert Wiener, padre della cibernetica. Proprio il lavoro svolto sotto la guida di Vannevar Bush, lavoro di progettazione e realizzazione dei circuiti di *relay* di una delle prime macchine meccaniche da calcolo in grado di risolvere le equazioni differenziali, il "differential analyzer", permise a Shannon di comprendere come la logica algebrica a due valori del matematico George Boole potesse essere applicata ai problemi dei circuiti elettrici, laddove, notava Shannon, vi era piena rispondenza tra i principi di vero/falso della logica booleana e lo stato di *onloff* proprio di un circuito elettrico.

Tale importante intuizione del matematico statunitense, base delle successive elaborazioni teoriche, trovò piena forma nella sua tesi di Master, *A symbolic analysis of relay and switching circuits*<sup>2</sup> del 1938, mentre per la tesi di dottorato in matematica, ottenuto nel 1940, pensò di utilizzare la stessa logica algebrica applicata alla genetica<sup>3</sup>.

Dopo un anno trascorso in qualità di ricercatore presso l'Institute for Advanced Study della Princeton University, Shannon iniziò una lunga collaborazione con i Bell Labs della AT&T, collaborazione che si sarebbe protratta fino al 1972. Durante la II guerra mondiale si dedicò allo studio dei sistemi di controllo delle contraeree, introducendo interessanti elementi di novità nel settore della crittografia.

Nel 1956 era tornato al MIT e vi avrebbe insegnato dal 1958 al 1978, quando divenne professore emerito. Tra le onorificenze ricevute ricordiamo la National Medal of Science, nel 1966.

Matematico, musicista, giocatore di scacchi e anche abile esecutore di giochi di destrezza<sup>4</sup>, Shannon era stato capace di far proprie tutte quelle intuizioni che gli avrebbero reso possibile, negli anni, la formulazione e l'implementazione della teoria matematica della comunicazione, avendo compreso l'importanza dei processi informativi e di una modalità quantitativa del flusso informativo stesso.

Attraverso gli anni, lo sforzo del matematico statunitense fu appunto quello di formulare una teoria che avesse carattere generale, ma che fosse altresì in grado di inglobare ulteriori elementi scaturiti dai molteplici esempi applicativi della matematica nel settore delle comunicazioni.

Il lavoro principale di Shannon fu non a caso definito la Magna Carta dell'era della comunicazione<sup>5</sup>: l'articolo pubblicato nel 1948 sul "Bell System Technical

Journal”, dal titolo *A mathematical theory of communication*<sup>6</sup>, si rivelò una deflagrazione vera e propria<sup>7</sup> nel settore della Scienza della informazione.

Pur riprendendo uno scritto del 1928 di Ralph Vinton Hatley contenente una definizione in termini matematici della quantità di informazione, l'originalità del lavoro di Shannon era indiscutibile. Egli, infatti, intuì l'importanza di produrre una definizione formale del concetto di informazione, laddove il contenuto e il significato della stessa risultava essere del tutto irrilevante. Ne derivava che l'unico dato veramente rilevante era costituito dal fatto che il messaggio in questione risultava tale perché selezionato all'interno dell'insieme di messaggi possibili. Pertanto lo sforzo doveva convergere verso la definizione di una modalità adatta ad esprimere l'informazione unicamente in forma quantitativa, alla stregua di tutte le altre grandezze misurabili fisicamente.

Utilizzando la logica booleana, Shannon concluse che era opportuno ridurre l'informazione alla sua forma più semplice, ossia a un sistema binario basato sulla scelta tra due opzioni semplici, sì/no: proprio come per i circuiti elettrici, l'alternativa era tra uno stato di *on/off*; scelta rappresentabile algebricamente attraverso il codice binario 0/1. Pertanto, i valori 0/1 venivano definiti da Shannon “binary digit”, in forma abbreviata “bit”, vale a dire l'unità di misura della quantità di informazione. Shannon aveva in tal modo introdotto un elemento basilare nella teoria dell'informazione, elemento ormai da tempo entrato a far parte del linguaggio comune.

Dal punto di vista pratico, ciò significava poter comparare l'efficacia dei diversi sistemi di codificazione, operando una scelta al fine di ottenere una trasmissione condizionata il meno possibile dall'effetto rumore e dalla inevitabile distorsione.

Secondo Shannon, ogni sistema di comunicazione si fonda su elementi comuni, quali:

- una sorgente di informazione, che sceglie in una gamma di possibili messaggi quello da inviare;
- un trasmettitore, che codifica il messaggio in un segnale;
- un canale di trasmissione, attraverso il quale il segnale viene inviato;
- un ricevitore, in grado di decodificare il messaggio;
- un destinatario, analogo alla sorgente.

Successivamente, Shannon individuò pure il concetto di “informazione media” prodotta da una sorgente informativa e quello, ad esso correlato, di capacità propria di un canale di trasmissione, definibile anche, quest'ultimo, come velocità media con cui l'informazione può essere inviata dal canale di trasmissione.

Dunque, dati una sorgente con una informazione media  $H$  e un canale di

trasmissione con capacità  $C$ , il rapporto  $C/H$  costituisce il confine superiore alla velocità media della trasmissione dei simboli, confine non superabile.

Pur esaustiva, la teoria così formulata necessitava di un ulteriore elemento di analisi, dimostratosi fondamentale nella dinamica di quello che Shannon reputava essere il problema essenziale della comunicazione, ossia il riprodurre in un dato punto l'esatto o quasi esatto messaggio scelto in un punto di origine diverso. L'osservazione dei processi comunicativi aveva indotto Shannon a riflettere sulla presenza di un inevitabile fattore di disturbo nella trasmissione di tutto il flusso di simboli che costituivano il messaggio, ossia il rumore, la presenza di interferenze e perturbazioni non intenzionali lungo il canale di trasmissione in grado di danneggiare i segnali stessi.

Per definire il fenomeno del rumore e individuarne l'incidenza sui processi di trasmissione Shannon si servì della nozione di entropia, nozione mutuata dalla termodinamica classica, ma ugualmente applicata al settore informatico.

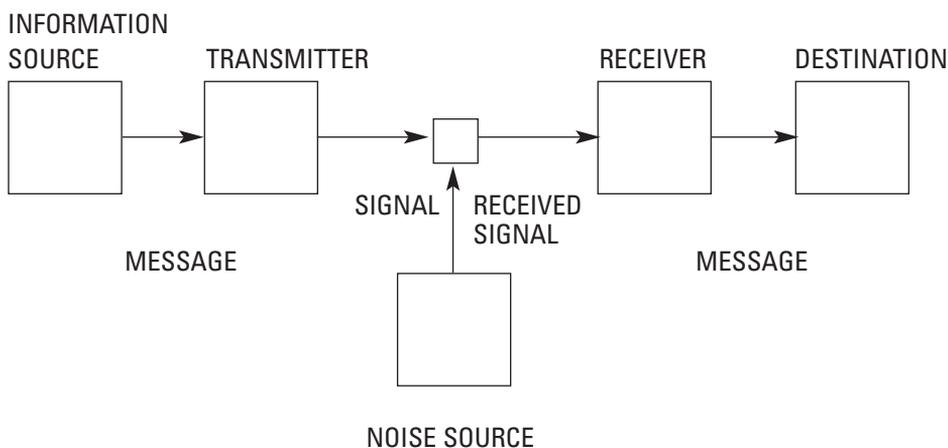
In base al secondo principio della termodinamica, così come era stato formulato nella seconda metà del 1800, l'entropia individua il livello di degradazione dell'energia in un sistema fisico e non può diminuire in un sistema isolato. Analogamente, riferendosi tale principio nell'ambito della teoria dell'informazione al grado di libertà con cui la sorgente può selezionare i diversi elementi che compongono il messaggio, ne risultava che l'entropia aumenta proporzionalmente al numero dei messaggi tra cui la sorgente opera una scelta e quindi anche all'incertezza del destinatario.

Conseguentemente, il teorema assumeva una formulazione più generale: chiamando  $H$  l'entropia della sorgente e  $C$  la capacità del canale, ne deriva che per  $C$  maggiore o uguale ad  $H$  gli errori nella trasmissione possono essere arbitrariamente ridotti, mentre per  $C$  minore di  $H$  ciò non è possibile.

Era evidente che tale teoria oltrepassava di gran lunga il solo campo dell'informatica, trovando una piena applicabilità in tutti quei settori disciplinari in cui il linguaggio e la trasmissione di messaggi attraverso codici linguistici rivestivano un ruolo fondamentale: la linguistica comparata, la semantica, la psicologia, la crittografia e la fonetica, per citarne solo alcune.

Ciò che la teoria di Shannon era in grado di individuare erano, infatti, le dinamiche interne al linguaggio e ai suoi codici di trasmissione, laddove, ad esempio, parole, lettere o altri simboli rivelavano una tendenza intrinseca a disporsi in successioni significanti su base probabilistica, in modo tale che in ogni codice una parte degli elementi del messaggio era determinata dalla casualità. Shannon denominò tale fenomeno "ridondanza" di un codice, mettendo bene in evidenza come tale ridondanza fosse parte di tutte le attività umane e quale fondamentale funzione svolgesse nel contenere e bilanciare le distorsioni comunicative prodotte dalle varie forme di entropia. Semplicemente, rendeva comprensibili messaggi che degradavano intrinse-

camente nell'inviolabilità comunicativa. La ridondanza del linguaggio comunemente utilizzato, osservava Shannon, risultava essere addirittura della metà, cosicché molte frasi si sarebbero potute significativamente accorciare senza per ciò ridurre o modificare il proprio significato. Un ulteriore fattore di implementazione per un'accurata trasmissione del messaggio veniva poi individuato da Shannon nella possibilità di inserire degli elementi di informazione aggiuntiva, in grado di produrre un elevato autocontrollo e una conseguente correzione automatica di errori nella trasmissione, soprattutto nel caso di un canale con un livello di rumore molto elevato. Codificato in tal modo il messaggio, i segnali sarebbero stati ricevuti con un grado di correttezza pari a quello prodotto nel caso in cui non vi fosse stato alcun effetto rumore lungo il canale di trasmissione. Venivano introdotti così quelli che attualmente sono definiti codici a correzione d'errore.



L'importanza della produzione scientifica di questo geniale matematico e più specificamente della sua teoria della comunicazione appare indiscutibile. Altrettanto chiare e notevoli risultano essere tutte le possibili applicazioni nell'ambito di quei settori che pongano necessariamente al centro della propria ricerca i processi comunicativi e quindi il linguaggio, dalla linguistica alla crittologia, dalla psicologia allo studio delle letterature comparate.

In particolare, la teoria sviluppata da Shannon permette di avvicinare fenomeni in apparenza diversi fra loro e lontani dalla scienza informatica, riconducendoli ad una unitarietà funzionale che consente di «considerare tutti questi processi di interazione come manifestazioni di quello stesso fenomeno primitivo che è la comunicazione, e dunque di giustificare una teoria generale della comunicazione»<sup>8</sup>.

Parimenti, persino ad una disamina superficiale, non possono sfuggire tutte quel-

le applicazioni pratiche che derivano direttamente dalle intuizioni fondamentali di Shannon. Nel celebrare i 50 anni di *information theory* i Bell Labs, gli stessi con cui il matematico collaborò a lungo, hanno sottolineato come proprio grazie alle sue formulazioni teoriche i sistemi digitali siano giunti a dominare il settore delle comunicazioni e dei processi di informazione, evidenziando in special modo tre sistemi operativi all'avanguardia: *modem*, *wireless* e *data storage*.

Tutto questo, ovviamente, grazie ad un approccio di tipo matematico ed ingegneristico, fortemente applicativo e pragmatico, che però ha mostrato nel tempo, per altri versi, dei limiti rilevanti. Se da un lato, infatti, ha consentito a Shannon di giungere ad una formalizzazione, individuando l'informazione con una modalità quantitativa prescindendo dal significato del messaggio trasmesso, dall'altra, forse, non è stato e non è attualmente in grado di esprimere nella sua interezza la complessità dei processi comunicativi, processi costituiti in larga parte anche da implicazioni contenutistiche e semantiche del linguaggio o, per meglio dire, da fattori culturali.

Come osserva correttamente Armand Mattelart, quello prodotto da Shannon è «un modello meccanico, unicamente interessato al canale di comunicazione, che rimanda a uno schema behaviorista (stimolo-risposta) della società, perfettamente coerente con quello del progresso infinito che si diffonde dal polo centrale verso le periferie. Il ricevente è condannato, in qualche modo, allo status di clone dell'emittente. La costruzione del senso non figura nel programma dell'ingegnere. La nozione di comunicazione è divisa da quella di cultura»<sup>9</sup>.

È pur vero che compito dei diversi ambiti disciplinari è appunto quello di adattare una teoria generale come quella di Shannon alle esigenze specifiche della disciplina e alle nuove sensibilità che emergono necessariamente nel tempo. Esempi interessanti e paradigmatici in tal senso potrebbero essere la rielaborazione prodotta da Roman Jakobson<sup>10</sup> e dalla linguistica strutturalista in generale, con l'individuazione di un elemento ulteriore e fondante quale il contesto, come pure la teoria della documentazione di Paolo Bisogno, in cui trovano spazio i concetti di probabilità ed entropia proposti da Shannon, ma viene operata una distinzione fondamentale tra dato e informazione, laddove «il dato esiste solo se è presente, mentre si dà informazione anche in assenza del dato»<sup>11</sup>.

## Note

<sup>1</sup> Cfr., tra gli altri, U. Bottazzini, *Dirsi tutto con 0 e 1*. "Il Sole - 24 Ore", 4 marzo 2001 <<http://lgxserver.uniba.it/lei/rassegna/010304a.htm>>; *I silenziosi rivoluzionari del bit* [editoriale]. "Il Corriere della Sera", 27 marzo 2001 <<http://lgxserver.uniba.it/lei/rassegna/010327.htm>>; G. Johnson, *Claude Shannon, Mathematician, dies at 84*. "The New York Times" (27 February 2001); J. Gleick, *The lives they lived: Claude Shannon*. "The New York Times" (30 December 2001).

- <sup>2</sup> Claude E. Shannon, *A symbolic analysis of relay and switching circuits*. "Transactions of the American Institute of Electrical Engineers", vol. 57 (1938), p. 713-723.
- <sup>3</sup> Claude E. Shannon, *An algebra for theoretical genetics* [Ph. D. Dissertation]. Boston : Massachusetts Institute of Technology. Department of Mathematics, April 15, 1940.
- <sup>4</sup> Rispetto ai teoremi di Shannon sulla giocoleria cfr. W. Schebeczek, *Claude E. Shannon: la teoria del campo unificato della giocoleria* <<http://www.kaskade.de/it/doc/archive/66/ishann2.html>>.
- <sup>5</sup> Cfr. T. Cawkell, *Claude Elwood Shannon, 1916-2001*. "Journal of Information Science", 27 (2001), n. 3, p. 127.
- <sup>6</sup> Claude E. Shannon, *A mathematical theory of communication*. "Bell System Technical Journal", 27 (1948), p. 379-423. Cfr. anche, in collaborazione con W. Weaver, *The mathematical theory of communication*. Urbana (IL) : University of Illinois Press, 1949.
- <sup>7</sup> «To the world of working communication engineers [...] Shannon's paper was a bombshell». B. McMillan, *Scientific impact of the work of C. E. Shannon*, in *Proceedings of the Norbert Wiener centenary congress, 1994, East Lansing, MI, 1994*. Providence : A. M. S., 1997, p. 514.
- <sup>8</sup> F. Ciotti – G. Roncaglia, *Il mondo digitale: introduzione ai nuovi media*. Roma; Bari : Laterza, 2000, p. 284.
- <sup>9</sup> A. Mattelart, *Storia della società dell'informazione*. Torino : Einaudi, 2002, p. 54.
- <sup>10</sup> Cfr. R. Jakobson, *Saggi di linguistica generale*. Milano : Feltrinelli, 1966.
- <sup>11</sup> P. Bisogno, *Teoria della documentazione*. Milano : FrancoAngeli, 1979, p. 63.

## Fonti

*Numerosi i siti Web in cui è possibile reperire materiale su Claude Shannon. Tra questi:*

<<http://www.nyu.edu7pages/linguistics/courses/v610003/shan.html>>

<<http://www.digitalcentury.com/encyclo/update/shannon.html>>

<<http://www.skypoint.com/members/gimonca/shannon.html>>

<<http://www.cm.bell-labs.com/cm/ms/what/shannonday.html>>

<<http://web.mit.edu/newsoffice/nr/2001/shannon.html>>

<<http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/history/Mathematicians/Shannon.html>>

<<http://matematica.uni-bocconi.it/losapevateche/losapevateche2.htm>>

<<http://www.kultunderground.org/w200103/shannon.htm>>

<[http://www.mediamente.rai.it/mediamentetv/learning/ed\\_multimediale/lezioni/06/index.htm](http://www.mediamente.rai.it/mediamentetv/learning/ed_multimediale/lezioni/06/index.htm)>

<<http://www.research.att.com/njas/doc/shannonbib.html>>

<[http://www.scienzanuova.it/numeri/n03/n03\\_090\\_091.htm](http://www.scienzanuova.it/numeri/n03/n03_090_091.htm)>