

---

## Informacija i vrijednost informacije\*

---

Nenad Trinajstić

*Institut „Ruder Bošković” i Prirodoslovno-matematički fakultet,  
Zagreb*

### Sažetak

Članak raspravlja o informaciji i vrijednosti informacije. Istaknuta je veza informacije i entropije. Naglašeno je da je ozbiljan nedostatak teorije informacija neuzimanje u obzir upotrebne vrijednosti informacija.

U ovom eseju želimo raspraviti neke temeljne pojmove iz teorije informacija (teorije obavijesti), kao što su informacija (obavijest) i vrijednost informacije (vrijednost obavijesti). Teorija je informacija matematička teorija, grana teorije vjerojatnosti (1), koja se bavi općim zakonitostima što vladaju informacijskim sustavima (priopćajnim sustavima), a formacijski pripada znanstvenoj disciplini nazvanoj informacijska znanost.

Informacijska se znanost bavi pohranjivanjem, procesiranjem i prijenosom informacija. Kao i svaka druga „zrela” znanost, posjeduje teorijsku i praktičnu stranu, koje se uzajamno nadopunjuju i stimuliraju, pa je napredak jedne uvjetovan razvojem druge. Teorijsku stranu rješava teorija informacija, koja zadire i u druga znanstvena područja (2). Teorija je informacija utemeljena krajem pedesetih godina našeg stoljeća kada su Claude Shannon i Norbert Wiener objavili svoje radove iz teorije komunikacija i kibernetike (3, 4). Praktična se strana bavi razvojem informacijskih sustava. Ovdje valja naglasiti da informacijski sustavi postoje odavna (premda ne s istom važnošću kao danas), pa je neka vrsta inženjerske (empirijske) teorije informacija upotrebljavana za projektiranje različitih (s današnjeg stajališta gledano jednostavnih) informacijskih sustava prije spomenutih radova Shannona i Wienera.

Informacijski sustav u najširem smislu sastoji se od slijedećih elemenata: izvora informacija, predajnika informacija, medija prijenosa informacija (informacijski kanal), prijemnika informacije i odredišta informacije. Prijenos informacije ide od izvora koji ju proizvodi i predaje kao poruku predajniku. U predajniku poruka se kodira (modulira), tj. prevodi u formu prikladnu za prijenos informacije nekim medijem. Kodirana se poruka naziva signal. Signal se prenosi informacijskim kanalom do prijemnika, gdje se dekodira (demodulira) u izvornu informaciju i predaje odredištu.

Iako smo upotrijebili terminologiju iz informacijskog inženjerstva, gornji termini imaju znatno šire značenje. Npr., ljudi mogu predstavljati informacijski sustav. Kod govornih prijenosa informacija (komunikacija) izvor i odredište su u ljudskom mozgu, predajnik se sastoji od govornih organa s odgovarajućim središtem u mozgu, a predajnik se sastoji od slušnih organa s odgovarajućim središtem u mozgu. Prijenos poruke kod

\* Članak se djelomice temelji na predavanju održanom na Sveučilištu Missouri u Kansas Cityju (Missouri, SAD) 11. studenog 1986.

ovakvih informacijskih sustava ovisi o tri uvjeta: psihološkom, fiziološkom i fizičkom. Ako se želi priopćiti neka informacija, onda se u svijesti čovjeka koji predstavlja izvor informacije najprije stvara slika o onome što se želi priopćiti. To je psihološki uvjet koji mora biti ispunjen prije nego impuls iz svijesti nadraži živčani sustav, što predstavlja fiziološki uvjet. Živčani sustav onda pokrene govorne organe i oni proizvedu zvuk, što predstavlja fizički uvjet. Informacijski je kanal sve što omogućuje prijenos informacije (zrak, telefonske žice itd.) između osoba koje sačinjavaju govorni informacijski sustav kao što su razgovori, predavanja, radioemisije, televizijske emisije itd. U slučaju pisanih prijenosa informacija (npr. novinski članci, rasprave, knjige, pisma, pjesme) ruka je predajnik, oko prijemnik, a medij pismo.

Kôd je skup pravila po kojima se informacija prevodi u signal (fizički oblik kôda), koji je analogan samoj informaciji. Ovisi o svojstvima prijenosnog sustava: predajnika, kanala i prijemnika, a ne ovisi o vrsti i količini informacija. Npr. jezik je kôd (5-8).

U idealnom slučaju prijenos informacija od izvora do odredišta je potpun: informacija proizvedena u izvoru identična je informaciji pristigloj u odredište. Međutim, u realnim informacijskim sustavima to nikada nije tako. To odgovara glavnom informacijskom zakonu što ga je formulirao Shannon (3): „Prijenos informacije nije nikad potpun”. Prisutnost smetnji (šumovi) sprečava potpun prijenos informacije. Zato informacija predstavlja statističku veličinu: odabir „prave” poruke između svih poruka pristiglih u odredište. Matematički se informacija definira na sljedeći način: slovom  $I$  označimo informaciju. Na početku je  $I = 0$ , jer nemamo nikakvih informacija o sustavu koji razmatramo.  $P_0$  je broj događaja na početku koji su a priori svi jednako mogući. Na kraju je  $I = 0$  s  $P_1 = 1$ , jer je odabran samo jedan događaj kao onaj „pravi”. Otuda slijedi da je informacija definirana kao:

$$I = \log_2 P_0 \quad (1)$$

Logaritam je odabran, jer želimo da je informacija aditivna veličina. Za logaritamsku je bazu odabran broj 2. To je učinjeno zbog toga što mnogi prirodni sustavi (npr. živčani sustav) i umjetni sustavi (npr. elektronički računski stroj) djeluju na bazi dva međusobno isključiva diskretna stanja: da ili ne (0 ili 1). Takvi se sustavi zovu binarni sustavi, a informacija dobijena binarnim računanjem izražava se u bitovima. Bit je riječ sastavljena od engleskih riječi (9) binary i digit, a označuje potrebnu količinu informacije za specificiranje jedne od dviju mogućnosti.

Konceptija o informaciji po mnogim je autorima (8, 10) jedna od najvažnijih konceptija uvedenih u znanost 20. stoljeća. To je konceptija koja je po svojoj važnosti ravnopravna konceptijama o materiji i energiji. Tragove konceptije o informaciji nalazimo u prošlom stoljeću (11), a u uskoj je vezi s konceptijom o entropiji (10, 12). Entropija je mjera nereda unutar danog sustava, a informacija je mjera reda u danom sustavu. Porast entropije znači gubitak informacije i obrnuto (10). Svi objekti i fenomeni u prirodi posjeduju pored materijalnih i energijskih značajki i informacijske karakteristike.

Entropija i informacija (kao negativna entropija, negentropija) (10) djeluju i u društvenim strukturama. Svaka društvena promjena koja podiže entropiju u određenom političkom sustavu štetna je i vodi do neželjenog kaotičnog stanja. Svjedoci smo kaotičnih situacija u većem broju zemalja svijeta (npr. Libanon, Afganistan, Čad). Urednost društva vodi do povećanja informacije i općoj sredenosti. Takvih zemalja nažalost ima mnogo manje (npr. Švicarska, Švedska). Kad bi politički radnici i njihovi savjetnici bar malo, između ostalog, poznavali teoriju informacija i njezin utjecaj na društvene strukture, možda ne bi inzistirali na reformama koje su se pokazale katastro-

falnim (npr. slučaj s reformom školstva kod nas) (13). Neke se društvene strukture tradicionalno odlikuju kroz cijelu povijest ljudskog roda visokom uređenošću i niskom entropijom, i vrlo efikasnim prijenosom informacija. Takva je jedna društvena struktura vojska neke zemlje. (To, jasno, ne vrijedi u slučaju poraza u ratu neke zemlje, jer je vojska poražene zemlje primjer kaotične strukture.)

U umjetnosti i književnosti nailazimo na djela koja govore o entropijskim i informacijskim karakteristikama nekog društva ili društvenog segmenta. Pri tome se naročito ukazuje na problem otuđenosti suvremenog čovjeka: na teškoće u komuniciranju s okolinom i na usamljenost čovjeka u gomili, na usamljenost čovjeka u velikim gradovima. Karakteristična je u tom smislu (teškoće u komuniciranju među ljudima) pripovijest suvremenog američkog spisatelja Thomasa Pynchona (r. 1938. godine) primjereno nazvana „Entropija” (14). Ta je pripovijest nedavno prevedena i na hrvatski jezik (15), a govori o kaosu u međuljudskim odnosima.

Razmotrimo ponovo relaciju (1). Upotrebna vrijednost informacije je u njoj zanemarena. Ona ne može razlikovati informaciju od velike važnosti i vijest bez neke veće vrijednosti za osobu koja ju prima. Npr., rečenica od 150 slova iz Einsteinove knjige o teoriji relativnosti (16) i rečenica od istih 150 slova iz „Sport Illustrated” po relaciji (1) dobivaju istu informacijsku vrijednost. Informacija se uvijek javlja kao pozitivna veličina, dok vrijednost informacije u nekim slučajevima može biti i negativna. Informacija je objektivna veličina, a vrijednost informacije subjektivna.

Definicija informacije (1) vrlo je praktična. Naime, informacijski sustav koji, npr., prenosi telegram nastoji prenijeti što potpunije poruku bez obzira na sadržaj poruke, koji ima vrijednost jedino za osobu koja ga prima. Ideja o vrijednosti informacije povezana je s mogućnošću njezine upotrebe. Dok je informacija apsolutna veličina jednaka za bilo kojeg promatrača, dotle je upotrebna vrijednost informacije nužno relativna veličina, koja ima različitu vrijednost za različitog promatrača. Tako teorem iz Einsteinovog djela (16) ima mnogo veću vrijednost za fizičara nego sportska vijest o pobjedi „Lakersa” nad „Celticsom” u Bostonu (ma kako velika to bila sportska senzacija), ili stranica iz Supekove knjige o strukturi materije (17) od stranice sportske revije „Sprint”. S druge strane, vijest u „Borbi” može imati daleko veću vrijednost za oficira JNA od vijesti o kompjutorskom rješenju problema četiri boja.

Miroslav Krleža je svojedobno rekao da samo čovjek koji ima sredene misli može proizvoditi koherentna i vrijedna djela. Veliki je majstor pisane riječi vjerojatno mislio da samo čovjek s umnim procesima niske entropije može proizvoditi djela visokog stupnja informacije s visokim stupnjem vrijednosti informacije. (Vrijedi napomenuti da ne valja miješati vrijednost informacije s umjetničkom vrijednošću djela, iako su te dvije koncepcije najčešće sukladne.)

Na kraju želimo istaknuti da je zanemarivanje upotrebne vrijednosti informacije omogućilo izgradnju teorije informacija baziranu na statistici, i ta se teorija pokazala korisnom u mnogim područjima izvan komunikacijskog inženjerstva (npr. kompjutorske znanosti) (18–22). Međutim, neuzimanje u obzir upotrebne vrijednosti informacije vrlo je ozbiljan nedostatak teorije informacija. Valja nam dakle izgraditi informacijski sustav u kojem bi bila kvantificirana upotrebna vrijednost informacije.

## Zahvala

Zahvaljujemo dru Ranku Mutabžiji (Zagreb) na brojnim diskusijama o teoriji informacija i njenim primjenama, kao i na detaljnim komentarima o prvoj verziji ovog eseja.

## LITERATURA

1. A. Rényi, *Probability Theory*, North-Holland, Amsterdam 1970.
2. S. Rose, *The Chemistry of Life*, Penguin, Harmondsworth, Middlesex 1985, drugo izdanje, četvrti pretisak.
3. C. E. Shannon, W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Urbana 1949.
4. N. Wiener, *Cybernetics*, Wiley, New York 1948.
5. I. Skarić, *Suvremena lingvistika* 5-6 (1973) 17.
6. C. Lévi-Strauss, *Structural Anthropology*, Penguin, Harmondsworth, Middlesex, 1979.
7. I. Skarić, *U potrazi za izgubljenim govorom*, Školska knjiga, Zagreb 1982.
8. J. Campbell, *Grammatical Man*, Simon & Schuster, New York 1982.
9. M. Drvodelić, *Englesko-hrvatski rječnik*, Školska knjiga, Zagreb 1981, šesto izdanje, str. 62. i str. 183.
10. L. Brillouin, *Science and Information Theory*, Academic, New York 1962, drugo izdanje.
11. L. Boltzmann, *Vorlesungen über Gastheorie*, Teubner, Leipzig 1896.
12. L. Szilard, *Z. Physik* 53 (1929) 840.
13. D. E. Sunko, *Znanost, obrazovanje i tehnološki razvoj - Prilog raspravi o stanju u nas*, preprint (rujan 1985).
14. T. Pynchon, *Entropy*, u: 12th from the Sixties, uredio R. Kostelanetz, Dell, New York 1974, peti pretisak, str. 22.
15. T. Pynchon, *Entropija*, u: Antologija američke kratke priče, uredio Ž. Ivanjek, Nakladni zavod Matice hrvatske, Zagreb 1985, str. 237.
16. A. Einstein, *Relativity*, Bonanza, New York 1961.
17. I. Supek, *Teorijska fizika i struktura materije*, Školska knjiga, Zagreb 1977, drugi dio, četvrto prerađeno i dopunjeno izdanje.
18. H. Quastler (urednik), *Essays on the Use of Information Theory in Biology*, University of Illinois Press, Urbana 1953.
19. D. Bonchev, N. Trinajstić, *J. Chem. Phys.* 67 (1977) 4517.
20. K. Eschlagler, V. Stepanek, *Information Theory as Applied to Chemical Analysis*, Wiley, New York 1979.
21. D. Bonchev, N. Trinajstić, *Int. J. Quantum Chem.: Quantum Chem. Symp.* 16 (1982) 463.
22. D. Bonchev, *Information Theoretic Characterization of Chemical Structures*, Research Studies Press, Chichester 1983.

Nenad Trinajstić

*INFORMATION AND ITS VALUE*

*Summary*

Information and its value is discussed. The connection between information and entropy is stressed and it is pointed out that a neglect of the practical value of information is a serious deficiency of information theory.

The article is partly based on a lecture delivered in the University of Missouri in Kansas City (Missouri, USA) on November 11, 1986.