

The cognitive error in decision making

Pier Luigi Baldi

Full professor of General Psychology, Catholic University of Milan

ABSTRACT

This issue deals with the partial data of a research in progress on focalization, pseudodiagnosticity and framing-effect in decision making, followed by the most important results of some experiments about the emotional

aspects of the choice, and ends by stressing the potential contribution of the artificial neural networks to the medical diagnosis.

Introduction

First of all, I will connect to my article “Decision making”, published in this Journal some years ago¹. In that issue I pointed out some aspects, among them focalization, pseudodiagnosticity and framing-effect, which, according to some research works, significantly influence decision making. Focalization, and pseudodiagnosticity are two inter-related ways of information processing: the first one concerns the tendency to consider only some elements of a situation and to leave out all the others; the second one consists of leaving out important aspects for a diagnosis (diagnosis widely considered, beyond the medical sphere). Focalization and pseudodiagnosticity imply that, in decision making, the subjects are satisfied with an incomplete research of the possible alternatives². Focalization and pseudodiagnosticity are explained by “Mental Models Theory” (MMT), stating that “...we are unconsciously satisfied with simplified models of reality and ... such models guide our thinking and behaviour”².

As for framing-effect, it is the conditioning of the decision by the verbal formulation modalities of the alternatives.

First data of a research on focalization, pseudodiagnosticity and framing-effect

I will explain now the concepts of focalization, pseudodiagnosticity and framing-effect by the provisional data of a research work on decision mak-

ing I am carrying out on undergraduate students. This research requires a yes/no answer, with possible addition of observations, to the following four questions:

• Question No. 1

In your city, in the last month, an Indian holy man healed 15 people. A famous physician, who is interested in the same pathology, healed 4 people. Would you recommend an examination by the Indian holy man to a friend of yours, who suffers from the problems treated by both the holy man and the physician?

• Question No. 2

Imagine that you have just graduated and you receive a job offer from an important multinational company. You are offered an interesting job and a €5,000 initial monthly salary. You are also required to make an immediate decision. Would you accept the offer?

• Question No. 3A

During a party, in a newlywed's couple's home, you meet some nice boys and girls, who invite you to ride their car and spend the rest of the night in a club in an area you like very much. Would you accept?

• Question No. 3B

During a family party you make friends with some boys and girls, who invite you to ride their car and spend the rest of the night in a club in an area you like very much. Would you accept?

TAB. 1

Answers to the questions (%).

		Questions			
		No. 1	No. 2*	No. 3A	No. 3B
Answers	Yes	32	84	36	62
	No	68	12	64	38

* No answer: 4%.

Questions 3A and 3B are parallel and convey the same information, but there are some formal differences among them, aiming to elicit more confidence in reading question 3A than in reading question 3B (e.g., “the newlywed’s couple’s home” of question 3A becomes “family” in question 3B) and so promoting the framing-effect.

Question 3A was put to a subgroup of subjects, question 3B to the other subgroup.

Table 1 shows the results obtained so far.

In my opinion, the most interesting information in Table 1 concern the answers to question No. 2 and the comparison between the answers to question No. 3A and the ones to question No. 3B.

In regards to the data of question No. 2, they are probably referable to the focalization on the interaction between the promised high pay and the prospect of an interesting job; nearly all the boys accept the job offer without mentioning, in the comments’ space, what the demands of the multinational company may be (e.g. one can wonder about the job site location and how frequently homecoming is possible, what are the risks involved in the job even if it’s interesting, etc.) and show a clear pseudodiagnosticity.

The comparison between answers 3A and 3B can be interpreted in the light of the framing-effect: the few formal changes in question 3B have been enough to obtain the overturning of the percentages of answers.

Finally, I think we can easily admit that focaliza-

tion and pseudodiagnosticity explain the not insignificant percentage of subjects who answered “yes” to question No. 1. These ones didn’t realize that the data are incomplete, since the number of people who respectively consulted the holy man and the physician isn’t stated: the holy man could have by chance healed 15 people over dozens of them, while the “famous” physician, particularly engaged in scientific activities, could have healed 4 over 5 patients examined in the last month.

If the focalization and the pseudodiagnosticity may be largely ascribed to a simplification process, that can be linked to people’s modest cognitive resources, process that allows to deal with otherwise unmanageable problems and decisional situations³ (Simon, 1982), non-cognitive variables are crucial on other mistakes, which we make over decision making.

Emotions and decision

Several experimental works emphasized the frequent indecision and inconsistency of people’s preferences⁴, preferences influenced by personality aspects, above all by emotional aspects⁵.

The results of many psychological researches, beginning from Zajonic’s early researches of the second half of last century up to more recent works, pointed out the inadequacy of an explanation of many decisions exclusively based on rational foundations and the importance of the approach to the *decision making*, considering the emotional elements. Some studies on people suffering from anxiety dis-

TAB. 2

Equidistribution test of the yes/no answers to questions 3A and 3B.

	3A	3B	Tot.	χ^2
Yes	4	9	13	6.09*
No	7	5	12	
Tot.	11	14	25	

No. = 25; Chi-square test with Yates’ correction for continuity; Df = 1; *p < 0.05.

orders showed their outstanding tendency to consider that adverse events are very likely to happen and to perceive themselves in a risk situation^{6,7}.

Affective states experimentally caused in non anxious people also allowed to observe that, as a consequence of unpleasant emotional states, the perception of the risk rises, causing a significant spin-off on the performances and on the consideration of one's choices^{8,9}.

According to Bower & Cohen¹⁰, affective states may act as a filter and the prevailing emotional state causes only certain aspects of the decisional context, and no others, to be selected. Possible consequences are decisions highly conditioned by the prevailing momentary emotion.

In an experimental work, Wright & Bower¹¹ caused subjects of the experimental group to be in a pleasant emotional state, by asking them to recall a situation in which they had been particularly happy, or an unpleasant emotional state, by asking them to recall a particularly unhappy situation.

Afterwards the same subjects, in hypnotic state, had to consider the probability a series of events to happen, where in half cases they were protagonists; the results of the events would have been positive or negative. In comparison with the control group, without any caused emotional state, the subjects who had recalled happy situations tended to overestimate the probability of positive events and to underestimate the risk of negative events, whereas the subjects who had recalled unhappy situations behaved in the opposite way.

The neurosciences also emphasized the affective aspects of decision making. E.g., Damasio¹² observed the impossibility of rational decisions, in spite of the completeness of the intellectual faculties, in patients showing lesions of the frontal cortex, unable to set links between the effects of their action and the related emotions.

On the basis of the obtained outcomes, Damasio¹² states that the emotional experience guides the decision.

Certainly, in the next few years the technological strategies will be improved, to support decision making, strategies which the cognitive science gave a significant contribution to. This area includes researches about the neural networks.

Neural networks and decision making processes

Officially, the "Cognitive Science" was born in 1977, year in which the journal *Cognitive Science* was founded; its two paradigms were modular-

ism and connectionism. Connectionism had more followers, while Fodor's modularism, by hypothesizing a modular cognitive architecture, above all claimed neuropsychologists' attention.

The connectionist approach imposed itself also because of the substantial inadequacy of the previous computational models to simulate the functioning of the human mind; it is characterized by "brain style" models which are artificial "neural networks"; these networks simulate biological neural networks and, so, the nervous system.

In fact, the computer can carry out tasks which are very complex for the individual, as mathematic calculi, solution of logical problems, memorization of lots of data, but it cannot reproduce the tasks that our mind perform very easily on a daily basis as recognizing one object among others from few characteristics, recognizing words written by different handwritings or upturned letters, making decisions based on few information. In short, computers, unlike the human mind, cannot work with imprecise or incomplete data.

Some important differences between the nervous system and a serial system of information processing are as follows¹³:

- Parallel processing of the information, while the traditional computers processing of each datum is individual and serial; that explains a greater velocity of the brain in executing tasks, as visual recognition of the objects, which requires simultaneous processing of a lot of data.
- In the nervous system many neurons execute the same task; the processing is therefore distributed among many elements, as the intracellular registration or cerebral activity visualisation techniques show. In addition, each neuron can participate in different types of elaboration both simultaneously and serially.
- Unlike computers, which access to each memorized information through a numerical address, the human brain accesses to its memory through the content of the information.
- The nervous system performs tasks without being programmed and automatically learns from experience or with an expert teacher's help.

Although the artificial neural networks operate quite differently from the serial computers, it's possible to simulate an artificial neural network on any type of computer.

An Artificial Neural Network (ANN) is a model which simulates the biological neural networks. It is composed of aggregations (or *nets*) of simple elements, named *artificial neurons* or *unities* or *knots*

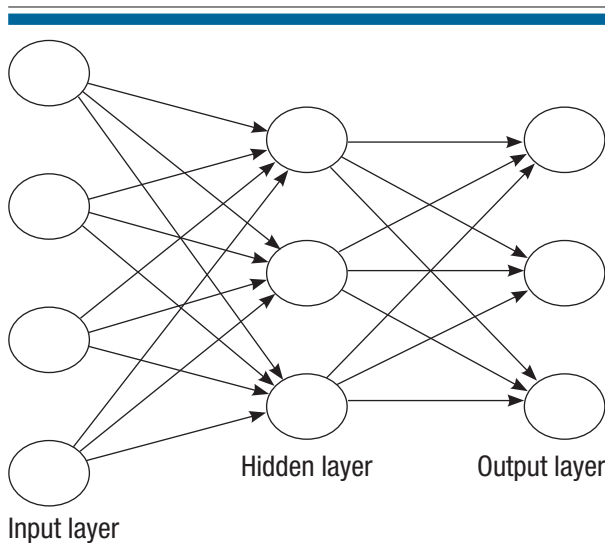


Fig. 1 - An example of a tree layers neural network.

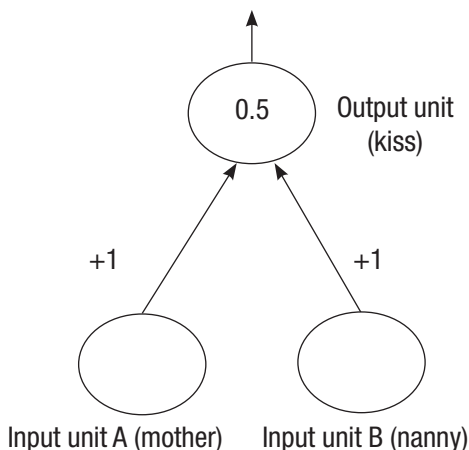


Fig. 2 - Representation of an inclusive disjunction.

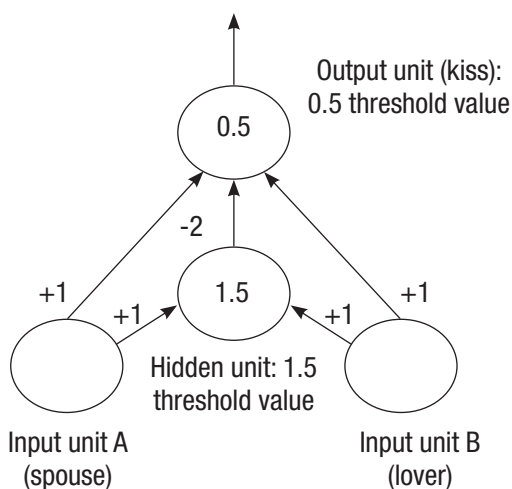


Fig. 3 - Representation of an exclusive disjunction.

or processors¹³; the transmission of the signal from one knot to another one is modulated by synapses, which can amplify the signal or reduce it.

In a neural network there are at least two types of unities: the *input units* and the *output units*. Nevertheless multilayer neural networks are required for complicated tasks. The intermediate knots are called hidden units, since they are not in contact with the external and don't produce directly a response.

The various types of neural networks may be simply divided into supervised and unsupervised networks. The first ones, unlike the second ones, are trained to respond to the inputs, to be processed by outputs which lean gradually to the expected outputs. A particularly used training method is the error back-propagation algorithm*, by which the weights of the connections among the knots of the network are progressively modified.

As for the unsupervised networks, they are based on training algorithms, which modify the weights of the network by using only the input data. Among them, Kohonen's networks (SOM: Self-Organizing Maps), are well-known to the specialists in the field and feature many applications. E.g., a SOM can map the input data and cluster them by a certain criterion.

The following is a simple example, derived from Johson Laird (1993) and adapted by Anolli & Legrenzi (op. cit.). I think that it can give some useful explanation of the connectionist networks (Figures 2 and 3).

The network represented in Figure 2 symbolizes an *inclusive disjunction* (A or B or both); suppose that two input units, A (mother) and B (nanny), produce an affective stimulation, which reaches force 1; the child gives a response as output (e.g., blowing a kiss) if he/she is encouraged by his/her mother or by his/her nanny or by both of them, as A and B's encouragement, and even more so A and B's joint encouragement exceeds 0.5 threshold value. The child doesn't blow a kiss only if he/she is not stimulated.

The network represented in Figure 3 symbolizes an *exclusive disjunction* (A or B, not both); in this case we hypothesize a man, who kisses their spouse or their lover, not both at the same time. Inhibitory

* The word "algorithm" derives from the name of the Persian mathematician Al-Khuwarizmi (9th century); it indicates a systematic problem solving procedure by a finite number of steps. E.g., the softwares are algorithms consisting of logical and algebraic operations, written in a language which can be understood by computers.

hidden unit, whose threshold value is 1.5 explains this condition: if the man is in front of their spouse or their lover (inhibitory hidden unit will not put itself in action, for its threshold value is 1.5) will express themselves with a kiss; if the same man is in front of both of them, inhibitory hidden unit will put itself in action, for it will receive a stimulation whose value is 2, that is more than its threshold value, and will send to the *output unit* a stimulation equal and opposite to the sum of the activations from A and from B. That situation will inhibit the response of the output unit and the man's kiss.

Granted that medical diagnosis is a complex process, the artificial neural networks, according to the experts of this area, can be a great help for both the diagnosis of the pathologies and the subsequent prognosis. A neural network can operate on images (X-ray plates), as well as on symbolic data, which represent symptoms and data¹³. It's well known the Anderson's so-called "instant physician"^{**}, that is a neural network for diagnosis and patients' treatment. I think that the chance to produce a "neural network-artificial physician" in future cannot be "a priori" excluded; such a network could gather the experience of the best physicians in the world counterbalancing the fact that a physician who quits his/her activity deprives the community from his/her experience.

However it goes, it's presumable that an "artificial opinion" may be helpful to the clinician's decision process.

** Attributed by Hecht-Nielsen¹⁶.

References

1. Baldi PL La decisione. Decision making. *Emerg Care J*; 2006; 3: 18-21.
2. Anolli L, Legrenzi P. *Psicologia generale*. Il Mulino, Bologna, 2003.
3. Simon HA. *Models of bounded rationality*. MIT Press, Cambridge (MA), 1982.
4. March JG. Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science* 1991; 10: 71-87.
5. Kahneman DE, Ritov I, Schkade D. Economic preferences or attitude expressions? An analysis of dollar responses to public issues. *J Risk Uncertain* 1999; 19: 203-235.
6. Engelhard IM, Van den Hout MA, Arntz A, McNally RJ. A longitudinal study of 'intrusion-based reasoning' and post-traumatic stress disorder after exposure to a train disaster. *Behav Res Ther* 2002; 40 (12): 1415-1424.
7. Engelhard IM, Macklin M, McNally RJ *et al.* A. Emotion and 'intrusion-based reasoning' in Vietnam veterans with and without chronic post-traumatic stress disorder. *Behav Res Ther* 2003; 39(11): 1339-1348.
8. Gasper K, Clore GL. The persistent use of negative affect by anxious individuals to estimate risk. *J Pers Soc Psychol* 1998; 74: 1350-1363.
9. Scott WD, Cervone D. The impact of negative affect on performance standards: evidence for an affect-as-information mechanism. *Cogn Ther Res* 2002; 26: 19-37.
10. Bower GH, Cohen PR. *Emotional influences in memory and thinking: data and theory*. In: Clark MS, Fiske ST (eds). *Affect and Cognition: The 17th Annual Carnegie Symposium on Cognition*. Erlbaum, Hillsdale (NJ), 1982.
11. Wright W, Bower GH. Mood effects on subjective probability assessment. *Organ Behav Hum Decis Process* 1992; 52(2): 276-291.
12. Damasio AR. *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*. Avon, New York, 1994.
13. Floreano D. *Manuale sulle reti neurali*. Il Mulino, Bologna, 1996.
14. Johnson-Laird PN. *The computer and the mind: an introduction to cognitive science*, 2nd ed. William Collins Sons & Co., London, 1993. Trad.it. *La mente e il computer. Introduzione alla scienza cognitiva*, 2^a ed. Il Mulino, Bologna, 1997.
15. Anderson JA. *Cognitive Capabilities of a Parallel System*. In: Bienenstock E, Fogelman-Souli F, Weisbuch G (eds). *Disordered Systems and Biological Organization*. Springer-Verlag, Berlin, 1986, NATO-ASI Series.
16. Hecht-Nielsen R. *Neurocomputing*. Addison-Wesley, Reading (MA), 1990, p. 354.

L'errore cognitivo nel processo decisionale

Pier Luigi Baldi

Professore ordinario di Psicologia Generale, Università Cattolica di Milano

SINTESI

Nell'articolo sono esposti i dati parziali di una ricerca, attualmente in corso di svolgimento, su focalizzazione, pseudodiagnosticità ed effetto-framing nel processo decisionale. Successivamente vengono riportati i risul-

tati salienti di alcuni lavori sperimentali sugli aspetti emozionali della scelta. Infine si sottolinea il potenziale contributo delle reti neurali artificiali alla diagnosi medica.

Premessa

Mi ricollegherò innanzi tutto al mio articolo intitolato "La decisione", comparso su questa rivista alcuni anni fa¹. In esso mi soffermai su alcune condizioni, tra cui *focalizzazione*, *pseudodiagnosticità* ed *effetto-framing*, che nei lavori di ricerca hanno mostrato di influenzare in modo significativo il processo decisionale. Focalizzazione e pseudodiagnosticità sono due modalità di elaborare le informazioni, fra loro collegate, la prima riguardante la tendenza a considerare solo alcuni elementi di una situazione, tralasciando tutti gli altri, la seconda consistente nel non tenere conto di aspetti importanti ai fini di una diagnosi (quest'ultima intesa in senso lato e non ristretta esclusivamente all'ambito clinico).

La focalizzazione e la pseudodiagnosticità implicano che, nel prendere decisioni, le persone spesso si ritengono soddisfatte di una ricerca non completa delle alternative possibili². Focalizzazione e pseudodiagnosticità sono spiegate dalla *teoria dei modelli mentali* (TMM), secondo cui "...ci accontentiamo, inconsapevolmente, di modelli semplificati della realtà e ... tali modelli guidano il nostro modo di pensare e di agire"².

Quanto all'*effetto-framing*, esso viene riferito al condizionamento esercitato sulla decisione da parte delle modalità in cui le alternative sono presentate verbalmente.

Primi risultati di una ricerca su focalizzazione, pseudodiagnosticità ed effetto-framing

Cercherò di illustrare focalizzazione, pseudodiagnosticità ed *effetto-framing* utilizzando i dati provvisori di una ricerca sulla decisione che sto conducendo su studenti universitari. La ricerca richiede un giudizio sì/no, con eventuale aggiunta di osservazioni, a quattro quesiti:

• Quesito n. 1

Nella tua città, un santone indiano ha guarito nell'ultimo mese 15 persone. Un celebre medico, che si occupa della stessa patologia del santone, ne ha guarite 4. Consigliaresti una visita del santone indiano a un tuo amico, che soffre degli stessi disturbi curati sia dal santone sia dal medico?

• Quesito n. 2

Immagina di esserti laureato da pochi giorni e di ricevere un'offerta di lavoro da un'importante società multinazionale. Ti vengono proposti un lavoro che ti interessa e uno stipendio iniziale di 5000 euro mensili. Ti si richiede di decidere immediatamente. Accetteresti?

• Quesito n. 3A

A una festa, a casa di un uomo e di una donna che si sono sposati da poco, conosci alcuni ragazzi e

TAB. 1

Risposte ai quesiti (%).

		Quesiti			
		N. 1	N. 2*	N. 3A	N. 3B
Risposte	Sì	32	84	36	62
	No	68	12	64	38

* Non risposte: 4%.

ragazze, che trovi simpatici, che ti propongono di andare con la loro auto a passare il resto della serata in un locale della zona, che ti piace molto. Accetteresti?

• **Quesito n. 3B**

A una festa in famiglia entri in simpatia con alcuni ragazzi e ragazze, che ti invitano ad andare con la loro auto a trascorrere il resto della serata in un locale della zona, che ti piace molto. Accetteresti?

Si noti il parallelismo dei quesiti 3A e 3B, i quali comunicano le stesse informazioni, ma con alcune differenze formali, che hanno lo scopo di indurre un maggiore senso di fiducia nella lettura del quesito 3B rispetto al 3A (es., la “casa di un uomo e di una donna che si sono sposati da poco” della domanda 3A diventa “famiglia” in 3B) e di favorire, quindi, il manifestarsi dell’effetto-*framing*.

Il brano 3A è stato sottoposto a un sottogruppo di ragazzi, il brano 3B all’altro sottogruppo.

I risultati finora ottenuti sono contenuti in Tabella 1. A mio parere, le informazioni più interessanti della Tabella 1 riguardano le risposte al quesito 2 e il confronto fra le risposte alla domanda 3A e quelle alla domanda 3B.

Quanto ai dati del quesito 2, essi sono verosimilmente riconducibili alla focalizzazione sull’interazione fra l’elevata remunerazione promessa e la prospettiva di un lavoro interessante; la quasi totalità dei ragazzi accetta la proposta di lavoro senza chiedersi, nello spazio riservato alle osservazioni,

quali possano essere le richieste da parte della multinazionale (es., ci si potrebbe domandare dov’è situato il luogo di lavoro e con quale frequenza si può ritornare a casa, quali rischi può comportare la pur interessante attività, ecc.) e mette in luce un’evidente pseudodiagnosticità.

Il confronto fra le risposte al quesito 3A e quelle al quesito 3B è interpretabile alla luce dell’effetto-*framing*: sono state sufficienti le poche modifiche formali introdotte nella domanda 3B, per ottenere il capovolgimento delle percentuali di risposta.

Infine, mi pare si possa facilmente concordare sul fatto che focalizzazione e pseudodiagnosticità sono alla base della percentuale non trascurabile di ragazzi che ha risposto “sì” alla domanda 1. Questi non si sono accorti che i dati sono incompleti, in quanto non viene esplicitato il numero di persone che hanno rispettivamente consultato il santone e il medico: il santone potrebbe aver guarito casualmente 15 persone su diverse decine e il “celebre” medico, particolarmente impegnato in attività scientifiche, potrebbe avere guarito 4 dei 5 pazienti visitati nell’ultimo mese.

Se la focalizzazione e la pseudodiagnosticità possono essere dovute in buona misura a un processo di semplificazione, ricollegabile alle limitate risorse cognitive di cui le persone dispongono, semplificazione che permette di affrontare problemi e situazioni decisionali diversamente ingestibili³ (Simon, 1982), variabili extracognitive hanno un peso rilevante su altri errori, in cui si incorre nella decisione.

TAB. 2

Test di equidistribuzione risposte sì/no ai quesiti 3A e 3B.

	3A	3B	Tot.	χ^2
Sì	4	9	13	6.09*
No	7	5	12	
Tot.	11	14	25	

N. = 25; χ^2 con correzione di Yates; g. di l. = 1; *p < 0.05.

Emozioni e decisione

Varie ricerche sperimentali hanno rimarcato le frequenti nebulosità e contraddittorietà delle preferenze delle persone⁴, preferenze influenzate da caratteristiche di personalità, segnatamente da aspetti di natura emotiva⁵.

La non esaustività di una spiegazione di molteplici decisioni in termini esclusivamente razionali e l'importanza di un approccio al *decision making* che tenga conto della dimensione emozionale si ricava dai risultati di molte ricerche psicologiche, dai primi contributi di Zajonc della seconda metà degli anni sessanta del secolo scorso, a lavori più recenti.

Studi compiuti su persone afflitte da disturbi d'ansia ne hanno mostrato una spiccata propensione a stimare come altamente probabile il verificarsi di eventi sfavorevoli e a percepirsi in situazioni di rischio^{6,7}.

Anche l'induzione sperimentale di stati affettivi in persone non ansiose ha permesso di osservare che, a seguito di stati emotivi sgradevoli, la percezione del rischio aumenta, con una conseguente ricaduta significativa sulle prestazioni e sulla valutazione delle proprie scelte^{8,9}.

Secondo Bower e Cohen¹⁰ gli stati affettivi possono assumere la funzione di filtro attentivo, per cui lo stato emozionale dominante fa sì che vengano selezionati determinati aspetti del contesto decisionale, e non altri. Ne possono quindi derivare decisioni fortemente condizionate dall'emozione che è al momento prevalente.

In un lavoro di Wright e Bower¹¹, ai soggetti del gruppo sperimentale veniva indotto uno stato d'animo piacevole, chiedendo loro di ricordare una situazione in cui si erano sentiti particolarmente felici, o uno stato d'animo spiacevole, chiedendo di rievocare una situazione particolarmente triste. Successivamente gli stessi soggetti, in stato ipnotico, dovevano valutare la probabilità di accadimento di una serie di eventi, in metà dei quali avevano un ruolo di protagonisti; gli eventi potevano avere esito positivo o esito negativo. Rispetto al gruppo di controllo, senza alcuno stato emozionale indotto, i soggetti che avevano richiamato situazioni felici tendevano a sovrastimare la probabilità di accadimento degli eventi positivi e a sottostimare il rischio che si verificassero avvenimenti negativi, mentre i soggetti che avevano rievocato episodi tristi si comportavano in modo opposto.

Anche le neuroscienze hanno rilevato il ruolo della dimensione affettiva nel processo decisionale. Per

esempio, Damasio¹², in pazienti con lesioni della corteccia frontale, incapaci di stabilire nessi fra le conseguenze delle loro azioni e le relative emozioni, ha osservato l'impossibilità di decidere razionalmente, nonostante le funzioni intellettive fossero rimaste integre. Sulla base dei risultati ottenuti, Damasio¹² afferma che l'esperienza emozionale ha una funzione di guida nella decisione.

L'impegno dei prossimi anni consisterà nel perfezionare strategie tecnologiche, che siano di supporto alla decisione, strategie a cui la scienza cognitiva ha fornito un significativo contributo. In questo ambito rientrano le ricerche che utilizzano le reti neurali.

Reti neurali e processi decisionali

La "scienza cognitiva", ha avuto inizio ufficialmente nel 1977, anno di fondazione della rivista *Cognitive Science*; i suoi due paradigmi di riferimento sono costituiti dal *modularismo* e dal *connessionismo*. Di essi, il connessionismo ha avuto un più largo seguito, laddove il modularismo, secondo l'ottica di Fodor, ipotizzando un'architettura cognitiva distinta in moduli, si è imposto soprattutto all'attenzione dei neuropsicologi.

L'approccio connessionista si è affermato anche a causa della sostanziale inadeguatezza, da parte dei precedenti modelli computazionali, nel simulare il funzionamento della mente umana; esso si caratterizza per la costruzione di modelli che possiamo definire "*brain style*", consistenti in "reti neurali" artificiali, che si ispirano alla reti neurali biologiche e, quindi, al sistema nervoso.

In effetti, il computer riesce a eseguire compiti particolarmente complessi per l'uomo, come calcoli matematici, soluzione di problemi logici, memorizzazione di una notevole quantità di dati, ma non riesce a riprodurre le funzioni che quotidianamente la nostra mente svolge con tutta semplicità, come riconoscere un oggetto fra gli altri sulla base di poche caratteristiche, riconoscere parole scritte con grafie diverse o con caratteri capovolti, prendere decisioni a partire da poche informazioni. Insomma, il computer, a differenza dalla mente umana, non può operare su dati imprecisi o incompleti. Alcune importanti differenze fra il sistema nervoso e un sistema di elaborazione seriale dell'informazione sono le seguenti¹³:

- L'informazione viene elaborata *in parallelo*, mentre i calcolatori tradizionali procedono attraverso un'*elaborazione individuale e seriale* di ciascun dato; ciò spiega la maggiore velocità del

cervello nell'eseguire compiti, come il riconoscimento visivo di oggetti, per i quali deve essere elaborato simultaneamente un elevato numero di dati.

- Nel sistema nervoso molti neuroni si occupano della stessa operazione; l'elaborazione è quindi *distribuita* su molti elementi, come mostrano le tecniche di registrazione intracellulare o di visualizzazione dell'attività cerebrale. Inoltre, un singolo neurone è in grado di partecipare a diversi tipi di elaborazione, sia contemporaneamente sia in tempi successivi.
- A differenza dei calcolatori, che accedono a ogni informazione memorizzata tramite un indirizzo numerico, il cervello umano risale alla propria memoria in base al contenuto dei ricordi.
- Il sistema nervoso esegue compiti senza essere programmato e impara autonomamente attraverso l'esperienza o con l'aiuto di un insegnante esperto.

Malgrado il fatto che le reti neurali artificiali funzionino in modo radicalmente diverso dal computer seriale, è comunque possibile simulare una rete neurale artificiale su qualsiasi tipo di computer.

Una rete neurale artificiale (*Artificial Neural Network*, ANN) è un modello che simula le reti neurali biologiche.

Esso è costituito da aggregazioni (o *reti*) di elementi semplici, che possono essere denominati *neuroni artificiali* oppure *unità* o *nodi* o *processori*¹³; la trasmissione del segnale fra un nodo e l'altro è modulata da *sinapsi*, le quali possono amplificare il segnale o ridurlo.

In una rete neurale esistono almeno due tipi di unità: quelle d'ingresso (*input units*) e quelle d'uscita (*output units*). Tuttavia, per svolgere compiti di una certa complessità, sono necessarie reti neurali multistrato, che prevedono più livelli di nodi. I nodi intermedi vengono chiamati "unità nascoste" (*hidden units*), poiché non sono a contatto con gli stimoli esterni e non producono direttamente una risposta (Figura 1).

I vari tipi di reti neurali possono essere semplicemente suddivisi in *reti supervisionate* e *reti non supervisionate*. Le prime, a differenza delle seconde, vengono "addestrate" a rispondere agli *input* da processare con *output* che si avvicinino gradualmente agli *output* desiderati. Un metodo particolarmente usato per l'"addestramento" è quello che si avvale dell'algoritmo* di *retropropagazione dell'errore* (*error back-propagation*), attraverso cui vengono progressivamente modificati i pesi delle connessioni tra i nodi della rete.

Nel caso delle reti *non supervisionate*, esse si basano su algoritmi che modificano i pesi della rete utilizzando unicamente i dati relativi alle variabili d'ingresso. Sono assai note, fra gli addetti ai lavori, le reti di Kohonen (*Self-Organizing Maps*, SOM), che vantano numerose applicazioni. Per esempio, una SOM è in grado di mappare gli input che le vengono presentati e di mettere vicini gli input che si assomigliano per un determinato criterio.

Penso che un semplice esempio, tratto da Johnson-Laird¹⁴ e adattato da Anolli e Legrenzi², possa fornire qualche utile chiarimento sulle reti connessioniste (Figure 2 e 3).

La rete di Figura 2 simboleggia una *disgiunzione inclusiva* (A oppure B o entrambi): supponiamo che due unità di input, A (madre) e B (balia) producano una stimolazione affettiva che raggiunge la forza 1; il bambino fornisce una risposta come *output* (es., mandare un bacio) sia se è incoraggiato dalla madre, sia se è incoraggiato dalla balia, sia da entrambe, in quanto l'incoraggiamento di A, di B e, a maggior ragione, di entrambi supera la soglia di attivazione di 0,5. Il bambino non manda il bacio solo se non è stimolato.

La rete di Figura 3 simboleggia un *disgiunzione esclusiva* (A oppure B, ma non entrambi): in questo caso possiamo ipotizzare di trovarci di fronte a una persona che bacia o il coniuge o l'amante, ma non entrambi contemporaneamente. L'introduzione dell'unità nascosta inibitoria, con soglia 1,5, permette di dar conto di questa situazione: se la persona è in presenza del coniuge o dell'amante (non si attiverà l'unità inibitoria nascosta, in quanto la sua soglia è 1,5) si esprimerà con un bacio; se è in presenza di entrambi, l'unità inibitoria si attiverà, poiché riceverà una stimolazione pari a 2, che farà superare il suo valore di soglia e invierà una stimolazione all'unità di *output* uguale e contraria alla somma delle due attivazioni provenienti da A e B. Ciò bloccherà la risposta dell'unità di *output* e quindi il bacio della persona.

Considerato il fatto che la diagnosi in medicina è un processo complesso, le reti neurali, secondo gli esperti del settore, possono essere di grande aiuto sia nella diagnosi delle patologie sia nella relativa

*Il termine "algoritmo" deriva dal nome del matematico persiano Al-Khuwarizmi (IX sec. d.C.); esso indica una procedura sistematica, che permette di risolvere problemi in un numero finito di passi. Per esempio, i programmi per computer sono algoritmi, che comprendono operazioni logiche e algebriche, espressi in un linguaggio che può essere compreso dalla macchina.

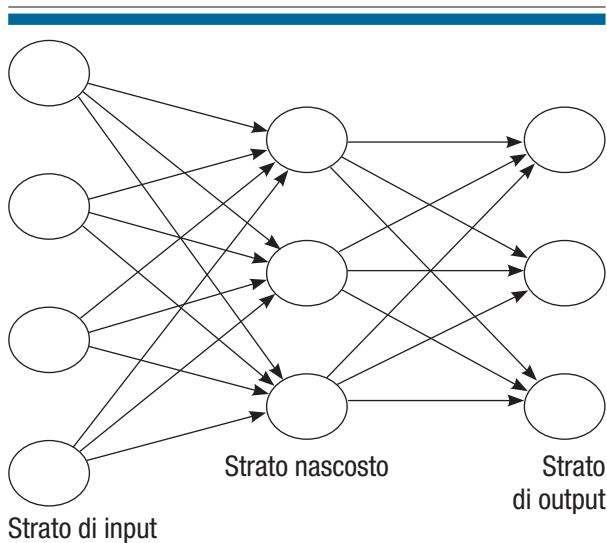


Fig. 1 - Esempio di rete neurale a tre strati.

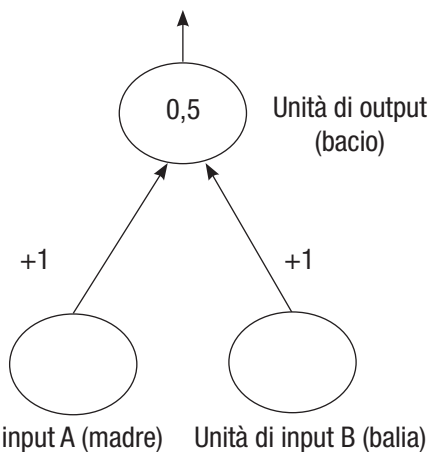


Fig. 2 - Rappresentazione di una disgiunzione inclusiva.

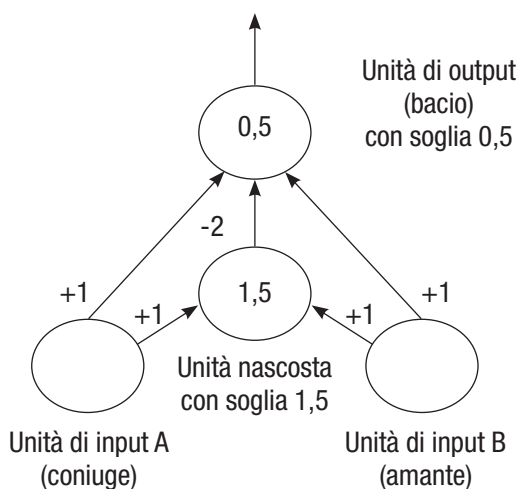


Fig. 3 - Rappresentazione di una disgiunzione esclusiva.

prognosi. Una rete neurale può operare su immagini (lastre a raggi X) come su dati simbolici, che rappresentano sintomi e dati¹³. Molti probabilmente ricordano il cosiddetto “medico istantaneo”^{**} di Anderson¹⁵, rete neurale in grado di fornire diagnosi e trattamento di pazienti.

Penso che non si possa escludere a priori la possibilità di creare in futuro una “rete neurale-medico artificiale”, che assommi in sé l’esperienza dei migliori medici del mondo, ovviando alla situazione per cui un medico, che cessa la sua attività, non mette più a disposizione della comunità la sua esperienza.

Comunque vadano le cose, si presume che un “parere artificiale” possa essere utile al processo decisionale del clinico.

** Nome attribuito da Hecht-Nielsen¹⁶.

Bibliografia

1. Baldi PL La decisione. Decision making. *Emerg Care J*; 2006; 3: 18-21.
2. Anolli L, Legrenzi P. *Psicologia generale*. Il Mulino, Bologna, 2003.
3. Simon HA. *Models of bounded rationality*. MIT Press, Cambridge (MA), 1982.
4. March JG. Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science* 1991; 10: 71-87.
5. Kahneman DE, Ritov I, Schkade D. Economic preferences or attitude expressions? An analysis of dollar responses to public issues. *J Risk Uncertain* 1999; 19: 203-235.
6. Engelhard IM, Van den Hout MA, Arntz A, McNally RJ. A longitudinal study of ‘intrusion-based reasoning’ and post-traumatic stress disorder after exposure to a train disaster. *Behav Res Ther* 2002; 40 (12): 1415-1424.
7. Engelhard IM, Macklin M, McNally RJ et al. A. Emotion and ‘intrusion-based reasoning’ in Vietnam veterans with and without chronic post-traumatic stress disorder. *Behav Res Ther* 2003; 39(11): 1339-1348.
8. Gasper K, Clore GL. The persistent use of negative affect by anxious individuals to estimate risk. *J Pers Soc Psychol* 1998; 74: 1350-1363.
9. Scott WD, Cervone D. The impact of negative affect on performance standards: evidence for an affect-as-information mechanism. *Cogn Ther Res* 2002; 26: 19-37.
10. Bower GH, Cohen PR. *Emotional influences in memory and thinking: data and theory*. In: Clark MS, Fiske ST (eds). *Affect and Cognition: The 17th Annual Carnegie Symposium on Cognition*. Erlbaum, Hillsdale (NJ), 1982.
11. Wright W, Bower GH. Mood effects on subjective probability assessment. *Organ Behav Hum Decis Process* 1992; 52(2): 276-291.
12. Damasio AR. *Descartes’ Error: Emotion, Reason and the Human Brain*. Avon, New York, 1994.
13. Floreano D. *Manuale sulle reti neurali*. Il Mulino, Bologna, 1996.
14. Johnson-Laird PN. *The computer and the mind: an introduction to cognitive science*, 2nd ed. William Collins Sons & Co., London, 1993. Trad.it. *La mente e il computer. Introduzione alla scienza cognitiva*, 2^a ed. Il Mulino, Bologna, 1997.
15. Anderson JA. *Cognitive Capabilities of a Parallel System*. In: Bienenstock E, Fogelman-Souli F, Weisbuch G (eds). *Disordered Systems and Biological Organization*. Springer-Verlag, Berlin, 1986, NATO-ASI Series.
16. Hecht-Nielsen R. *Neurocomputing*. Addison-Wesley, Reading (MA), 1990, p. 354.