

Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca  
**CASTELFRANCHI CRISTIANO**  
Università degli Studi di SIENA

Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca  
**GIOTTO VITTORIO**  
Università IUAV di VENEZIA

**Titolo specifico del programma svolto dall'Unità di Ricerca**  
Revisione di credenze e scelte in soggetti esperti e non esperti

*Revisions of beliefs and choices in expert and naive individuals*

### **Base di partenza scientifica nazionale o internazionale**

Nelle loro attività quotidiane le persone sono spesso portate a valutare il grado di fiducia da accordare ad una credenza o ad un'ipotesi sullo stato del mondo. L'esercizio di tale valutazione può richiedere delle competenze esperte. E' il caso, da esempio, di un medico impegnato nella diagnosi di una malattia o di un ricercatore impegnato nel controllo di un'ipotesi scientifica. Se uno scienziato valuta e rivede ipotesi sulla base di informazioni raccolte attraverso la sperimentazione, le persone comuni si trovano spesso nella necessità di dover rivedere le loro credenze sulla base di dati forniti dall'esperienza. Rispetto al modello ideale fornito dal primo, quali sono le capacità di revisione delle seconde?

Negli ultimi decenni la ricerca sul pensiero ha dimostrato l'esistenza di una sorta di miopia cognitiva nei processi comuni di valutazione e revisione che si manifesta nella tendenza a considerare solo un'ipotesi focale (quella giudicata corretta o verosimile) e a trascurare possibili ipotesi alternative (per una rassegna, v. Girotto & Gonzalez, 2002b). Per esempio, è stato dimostrato che, quando devono elaborare e controllare un'ipotesi per spiegare un dato insieme di fenomeni, le persone non esperte tendono ad evocare un'ipotesi troppo specifica e a cercare solo informazioni atte a confermarla (Wason, 1960; Legrenzi, Girotto & Johnson-Laird, 1993; Rossi, Caverni & Girotto, 2001). Una simile tendenza si manifesta anche quando le ipotesi da valutare sono già definite, cioè quando la valutazione riguarda un insieme esaustivo di ipotesi in competizione. In questi casi, le persone non esperte tendono ad operare delle revisioni inadeguate: anche se hanno acquisito delle informazioni che rendono più credibile un'ipotesi non considerano meno credibili le altre (Robinson & Hastie, 1985). Infine, i processi di valutazione risultano scorretti anche quando ci sono solo due ipotesi complementari in competizione. In tali casi, le persone manifestano tendenze erranee sia nella ricerca che nell'uso d'informazioni. Da un lato, cercano informazioni "pseudo-diagnostiche", cioè relative alla sola ipotesi focale, e trascurano quelle relative all'ipotesi alternativa con le quali potrebbero calcolare il rapporto di verosimiglianza tra le due ipotesi (Mynatt et al., 1993). Dall'altro lato, tendono ad usare solo le informazioni che riguardano l'ipotesi focale anche quando tutte le informazioni rilevanti sono disponibili (Hammerton, 1973). E' da notare che queste tendenze erranee si manifestano anche nel caso di persone esperte, come ad esempio medici impegnati nella simulazione della diagnosi di una malattia (Motterlini & Crupi, 2005), e che la conoscenza dei processi cognitivi che guidano la valutazione di ipotesi può risultare determinante nel mettere a punto opportuni strumenti di sostegno al giudizio e alla decisione degli esperti, non solo nell'ambito medico, ma anche, per esempio, in quello giuridico (v. Hoffrage et al. 2000; v. anche il Programma dell'Unità di Ricerca di Bologna).

Questo insieme di risultati è stato usato per difendere la tesi dell'irrazionalità del pensiero umano (Stich, 1990) ed ha condotto alcuni ricercatori ad avanzare ipotesi molto pessimistiche circa le capacità comuni di elaborare, valutare e rivedere ipotesi. La tendenza a cercare informazioni non diagnostiche è stata infatti attribuita ad

un'intrinseca incapacità della mente umana a considerare più di un'ipotesi alla volta (Mynatt et al., 1993). In modo simile, le difficoltà a valutare la probabilità a posteriori di un'ipotesi sono state usate per sostenere la tesi secondo la quale la mente umana è incapace, per ragioni evolucionistiche, di trattare le probabilità di casi singoli (Cosmides & Tooby, 1996; Gigerenzer & Hoffrage, 1995).

Diversi filoni di ricerche hanno cercato di individuare i fattori che determinano tali tendenze erronee. Alcuni studi hanno dimostrato che variabili di tipo pragmatico possono influenzare i processi di ragionamento e che alcuni dei più citati errori nella valutazione d'ipotesi non permettono di trarre conclusioni generali circa le capacità inferenziali comuni (Giroto et al., 2001; Sperber & Giroto, 2002). I fattori pragmatici, però, non possono essere considerati la sola fonte degli errori di ragionamento, dal momento che questi si manifestano anche quando le possibili ambiguità linguistiche delle premesse sono eliminate (Tentori, Bonini & Osherson, 2004) e anche quando i problemi di ragionamento non implicano premesse verbali (Giroto, 2004). Fattori essenziali nel determinare i processi (corretti e scorretti) di valutazione d'ipotesi sembrano essere quelli che attivano rappresentazioni mentali più o meno complete delle situazioni da valutare.

La teoria dei modelli mentali permette di rendere conto, sulla base di fattori di questo tipo, sia delle tendenze erronee che della competenza delle persone non esperte.

Secondo questa teoria, il ragionamento non è un processo sintattico basato sull'applicazione di regole formali, ma un processo semantico di costruzione e manipolazione di rappresentazioni (modelli) mentali. Uno dei principali assunti della teoria è che i vincoli della memoria di lavoro limitano le rappresentazioni mentali dei problemi di ragionamento. In particolare le persone avrebbero la tendenza a rappresentarsi in modo esplicito solo le contingenze che rendono le premesse vere e a trascurare quelle che le rendono false. In base a questo "principio di verità" (Johnson-Laird, Legrenzi, Giroto, Legrenzi & Caverni, 1999) sono state in effetti scoperte delle vere e proprie illusioni cognitive, sia nei giudizi relativi alla coerenza tra premesse (Johnson-Laird, Legrenzi, Giroto, Legrenzi, 2000; Legrenzi, Giroto & Johnson-Laird, 2003), sia nei processi di revisione di premesse che portano a conclusioni contraddittorie rispetto ad un dato di fatto (Johnson-Laird, Giroto & Legrenzi, 2004).

La teoria dei modelli mentali ha permesso anche di individuare alcune delle condizioni in le persone non esperte valutano le ipotesi in modo non focalizzato. La teoria assume, infatti, che esista una capacità intuitiva di ragionamento estensionale sulle probabilità che porta le persone a valutare la probabilità degli eventi sulla base dei diversi modi in cui questi possono verificarsi (Johnson-Laird et al., 1999; Giroto & Johnson-Laird, 2004). Se possono ragionare in modo estensionale, anche le persone non esperte possono valutare correttamente due ipotesi in competizione. Questa predizione generale è stata corroborata in alcune ricerche recenti. In primo luogo è stato dimostrato che le persone non esperte sono in grado di valutare correttamente la probabilità di un'ipotesi (ad es. la presenza di una data malattia) sulla base di nuove informazioni (ad es. la reazione positiva ad un test) quando possono ragionare su un insieme finito di casi numerabili e quando viene loro chiesto di considerare le possibilità relative sia all'ipotesi focale sia all'ipotesi alternativa (Giroto & Gonzalez, 2001). In secondo luogo, è stato dimostrato che anche persone totalmente digiune di conoscenze esperte, come gli individui vissuti prima della costruzione della teoria matematica della probabilità e i bambini piccoli, possiedono delle capacità di ragionamento estensionale sulle possibilità (Giroto & Gonzalez, 2004, 2005, in stampa; v. anche Garbolino & Morini, 1990). Infine, è stato anche dimostrato che i limiti di ragionamento estensionale sulle probabilità non implicano necessariamente delle scelte non ottimali (Gonzalez & Giroto, 2003; v. Programma dell'Unità di Ricerca di Siena). Questi risultati sono in contrasto con le predizioni derivanti dalla teoria evolucionista secondo cui la mente umana possiede un modulo innato per ragionare sulle frequenze di osservazioni, ma non sulla probabilità di casi singoli (Giroto & Gonzalez, 2002a).

Gli studi progettati dalla presente Unità di Ricerca rappresentano un proseguimento ed un'estensione di quelli sopra descritti.

*In everyday life, often individuals have to evaluate degrees of confidence in certain beliefs or hypotheses about the true state of the world. The assessment of degrees of belief often requires a certain amount of expertise, as for example in medical diagnosis or in scientific hypothesis testing. If scientists evaluate the empirical support given by experimental data to hypotheses according to normative models, how do naïve individuals perform belief revision on the basis of experience?*

*Empirical evidence exists that there is a sort of cognitive myopia in common sense processes of belief revision: Naïve reasoners tend to focus on a single hypothesis (typically the one that appears to be the most likely), and to neglect alternative hypotheses (for a survey, see Girotto & Gonzalez, 2002b). It has been shown that naïve individuals tend to figure out only one, very specific, explanatory hypothesis and tend to look for confirmative evidence of that hypothesis (Wason, 1960; Legrenzi, Girotto & Johnson-Laird, 1993; Rossi, Caverni & Girotto, 2001). Individuals exhibit such a tendency even when they are given an exhaustive set of alternative hypotheses: Even if they are provided with information that supports one of the hypotheses, individuals do not lower their degrees of belief in the alternative hypotheses (Robinson & Hastie, 1985). Belief acquisition and revision tends to be biased also when only two alternative hypotheses are at play. On the one hand, naïve individuals look for pseudo-diagnostic information, that is, information relative only to the hypothesis they focus on, and they neglect information relative to the alternative hypothesis: in other words, they do not consider the likelihood ratio (Mynatt et al., 1993). On the other hand, they tend to use the information related to the focal hypothesis only, even when all the relevant information is at their disposal (Hammerton, 1973). It should be noted that even expert individuals, for example physicians simulating the diagnosis of a disease, do exhibit the same tendency (Motterlini & Crupi, 2005), and that understanding the cognitive processes involved in hypothesis evaluation may be relevant in devising appropriate supporting tools for experts' judgment and decision-making, not only in the medical domain but, for instance, in law as well (see Hoffrage et al., 2000; also see the project of Bologna Research Unit).*

*This amount of empirical evidence has been used to support the thesis of the irrationality of human thinking (Stich, 1990), and has lead some researchers to put forward some pessimistic views of the human ability to acquire, evaluate, and revise beliefs. According to one of these views, the tendency to search for pseudo-diagnostic information depends on the intrinsic inability of the human mind to deal with more than one hypothesis at the same time (Mynatt et al., 1993). In a similar vein, it has been suggested that naïve individuals fail to update single-cases posterior probabilities, because no organism can evolve cognitive mechanisms designed to reason about information (e.g., single-event probabilities) that did not regularly exist (Cosmides & Toby, 1996; Gigerenzer & Hoffrage, 1995).*

*Other lines of research have suggested different explanations for the above indicated erroneous tendencies. It has been argued, considering the existence of pragmatic variables which can influence reasoning processes in some of the most quoted experimental set-ups, that general conclusions about human inferential competences cannot be safely inferred from those set-ups (Girotto et al., 2001; Sperber & Girotto, 2002). Pragmatic factors, though, cannot be considered the only source of reasoning errors, given that individuals err even in conditions in which the premises of the problem do not present linguistic ambiguities (Tentori, Bonini & Osherson, 2004), or in conditions in which there are no verbal premises (Girotto, 2004). Factors that activate mental representations, more or less complete, of the problem domains appear to be the crucial determinants of hypothesis evaluation.*

*According to mental model theory, reasoning is not a syntactical process based on the application of formal rules, but a semantic process of construction and manipulation of mental representations (models). A crucial assumption of the theory is that working memory constraints affect mental representations of reasoning problems. In particular, mental models tend to represent only what is true, but by default not what is false (Johnson-Laird, Legrenzi, Girotto, Legrenzi & Caverni, 1999). This principle of truth reduces the processing load of working memory, but leads to systematic illusions both in premises evaluation (Johnson-Laird, Legrenzi, Girotto, Legrenzi & Caverni, 1999),*

*and premises revisions (Johnson-Laird, Girotto & Legrenzi, 2004). The model theory, however, do not predict that naïve individuals always err in testing hypotheses. They often infer the probability of an event extensionally, that is by considering the various ways in which it may occur (Johnson-Laird et al., 1999; Girotto & Johnson-Laird, 2004). If they can apply the principles of extensional reasoning, even naïve individuals can correctly evaluate competing hypotheses. Some recent empirical works have corroborated this general prediction. It has been shown that non-experts correctly evaluate the probability of a hypothesis (e. g. the occurrence of a certain disease) given a datum (e. g. a positive test), when they reason about a finite set of possibilities and are asked to consider the possibilities relative to the focal hypothesis as well as those relative to the alternative hypothesis (Girotto & Gonzalez, 2001). It has also been shown that children have some capabilities for extensional probabilistic reasoning (Girotto & Gonzalez, 2004, 2005 in press), and it can be argued that these capabilities were present even before the development of modern mathematical theory of probability (Garbolino & Morini, 1990). Finally, it has been shown that natural constraints on extensional probabilistic reasoning do not necessarily imply sub-optimal decisions (Gonzalez & Girotto, 2003; see the project of Siena Research Unit). These results contravene the predictions deriving from the evolutionary theory of probabilistic reasoning, according to which the human mind cannot deal with single-case probabilities (Girotto & Gonzalez, 2002a). The research project of this Research Unit constitutes a follow-up and an extension of the studies just described.*

### **Riferimenti bibliografici**

- Cosmides, L., & Tooby, J. (1996). Are humans good intuitive statisticians after all? Rethinking some conclusions from the literature on judgment under uncertainty. *Cognition*, 58, 1-73.
- Garbolino, P. & Morini, S. (1990). The logic of uncertainty and the geometry of chance: The origins of probability in the 17th century. *Annali dell'Università di Ferrara*, 15, 1-47.
- Gigerenzer, G., & Hoffrage, U. (1995). How to improve bayesian reasoning without instruction: Frequency format. *Psychological Review*, 102, 684-704.
- Girotto, V. (2004). Task understanding. In J. Leighton & R. Sternberg (Eds.). *The nature of reasoning*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Girotto, V., & Gonzalez, M. (2001). Solving probabilistic and statistical problems: A matter of information structure and question form. *Cognition*, 78, 247-276.
- Girotto, V., & Gonzalez, M. (2002a). Chances and frequencies in probabilistic reasoning. *Cognition*, 84, 353-359.
- Girotto, V., & Gonzalez, M. (2002b). Limites cognitives de l'évaluation et de la révision d'hypothèses. In P. Livet (Ed.) *La révision*. Paris, Hermes.
- Girotto, V. & Gonzalez, M. (2004). Early extensional intuitions about probability. Paper presented at 5th International conference on Thinking. British Psychological Society, University of Leuven, 22-24 July.
- Girotto, V., & Gonzalez, M. (2005). Probabilistic reasoning and combinatorial analysis. In V. Girotto, & P. N. Johnson-Laird (Eds.). *The shape of reason*. New York, Psychology Press.
- Girotto, V., & Gonzalez, M. (in press). Extensional reasoning about chances. In W. Schaeken, G. De Vooght, A. Vandierendonck, & G. d'Ydewalle. (Eds.), *Mental model theory: Extensions and Refinements*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Girotto, V. & Johnson-Laird, P.N. (2004). The probability of conditionals. *Psychologia* (special issue on Reasoning), 47, 207-225.
- Girotto, V., Kimmelmair, M., Sperber, D. & van der Henst, J.B. (2001). Inept reasoners or pragmatic virtuosos? Relevance and the deontic selection task. *Cognition*, 81, 69-76.
- Gonzalez, M. & Girotto, V. (2003). Eliciting probabilities: When choices and judgments disagree. Paper presented at 2nd International Conference on Reasoning and Understanding. University of Padua, 17-18, March.

# I --- U --- A --- V

- Hammerton, M. (1973). A case of radical probability estimation. *Journal of Experimental Psychology*, 101, 252-254.
- Hoffrage, U., Lindsey, S., Hertwig, R. & Gigerenzer, G. (2000). Communicating Statistical Information. *Science*, 290, 2261-2262.
- Johnson-Laird, P.N., Girotto, V., & Legrenzi, P. (2004) Reasoning from inconsistency to consistency. *Psychological Review*, 111, 640-661.
- Johnson-Laird, P.N., Legrenzi, V., Girotto, V., Sonino, M., & Caverni, J.P. (1999). Naive probability: A mental model theory of extensional reasoning. *Psychological Review*, 106, 62-88.
- Johnson-Laird, P.N., Legrenzi, P., & Girotto, V. (2004) How we detect logical inconsistencies. *Current Directions in Psychological Science*, 13, 41-45.
- Johnson-Laird, P.N., Legrenzi, P., Girotto, V., & Sonino, M. (2000). Illusions in reasoning about consistency. *Science*, 288, 531-532.
- Legrenzi, P., Girotto, V. e Johnson-Laird, P.H. (1993). Focussing in reasoning and decision making, *Cognition*, 49, 37-66.
- Legrenzi, P., Girotto, V., & Johnson-Laird, P.N. (2003). Models of consistency. *Psychological Science*, 14, 131-137.
- Motterlini, M. & Crupi, V. (2005). *Errore e decisione in medicina: un punto di vista cognitivo*. Cortina: Milano.
- Mynatt, C.R., Doherty, M.E., & Dragan, W. (1993). Information relevance, working memory and the consideration of alternatives. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 759-778.
- Robinson, L.B., & Hastie, R. (1985). Revision of beliefs when a hypothesis is eliminated from consideration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 443-456.
- Rossi, S., Caverni, J.P., & Girotto, V. (2001). Hypothesis testing in a rule discovery problem: When a focused procedure is effective, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54, 263-267.
- Sperber, D. & Girotto, V. (2002). Use or misuse of the selection task? *Cognition*, 85, 277-290.
- Stich, S. (1990). Rationality. In D. Osherson, & E.E. Smith (Eds.), *Thinking: An invitation to cognitive science* (Vol. 3). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Tentori, K., Bonini, N., & Osherson, D. (2004). The conjunction fallacy: A misunderstanding about conjunction? *Cognitive Science*, 26, 467-477.
- Wason, P. C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 129-137.

## **Descrizione del programma e dei compiti dell'Unità di Ricerca**

Lo scopo generale delle ricerche condotte da questa Unità è quello di studiare i processi di selezione e utilizzazione di nuove informazioni e i loro effetti sulla revisione di credenze e sulle scelte degli individui non-esperti (compresi i bambini di età prescolare) ed esperti (ad esempio, i medici). Oltre all'indagine empirica sui processi cognitivi all'opera in questo dominio, le ricerche progettate hanno anche lo scopo di estendere l'analisi normativa della revisione d'ipotesi, attraverso la costruzione di nuovi modelli teorici delle misure di conferma e di reti bayesiane come modelli di apprendimento causale. Il progetto prevede quattro linee di ricerca principali.

1. La prima linea di ricerca, di carattere sperimentale, riguarda le capacità dei bambini di operare delle revisioni corrette d'ipotesi. Come indicato sopra, secondo la teoria dei modelli mentali, esiste una forma intuitiva di ragionamento probabilistico estensionale, basato sulla rappresentazione e numerazione dei possibili modi in cui gli eventi da valutare possono verificarsi (Johnson-Laird et al., 1999). Questa forma di ragionamento dovrebbe essere presente in tutti gli individui, indipendentemente dalla loro conoscenza eventuale delle regole del calcolo probabilistico. Ora, i bambini piccoli, prima di

I  
- - -  
U  
- - -  
A  
- - -  
V

conoscere il sistema simbolico dei numeri, sono in grado di trattare (per esempio nelle comparazioni) le quantità numeriche (v. Deahene, 1997). Di conseguenza dovrebbero essere in grado di comparare in modo estensionale le possibilità associate ad ipotesi in competizione, anche se non sono in grado di esprimerle in modo numerico. I risultati dei nostri precedenti lavori hanno corroborato questa ipotesi generale. In particolare, abbiamo dimostrato che bambini di 5 anni di età sono in grado di valutare in modo estensionale due ipotesi in competizione e di rivedere i loro giudizi sulla base di nuove informazioni acquisite (Giroto & Gonzalez, 2004). Negli esperimenti precedenti però le ipotesi riguardavano solo eventi casuali e potenzialmente ripetibili (come ad esempio l'estrazione di un gettone da un'urna), non eventi singoli e determinati (come ad esempio il fatto che un premio sia stato nascosto in uno di due insiemi). Scopo delle ricerche di questo progetto sarà quindi studiare le valutazioni probabilistiche di bambini d'età prescolare su ipotesi relative ad eventi singoli. In particolare, in uno degli esperimenti progettati i bambini dovranno decidere la categoria d'appartenenza di un evento dato in funzione di un'informazione specifica su tale evento oppure sulla probabilità di base della categoria d'appartenenza. Per esempio, dati due insiemi di animali, suddivisi in due scatole, i bambini dovranno indicare in quale scatola può trovarsi l'animale bersaglio (quello che possiede il premio desiderato dai bambini). In una prima fase i bambini dovranno operare una scelta in una condizione di assoluta ignoranza, cioè in una condizione in cui nessuna delle informazioni a loro disposizione permette di stabilire quale delle due ipotesi è la più probabile. Per esempio, dovranno dire in quale scatola si può trovare l'animale bersaglio senza conoscere la composizione delle due scatole. Successivamente, i bambini dovranno operare una seconda scelta sulla base di una nuova informazione. Per esempio, dovranno indicare la scatola che può contenere l'animale bersaglio sapendo che ci sono 4 animali in una scatola e solo 2 nell'altra. Questa informazione sul tasso di base permette di operare una scelta corretta, dato che la probabilità della presenza dell'animale bersaglio nella scatola con il gruppo più numeroso è di  $2/3$ . L'eventuale modifica di scelta da parte dei bambini che nella prima fase dovessero avere optato per la scatola con meno elementi dimostrerà che sono in grado di rivedere correttamente le loro ipotesi alla luce della nuova informazione acquisita. L'interesse teorico di queste ricerche è evidente. Si tratterà, infatti, di stabilire se i bambini piccoli possiedono delle intuizioni estensionali corrette su casi che, secondo una teoria molto influente in questo settore di ricerca, nemmeno la mente adulta sarebbe in grado di trattare correttamente per ragioni evolucionistiche (Cosmides & Tooby, 1996; Gigerenzer & Hoffrage, 1995).

2. Una seconda serie di lavori, sempre di carattere sperimentale, riguarda il fenomeno della pseudo-diagnosticità, cioè la tendenza a selezionare informazioni relative ad all'ipotesi focale anche quando sono disponibili informazioni relative all'ipotesi alternativa che potrebbero permettere di calcolare il rapporto di verosimiglianza tra le ipotesi (v. sopra). Le domande cui si cercherà di rispondere con queste ricerche sono:

2.1. Quali sono i processi cognitivi sottostanti la selezione di informazioni per la valutazione di due ipotesi complementari in competizione? Esiste un limite cognitivo intrinseco alla mente umana che porta a considerare solo un'ipotesi alla volta (v. Mynatt et al., 1993; Doherty et al., 1996) oppure la tendenza a selezionare informazione pseudodiagnostica può essere considerata come un fenomeno di focalizzazione su una data ipotesi (quella favorita dall'informazione iniziale)? Seguendo la teoria dei modelli mentali, tale focalizzazione corrisponde alla costruzione di un solo modello mentale, quello in cui si verificano assieme l'ipotesi focale e il dato che la favorisce (v. Legrenzi et al., 1993). Di conseguenza, possiamo predire che le persone non esperte saranno in grado di selezionare correttamente l'informazione relativa all'ipotesi alternativa nelle condizioni in cui tale ipotesi venga resa saliente. Per esempio, i soggetti dovrebbero essere in grado di selezionare le informazioni diagnostiche relative all'ipotesi alternativa quando il primo indice fornito non favorisce quella iniziale (che non diviene così l'ipotesi focale).

# I --- U --- A --- V

2.2. Esiste una differenza nella ricerca di informazioni che possono servire a valutare due ipotesi oppure a scegliere tra due azioni? Secondo Mynatt et al. (1993) le persone selezionano informazione pseudodiagnostica solo quando devono confrontare due ipotesi (ad esempio "L'oggetto bersaglio appartiene alla categoria A o alla categoria B?") ma non quando devono operare una scelta (ad esempio "Mi conviene comprare un oggetto della categoria A o uno della categoria B?"), cioè quando la loro memoria di lavoro non è occupata contemporaneamente da due ipotesi in competizione. Secondo la teoria dei modelli mentali, invece, la tendenza a cercare informazione diagnostica o pseudo-diagnostica dipende da ciò che è rappresentato esplicitamente nei modelli iniziali della situazione, indipendentemente dal tipo di confronto (ipotesi o azioni) richiesto. Sulla base di questa interpretazione verranno condotti degli esperimenti in cui verranno manipolate delle variabili volte a facilitare/inibire la costruzione di modelli iniziali relativi all'ipotesi alternativa e quindi la ricerca dell'informazione diagnostica o pseudo-diagnostica.

2.3. Qual è il ruolo dell'addestramento formale nella tendenza a selezionare l'informazione pseudo-diagnostica? Secondo alcuni ricercatori, gli studenti di medicina manifestano la tendenza a selezionare questo tipo di informazione "malgrado il loro addestramento intensivo" alla raccolta di informazioni relative ai pazienti e alla presa di decisione ottimale (Kern & Doherty (1982). Secondo altri ricercatori, invece, è proprio l'addestramento medico la causa della difficoltà a selezionare l'informazione corretta nei problemi medici: "Dato che l'addestramento medico è focalizzato sulla malattia, il ragionamento clinico standard tende ad essere condotto sulla base di un'unica ipotesi" (Wolf et al., 1985, p. 2861). Queste due interpretazioni verranno controllate in una serie di ricerche sperimentali in cui si cercherà di dimostrare che non è il tipo di addestramento ricevuto la fonte della ricerca di informazione pseudo-diagnostica, ma l'impossibilità di costruire modelli iniziali in cui entrambe le ipotesi in competizione siano rappresentate in modo esplicito.

3. Lo studio della valutazione e revisione delle ipotesi può rivolgersi, oltre che ai processi di aggiornamento delle probabilità delle stesse, alla percezione della forza induttiva degli argomenti che le sostengono. La fiducia nella correttezza di un'ipotesi può infatti essere distinta dall'impatto che nuove informazioni hanno sulla sua credibilità: una nuova informazione può sostenere con forza un'ipotesi la cui probabilità resta moderata, così come può essere in contrasto con un'ipotesi la cui probabilità resta comunque alta. La riflessione epistemologica ha prodotto diverse "misure di conferma" fra loro alternative per esprimere l'impatto di una nuova informazione sulla credibilità di un'ipotesi (Fitelson, 1999; Eells & Fitelson, 2002). Una terza linea di ricerca mira ad estendere la riflessione teorica sulle diverse misure di conferma attraverso il controllo empirico della loro accuratezza descrittiva.

Le indagini sperimentali relative a questa parte del progetto si concentreranno sulle seguenti domande:

3.1. I giudizi dei soggetti non esperti riflettono l'importante distinzione formale fra la probabilità di un'ipotesi alla luce di una certa informazione e l'impatto di quell'informazione sulla credibilità di quell'ipotesi?

3.2. Quale delle diverse misure di conferma ha un maggiore potere predittivo rispetto ai giudizi di forza induttiva dei soggetti non esperti? Le misure di conferma con un maggiore potere predittivo coincidono con quelle ritenute più adeguate nella riflessione epistemologica?

3.3. Qual è il rapporto fra giudizi di probabilità e giudizi di forza induttiva? È possibile che, in certe circostanze, siano i giudizi di forza induttiva a guidare i giudizi di probabilità, determinando alcuni noti bias del giudizio in condizioni di incertezza

# I - - - U - - - A - - - V

osservati sia in soggetti ingenui (Tversky & Kahneman, 1980) sia in soggetti esperti (per esempio, in ambito medico: Hoffrage & Gigerenzer, 1998; Gigerenzer, Hoffrage & Ebert, 1998)?

4. La quarta linea di ricerca riguarda le rappresentazioni mentali dei ragionamenti causali. Il decisore umano rappresenta una situazione di scelta anche sulla base delle relazioni di causa ed effetto. Da tale punto di vista, il problema della focalizzazione si può anche configurare come un problema di inadeguata rappresentazione delle relazioni causali nel dominio del problema.

Esistono oggi numerosi studi sui modelli causali normativamente corretti (v. Pearl 2000, Williamson 2004). Questi modelli, grafi causali bayesiani, sono anche implementati in programmi per sistemi esperti come HUGIN (v. Jensen, 2001) e hanno applicazioni in problemi di ragionamento in condizioni di incertezza dove le ipotesi possono essere formulate anche come ipotesi causali (Garbolino et Taroni, 2002; Taroni et al., 2004; Taroni et al. 2005). La costruzione di questi modelli grafici presuppone l'esistenza di modello scientifico del dominio del problema oppure di una mappa causale intuitiva di esso (v. Glymour et Cheng, 1999). Un altro attivo tema di ricerca in questo settore è la formulazione di modelli causali normativamente corretti a partire dall'osservazione delle correlazioni e dell'indagine empirica sull'apprendimento causale, anche nei bambini (v. Glymour et Cooper, 1999; Spirtes et al., 2001; Gopnik et Glymour, 2002; Lagnado et Sloman 2002; Gopnik et al., 2004). L'obiettivo della ricerca si articola in due punti:

4.1. La formulazione di modelli mentali estensionali delle relazioni di causa ed effetto che siano compatibili con grafi causali bayesiani normativamente corretti. In un grafo causale le relazioni causali di causa ed effetto sono rappresentate direttamente da frecce orientate dai nodi cause ai nodi effetti. I nodi stanno per variabili proposizionali e sottostante al grafo c'è un modello proposizionale estensionale. La traduzione di questo modelli, inizialmente per semplici casi-studio, in modelli mentali ha lo scopo di avere una rappresentazione empiricamente trattabile di problemi di ragionamento causale per i quali ci sia un modello probabilistico normativo, il grafo.

4.2. L'utilizzazione di questi modelli mentali per la formulazione di esperimenti volti a controllare quali rappresentazioni mentali effettivamente usino le persone quando debbano affrontare il compito di inferire relazioni causali a partire da correlazioni osservate e quanto le rappresentazioni usate si discostino dalle rappresentazioni coerenti con il grafo causale che rappresenta correttamente le relazioni causali del dominio del problema.

## Bibliografia

- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press
- Doherty, M.E., Chadwick, R., Garavan, H., Barr, D., & Mynatt, C.R. (1996). On people's understanding of the diagnostic implications of probabilistic data. *Memory and Cognition*, 24, 644-654.
- Eells, E. & Fitelson, B. (2002). Symmetries and asymmetries in evidential support. *Philosophical Studies*, 107, 129-142.
- Fitelson, B. (1999). The plurality of Bayesian measures of confirmation and the problem of measure sensitivity. *Philosophy of Science*, 66, S362-S378.
- Garbolino, P., Taroni, F. (2002), Evaluation of scientific evidence using Bayesian networks, *Forensic Science International*, 125, 149-155.
- Gigerenzer, G., Hoffrage, U., & Ebert, A. (1998). AIDS counselling for low-risk clients, *AIDS Care*, 10: 197-211.
- Glymour, C. (2001). *The Mind's Arrows. Bayes nets and graphical causal models in psychology*, MIT Press

I  
- - -  
U  
- - -  
A  
- - -  
V

- Glymour, C., Cheng, P. (1999). Causal mechanism and probability: A normative approach, in K. Oaksford et N. Chater (eds.), Rational models of cognition, Oxford: Oxford University Press, 293-313.
- Glymour, C., Cooper, G. F. (1999). Computation, Causation, and Discovery, Cambridge (Mass.): MIT Press
- Gopnik, A., Glymour, C. (2002). Causal maps and Bayes nets: a cognitive and computational account of theory-formation, in P. Carruthers, S. Stich et M. Siegal (eds.), The cognitive basis of science, Cambridge: Cambridge University Press, 117-132
- Gopnik, A., Glymour, C., Sobel, D. M., Schulz, L., Kushnir, T. (2004), A theory of causal learning in children: causal maps and Bayes nets, Psychological Review, 111, 3-32.
- Hoffrage, U. & Gigerenzer, G. (1998). Using natural frequencies to improve diagnostic inferences. Academic Medicine, 73: 538-542.
- Jensen, F. V. (2001), Bayesian Networks and Decision Graphs, New York: Springer 2001.
- Kern, L., & Doherty, M. (1982). "Pseudodiagnosticity" in an idealized medical problem solving environment. Journal of Medical Education, 57, 100-104.
- Lagnado, D., Sloman, S. A. (2002), Learning causal structure, in W. Gray et C. Schunn (eds.) Proceedings of the 24th annual conference of the Cognitive Science Society, Mahwah, NJ: Erlbaum, 560-65.
- Pearl, J.(2000). Causality. Model, Reasoning and inference, Cambridge: Cambridge University Press
- Spirtes, P., Glymour, C., Scheines R. (2001). Causation, Prediction and Search, 2d edition, Cambridge (Mass.): MIT Press.
- Taroni, F., Biedermann, A., Garbolino, P., Aitken, C. G. G. (2004), A general approach to Bayesian networks for the interpretation of evidence, Forensic Science International, 139, 5-16.
- Taroni, F., Aitken, C. G. G., Garbolino P., Biedermann, A. (2005), Bayesian Networks in Forensic Science, Chichester: Wiley.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1980). Causal schemas in judgments under uncertainty", in Fishbein, M. (Ed.), Progress in Social Psychology. Erlbaum, Hillsdale.
- Williamson, J. (2004). Bayesian Nets and Causality, Oxford: Clarendon Press.
- Wolf, F.M., Gruppen, L.D., & Billi, J.E. (1985). Differential diagnosis and the competing-hypotheses heuristic, Journal of the American Medical Association, 253, 2858-2862

*The general aim of our studies is to investigate the way in which both naïve (including pre-school children) and expert (e.g., general practitioners) individuals select and evaluate new information, and the way in which these processes affect belief revisions and choices. In addition, our studies also aim to extend the normative analysis of hypotheses revision, by means of the construction of new models of the confirmation measures and Bayesian networks of causal learning. The project consists of 4 main lines of research.*

*1 The first line of research concerns children's ability to make correct revisions of hypotheses. As indicated above, according to the model theory, naïve individuals typically draw probabilistic inferences by means of extensional reasoning: they infer the probability of an event by considering and enumerating the various ways in which it may occur (Johnson-Laird et al., 1999). Young children, before knowing the symbolic system of numbers, are able to deal with (e.g., to compare) numerical quantities (see Deahene, 1997). Therefore, they should be able to extensionally compare the chances associated to competing hypotheses, though they are not able to express chances in a quantitative way. Our previous results have corroborated this general hypothesis. In particular, we found that 5-year-olds are able to evaluate the chances of two alternative hypotheses, and to revise their judgments on the basis of new information (Giroto & Gonzalez, 2004). In our previous experiments, however, the two hypotheses concerned only random and potentially replicable events (e.g., drawing a chip from an urn), rather than single and determined events (e.g., hiding a specific prize in one of*

# I - - - U - - - A - - - V

two boxes). For this reason, the present studies will investigate pre-school children's probabilistic evaluations of hypotheses concerning single events. In particular, in one of the planned studies children will be required to indicate the category of a given event as a function of a piece of information about it, or as a function of the base rate of the category. For instance, given two boxes, each containing a set of animals, children will be required to indicate the box with the target animal (i.e., the animal with the prize). In a first phase, children will make a choice in a condition of total ignorance, that is in a condition in which they have no sufficient information to decide which is the more likely hypothesis. For instance, they will have to indicate the box that might contain the target animal without knowing the content of the two boxes. In a following phase, children will be required to make a second choice on the basis of new information. For instance, they will have to indicate the box that might contain the target animal, knowing that there are 4 animals in one box and only 2 animals in the other one. This piece of information about the base-rate allows one to make a correct choice. Given that the box with 4 animals is more likely to contain the target animal than the box with 2 animals ( $2/3$  vs.  $1/3$ ), one should select the former. If children modify their choice in the predicted way (i.e., those who choose the smaller box in the first phase choose the bigger one in the second phase), we could conclude that they are able to correctly revise their hypotheses on the light of new information. This line of studies is clearly relevant for the present debate about the nature of naive probabilistic reasoning. If our predictions are correct, then we could conclude that young children have correct extensional intuitions about single events, which, according to the influential evolutionary hypothesis, even adults have difficulties to deal with (see Cosmides & Tooby, 1996; Gigerenzer & Hoffrage, 1995).

2 The second line of empirical studies concerns the pseudo-diagnosticity phenomena in hypothesis-testing, that is individuals' tendency to ignore information about the alternative hypothesis and tend to search for pseudodiagnostic information about the focal hypothesis. The planned experiments will address the following issues.

2.1 Do individuals exhibit pseudodiagnostic reasoning because the human mind can operate on only one alternative at a time (see Doherty et al., 1996; Mynatt et al., 1993), or because they focus on an explicit mental model in which one hypothesis and one datum co-occur, so that they tend to ignore information concerning the alternative hypothesis (Legrenzi et al., 1993)? Following the latter view, we predict that any manipulations of factors that lead participants to construct a more complete representation of the problem (i.e. a representation which includes both hypotheses) will increase the selection of diagnostic information.

2.2 Do individuals select different information when they have to evaluate hypotheses as opposed when they have to make choices? According to Mynatt et al. (1993), individuals select pseudo-diagnostic information in the first case (e.g., "Does the target-object belongs to the category A or to the category B?"), but diagnostic information in the second one (e.g., "Should I buy object A or object B?"). According to the model theory, however, individuals' selection depends on what is explicitly represented in the initial models of the situation, regardless of the required comparison (hypotheses vs. courses of action). We plan to conduct a series of studies in which we will compare the diverging predictions derived from these two views. In particular, we will test the model prediction that individuals do consider both alternatives even when they are required to compare two hypotheses, provided that the evaluation problems force them to consider the relevant dimensions of the evidence.

2.3 Does formal training affect the way in which individuals select information in hypothesis evaluation problems? According to Kern and Doherty (1982), medical students made pseudodiagnostic selections "despite extensive training" in patient-information-gathering and decision making. By contrast, Wolf et al. (1985, p. 2861) argued that medical training produces an intrinsic difficulty to select optimal data in clinical problems: "Because medical education is presented in a disease-oriented

manner, it is likely that much of actual clinical diagnostic reasoning is approached from a "within" hypothesis perspective". These contrasting views will be compared in a series of studies in which we will try to establish that incomplete representation of the situation rather than formal training produces pseudo-diagnosticity. On the one hand, we will try to show that both medical and psychology students select pseudodiagnostic information in idealized clinical problems. On the other hand, we will try to show that both categories of students do select data about the alternative diagnosis when it corresponds to the absence of a focal disease, rather than to a specific disease.

3 Beyond probability updating processes, the psychology of hypothesis assessment and revision may also be approached from the point of view of the inductive strength of the arguments supporting the hypotheses at issue. Indeed, confidence in a given hypothesis may be distinguished from the impact of novel information on its credibility: a piece of information may strongly support a hypothesis whose probability remains moderate as well as infirm a hypothesis whose probability remains high. Epistemologists have proposed various non-equivalent "measures of confirmation" to express the impact of a piece of evidence on the credibility of a hypothesis (Fitelson, 1999; Eells & Fitelson, 2002). A third line of research is devoted to the extension of theoretical analyses about different measures of confirmation by means of the empirical investigation of their descriptive adequacy. The experimental inquiries involved in this part of the project will thus focus on the following questions:

1. Do the judgments of naïve subject reflect the important formal distinction between the probability of a hypothesis given a piece of evidence and the impact of the latter on the credibility of the former?
2. Which one among the different measures of confirmation is the most accurate in predicting judgments of inductive strength by naïve subjects? Is there any convergence between the descriptive and normative adequacy of different measures of inductive support?
3. What is the relationship between probability judgments and judgments of inductive strength? May judgments of inductive strength, at least in some circumstances, determine probability judgments and cause some well known judgmental biases observed both in naïve subjects (Tversky & Kahneman, 1980) and in experts (for instance, among physicians: Hoffrage & Gigerenzer, 1998; Gigerenzer, Hoffrage & Ebert, 1998)?

4 Decision makers often use mental models of causal relationships of the problem domain. The development of causal models is an crucial area of current investigation (Pearl 2000, Williamson 2004). Probabilistic causal models are graphical models (Bayesian networks) with computer science implementations, as in the expert system shell HUGIN, which can be used for knowledge representation, reasoning under uncertainty and decision making (Garbolino & Taroni, 2002; Taroni et al. 2004; Taroni et al. 2005). Probabilistic causal models are to be built from observation of associations and correlations, and causal learning is another active research area (Glymour et Cheng 1999, Glymour et Cooper 1999, Spirtes et al 2001, Lagnado et Sloman 2002, Gopnik et al. 2004).

The goals of the fourth line of research are:

- 4.1 Formulating extensional models, compatible with Bayesian causal graphs, for a series of simple case-studies. In a Bayesian causal graph, causal relationships are represented as directional links between nodes (which stand for propositional variables). Mental models can be used as benchmarks for causal reasoning problems.
- 4.2 Conducting experiments to test which kind of representations naïve individuals use in causal learning from observed correlations, and to establish whether these representations correspond to the causal graphs.

References

I  
- - -  
U  
- - -  
A  
- - -  
V

- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press
- Doherty, M.E., Chadwick, R., Garavan, H., Barr, D., & Mynatt, C.R. (1996). On people's understanding of the diagnostic implications of probabilistic data. *Memory and Cognition*, 24, 644-654.
- Eells, E. & Fitelson, B. (2002). Symmetries and asymmetries in evidential support. *Philosophical Studies*, 107, 129-142.
- Fitelson, B. (1999). The plurality of Bayesian measures of confirmation and the problem of measure sensitivity. *Philosophy of Science*, 66, S362-S378.
- Garbolino, P., Taroni, F. (2002), Evaluation of scientific evidence using Bayesian networks, *Forensic Science International*, 125, 149-155.
- Gigerenzer, G., Hoffrage, U., & Ebert, A. (1998). AIDS counselling for low-risk clients, *AIDS Care*, 10: 197-211.
- Glymour, C. (2001). *The Mind's Arrows. Bayes nets and graphical causal models in psychology*, MIT Press
- Glymour, C., Cheng, P. (1999). Causal mechanism and probability: A normative approach, in K. Oaksford et N. Chater (eds.), *Rational models of cognition*, Oxford: Oxford University Press, 293-313.
- Glymour, C., Cooper, G. F. (1999). *Computation, Causation, and Discovery*, Cambridge (Mass.): MIT Press
- Gopnik, A., Glymour, C. (2002). Causal maps and Bayes nets: a cognitive and computational account of theory-formation, in P. Carruthers, S. Stich et M. Siegal (eds.), *The cognitive basis of science*, Cambridge: Cambridge University Press, 117-132
- Gopnik, A., Glymour, C., Sobel, D. M., Schulz, L., Kushnir, T. (2004), A theory of causal learning in children: causal maps and Bayes nets, *Psychological Review*, 111, 3-32.
- Hoffrage, U. & Gigerenzer, G. (1998). Using natural frequencies to improve diagnostic inferences. *Academic Medicine*, 73: 538-542.
- Jensen, F. V. (2001), *Bayesian Networks and Decision Graphs*, New York: Springer 2001.
- Kern, L., & Doherty, M. (1982). "Pseudodiagnosticity" in an idealized medical problem solving environment. *Journal of Medical Education*, 57, 100-104.
- Lagnado, D., Sloman, S. A. (2002), Learning causal structure, in W. Gray et C. Schunn (eds.) *Proceedings of the 24th annual conference of the Cognitive Science Society*, Mahwah, NJ: Erlbaum, 560-65.
- Pearl, J.(2000). *Causality. Model, Reasoning and inference*, Cambridge: Cambridge University Press
- Spirtes, P., Glymour, C., Scheines R. (2001). *Causation, Prediction and Search*, 2d edition, Cambridge (Mass.): MIT Press.
- Taroni, F., Biedermann, A., Garbolino, P., Aitken, C. G. G. (2004), A general approach to Bayesian networks for the interpretation of evidence, *Forensic Science International*, 139, 5-16.
- Taroni, F., Aitken, C. G. G., Garbolino P., Biedermann, A. (2005), *Bayesian Networks in Forensic Science*, Chichester: Wiley.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1980). Causal schemas in judgments under uncertainty", in Fishbein, M. (Ed.), *Progress in Social Psychology*. Erlbaum, Hillsdale.
- Williamson, J. (2004). *Bayesian Nets and Causality*, Oxford: Clarendon Press.
- Wolf, F.M., Gruppen, L.D., & Billi, J.E. (1985). Differential diagnosis and the competing-hypotheses heuristic, *Journal of the American Medical Association*, 253, 2858-2862