

# Ragionamento Spaziale e Memoria di Lavoro in compiti con un diverso grado di Conflitto Cognitivo

Sergio Morra (morra@nous.unige.it)

Dipartimento di Scienze Antropologiche - Sezione di Psicologia - corso A. Podestà 2  
16126 Genova, Italia

## Sommario

Questo lavoro presenta i modelli cognitivi, formulati nell'ambito della Teoria degli Operatori Costruttivi (Pascual-Leone e Goodman, 1979), per due compiti classici: la comprensione di descrizioni spaziali (Johnson-Laird, 1983) e il problema del livello dell'acqua (Piaget e Inhelder, 1947). I modelli in questione vertono su due concetti: il carico di informazione posto da un compito e il grado in cui un compito suscita conflitto cognitivo. I risultati degli esperimenti confermano le previsioni ricavate da tali modelli.

## Abstract

This paper presents cognitive models, framed within the Theory of Constructive Operators (Pascual-Leone & Goodman, 1979), for two classical tasks: understanding spatial descriptions (Johnson-Laird, 1983), and the Water Level Task (Piaget & Inhelder, 1947). The models presented here are based on two concepts: the information load placed by a task, and the degree of cognitive conflict involved in a task. The experimental results are in agreement with the predictions derived from the models.

## Introduzione

La Teoria degli Operatori Costruttivi (Pascual-Leone, 1987; Pascual-Leone & Goodman, 1979) è una teoria neopiagetiana dei processi cognitivi che comprende due livelli di costrutti: (a) operatori "soggettivi" o rappresentazioni mentali, ovvero (in termini piagetiani) schemi figurativi e operativi; (b) operatori "metasoggettivi" o risorse generali dell'organismo; si tratta di componenti dell'architettura della mente prive di contenuto specifico, ma operanti nei processi di elaborazione umana delle informazioni. La performance cognitiva dipende dall'insieme degli schemi attivati; gli operatori metasoggettivi influenzano l'attivazione degli schemi.

Si indicano qui gli operatori metasoggettivi con lettere maiuscole: *operatore M* (da *mental energy*, una risorsa attentiva utile ad attivare uno o più schemi), *operatore F* (da *field*, che costituisce un equilibrio del campo percettivo o fenomenico, secondo i principi gestaltici, e massimizza l'attivazione degli schemi congruenti con tale campo), *operatore L* (da *learning*, che facilita l'attivazione di schemi facenti parte di una medesima struttura appresa), *operatore I* (da *interrupt*, che inibisce gli schemi attivi ma non rilevanti in quanto contrastanti con gli scopi attuali del soggetto). L'operatore M, secondo la teoria, costituisce una componente essenziale della memoria di lavoro e la sua capacità è stata ampiamente studiata in

relazione sia al suo sviluppo con l'età, sia all'esistenza di differenze individuali (per es. Morra, 1994).

La teoria postula che il ruolo dell'operatore M sia differente a seconda di una tipologia di compiti basata sulla pertinenza delle informazioni disponibili. In compiti *facilitanti* (in cui cioè tutte le informazioni disponibili e salienti siano utili al compito) il ruolo dell'operatore M è minimo, mentre il successo dipende soprattutto dalle conoscenze del soggetto, dagli operatori L e F e da altri fattori qui non menzionati. In compiti *distraenti* (in cui siano attivate anche rappresentazioni mentali non rilevanti) l'operatore M ha un ruolo maggiore, in quanto è necessario a mantenere attivati tutti gli schemi rilevanti a fronte delle informazioni distraenti. In compiti *fuorvianti* (in cui alcune informazioni salienti o alcune conoscenze bene apprese tendono ad attivare fortemente schemi inappropriati e strategie erronee) non solo l'operatore M è fondamentale per mantenere fortemente attivati gli schemi appropriati, ma è anche probabile che in un compito fuorviante che i soggetti si trovino in una situazione di *conflitto cognitivo*.

Nelle situazioni di conflitto cognitivo gli operatori M ed I (vale a dire, le risorse attentive preposte rispettivamente ad attivare gli schemi rilevanti e a inibire o disattivare quelli non rilevanti) agiscono in competizione con gli operatori L o F (che tendono, in questo contesto, ad attivare schemi non appropriati). In tali situazioni di conflitto diventa rilevante anche lo *stile cognitivo* degli individui; i soggetti dipendenti dal campo avranno maggiore probabilità di cadere preda dell'attivazione di schemi non appropriati, mentre i soggetti indipendenti dal campo riescono più facilmente a inibire gli schemi non rilevanti e mantenere l'attenzione focalizzata solo su quelli rilevanti.

## La Comprensione di Descrizioni Spaziali

Un compito di comprensione di descrizioni spaziali, ideato da Johnson-Laird (1983; Erlich e Johnson-Laird, 1982), richiede ai soggetti di ascoltare (o leggere) brevi descrizioni riferite alle posizioni di alcuni oggetti, per es. "Il cucchiaino è davanti al bicchiere. La forchetta è a sinistra del cucchiaino. Il bicchiere è a sinistra del piatto."

Ricerche precedenti, a partire da quelle classiche di Johnson-Laird, evidenziano che il compito viene tipicamente risolto mediante la costruzione di modelli mentali (analogici) della posizione dei vari elementi nello spazio. Questo compito presenta un certo grado di informazione distraente (l'interferenza proattiva data da tutte le descrizioni precedentemente ricevute) e almeno un aspetto fuorviante (nella costruzione di un modello mentale, se il primo elemento menzionato in una frase era

già presente nel modello, è necessario inserire il secondo elemento nella direzione opposta a quella nominata nella frase; per es., per rappresentarsi la terza frase della descrizione sopra proposta, "Il bicchiere è a sinistra del piatto", poiché il bicchiere era già presente nel modello mentale, il soggetto in effetti deve rappresentarsi il piatto sulla *destra*.

Pertanto la teoria prevede che la riuscita nel compito dipenda, come condizione necessaria anche se non sufficiente, da una adeguata capacità dell'operatore M. Da una dettagliata analisi del compito emerge che diversi tipi di descrizioni richiedono una capacità dell'operatore M di attivare rispettivamente 5, 6, o 7 schemi simultaneamente.

Il precedente esempio "Il cucchiaino è davanti al bicchiere. La forchetta è a sinistra del cucchiaino. Il bicchiere è a sinistra del piatto." è una descrizione di 3 frasi che rientra nel tipo delle "descrizioni semicontinue" (Ehrlich e Johnson-Laird, 1982), cioè quelle in cui, pur essendovi coppie di frasi senza alcun elemento in comune (nel nostro caso la seconda e la terza), è però possibile comprendere la descrizione costruendo un modello mentale in cui vengono aggiunti senza soluzione di continuità elementi successivi (nel nostro caso, a un modello mentale iniziale che contiene le posizioni del cucchiaino e del bicchiere, vengono poi aggiunte la posizione della forchetta quando si decodifica la seconda frase e quella del piatto quando si decodifica la terza).

Secondo la nostra analisi (Morra, Pascual-Leone, Johnson & Baillargeon, 1991) la comprensione di una descrizione semicontinua richiede di attivare 6 schemi contemporaneamente.

Per comprendere la prima frase sono necessarie 3 unità di rappresentazione: due elementi, anche simbolici, che rappresentano il cucchiaino e il bicchiere, e uno schema operativo analogico spaziale che rappresenta la relazione "davanti a"; il risultato sarà un modello mentale con 2 elementi, il "cucchiaino" collocato davanti e il "bicchiere" dietro di esso. Per comprendere e integrare la seconda frase sono necessarie 5 unità: due per il modello già costruito con il cucchiaino e il bicchiere, una per riconoscere che il cucchiaino di cui si parla si identifica con un elemento già presente nel modello, una per rappresentare la forchetta, e uno schema operativo per la relazione "a sinistra di". Il risultato sarà un modello mentale che, a questo punto, contiene tre elementi, nel seguente modo:

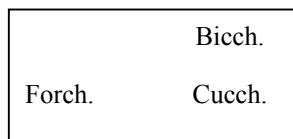


Figura 1: Modello mentale dopo la seconda frase.

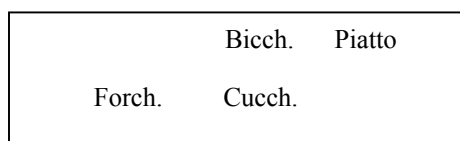


Figura 2: Modello mentale dopo la terza frase.

Infine, per comprendere e integrare la terza frase sono necessarie 6 unità: tre per il modello costruito fin qui (vedi figura 1), una per riconoscere che il termine "bicchiere" coincide con un elemento già presente nel modello, una per rappresentare il piatto, e uno schema operativo per la relazione "a sinistra di". Il risultato finale sarà un modello mentale che comprende tutti i quattro elementi menzionati e le relazioni fra loro (vedi figura 2).

In questo esempio abbiamo considerato una descrizione semicontinua. Per brevità non analizziamo qui in dettaglio altri tipi di descrizioni ma riassumiamo le altre analisi nei seguenti termini: (a) Le descrizioni di due frasi richiedono di attivare simultaneamente 5 schemi, come si evince dal precedente esempio fermandosi alla seconda frase; (b) le descrizioni di 3 frasi continue (cioè in cui ogni frase successiva ha un elemento in comune con la precedente) richiedono di attivare simultaneamente 6 schemi, come le semicontinue; (c) le descrizioni di 3 frasi discontinue (in cui le prime due frasi non hanno elementi in comune) richiedono di co-attivare 7 schemi (cioè i 4 elementi nominati nelle prime 2 frasi, che a questo punto formano 2 modelli mentali distinti, più i 3 schemi necessari a comprendere la terza frase e integrare il tutto)

Alcuni nostri esperimenti, sia su bambini da 9 a 13 anni (Morra et al., 1991), sia su studenti universitari (Morra, 2001) confrontano la prestazione degli stessi individui in un compito di comprensione di descrizioni spaziali e in una misura di capacità dell'operatore M (il Figural Intersections Task; vedi Pascual-Leone e Baillargeon, 1994). I risultati confermano pienamente le previsioni teoriche: occorre una capacità di 5 unità per comprendere le descrizioni di 2 frasi, di 6 unità per comprendere quelle continue e semicontinue di 3 frasi, e di 7 unità per comprendere quelle di 3 frasi discontinue. Essendo già stati pubblicati i risultati di tali esperimenti (Morra, 2001; Morra et al, 1991) non occorre presentarli qui in dettaglio.

## Il Problema del Livello dell'Acqua

Il problema piagetiano del livello dell'acqua (in sigla WLT, da Water Level Task) costituisce invece un compito in cui la salienza di informazioni fuorvianti è molto forte. Esso richiede di tracciare una linea che rappresenta la superficie del liquido in un recipiente inclinato. Pur essendo, secondo Piaget e Inhelder (1947), un compito operativo concreto, in effetti anche non pochi adulti commettono errori, tracciando linee oblique anziché orizzontali. Tra i fattori d'errore vanno menzionati: l'esperienza di recipienti (verticali) in cui la superficie del liquido è parallela al fondo, la configurazione percettiva costituita dal fondo e dalle pareti del recipiente e la tendenza a tracciare una linea parallela al fondo completando così tale configurazione in modo simmetrico.

Un modello (Pascual-Leone e Morra, 1991) considera essenziali tre variabili: la capacità dell'operatore M del soggetto, la sua dipendenza dal campo, e la sua conoscenza fisica del comportamento dei liquidi.

La capacità dell'operatore M entra in gioco in quanto il modello considera necessario coordinare *almeno quattro* distinte informazioni: (a) la conoscenza che l'acqua

scende verso il basso, (b) una rappresentazione di quale sia la parte bassa del contenitore presentato, (c) una rappresentazione dell'acqua come fluido, che si distribuisce uniformemente, (d) il concetto di linea orizzontale, come raffigurazione della superficie dell'acqua che è distribuita uniformemente. Se manca l'informazione (d), questa può essere sostituita da una linea che unisca due distinte rappresentazioni di punti sui due lati della bottiglia, situati alla stessa altezza rispetto al piano d'appoggio; in tal caso, la M-demand del compito sale da 4 a 5 unità (perché la rappresentazione di una linea orizzontale va sostituita da quelle dei due punti alla stessa altezza).

La dipendenza dal campo entra in gioco in quanto il compito presenta forti caratteristiche di *misleadingness* ed è in grado di suscitare un notevole conflitto cognitivo: il fondo e i lati della bottiglia, che sono proprietà salienti dello stimolo, inducono effetti di campo a livello di immagine mentale (simmetria, buona forma), bias di risposta (tendenza a disegnare gli angoli come retti, o come "più retti" del dovuto), conoscenze super-apprese ma fuorvianti (l'acqua parallela al fondo delle bottiglie); per tutti questi motivi il compito induce una notevole propensione a fornire la risposta (errata) di tracciare la linea del livello dell'acqua parallela al fondo del recipiente, anche quando questo è obliquo. Un errore frequente negli adulti e nei ragazzi più grandi è una risposta "di compromesso", cioè con una inclinazione intermedia fra l'orizzontale (corretta) e la parallela al fondo del recipiente. I soggetti indipendenti dal campo dovrebbero essere meno influenzati da questi fattori d'errore rispetto a quelli campodipendenti.

L'importanza della conoscenza fisica dei liquidi (e della conoscenza spaziale presupposta da tale conoscenza fisica) dovrebbe essere autoevidente, ove si consideri il precedente elenco delle informazioni rilevanti per la corretta soluzione.

## Metodo

Abbiamo condotto uno studio su 337 bambini di età fra i 5 e i 13 anni, che abbiamo sottoposto a una batteria di cinque test di capacità M (Figural Intersections Test, Backward Digit Span, Backward Word Span, Mr. Cucumber Test, Conting Span; cfr. Morra, 1994); a una batteria di tre test di campodipendenza (Children's Embedded Figures Test, Block Design, Rod and Frame); a otto item del WLT (di cui si considerano qui i primi quattro, con la bottiglia inclinata di 45° a sinistra, 135° a sinistra, 45° a destra, 135° a destra; gli item successivi non sono analizzati qui per brevità); a una serie di tre domande, poste oralmente, relative al principio fisico di orizzontalità dei liquidi.

Per ogni item del WLT si misura (in gradi) la deviazione della linea tracciata dal soggetto rispetto all'orizzontale. La media dell'errore nei primi quattro item è utilizzata come variabile indipendente in un'analisi di regressione, in cui M capacity, dipendenza dal campo e conoscenze espresse verbalmente sono tre predittori (o variabili indipendenti).

Inoltre si categorizza la risposta ad ogni item secondo una tipologia di errori; in particolare, le risposte in cui

l'errore è minore di 8° sono classificate come corrette. Il numero di risposte corrette viene usato per una cross-classification prediction analysis, in cui si verifica la previsione che la prestazione corretta con bottiglie oblique abbia come prerequisito una M capacity di 4 unità.

## Risultati

L'analisi di regressione multipla dell'angolo di errore nel WLT indica, come previsto dal modello, effetti significativi di tutte e tre le variabili considerate: per le conoscenze espresse verbalmente,  $\beta = -.40$ ,  $p < .001$ ; per la indipendenza dal campo,  $\beta = -.26$ ,  $p < .001$ ; per la capacità dell'operatore M,  $\beta = -.23$ ,  $p < .001$ . Le tre variabili indipendenti insieme spiegano un'ampia porzione della varianza nel WLT,  $R^2 = .603$ .

Anche un'analisi della tipologia di errori, qui non presentata in dettaglio, offre indicazioni in accordo col modello; gli errori "di compromesso" si trovano soprattutto in soggetti che avrebbero una capacità M sufficiente a produrre la risposta corretta, mentre gli errori più estremi si trovano in bambini che, oltre a non avere ancora raggiunto la M capacity necessaria per risolvere correttamente il compito, hanno anche scarse conoscenze fisiche o presentano una forte dipendenza dal campo percettivo.

Tabella 1: Risposte corrette nel WLT e M capacity.

	1	2	3	4	5	6
WLT						
4	0	0	0	9	18	7
3	0	0	3	10	1	1
2	0	0	3	15	17	1
1	0	3	9	16	6	2
0	10	56	96	41	8	1

La tabella 1 presenta il numero (che può variare da 0 a 4) di risposte corrette negli item del WLT qui considerati, in funzione della capacità M dei soggetti (qui calcolata come media, approssimata all'unità più vicina, del punteggio nei test elencati nella sezione "metodo"; in questo campione di bambini la capacità M varia da 1 a 6). In ogni casella della tabella 1 è indicata la frequenza dei soggetti con una determinata capacità M e un determinato numero di risposte corrette nel WLT.

Ai fini della cross-classification prediction analysis stabiliamo un criterio di almeno 3 risposte corrette su 4 item come definizione operativa di successo nel WLT. La previsione del modello è che sia necessaria una capacità M di almeno 4 unità per riuscire nel compito; pertanto, nel gruppo di caselle evidenziate con un bordo e con cifre in grassetto si dovrebbero osservare frequenze nulle. Esse sono effettivamente nulle, ad eccezione di 3 soggetti in una delle caselle per cui si è formulata la previsione di frequenza nulla. La cross-classification prediction analysis (Hildebrand et al., 1977) consente di valutare la significatività di tali eccezioni, ovvero se le caselle 'critiche' possano essere trattate come vuote, fatta salva la varianza d'errore. L'indice *Del* (che può assumere un valore massimo di 1) esprime la misura in cui i dati si avvicinano alla previsione di frequenze nulle nelle caselle

critiche. Per i dati della tabella 1,  $Del = .89$ ,  $z = 13.40$ ,  $p < .001$ , con un intervallo di fiducia del 99% di (.71, 1.06); in altri termini, le poche eccezioni riscontrate possono essere considerate semplicemente come varianza d'errore. Inoltre, come previsto dal modello, i soggetti con una capacità M di 5 unità hanno una prestazione migliore dei soggetti con una capacità M di 4 unità (medie, rispettivamente, 2.12 e 1.23 risposte corrette,  $t = 3.62$ ,  $p < .001$ ).

In sintesi, i risultati confermano la previsione che il successo nel WLT richiede una capacità M di almeno 4 unità (e che una capacità M di 5 unità rende ancora più probabile il successo, in quanto diventa possibile anche una strategia che non richiede la rappresentazione esplicita del concetto di orizzontalità). Al tempo stesso, i dati confermano un'altra previsione del modello, cioè che la capacità M non è l'unico predittore della prestazione nel compito, ma anche indipendenza dal campo e conoscenza del principio fisico di orizzontalità dei liquidi sono predittori significativi.

In effetti, la capacità M media il ruolo degli altri due predittori: analisi più dettagliate, qui non riportate per brevità (cfr. Morra, 2006) indicano che la correlazione fra errori nel WLT e dipendenza dal campo è più elevata nel gruppo di soggetti con capacità M di almeno 4 unità che nel gruppo con capacità M più ridotta. Ciò indica che il conflitto cognitivo è più forte nei soggetti che, da un lato, avrebbero la capacità M necessaria per tenere presenti tutte le informazioni rilevanti, ma d'altro lato, sono anch'essi soggetti ai fattori di campo che rendono fuorviante il compito.

### Conclusioni

Sia i risultati delle ricerche sulla comprensione di descrizioni spaziali, sia il nuovo esperimento sul problema del livello dell'acqua confermano pienamente le previsioni della teoria.

Si conclude pertanto che è possibile formulare, nell'ambito della Teoria degli Operatori Costruttivi, modelli dettagliati relativi al carico d'informazione posto dai compiti e alla capacità degli individui di attivare simultaneamente le informazioni necessarie. Al tempo stesso, conformemente alla teoria stessa, il carico d'informazione non è l'unica caratteristica dei compiti che deve essere considerata. Occorre anche valutare in che grado un compito ponga i soggetti in una situazione di conflitto cognitivo; nel caso di compiti con caratteristiche particolarmente fuorvianti, che suscitano un forte conflitto cognitivo, diventa possibile formulare previsioni che tengano conto anche delle differenze individuali di stile cognitivo. Le persone più indipendenti dal campo sono più abili nell'inibire informazioni irrilevanti e fuorvianti.

### References

Ehrlich K., & Johnson-Laird P.N. (1982). Spatial descriptions and referential continuity. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 296-306.

Hildebrand D.K., Laing J.D., & Rosenthal H. (1977). *Prediction analysis of cross classifications*. New York: Wiley.

Johnson-Laird P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.

Morra S. (1994). Issues in working memory measurement: Testing for M capacity. *International Journal of Behavioral Development*, 17, 143-159.

Morra S. (2001). On the information-processing demands of spatial reasoning. *Thinking and Reasoning*, 7, 347-365.

Morra S. (2006). A test of a neo-Piagetian model of the Water Level Task. *European Journal of Developmental Psychology*, in press.

Morra S., Pascual-Leone J., Johnson J., & Baillargeon R. (1991). Understanding spatial descriptions: experimental test of a mental capacity model. In: Logie R.H., Denis M. (eds), *Mental images in human cognition*. Amsterdam: North Holland.

Pascual-Leone J. (1987). Organismic processes for neo-Piagetian theories: A dialectical causal account of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 22, 531-570.

Pascual-Leone J., & Baillargeon R. (1994). Developmental measurement of mental attention. *International Journal of Behavioral Development*, 17, 161-200.

Pascual-Leone J., & Goodman D. (1979). Intelligence and experience: a neo-Piagetian approach. *Instructional Science*, 8, 301-367.

Pascual-Leone J., & Morra S. (1991). Horizontality of water level: A neo-Piagetian developmental review. In: Reese H.W. (ed.), *Advances in child development and behavior*, vol.23, N.York: Academic Press.

Piaget J., & Inhelder B. (1947). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.

