

superare le difficoltà in cui era inceppato il comportamentismo e, inoltre, ha aperto pur in un diverso contesto il problema del rapporto mente-corpo: ancora una volta l'attività mentale appariva separata dall'attività sensoriale e nervosa dell'organismo. In breve, separando «mentale» e «fisico», la psicologia assicurava la propria autonomia d'indagine e di speculazione, pur acquisendo uno statuto di scientificità con l'adozione dei metodi delle scienze naturali e dell'intelligenza artificiale.

Condurre la psicologia nell'ambito naturalistico, tuttavia, se da un lato ne garantiva l'identità scientifica, dall'altro delimitava il soggetto, le sue condotte, la sua esperienza relazionale con il mondo. Il cognitivismo, valutando il lavoro della mente come un'elaborazione di simboli combinati secondo precise regole sintattiche, ha di conseguenza assicurato alla psicologia autonomia e riconoscimento disciplinare.

Alla base dei modelli cognitivi della mente troviamo la metafora del computer, che elabora simboli mediante un'attività di computazione. Ai modelli computazionali, aventi un'elaborazione sequenziale dell'informazione, succedono, in seguito ai successi riportati dalle neuroscienze, modelli che richiamano, con sempre maggior precisione, il funzionamento del cervello.

Lo sviluppo delle neuroscienze ha in qualche modo costretto i teorici dell'elaborazione dell'informazione a riconsiderare la mente, sempre più pensata e valutata come parte integrante della struttura e del funzionamento del cervello: ogni attività cognitiva dipenderebbe così in primo luogo dal funzionamento dei neuroni (Damasio, 1994). L'attività mentale, di conseguenza, non più considerata sotto il governo delle regole del linguaggio logico-formale, è divenuta parte del più ampio sistema nervoso.

Con la costruzione di reti neurali, pertanto, l'elaborazione da sequenziale diventa parallela, cioè eseguita da unità — corrispondenti ai neuroni — attive contemporaneamente (*Parallel Distributed Processing*). Alle strutture simboliche sono così sostituiti «effetti fisici di cause fisiche» (Parisi, 1999, p. 86). La psicologia cognitiva, che pur negli ultimi decenni ha subito diverse ridefinizioni, si trova oggi a doversi confrontare sempre più da vicino con le scoperte compiute dalle neuroscienze circa l'architettura della mente umana e il suo funzionamento. Queste conoscenze non possono essere ignorate nell'ideazione di nuovi modelli dell'attività mentale.

Il problema è dunque stabilire i limiti tra le due scienze e identificare le rispettive identità e autonomie. Il quadro concettuale offerto dalle neuroscienze sembra fornire garanzie soprattutto sul piano metodologico, ma le leggi della quantificazione rischiano di ridurre inevitabilmente i comportamenti dell'uomo a una serie di algoritmi finiti.

Donald Olding Hebb (1904-1985)

La teoria degli assembramenti cellulari

Lo psicologo canadese Donald Hebb si pone ai confini tra il comportamentismo e la teoria dell'informazione: il suo metodo d'indagine è quello proprio del comportamentismo. La psiche va analizzata esattamente come le caratteristiche dell'atomo sono studiate dal chimico: come gli atomi non sono direttamente osservabili, ma se ne inferiscono le proprietà dai comportamenti dei diversi composti chimici, così si possono conoscere i meccanismi psichici facendoli derivare dal comportamento.

L'attenzione di Hebb è rivolta all'influenza dei processi interni, e del sistema nervoso in particolare, divenendo egli uno dei primi ad analizzare il sistema nervoso centrale con riferimento alla psicologia, se per quanto ingenua e primitiva fosse la concezione che si aveva delle funzioni cerebrali. Gli organi di senso collegati al cervello, lungo vie nervose, trasmettevano le informazioni a un generico «sensorio»; qui, una mente le elaborava e le trasferiva al «sistema motorio». Pavlov si era limitato a stabilire delle semplici connessioni, in seguito a condizionamento, tra sensorio e motorio. Per Hebb, funzione del sistema nervoso è trasmettere impulsi, di natura elettrica e chimica, dai recettori — o cellule sensoriali — agli effettori, cellule di muscoli e ghiandole, che provocano il comportamento. Nella trasmissione diretta, come nei casi di condotte geneticamente determinate, si ha un riflesso incondizionato. L'apprendimento favorisce invece la formazione di circuiti più «lunghi» attraverso la corteccia associativa, in modo che le «eccitazioni» non passino direttamente agli effettori. I vari circuiti cerebrali, secondo Hebb, si costruirebbero progressivamente nel tempo, combinandosi in sistemi sempre più complessi, detti *assembramenti cellulari* (Hebb, 1949), localizzandosi in regioni particolari del cervello. Un'eccitazione, dunque, tende a prodursi in modo simultaneo in tutti i neuroni che appartengono allo stesso assembramento o, meglio, quando un solo neurone è eccitato, trasmette l'eccitazione a tutti i neuroni appartenenti al proprio gruppo o assembramento: l'esistenza di connessioni sinaptiche promuoverebbe così una reciproca eccitazione in tutti i neuroni di uno stesso raggruppamento.

Base dell'attività di pensiero è per Hebb il dinamismo dei vari circuiti cerebrali, progressivamente formati in conseguenza dell'esperienza; i comportamenti più complessi, chiamati da Hebb *sequenze di fase*, emergerebbero successivamente alla formazione di insiemi di assembramenti cellulari, mentre il loro succedersi è alla base di quel che è chiamata esperienza. Tali comportamenti sarebbero pertanto meno localizzati, interessando gruppi di cellule di più sezioni del sistema nervoso.

Si delinea così una visione della sequenza dello sviluppo del sistema nervoso che supera da un lato la teoria della *localizzazione* (secondo cui funzioni particolari del cervello corrisponderebbero a specifiche facoltà della mente; vale a dire che le funzioni cognitive sarebbero localizzate in regioni specifiche del sistema nervoso; Fritsch e Hitzig, 1870) e dall'altro lato quella *solistica*, che considera il cervello come un unico organo coinvolto in tutti i comportamenti. Secondo la teoria di K. Lashley (1929), infatti, tutte le cellule del cervello sarebbero attive e coinvolte in tutte le attività cognitive. Il superamento di una rigida posizione e l'accettazione di una sequenza di sviluppo in grado di procedere dalla localizzazione all'olismo, come anche da quest'ultimo alla localizzazione, consentiva di considerare entrambi i punti di vista e di utilizzarli nella simulazione al computer.

Partendo dall'osservazione del comportamento, il problema centrale, per Hebb, diventa identificare il processo che avviene nel sistema nervoso. Si chiede, infatti: «Quali sono le caratteristiche del comportamento causate da complessi circuiti chiusi o da assembramenti cellulari?» (Hebb, 1966, p. 97).

Il comportamento è sempre una risposta di adattamento all'ambiente in conseguenza delle sensazioni registrate. Nel comportamento riflesso, o dominato dai sensi, le connessioni del sistema nervoso centrale sono dirette, pronte e invariabili; nel comportamento pianificato e complesso, si deve supporre una serie di processi di mediazione o di assembramenti cellulari. In questo caso allo stimolo non segue immediatamente la risposta e l'impulso sensoriale è come trattenuto, per un certo tempo, prima di essere trasmesso. La spiegazione offerta da Hebb circa la comprensione della «conservazione» dell'eccitazione e del differimento della risposta è l'esistenza di circuiti chiusi, nei quali l'eccitazione sarebbe trattata senza estinguersi.

«La "volontà"» scrive Hebb «sembra riferirsi all'effetto selettivo dei processi di mediazione sul comportamento» (Hebb, 1966, p. 119). Egli inserisce così l'attività mentale in quella cerebrale. D'altronde, il comportamento cognitivo, non esauribile nella formula stimolo-risposta, è spiegato come il prodotto di variazioni delle connessioni tra i circuiti chiusi di un processo centrale nel sistema nervoso. Quando uno stimolo eccita più volte un processo centrale, crea variazioni sinaptiche nella rete neurale, favorendo la sua organizzazione nel percepire in modo migliore lo stimolo. Similmente, nel caso si ripetessero con frequenza due stimoli che attivano due diversi processi centrali, questi due processi risulterebbero associati.

Hebb, nel tentativo di individuare i fattori che determinano lo sviluppo, si pone la domanda circa i confini tra eredità e ambiente, tra ciò che è innato e ciò che è acquisito. Maturazione e apprendimento sono, per lui, le due facce di una stessa medaglia: l'una esercita la propria influenza sull'altra in un processo unitario. Maturazione fisica e processi di apprendimento s'intrecciano e

collaborano allo sviluppo del comportamento; anche un comportamento che apparentemente non sembra richiedere addestramento dipende in realtà da un apprendimento anteriore. In altre parole, l'esperienza non è necessariamente connessa con la consapevolezza, e pertanto diviene esperienza qualunque forma di stimolazione organo-sensoriale, anche in un'età precoce del bambino: ne consegue che l'apprendimento che si attua in questo periodo diviene importante, costituendo una «precedente esperienza», con effetti sullo sviluppo mentale. Tutte le stimolazioni sensoriali che al bambino provengono dall'ambiente sono utili ed efficaci, sia per mantenere attive le sue strutture neurali, sia per la realizzazione dell'apprendimento. L'esperienza infantile si rivela infatti decisiva nel modellare il comportamento negli adulti di molte specie: una normale esperienza da piccoli è condizione essenziale perché si manifestino, in età adulta, comportamenti intelligenti. Da un lato, l'eredità genetica resta il presupposto di ogni comportamento, sia «istintivo», sia superiore; dall'altro lato, ogni tipo di comportamento richiede un apprendimento precedente. Il comportamento istintivo non appartiene a una classe diversa da quello superiore, e non è separato né dall'apprendimento, né dall'intelligenza. L'istinto è dunque il prodotto di un'organizzazione neurale, proprio di una specie, modellato su vie riflesse e determinato sia dal genotipo di ciascuna specie, sia dalle caratteristiche ambientali. Non appreso è soltanto lo sviluppo del riflesso incondizionato: ogni altro comportamento, compreso quello istintivo, racchiude in sé l'apprendimento costituito dalle esperienze compiute nel periodo neonatale.

Secondo Hebb, «invece di chiedere se una data azione è ereditaria o acquisita — stabilendo un'opposizione tra le due influenze — noi dobbiamo chiederci come esse hanno collaborato nel produrla» (Hebb, 1966, p. 183).

Accogliendo la conoscenza come risultato dell'interazione tra le stimolazioni che riceviamo dal mondo esterno e l'organizzazione interna delle connessioni sinaptiche, possiamo supporre che anche la motivazione abbia basi neurali. Hebb individua cinque tendenze biologicamente primitive e necessarie alla sopravvivenza: *motivazione della fame, del dolore, del sesso, materna, esplorativa*. I principali meccanismi di tali comportamenti risiedono in zone precise del cervello, come il talamo e l'ipotalamo. Le ragioni ultime dei comportamenti sono individuate nella funzione di mantenere in vita l'organismo, almeno fino a quando non si riproduce, mediante una nuova generazione. All'origine dello sviluppo ritroviamo l'ipotesi dell'evoluzione, che genera e conserva la vita, motivando gli individui a ricercare il cibo, a evitare il dolore, ad accoppiarsi e a prendersi cura della prole. «Ma l'evoluzione» scrive Hebb «ha anche fornito ai mammiferi un cervello sviluppatissimo, il che porta ad altre conseguenze molto importanti» (Hebb, 1966, p. 283): un cervello sviluppato non soltanto rende un organismo vivente più

adattabile, ma ha anche effetti motivazionali indiretti, vale a dire presenta motivazioni non riconducibili alle tendenze biologicamente primitive, ma strettamente legate ai «contesti sociali». Hebb considera lo sviluppo delle istituzioni sociali una necessità, a motivo dell'estrema sensibilità emotiva dell'essere umano; attraverso le organizzazioni sociali, infatti, l'uomo può meglio controllare e ridurre le proprie reazioni emotive, quest'ultime spiegabili con i diversi stati di eccitazione.

Emozione ed eccitazione crescono insieme; tuttavia, ai livelli alti di eccitazione, sia la motivazione sia la risposta emotiva — intesa come motivante — impoveriscono e disorganizzano il comportamento: ogni movimento del corpo e il pensiero stesso possono paralizzarsi. La struttura della società serve pertanto a «mascherare» la straordinaria suscettibilità delle emozioni dell'uomo, con riferimento particolare a quelle di paura e di collera.

L'intensità e la forza del pregiudizio sociale [...] ci dimostra quanto profondamente questa suscettibilità sia radicata. Così la mancanza di scoppi emozionali nell'uomo civilizzato dimostra non già la mancanza di suscettibilità, bensì l'efficacia della corazza sociale che ci protegge, e non confuta l'assunto secondo cui la suscettibilità emotiva cresce con le capacità intellettive. (Hebb, 1966, p. 296)

L'importanza della teoria di Hebb deriva dall'aver coniugato i processi interni con il comportamento osservabile, offrendo una nuova visione del rapporto tra sistema nervoso e comportamento. Inoltre, il riferimento costante al funzionamento del sistema nervoso centrale, concepito non più come semplice trasmettitore, apre definitivamente la strada sia all'approccio dell'«elaborazione dell'informazione» sia a quello «connessionista». Identificare la conoscenza con l'organizzazione sinaptica del cervello e far derivare la sua acquisizione dall'interazione tra stimoli esterni e rete neuronale anticipa gli assunti dell'identità tra processi interni e processi di pensiero e della plasticità dei sistemi cerebrali, assunti che stanno ricevendo sempre più credito negli attuali studi delle neuroscienze. In breve, come rileva Riccardo Luccio, «il fondamento della posizione di Hebb va infatti rintracciato nella sua affermazione della possibilità di dimostrare la permanenza dell'eccitazione all'interno del sistema nervoso, tra stimolo e risposta, e nella sua affermazione della capacità di autostimolazione ed elaborazione autonoma da parte del sistema nervoso stesso» (Luccio, in Hebb, 1949, p. 13).

La prospettiva dell'elaborazione dell'informazione

In quest'orientamento confluiscono ricercatori che, pur provenienti da discipline differenti, hanno un comune interesse: considerare cosa avviene nel

sistema cognitivo al passaggio di un'informazione. Contrariamente alle teorie dell'apprendimento, qui si vuole valutare il comportamento indagando sui processi mentali che lo hanno prodotto. Rispetto al costruttivismo di Piaget, si cerca di riconsiderare lo sviluppo mentale, supportandolo con studi empirici di vasta portata e con maggior rigore metodologico, nel tentativo di andare oltre la semplice descrizione dei cambiamenti dello sviluppo (Miller P.H., 2002). Non si tratta dunque di una teoria, ma di una proposta di ricerca, di una strategia di studio, in cui teorie diverse si ritrovano, ognuna offrendo il proprio contributo, per decifrare le operazioni mentali che avvengono tra l'entrata di un qualunque stimolo (input) e la sua trasformazione in una risposta (output).

Tutte le informazioni che giungono al cervello provengono dagli organi sensoriali, «le finestre sul mondo» (Lindsay e Norman, 1977); tuttavia, per definire un'esperienza percettiva, è necessario individuare le operazioni che l'organismo umano compie sui dati sensoriali e conoscere le regole che dirigono l'interpretazione e l'organizzazione dell'informazione in entrata. Ora, i programmi di computer *sembrano* funzionare in modo alquanto simile agli esseri umani: ricevono informazioni o input, li elaborano attraverso determinate operazioni, e infine li trasformano in output; i comportamenti dell'uomo, considerati in analogia con un calcolatore o elaboratore di informazioni, possono dunque essere metaforizzati. In breve, si approda alla concezione di una mente umana simile a un sistema in grado di manipolare simboli (Newell e Simon, 1972). Certamente non esiste alcuna equipollenza tra la mente umana e un computer digitale, soprattutto per le rispettive caratteristiche strutturali; nondimeno, tra la mente concepita come un sistema cognitivo complesso e il computer digitale sembra sussistere un'analogia, con riferimento soprattutto alle modalità di elaborazione dell'informazione. Un sistema di elaborazione dell'informazione, infatti, si avvale di regole generali applicabili a qualunque meccanismo: esso si compone di una *memoria*, di una *unità di elaborazione*, che esamina e interpreta le informazioni contenute in memoria, e di meccanismi di input-output, ossia le vie d'ingresso e di uscita del sistema dell'informazione. Si tratta dunque di una psicologia fondata sul processamento dell'informazione, cosa resa possibile, appunto, dall'invenzione del computer. Progressivamente, da un lato, si sistemarono programmi per dimostrare teoremi logici che avevano molte somiglianze con le prestazioni mentali (Newell e Simon, 1976); dall'altro lato, le strategie teorizzate da Bruner e colleghi, nell'apprendimento di concetti, si rivelarono simili ai programmi di un calcolatore (Bruner, Goodnow e Austin, 1956).

Il sogno del comportamentismo di poter ignorare la «mente», di predire e controllare il comportamento, intanto, riceveva tre colpi decisivi, rispettivamente da Karl Lashley (1951), che mise in luce come certe capacità, per esempio

parlare, richiedessero un'intenzionalità da parte dell'individuo nell'esercitare una serie di controlli in grado di dirigere l'intera sequenza dei comportamenti; da Noam Chomsky (1959b), che, in merito all'acquisizione della complessa capacità del linguaggio, con la sua «grammatica trasformazionale» forniva spiegazioni più soddisfacenti, insistendo sull'apprendimento caratterizzato da un cambiamento della conoscenza più che da un cambiamento delle risposte; infine, da George Miller, che con altri dimostrò l'importanza, per gli eventi mentali, del concetto di «pianificazione organizzata» (Miller, Galanter e Pribram, 1960; vedi scheda 4.1).

SCHEDA 4.1 *Pianificazione organizzata*

Con il concetto di *pianificazione organizzata* si sostituiva allo stimolo risposta un comportamento denominato «unità TOTE» (*Test-Operate-Test-Exit*), che rifletteva un piano di comportamento. Un individuo che intende compiere un'azione pianifica il suo comportamento in vista dello scopo da raggiungere: il primo atto consiste nell'esecuzione di un test che valuta l'esistenza di condizioni favorevoli per conseguire la meta finale. In caso d'impossibilità a procedere nell'azione, è necessario passare alla fase operativa al fine di creare le condizioni desiderate; si esegue un nuovo test per verificare le nuove condizioni, e se c'è congruenza tra queste e lo scopo dell'azione, si passa all'uscita. In questo modo, si rende possibile la misurazione del rapporto esistente tra la situazione presente (*state of organism*) e quella che s'intende raggiungere (*state to be tested*). La differenza tra queste due situazioni può essere ridotta, procedendo a una correzione (*operate*); in caso di concordanza tra la tendenza a reagire e il piano di reazione, si ha la risposta finale (*exit*). Importante risulta soprattutto la caratteristica di poter inserire gerarchicamente un'unità TOTE in unità più ampie.

I comportamentisti erano sicuramente consapevoli di un'elaborazione dell'informazione e dell'attivazione di processi cognitivi, ma non avevano mai tentato di «immaginare» le vicissitudini cui sarebbe potuta andare incontro l'informazione. Il bisogno di esaminare il destino degli input provenienti dai sensi, in relazione ai limiti della capacità degli individui di ritenere e memorizzare le informazioni, si fa strada nella mente dei ricercatori lentamente. A tale riguardo, George Miller (1956) riferisce, in conformità a una serie di esperimenti, che la capacità dell'individuo nello svolgimento di vari compiti, quali differenziare stimoli, identificare fonemi, ricordare una serie di elementi, viene improvvisamente meno quando le unità superano il numero di sette. La formula 7 ± 2 , il numero magico, indica la capacità del sistema percettivo umano di cogliere una certa quantità di dati.

Pare ci sia qualche limite incorporato in noi in conseguenza o dell'apprendimento o della struttura del nostro sistema nervoso, un limite che mantiene le nostre capacità d'incanalamento in quest'ambito generale. Sulla base dei dati attualmente disponibili, pare sicuro che possediamo una capacità finita e piuttosto piccola di formulare tali giudizi e che questa capacità non vari molto da un semplice attributo sensoriale a un altro. (Miller G.A. cit. in Gardner, 1985, p. 106).

George Miller, tuttavia, mette in luce la capacità dell'essere umano di superare tali barriere ricorrendo a espedienti di vario genere; per esempio, riunendo più elementi in un insieme di numeri o di lettere e considerando l'insieme come un'unità, oppure ricodificando le informazioni, ricorrendo al linguaggio. Sua è l'analogia del borsellino capace di contenere soltanto sette monete; irrilevante è per il borsellino contenere sette centesimi oppure sette dollari d'argento.

Le conclusioni di George Miller tendevano a dimostrare l'esistenza di limitazioni nell'attività cognitiva dell'uomo e, quindi, evidenziavano l'esigenza di un approfondimento dell'organizzazione dell'apparato adibito all'elaborazione dell'informazione. Si apriva con Miller la possibilità di sperimentare nuove vie nell'esplorazione del funzionamento mentale e delle leggi che lo governavano.

Fondamentale è altresì il concetto di informazione che deriva dalla teoria delle comunicazioni: l'informazione assunta come un quid che può essere tradotto in codice e trasmesso mediante un condotto ha suggerito un sistema cognitivo configurato come un intreccio di condutture che veicolano l'informazione, di processi che la codificano e di magazzini della memoria in cui l'informazione è depositata. La struttura del quadro teorico dell'elaborazione dell'informazione è stata influenzata particolarmente dalla teoria delle comunicazioni, soprattutto attraverso il lavoro compiuto da Donald Eric Broadbent sull'attenzione. Nel libro *Perception and communication* (1958), egli applicò i principi della teoria delle comunicazioni e valutò i limiti dei soggetti nel ritenere e memorizzare l'informazione; così facendo tentò di costruire un percorso di quel che sarebbe potuto accadere a un'informazione assunta e disegnò un diagramma, ossia una possibile serie di fasi del processo d'elaborazione dell'informazione. Secondo tale ideale percorso, le informazioni, una volta entrate attraverso i sensi, sarebbero trattenute nella memoria a breve termine e poi selezionate mediante un filtro che fermerebbe i messaggi non importanti. I messaggi con i requisiti richiesti supererebbero il filtro selettivo e sarebbero ulteriormente analizzati, entrando nella memoria a lungo termine. L'informazione, tuttavia, diverrebbe elemento di conoscenza operativa soltanto dopo aver attraversato il «canale di capacità limitata», ossia il sistema di significazione.

Con gli studi di George Miller e di Donald Broadbent dovevano convergere anche le ricerche di Jerome S. Bruner condotte insieme con altri studiosi

(Bruner, Goodman e Austin, 1956; Bruner, Olver e Greenfield, 1966). Tali ricerche, sebbene di stampo comportamentista, presentavano una novità sul piano metodologico, rispetto al quale ci furono i primi contributi di Bruner all'indagine dei processi di ragionamento. Bruner interagiva con i soggetti, informandoli sui compiti che avrebbero eseguito ed esortandoli a effettuare dei ragionamenti. In un caso specifico, la prova consisteva nella richiesta di classificare delle carte, contenenti figure, in base a una categoria di riferimento; il soggetto era stimolato a comprendere le caratteristiche della categoria assegnata, in modo da operare correttamente le proprie scelte. In tal modo si spostava l'attenzione del ricercatore dalle risposte alla successione delle deduzioni operate dai soggetti, valutandone i commenti e le riflessioni. Emerse che i soggetti non associavano in modo automatico stimoli e risposte, ma basandosi sulle informazioni ricevute derivavano regole e metodi. In altre parole, non si limitavano a rispondere meccanicamente, reagendo agli stimoli presentati, ma risolvevano attivamente il compito, valutando e interpretando in modo assolutamente creativo. Le prestazioni prodotte furono spiegate riconoscendo che i soggetti, nel portare a termine i loro compiti, ricorrevano a specifiche *strategie*. Bruner riproponeva così l'esistenza di processi mentali non manifesti a livello comportamentale, ma in grado di spiegare il comportamento.

I processi cognitivi diventavano così investigabili; si era soprattutto creata una strategia capace di aggirare i principi metodologici delle teorie dell'apprendimento. La scienza comportamentista infatti assumeva il ruolo dell'ambiente come centrale nell'agire dell'uomo: il comportamento non era mosso da idee o intenti, ma considerato un semplice riflesso di forze e di elementi ambientali. I limiti posti dal comportamentismo e il collegamento operato tra cervello e computer determinarono la nascita di una nuova idea di psicologia, un'idea formalizzata e accolta definitivamente con l'istituzione del Center for Cognitive Studies a Harvard nel 1960, ma che può essere fatta risalire a Craik (1943; 1947-1948). L'idea dell'uomo che funzioni come una macchina è antica, ma fu Kenneth Craik che per primo ipotizzò, in termini moderni, un'analogia tra le operazioni del pensiero e quelle di una macchina, e furono Miller, Galanter e Pribram (1960) che estesero al comportamento i fondamenti della cibernetica, applicando il concetto di «retroazione» e «correzione delle prestazioni» in vista di un obiettivo.

All'utopia del comportamentismo si sostituì definitivamente la convinzione di poter spiegare la vita mentale equiparandola a un processo computazionale. Riemergeva il vecchio sogno di Julien Offray de La Mettrie, che terminava il suo libro *L'homme machine* (1749) affermando «coraggiosamente che l'uomo è una macchina».

Scrivo a tale proposito Gardner:

Era chiara l'analogia col sistema umano e con i processi di pensiero umani. Il cervello umano (o gli «stati corporei» umani) corrispondevano all'hardware del calcolatore; i modelli di pensiero o di risoluzione di problemi (gli «stati mentali») potevano essere descritti in modo del tutto separato dalla particolare costituzione del sistema nervoso. Inoltre gli esseri umani, non meno dei computer contenevano programmi; e si poteva adottare lo stesso linguaggio simbolico per descrivere programmi in entrambi i tipi di entità. (Gardner, 1985, p. 44)

Con l'unità TOTE s'individuava soprattutto una nuova modalità di analisi del comportamento. Il computer era in grado di concettualizzare tali unità, di perseguire obiettivi, di verificare se gli obiettivi fossero stati raggiunti, di apportare le eventuali correzioni e, infine, di porre termine alla sequenza di azioni. Grazie all'utilizzo del computer, concetti fino allora ritenuti «sospetti» dalla scienza psicologica entrarono di diritto in una nuova direzione di ricerca: i comportamenti dell'uomo potevano dunque essere concettualizzati come processi gerarchicamente organizzati e finalizzati verso obiettivi specifici. Il modello TOTE ha offerto una rappresentazione globale dei processi cognitivi, valida per ogni comportamento, e in questo senso è un modello olistico; inoltre consentiva di spiegare il funzionamento della mente e, mediante il computer, di rendere calcolabili le singole operazioni.

Scrivo Johnson-Laird (1988, p. 31):

Parte della forza di questa disciplina risiede nella teoria della computabilità, poiché se una spiegazione è computabile, allora è coerente a prima vista e non dà troppe cose per acquisite. Se poi è la teoria giusta oppure no dipende da come si adatta ai fatti, ma almeno sarà riuscita a evitare vaghezza, confusione e la fascinazione mistica di vuote formule verbali.

Tuttavia Johnson-Laird avverte che per molti aspetti della vita mentale non è possibile costruire modelli computazionali, e altri ancora sfuggono a ogni spiegazione scientifica. Le stesse riserve avanza un altro protagonista delle scienze cognitive, Ulric Neisser, che scrive:

Nessuno (dei programmi dei computer) rende ragione, sia pur remotamente, della complessità dei processi mentali umani. A differenza dell'uomo, questi programmi di «intelligenza artificiale» realizzano una mente sostanzialmente povera, piena di fissazioni e priva di emozioni. (Neisser, 1967, p. 27)

Sebbene l'analogia tra computer e cervello umano sia soltanto parziale, e per quanto i rispettivi circuiti non siano assimilabili, tuttavia, si ritiene che «la metafora del computer rappresenti una valida euristica per lo sviluppo del campo dell'elaborazione dell'informazione» (Miller, 2002, p. 223). Mente e computer, infatti, sono entrambi sistemi che manipolano simboli: ciò comporta l'attivazione di procedure che seguono precise regole e modelli operativi (Newell e Simon,

1961). Si ha così la visione di un sistema cognitivo che, in tempi successivi, compie operazioni di calcolo e trascrive in codice l'informazione; in altre parole, produce «rappresentazioni». L'informazione diventa dunque un simbolo, e sono precisamente i simboli, elementi rappresentazionali di base, a essere manipolati dal sistema cognitivo. L'accento è posto sull'informazione e sulle vicissitudini cui questa è sottoposta:

La qualità del pensiero del bambino a qualsiasi età dipende da quali informazioni vi sono rappresentate in una particolare situazione, da come il bambino opera sulle informazioni per raggiungere il suo scopo, e dalla quantità di informazioni che può tenere a mente in un dato momento. (Siegler, 1991, cit. in Flavell et al., 1977, p. 20)

Le informazioni possono essere di tipo *dichiarativo* o di tipo *procedurale*. Le prime si riferiscono alle conoscenze possedute relative a parole o a fatti; le seconde si riferiscono invece alle conoscenze relative al saper fare. Le informazioni, inoltre, possono essere organizzate in unità di varia grandezza e a differenti livelli di complessità. Tentare di comprendere e descrivere quel che il sistema cognitivo fa nel momento in cui affronta un problema è quanto si prefigge l'approccio dell'elaborazione dell'informazione. In breve, il cognitivismo interpone tra stimolo e risposta una serie di operazioni mentali che, in fasi diverse, elaborano le informazioni contenute negli stimoli. Vi è dunque un costrutto *strutturale* che si riferisce allo stato delle informazioni in una precisa fase di elaborazione, e un costrutto *funzionale* che si riferisce alle operazioni che vi si svolgono.

Broadbent (1958) per primo aveva concepito la mente come un sistema in cui percezione, attenzione e memoria erano aspetti interdipendenti: le attività cognitive erano rappresentate come una serie di differenti fasi di elaborazione. Un serie di operazioni mentali realizzate in sequenza costituisce infatti l'assunto centrale dell'attività cognitiva. In altre parole, i processi sono considerati come se avvenissero uno per volta in una sequenza seriale. Secondo il modello proposto da Atkinson e Shiffrin (1968), ai processi percettivi seguono i processi relativi all'attenzione, quindi i processi relativi all'immagazzinamento nella memoria a breve termine oppure, a seguito di strategie ripetitive, quelli attinenti la memoria a lungo termine (fig. 4.1).

La concezione che sta alla base del sistema cognitivo, condivisa da quanti adottano la prospettiva dell'elaborazione dell'informazione, è quella di una serie di magazzini all'interno dei quali alcuni tipi di *processi elementari* con funzioni diverse modificano e rimaneggiano l'informazione. Tali processi elementari, o «componenti» (Sternberg, 1982), costituiscono le unità di base di ogni comportamento. Le unità di base sono, a loro volta, costituite da unità più semplici, nominate *operazioni*, mentre ogni singola operazione mentale è una *computazione*.

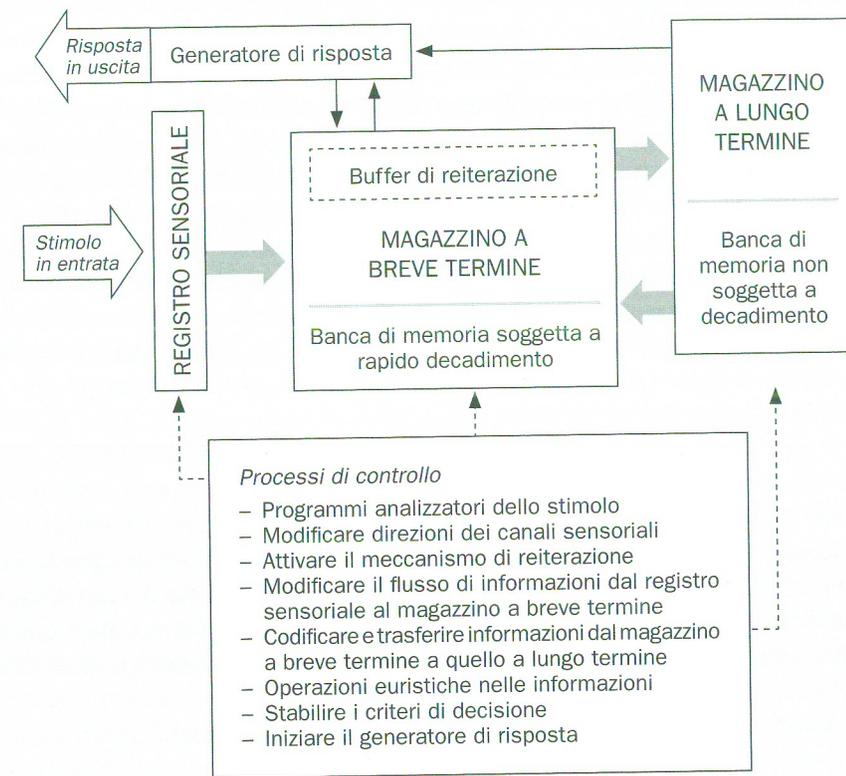


Fig. 4.1 Modello di Atkinson e Shiffrin. Fonte: Atkinson e Shiffrin (1979).

In breve, mente e computer sarebbero ugualmente sistemi che, applicando una serie di procedure e di operazioni, trasformerebbero l'informazione, conservandola sotto forma di simboli o di elementi rappresentazionali. Si intende per «rappresentazione» la forma assunta dalla mente in conseguenza dell'elaborazione operata dal sistema cognitivo dell'informazione sensoriale.

Obiettivo dei ricercatori è dunque quello di qualificare le computazioni eseguite sull'informazione in entrata, o input sensoriale, individuare le singole operazioni che supportano i processi cognitivi, e rendere ragione della trasformazione finale operata dal sistema cognitivo ossia della conoscenza prodotta.

Per quanto riguarda l'elaborazione dell'informazione nel bambino, ogni livello evolutivo sarebbe caratterizzato da un differente modo di processare l'informazione e, quindi, da una specifica relazione esistente tra input e output. Il bambino, così, messo di fronte a un problema in una situazione sperimentale,

come ordinare una serie di pesi sui due bracci di una bilancia, adotta strategie per raccogliere ed elaborare le informazioni. Le scelte che egli fa, le descrizioni prodotte, le regole usate per equilibrare i pesi riflettono l'età. In altri termini, il livello della rappresentazione dell'informazione all'interno del sistema cognitivo è determinato dalle operazioni che sono state attivate. La differenza più significativa tra l'adulto e un bambino, come anche tra l'esperto e un principiante, è determinata quindi unicamente dall'efficacia delle strategie utilizzate per manipolare l'informazione. A ogni livello vi sono cambiamenti evolutivi, vale a dire dell'attenzione, della codifica dell'input, della scelta operata, cambiamenti che determinano un diverso uso delle strategie nelle diverse età. Il bambino, nel tentativo di risolvere un problema, prova diverse procedure cercando di fare attenzione e di comprendere, finché non individua i metodi più efficaci, correggendosi e tralasciando i metodi da lui ritenuti inadatti. Ora, lo stato cognitivo del bambino può essere simulato con il computer mediante programmi sofisticati, in grado di autocorreggersi e automodificarsi in conseguenza delle risposte retroattive (feedback). Confrontando come i bambini affrontano e svolgono l'elaborazione alle diverse età diviene possibile valutare quali cambiamenti siano occorsi nel processamento dell'informazione. Le possibilità che essi hanno dunque di fare esperienza, di provare regole, di tentare nuove procedure abbandonando quelle inutili, li inducono a significativi cambiamenti nell'elaborazione dell'informazione per via delle diverse strategie adottate.

Definire lo sviluppo secondo l'approccio dell'elaborazione dell'informazione vuol dire precisare lo sviluppo dei processi mentali che selezionano, elaborano, immagazzinano e recuperano l'informazione proveniente dall'esterno; tuttavia a tale sviluppo deve far seguito un aumento nella capacità di elaborare elementi rappresentazionali della realtà sempre più efficaci. Alla base della capacità di elaborazione del sistema cognitivo sicuramente vi sono l'età e dunque la maturazione neurologica, ma perché il bambino apprenda nuove strategie assumono un ruolo centrale i meccanismi interni di autoregolazione. In altre parole, qualora si producesse una discordanza tra le previsioni considerate e i risultati realizzati, il bambino, ricevendo un feedback negativo dai propri comportamenti, può attivamente modificare le proprie strategie e quindi il suo modo di operare cognitivamente. Si può dedurre che nella misura in cui il sistema cognitivo riesce ad autocorreggersi mediante la valutazione del feedback, si genera lo sviluppo inteso soprattutto come automodificazione.

Un tale modello, concepito come un insieme di operazioni compiute in sequenza, si è ben presto rivelato insufficiente a render ragione del ruolo che l'individuo, la sua esperienza passata e le sue aspettative svolgono sull'informazione. Accanto a processi direzionati dal basso in alto (*bottom-up*) — processi

condizionati dagli stimoli — si collocano processi orientati dall'alto in basso (*top-down*) — influenzati e diretti dai concetti. I primi sono determinati dalle qualità degli stimoli, mentre i secondi risentono dell'azione esercitata dall'individuo sullo stimolo. Il modello dei processi seriali rispondeva a un'elaborazione dal basso in alto, valutando dettagliatamente l'apporto delle informazioni, ma si rivelava inadeguato nell'affrontare processi di elaborazione dall'alto in basso.

Il cognitivismo, che derivò il suo nome dal titolo del libro *Cognitive psychology* di Neisser (1967), entrò dunque ben presto in crisi. La parcellizzazione degli atti comportamentali, le ricerche sempre più complesse e la mancanza di una teoria in grado di qualificare il cognitivismo come una scuola, determinarono una riflessione interna al movimento che avrebbe suscitato nuovi orientamenti.

Una svolta si ebbe con la concezione di «elaborazione in parallelo» (Neisser, 1976), secondo cui i processi che costituivano l'attività cognitiva si sarebbero svolti contemporaneamente: le operazioni, anziché seguire un'elaborazione seriale, sarebbero state guidate sia dai dati, sia dai concetti.

Tuttavia, l'apporto più innovativo e rivoluzionario di Neisser è dato dal considerare le informazioni con riferimento all'ambiente che li elice. Non è tanto l'analogia tra mente e calcolatore che è messa in discussione, e quindi il concetto di elaborazione, quanto il modo di valutare l'informazione. All'interno del cognitivismo si delineò, tra altri orientamenti come quello «ecologico» (Neisser, 1990), l'orientamento denominato «scienza cognitiva», dal nome della rivista *Cognitive Science*, fondata nel 1967 da Schank, Collins e Charniak: si prendeva consapevolezza dell'esistenza di problemi che erano comuni a molte discipline, e che non si potevano affrontare e studiare esclusivamente con strumenti e ottiche psicologiche. La «rappresentazione delle conoscenze» diventava così il primo problema sul quale era possibile incontrarsi e confrontarsi con studiosi di diversa provenienza disciplinare. Norman (1980) definì, in seguito, le aree di ricerca su cui avrebbe spaziato la scienza cognitiva: credenze, coscienza, sviluppo, emotività, interazione, linguaggio, apprendimento, memoria, percezione, prestazione, abilità, pensiero.

Scrive Riccardo Luccio:

Di fatto si trattava di una rifondazione della psicologia cognitivista, con maggiore attenzione per l'intelligenza artificiale, con il rifiuto dei micromodelli, comune all'ecologismo, ma a differenza di questo con una forte accentuazione dell'analogia dell'uomo con il calcolatore e dell'uso dell'intelligenza artificiale. (Luccio, 2004, p. 207)

In breve, gli studiosi che adottano i criteri dell'elaborazione dell'informazione sono interessati alle regole che descrivono il modo in cui un'informazione è selezionata, elaborata, immagazzinata e recuperata; essi esaminano pertanto

i processi cognitivi che gli individui impiegano per manipolare, trasformare e utilizzare l'informazione, vale a dire le idee, le immagini, i pensieri, le percezioni, le credenze, le ipotesi, i ricordi: in una parola, le rappresentazioni mentali o *simboli*. La rappresentazione delle conoscenze resta, tuttavia, il tema centrale dei processi cognitivi. Nel tentativo di definire la conoscenza si è cercato di identificare le forme che le rappresentazioni mentali assumono e il modo in cui tali rappresentazioni sono organizzate: «Una rappresentazione è qualunque segno o notazione o insieme di simboli che ci "ri-presenta" qualche cosa, che sta al posto di un'entità che non è più immediatamente presente» (Eysenck e Keane, 1990, p. 182). Tali entità possono essere mentalmente rappresentate mediante codici simbolici che, per le loro caratteristiche di «formato», possono essere distinti in *rappresentazioni analogiche* e in *rappresentazioni proposizionali*. Le prime sono rappresentazioni pittoriche, come le immagini, mentre le seconde sono soprattutto le rappresentazioni linguistiche. Le proposizioni, più delle immagini, si prestano a essere tradotte nella notazione del calcolo dei predicati, favorendo in tal modo i modelli computazionali, su cui si basa gran parte della ricerca condotta sull'organizzazione della conoscenza.

Se l'approccio dell'*elaborazione dell'informazione* considera come il sistema cognitivo trasmette e manipola l'informazione, il *modello computazionale* è concentrato invece su come potrebbe funzionare un sistema cognitivo che elabora l'informazione. Tra i costrutti teorici ideati per spiegare l'organizzazione della conoscenza troviamo il modello delle *reti semantiche* di Allen M. Collins e M. Ross Quillian (1969; 1970): consiste sostanzialmente in un modello computazionale in cui i concetti sono rappresentati sotto forma di reti organizzate gerarchicamente. Il costrutto maggiormente accreditato, tuttavia, è quello di *schema*; già utilizzato da Frederic Bartlett (1932) e da Jean Piaget (1978), ma che riemerge soprattutto con Ulric Neisser (1976). Lo schema è piuttosto un concetto generale che indica un modello complessivo di conoscenza: Eysenck e Keane definiscono lo schema come una struttura per organizzare l'apprendimento, che assume forme diverse con riferimento a diversi tipi di comprensione:

Uno schema è la struttura fondamentale della rappresentazione delle conoscenze. Uno schema generale può avere dei sottoschemi gerarchicamente inclusi al proprio interno; ad esempio, lo schema di casa ha incluso lo schema di villa, quello di grattacielo, quello di palazzo, i quali a loro volta hanno incluso altri sottoschemi. (Eysenck e Keane, 1990, p. 209)

Roger C. Schank e Robert P. Abelson (1977) hanno proposto la teoria degli *script*, che tenta di descrivere l'organizzazione della conoscenza includendo le inferenze che le persone compiono quando cercano di comprendere un evento. Nel comprendere un racconto si completano, infatti, gli aspetti impliciti

dell'episodio: nel racconto di qualcuno che dice di aver mangiato in un ristorante, molti aspetti non sono riferiti, in quanto la loro conoscenza è considerata sottintesa. Sono così trascurate le azioni compiute dal cameriere, come anche la consultazione della lista di cibi. Per comprendere dunque un evento comune, e fare un certo tipo d'inferenze completando idealmente il racconto, secondo Schank e Abelson è necessario possedere strutture schematiche capaci di prevedere lo sviluppo degli eventi: per poter mangiare in un ristorante si fa infatti riferimento a uno script (copione), che informa su una sequenza di azioni e che codifica oggetti e persone presenti nel ristorante. Le parti principali dello script in questione sono: entrare, ordinare, mangiare, pagare e andarsene; ognuna di queste parti contiene una serie di azioni subordinate, con riferimento ai comportamenti da eseguire.

Tra i contributi più importanti delle scienze cognitive si annovera la *teoria dei modelli mentali*, messa a punto da Johnson-Laird (1983): il cervello, come un computer, è dotato di un «sistema operativo». Questo modello teorico, in analogia con il funzionamento del cervello, cerca di descrivere l'interazione reciproca di gruppi neurali: l'attività cerebrale è contraddistinta da un altissimo grado di parallelismo, in quanto i neuroni lavorano non in successione ma simultaneamente. Il sistema operativo controlla quindi *parallelamente* molte attività, consentendo «decisioni» rapide e flessibili. Un'analogia approssimativa è quella del direttore d'orchestra, che, al pari di un sistema operativo, controlla e dirige le attività parallele di tutti i membri dell'orchestra (Crick, 1994). Si tratta di una nozione molto generale, in quanto i modelli mentali corrispondono a strutture rappresentazionali in grado di prevedere eventi, compiere ragionamenti, rappresentare nozioni astratte. I modelli mentali, costituiti di «elementi» (*token*) e «relazioni», vanno dunque oltre la rappresentazione di un particolare stato di elementi: sono infatti in grado di rappresentare relazioni congruenti con i processi concettuali svolti sugli elementi stessi. Questi risultano, pertanto, preordinati in vista del loro utilizzo. Il modello mentale di un'automobile può avere diverse varianti, che dipendono dai diversi modi di considerare una macchina: differenti sono infatti i modelli mentali per riconoscere, per valutare o per guidare un'auto. Inoltre, il modello può subire variazioni in conseguenza di una serie di elementi, come la competenza meccanica di un individuo, la sua età, il suo interesse per le automobili in genere, la sua cultura. Non esiste un solo modello mentale di automobile, che coincida con uno specifico stato di cose; al concetto «automobile» corrisponde quindi non un unico modello, ma più modelli, anche se uno soltanto sarà maggiormente conforme a un particolare stato di cose. Ogni concetto presenta pertanto due aspetti: l'*intensione*, ossia le proprietà dello stato di cose, rappresentata dal nucleo del modello mentale, e l'*estensione*, ossia tutti i possibili stati di cose riferibili al

concetto, precisata dalle modalità con cui il modello è amministrato. Non è facile caratterizzare i modelli mentali distinguendoli da altre forme di rappresentazioni mentali, come per esempio gli «schemi»; tuttavia, Johnson-Laird individua l'esistenza di tre vincoli che ne possono caratterizzare uno:

1. i modelli mentali sono computabili, o simulabili da un calcolatore, in linea con i parametri della scienza cognitiva;
2. i modelli mentali hanno dimensioni finite: ogni modello è composto di un numero finito di elementi;
3. i modelli mentali sono costruiti da unità elementari (*token*) organizzate in modo da rappresentare un determinato stato di cose.

I modelli mentali rimandano a un mondo reale pur non esprimendo la realtà di alcuno stato di cose; ne consegue che esiste un sistema che interagisce con la realtà. Essi non dicono nulla della conoscenza che un individuo possiede di un oggetto, o di un concetto, ma riproducono quel che serve al sistema in un momento esatto e per un preciso obiettivo. Le rappresentazioni che il sistema ha della realtà esterna sono dunque determinate sia dalla realtà, sia dal sistema; non esistono aspetti della realtà importanti per loro stessi, ma unicamente con riferimento ai desideri e alle mete del sistema interagente. Nella rappresentazione della realtà mediante i modelli mentali, prioritaria è l'attività del sistema, della sua volontà, delle sue intenzioni: in breve, un ruolo importante assume l'individuo con la sua personalità e le sue specificità nel rappresentarsi una realtà, che è comune a tutti.

Riepilogando, possiamo definire «la scienza cognitiva come l'insieme delle discipline che s'interessano allo studio della mente umana, accettando come metodologia riunificata quella simulativa, tipica dell'intelligenza artificiale (Bara, 1990, p. 19): la mente sarebbe dunque un sistema simbolico, ossia un sistema capace sia di rendere esplicita un'informazione, mediante la creazione di simboli, sia di manipolare tali creazioni in una molteplicità di processi cognitivi. I simboli costituiscono sicuramente la forma mentale più vantaggiosa, perché rappresentano la traduzione più economica dell'informazione; ora, il modo in cui le informazioni sono codificate e il loro livello di complessità dipendono dalle operazioni cognitive cui tali informazioni sono sottoposte. Queste operazioni possono essere in misura diversa adeguate ed efficaci, e segnano la differenza di un risultato discreto da un risultato mediocre. Come avvengano i cambiamenti a livello rappresentazionale, durante lo sviluppo, e quali siano i fattori principali che promuovono tali cambiamenti, costituiscono gli argomenti principali degli psicologi dello sviluppo.

Scrivi Johnson-Laird (1988, pp. 40-41):

L'enorme vastità di simboli mentali deve essere costruita con mezzi finiti — partendo da simboli primitivi. Gli impulsi nervosi e gli altri eventi elettrochimici possono perciò essere trattati come i primitivi sottostanti — forse in forma analogica — a partire dai quali vengono costruiti i simboli. Qui il computer e la potenza dei simboli numerici forniscono l'idea cruciale. Non ha importanza quanto sia complicata la prestazione richiesta, né quale sia il dominio, né di quale profondità siano i risultati, tutto ciò che il computer può fare è svolgere un numero limitato di operazioni fondamentali su numerali binari. Di conseguenza, i processi computazionali dovrebbero essere in grado di riprodurre i simboli mentali e la loro manipolazione.

La scienza cognitiva si può dunque riassumere nei seguenti aspetti:

1. il primo riguarda il carattere simbolico «assegnato» all'attività cognitiva, eleggendo la rappresentazione mentale, costituita di immagini, idee, schemi, a oggetto di esplorazione;
2. il secondo riguarda l'utilizzo del computer nella spiegazione della mente umana;
3. il terzo carattere prevede l'esclusione da un atto di pensiero di elementi riguardanti le emozioni, in quanto ritenuti fenomeni non spiegabili dalla scienza.

Si può riassumere quanto è stato finora riferito dicendo che spiegare come funzioni la mente è lo scopo centrale dei vari orientamenti dell'elaborazione dell'informazione; il tentativo di fornire spiegazioni dell'attività cognitiva si risolve ancora una volta nella descrizione di operazioni mentali. Gli schemi e i modelli prodotti descrivono infatti quel che dovrebbe avvenire nella mente del soggetto alle prese con la soluzione di un compito. L'intero sistema cognitivo è inteso come un *modus operandi* del cervello, le cui regole tuttavia sono inferibili dal *modus operandi* non dell'organizzazione neurale ma del computer.

Aspetti del cognitivismo

Metodologia

Per comprendere meglio il prestigio acquisito dalle scienze cognitive e il successo da queste riscosso presso la comunità scientifica, è necessario approfondire l'aspetto metodologico. Lo strumento utilizzato — vale a dire il calcolatore, già impiegato nell'ambito dell'intelligenza artificiale — diventa la via che rende possibile l'adozione dei criteri di ricostruzione dell'oggetto d'analisi validi nelle scienze fisiche: «Tale ricostruzione non è su base fisica ma simbolica, vale a dire attraverso una simulazione delle entità interessate, e non implica una loro ef-

fettiva riproduzione. Non abbiamo dunque menti realmente riprodotte, ma solo parzialmente simulate; non pensieri costruiti in laboratorio, ma le loro rappresentazioni computazionali» (Bara, 1990, p. 49). Sebbene nella mente non vi sia nulla che possa essere definito equivalente ai simboli che il calcolatore manipola, assumendo la riducibilità dell'attività mentale a simboli diventa possibile riprodurla simulandola. Ne consegue che tra i diversi metodi utilizzati per identificare le operazioni mentali elementari, la loro natura e il modo in cui si compongono in vista del risultato, un ruolo assolutamente prioritario ha assunto la simulazione cognitiva con il computer. Da semplice modello ispiratore, il computer divenne anche uno strumento efficace per indagare il funzionamento cognitivo. Gran parte della ricerca è consistita dunque nell'ideazione e nella costruzione di programmi sempre più sofisticati e capaci di riprodurre fedelmente il pensiero umano (Klahr e Siegler, 1978).

I problemi dello psicologo che utilizza la simulazione con il computer da un lato riguardano il programma «installato» nell'essere umano per significare il mondo, dall'altro riguardano il trasferimento di questo programma al sistema di elaborazione delle informazioni (Klahr e Wallace, 1976).

Meta dei ricercatori che ricorrono alla simulazione con i computer è pertanto scrivere un programma che formuli risposte simili a quelle che formulerebbe un essere umano.

Attraverso il *metodo cronometrico* si cerca di valutare soprattutto la quantità di tempo impiegata per compiere le operazioni mentali. Poiché in ogni processo cognitivo è coinvolto un certo numero di operazioni mentali, il ragionamento dei ricercatori è che, attraverso la misurazione del tempo impiegato nella risoluzione di un problema, si possano individuare le operazioni che si succedono e le loro combinazioni in vista dell'esecuzione del compito.

Il metodo della cronometria mentale si basa sull'assunto che, quanto più lungo è il tempo che intercorre tra l'informazione in entrata e il momento in cui il soggetto emette la risposta, tanto più numerose si può ipotizzare siano le operazioni che sono state compiute. (Cassia et al., 2004, p. 85)

Il *metodo microgenetico* s'ispira, invece, alle ricerche condotte da Lev S. Vygotskij (1934) con riferimento alla «zona di sviluppo prossimale». Nella soluzione di un problema, Vygotskij inseriva alcune difficoltà che rendevano impossibile operare secondo il procedimento abituale, costringendo il bambino a seguire nuovi percorsi e a ideare nuove strategie cognitive. In altri casi, Vygotskij metteva a disposizione del bambino una serie di strumenti per un compito che richiedeva un discreto impegno, e osservava in che modo e con quali mezzi il problema era affrontato e risolto; valutava così i tentativi compiuti e le nuove competenze elaborate.

Nel metodo microgenetico utilizzato nella prospettiva dell'elaborazione dell'informazione, mediante una molteplicità di prove di uno stesso problema proposto ai bambini in una serie di sessioni si cerca di mettere in luce i cambiamenti indicativi del momento evolutivo, esaminando le strategie cognitive cui, di volta in volta, si è ricorso (Siegler e Crowley, 1991).

I teorici dell'elaborazione dell'informazione ricorrono a molti e differenti metodi; quel che li accomuna è l'interesse del funzionamento cognitivo «momento per momento», considerato nell'affrontare e risolvere un problema. In breve, cercano di identificare le operazioni mentali elementari, la loro natura, le modalità in cui tali operazioni si compongono e concorrono nel produrre il risultato richiesto. Accanto a quest'interesse vi è la sollecitudine di cogliere il «momento evolutivo», ossia il momento in cui, nella soluzione di un problema, emergono nuove capacità e nuove strategie sono elaborate e utilizzate; è in un tale momento, infatti, che si verifica il passaggio da un livello di sviluppo cognitivo a uno di ordine superiore.

Temi di studio

Le informazioni che riceviamo dal mondo esterno sono codificate e quindi immagazzinate nel nostro sistema cognitivo, rendendosi disponibili nel momento del loro recupero. Codificare, immagazzinare e recuperare le informazioni, riassumibili nello studio della *memoria*, costituiscono gli argomenti di maggior interesse per i teorici dell'elaborazione dell'informazione. Studiare le abilità di memoria in età evolutiva in particolari compiti mette in luce non soltanto i cambiamenti che avvengono nella memoria, ma anche i fattori che ne favoriscono lo sviluppo. Oggetto di studio sono pertanto le *strategie* adottate dai bambini per «ricordare», nelle differenti età, strategie che possono spaziare dalla semplice memoria di riconoscimento fino all'elaborazione di specifiche attività finalizzate alla rievocazione dei ricordi (Flavell, Beach e Chinsky, 1966). Un secondo fattore coinvolto nella memoria è rappresentato dalla *conoscenza*, in quanto l'atto di ricordare, ossia la velocità con cui si recupera il materiale e la quantità di elementi recuperati, è connesso alle conoscenze possedute dal bambino (Alexander e Schwanenflugel, 1994). Un terzo fattore che aiuta a ricordare è la *metamemoria*, vale a dire la conoscenza che si possiede sulla memoria (Flavell e Wellman, 1977). Capire le caratteristiche della memoria e cosa la influenzi aiuta infatti a comprendere cosa può facilitare i ricordi oppure precluderli. Infine, vi è il fattore *capacità*, ossia la prerogativa di migliorare le prestazioni mnemoniche in seguito sia allo sviluppo del cervello e delle connessioni neurali, sia a un aumento di efficienza in conseguenza dell'esperienza (Guttentag, 1995).

La produzione di strategie non si rivela soltanto con riferimento al recupero dei ricordi, ma anche nelle attività cognitive interessate alla soluzione di problemi. Lo *sviluppo di nuove strategie e di nuove abilità cognitive*, considerato particolarmente nell'ambito della ricerca microgenetica (Siegler, 1996), costituisce un altro fecondo campo d'indagine scientifica. Come si arrivi a scoprire e a scegliere una strategia per risolvere un problema è dato dall'esempio della presentazione a un bambino di 2-3 anni di un giocattolo collocato fuori della sua portata. Si mettono a disposizione del bambino alcuni oggetti, quali un rastrello, una banana, un bastone, e si osserva il suo comportamento. Pochi sono i bambini che afferrano subito il rastrello, l'oggetto più efficace per avvicinare il giocattolo; altri vi riescono se sono incoraggiati dall'adulto, oppure se vedono l'adulto come modello (Chen e Siegler, 2000).

In questo modo studiare la scoperta delle strategie, la loro variabilità, la scelta operata e, infine, l'adozione di strategie più efficaci fornisce importanti indizi sullo sviluppo dei processi cognitivi.

Un altro argomento oggetto di studio da parte dei teorici dell'elaborazione delle informazioni è l'*individuazione di regole* cui i bambini si riferiscono nella soluzione dei problemi. Siegler (1976; 1978) ha compiuto una serie di esperimenti relativi alla soluzione di problemi di fenomeni fisici per valutare le regole di ragionamento adottate dai bambini. Un esempio è offerto dalla bilancia a due bracci, già utilizzato da Inhelder e Piaget (1955).

Su ciascun braccio della bilancia sono posti quattro dentelli equidistanti, in cui si possono inserire pesi d'uguale misura; i soggetti, di età compresa dai 3 ai 17 anni, dovevano anticipare quale braccio si sarebbe abbassato, considerando sia i pesi utilizzati sia le distanze dal perno centrale. Si sono ottenute risposte in conformità a quattro regole, con difficoltà crescente, ognuna indicante una sequenza specifica di operazioni mentali compiute.

Prima regola: il soggetto considera il numero dei pesi e ignora le distanze. Seconda regola: il soggetto, oltre al numero dei pesi, considera le distanze dal perno, ma soltanto nel caso in cui i pesi risultino d'ugual numero su entrambi i bracci. Terza regola: il soggetto valuta sia il numero dei pesi, sia la distanza dal perno, ma non riesce a prevedere il risultato quando su un braccio vi sono più pesi e sull'altro è maggiore la distanza dal perno. Quarta regola: il soggetto stima sia il peso, sia la distanza, valutando l'esatto apporto di entrambe le dimensioni in base al numero dei pesi e alla distanza ordinale di ciascun dentello dal perno. In breve, il soggetto moltiplica il numero di pesi per il numero di dentelli che separano i pesi dal perno.

I bambini dimostrano di far riferimento a una regola intorno ai 5 anni; nel caso dell'esempio della bilancia si fa riferimento alla prima regola. Dopo i 9

anni, essi utilizzano una delle restanti tre regole, adottando la terza e la quarta con maggior frequenza in rapporto all'età. Queste ricerche hanno il pregio di descrivere, in modo dettagliato, le operazioni mentali messe in atto dai bambini nel tentativo di risolvere un problema, e quali cambiamenti avvengono nello sviluppo delle competenze e del funzionamento cognitivo.

Lo sviluppo nell'elaborazione dell'informazione

A mano a mano che il bambino cresce ed esplora il mondo si registra uno sviluppo dell'elaborazione cognitiva: i compiti cognitivi sono affrontati e risolti con maggior efficienza. Difficile è dire quanto l'acquisizione di una più efficace capacità del sistema di elaborazione derivi dalla maturazione neurologica (Pascual-Leone, 1987) e quanto sia da ascrivere all'esercizio delle operazioni attivate nell'esecuzione di un particolare compito (Case, 1985b). I bambini, inoltre, acquisiscono regole e strategie sempre più ricercate e utili per la memorizzazione e per il raggiungimento di specifici obiettivi cognitivi; notevole è anche l'ampliamento sia delle conoscenze di base, sia della conoscenza *metacognitiva*, vale a dire dell'insieme delle conoscenze relative alle proprie attività mentali e al loro funzionamento. In particolare, lo sviluppo cognitivo è supportato dallo sviluppo della capacità di elaborare rappresentazioni adeguate e utili. Di conseguenza, l'essenza dello sviluppo potrebbe essere identificata nei successivi cambiamenti del codice rappresentazionale, mediatore delle conoscenze del bambino. Secondo A.L. Brown (1975), con riferimento alla conoscenza nei suoi termini più generali, si svilupperebbero le seguenti tre aree: «conoscere» il mondo nei suoi vari aspetti, e quindi accumulare conoscenze; «conoscere la propria conoscenza», che riguarda la metacognizione; infine, «conoscere come conoscere», che promuove lo sviluppo delle strategie e l'acquisizione di *expertise* nei vari ambiti della conoscenza. L'esperienza fa aumentare il nostro personale patrimonio di conoscenze di base, perciò il divenire esperti nei processi cognitivi e nelle strategie non solo amplia notevolmente la possibilità di manipolare i contenuti della conoscenza, ma promuove anche un'organizzazione della conoscenza, la cui struttura rappresentazionale diviene più ricca sia di concetti, sia di collegamenti tra concetti (Chi e Ceci, 1987).

Lo sviluppo si può quindi riassumere come l'emergere progressivo, in conformità all'età, di un crescente miglioramento della facoltà di *codificazione* delle informazioni, dell'acquisizione di *regole* sempre più revisionate e di *strategie* più vantaggiose e, infine, dell'allargamento delle proprie *conoscenze*, sia quelle fondamentali ed essenziali, sia quelle relative alla *metacognizione*. Resta, tuttavia, da spiegare «cosa» promuova lo sviluppo e da quali «leggi» siano regolati

i cambiamenti nel funzionamento della mente. Ci si può, a ragione, domandare in che modo l'utilizzo di strategie più avanzate dipenda da cambiamenti dei codici rappresentazionali o dal miglioramento di altre capacità, come il recupero delle informazioni o il prestare attenzione.

Durante lo sviluppo, gli individui in parte modificano le proprie strategie, in parte, ne apprendono di nuove; questo processo evolutivo è subordinato all'azione dei *meccanismi interni di autoregolazione*, che modificherebbero il funzionamento mentale in conseguenza di un'azione di risposta provocata da una prestazione cognitiva non soddisfacente. Il cambiamento sarebbe così provocato dall'*effetto retroattivo*, in quanto creerebbe un disequilibrio tra il risultato stimato e quello conseguito; in altre parole, sarebbero i risultati deludenti nella soluzione di un problema a motivare il bambino ad abbandonare le proprie regole per «concepirne» altre e così riconsiderare l'informazione alla luce di nuovi aspetti del problema. L'intero sistema cognitivo tenderebbe pertanto a modificarsi e a evolvere in virtù del suo stesso funzionamento: la mente non agirebbe dunque a livelli diversi, con diverse modalità di funzionamento, ma in modo sempre più valido, utile, conveniente. Tutto questo comporta una visione di *sviluppo continuo*, caratterizzato da trasformazioni di natura quantitativa piuttosto che qualitativa. A rendere diversi i bambini dagli adulti sarebbe soprattutto la quantità di conoscenze rispettivamente possedute nelle varie aree del comportamento: attraverso l'esperienza, lo sviluppo trasformerebbe un individuo da «principiante» in «esperto» (Brown e DeLoache, 1978).

Con l'approccio dell'elaborazione dell'informazione si è acquisita, soprattutto, una nuova concezione dell'organo psichico e del suo funzionamento. La mente, infatti, acquista l'aspetto di una costruzione formata da un assortimento di calcolatori, o di apparati cognitivi, ognuno con una specifica specializzazione con riferimento alla funzione. Non la mente nella sua totalità parteciperebbe nell'elaborazione dell'informazione, né sarebbe coinvolta in tutte le sue aree da un qualsiasi cambiamento, ma dei precisi meccanismi cognitivi presiederebbero all'elaborazione di distinte categorie di informazioni collegate a specifici domini della conoscenza. Un cambiamento evolutivo interesserebbe particolarmente tali meccanismi in vista di un successivo perfezionamento. Il processo di sviluppo inteso come *processo dominio-specifico* comporta, dunque, un cambiamento cognitivo che avviene in alcuni ambiti della cognizione e in momenti diversi. Ciò implica che i risultati di un bambino possono variare sensibilmente in modo indipendente dalla sua età, e non variare rispetto ai risultati di un bambino di età differente. In definitiva, lo sviluppo si riferisce a domini distintivi del sistema cognitivo, consente di creare un codice rappresentazionale sempre più attivo ed elaborato e, parallelamente, di «ideare» strategie molto competenti per amministrare tale codice.

Teorie cognitive dell'intelligenza

L'intelligenza è compresa nelle teorie cognitive con riferimento all'esecuzione di un compito; essa, pertanto, può essere riferita, di volta in volta, sia alla velocità di elaborazione di un'informazione, sia alle abilità o strategie utilizzate nella soluzione di un problema. Difficile è appurare l'esistenza di una correlazione significativa tra il tempo di reazione impiegato per processare l'informazione e l'intelligenza psicometricamente misurata. La velocità di elaborazione, nondimeno, è pur sempre vincolata alla velocità di fare scelte e di prendere decisioni nella soluzione di compiti. Sono, infatti, molto elevate le correlazioni messe in luce tra tempo di reazione di scelta e quoziente di intelligenza (Berger, 1982; Jensen, 1982).

Earl B. Hunt (1980) ha sostenuto che la velocità con cui gli individui riescono a recuperare le informazioni lessicali nella memoria a lungo termine sia correlata significativamente con l'intelligenza verbale e, quindi, con le prestazioni intellettuali. Tra le prove adottate per misurare il tempo di reazione, un metodo, ideato da Michael I. Posner e Robert F. Mitchell (1967) e utilizzato da molti ricercatori, è quello del confronto di lettere. Il soggetto deve identificare, o differenziare, in base alla grafia e al suono coppie di lettere. La coppia AA è composta di lettere identiche, la coppia Aa presenta lettere identiche soltanto per il suono, la coppia infine Ab ha lettere differenti sia per la grafia sia per il suono.

Il criterio della velocità è stato utilizzato anche nei procedimenti di ragionamento di tipo superiore (Sternberg e Gardner, 1983), con riferimento ai differenti procedimenti adottati in vista dell'elaborazione dell'informazione. L'intelligenza, infatti, è stata interpretata sia come procedimento di prestazione, sia come funzione di procedimenti esecutivi. Nel primo caso, si cerca di evidenziare le fasi in cui è possibile scomporre un procedimento per la soluzione di un problema (Newell e Simon, 1972); nel secondo, si cercano i metodi adottati dagli individui per produrre una decisione. Di conseguenza, si valutano i comportamenti, le strategie esecutive utilizzate, la rappresentazione dell'informazione e la pianificazione (Flavell, 1981).

Le teorie cognitive considerano l'intelligenza come un processo costituito di componenti di elaborazione dell'informazione. Ai fattori (*entità strutturali statiche*) dell'intelligenza si prediligono le componenti (*entità funzionali dinamiche*). Nasce di qui l'elezione della comprensione dei procedimenti sulla comprensione dei fattori (Hunt et al., 1973).

Howard Gardner ha tracciato una nuova teoria delle competenze intellettuali umane, inserendosi nell'antica contrapposizione tra coloro che identificano nelle diverse localizzazioni cerebrali capacità intellettive differenti e in parte autonome, e coloro che considerano le abilità mentali come proprietà di una mente unitaria.

«Nei capitoli che seguono» scrive Gardner (1983, p. 28) «sosterrò che esistono prove convincenti a conferma dell'esistenza di varie competenze intellettive umane relativamente autonome, che indicherò in seguito in modo conciso come "intelligenze umane"».

Per Gardner, perché una particolare competenza sia riconosciuta come espressione d'intelligenza, è necessario che sia in grado di attivare una serie di abilità di soluzione di problemi, oppure di individuarne e di crearne di nuove. Una competenza intellettuale, dunque, da un lato risolve i problemi che assillano l'individuo, dall'altro lato, formulando nuovi problemi, determina l'acquisizione di nuove conoscenze. Elaborati i requisiti preliminari, Gardner individua gli otto criteri o «segni» che qualificerebbero una possibile intelligenza:

1. la relativa autonomia di un'intelligenza rispetto alle altre, tale da poter essere distrutta o conservata, isolatamente, in caso di danno cerebrale;
2. l'esclusività di un'intelligenza, o competenza intellettuale specifica, evidenziabile nella connessione della condizione del prodigio o dell'*idiot savant* con fattori genetici;
3. l'esistenza di una o più operazioni finalizzate all'elaborazione di informazioni specifiche;
4. l'esistenza di un percorso evolutivo ontogenetico dell'intelligenza, caratterizzato da periodi critici ben identificabili;
5. la localizzazione degli antecedenti evolutivi presenti anche in altre specie;
6. la possibilità di provare particolari abilità mediante compiti psicologici sperimentali;
7. la possibilità di utilizzare come prove di sostegno di un'intelligenza i risultati di esperimenti psicometrici;
8. la tendenza a trascrivere la rappresentazione e la comunicazione umana in un sistema di simboli culturalmente ideati.

Il catalogo redatto comprende una serie di intelligenze in grado di rispondere, in modo soddisfacente, all'elenco dei requisiti richiesti e dei criteri indicati. Tali intelligenze sono: quelle *linguistica, musicale, logico-matematica, spaziale, corporeo-cinestetica* e, infine, le *intelligenze personali*. Esisterebbero, infatti, due tipi d'intelligenza personale: il primo è rivolto agli aspetti interni dell'individuo ed è la capacità di accedere alla propria vita affettiva (*intelligenza intrapersonale*) e di esprimere, mediante simboli, i sentimenti del proprio mondo interno; il secondo tipo d'intelligenza personale è rivolto all'esterno (*intelligenza interpersonale*) e consente di valutare i desideri e le intenzioni delle altre persone.

Le intelligenze personali equivalgono a capacità di elaborazione dell'informazione — una diretta verso l'interno, l'altra, verso l'esterno — che sono disponibili a ogni neonato umano come parte del suo corredo genetico. Questo

dato di fatto rende imprescindibile l'esame di queste forme d'intelligenza. La capacità di conoscere se stessi e di conoscere gli altri è una parte altrettanto inalienabile della condizione umana quanto lo è la capacità di conoscere oggetti o suoni, e merita di essere investigata non meno di queste altre forme su cui si esercitano minori «pressioni». (Gardner, 1983, p. 264)

Le intelligenze personali hanno origine nel forte legame affettivo che s'instaura tra il neonato e la madre. La prima conoscenza personale del bambino si ha attraverso il mantenimento del sentimento di benessere e l'evitamento di quello di malessere: una brusca rottura del legame, come anche la formazione di un legame non appropriata comporta difficoltà, anche gravi, per il bambino. Gardner suddivide lo sviluppo della conoscenza personale, sia sul versante intrapersonale sia su quello interpersonale, in un certo numero di fasi.

La prima fase riguarda il bambino fino ai 2 anni d'età. In questo periodo, dalle espressioni facciali, comuni a tutta la popolazione infantile e associabili a stati cerebrali, si può dedurre che i bambini sperimentino un'ampia varietà di stati di piacere o di dispiacere. Attraverso la sperimentazione di una vasta gamma di stati affettivi, con riferimento a momenti e a situazioni diverse, egli perviene gradualmente a identificare specifici sentimenti con specifiche esperienze. Il bambino impara prestissimo a distinguere la madre dal padre, i genitori dagli estranei, le espressioni gioiose da quelle tristi. Nel secondo anno di vita egli ha già acquisito la consapevolezza del proprio corpo come un'entità separata (Gallup, 1970); inoltre, inizia a reagire al proprio nome ed è in grado di intraprendere iniziative, di pianificare le proprie azioni, di mostrare orgoglio per il successo ottenuto, di provare disagio quando non ubbidisce.

La seconda fase dello sviluppo delle intelligenze personali va da 2 a 5 anni. Il bambino è ora capace di usare i simboli e, attraverso la discriminazione simbolica, perviene a conoscere se stesso e il mondo. L'abilità di simbolizzare favorisce lo sviluppo personale, soprattutto attraverso l'adozione dei diversi ruoli suggeriti dalla cultura, a cominciare da quelli di madre, padre, figlio, medico, insegnante, e così via. Mediante l'esplorazione di questi ruoli, il bambino impara a conoscere non soltanto i comportamenti esteriori di tali personaggi, ma anche i relativi sentimenti. Inoltre, i bambini confrontano le proprie esperienze con quelle di altre persone, identificando i rispettivi stati emotivi. In questo periodo, egli riceve, infine, la conferma della propria identità sessuale e inizia a sperimentarne il corrispondente sentimento, compiendo un importante passo in avanti nella conoscenza di sé e degli altri.

La terza fase comprende l'età scolare, e va da 6 anni all'inizio dell'adolescenza: il ragazzo ha ormai acquisito una comprensione di sé come individuo separato dagli altri e con una volontà propria. È in grado di valutare gli eventi

anche dal punto di vista degli altri, divenendo progressivamente una persona sociale: ai rapporti familiari si aggiungono quelli paritetici dell'amicizia. Prioritario sembra essere, in questo periodo, il desiderio di acquisire informazioni e capacità: a qualificarlo, infatti, è soprattutto l'insieme delle cose che sa fare e la bravura dimostrata nel farle.

L'adolescenza segna l'ultima fase dello sviluppo delle forme di conoscenza personale. I rapporti interpersonali si fanno più profondi e si fondano sulla comprensione dell'altro; ne consegue che al bisogno di sentirsi abili sul piano fisico succede quello di condividere con altre persone conoscenze e idee. L'adolescente impara a coniugare le proprie esigenze con i bisogni più generali della comunità, combinando la conoscenza di sé con quella degli altri. Aspirazioni personali e attese della società dovrebbero armonizzarsi in una definizione di sé che faccia sentire l'adolescente a proprio agio.

Questa formazione di un senso del Sé è un progetto — e un processo — della massima importanza. Il modo della sua esecuzione determinerà se un individuo possa operare con efficacia nel contesto sociale in cui ha scelto — o in cui deve scegliere — di vivere. (Gardner, 1983, p. 272)

Tra i diversi contributi alle concezioni dell'intelligenza, particolare rilievo assume la *teoria triarchica* o *tripolare* di Robert Sternberg (1985), secondo la quale l'intelligenza presenta tre aspetti: l'*intelligenza contestuale*, l'*intelligenza esperienziale* e l'*intelligenza componenziale*.

Il primo aspetto, relativo al «contesto», accentua l'importanza che assume l'adattamento all'ambiente e soprattutto la capacità che l'individuo sa esprimere nel *trasformare*, nel *plasmare* e nel *relazionarsi* all'ambiente in cui vive. Questa prospettiva sposta l'attenzione da un'intelligenza concepita essenzialmente con riferimento al mondo interno e, quindi, in termini di strutture e di processi cognitivi, a un'intelligenza volta al dominio e al controllo del mondo esterno all'individuo. L'intelligenza è dunque associata al comportamento adattivo, ossia al tentativo di acquisire un soddisfacente adeguamento fra l'organismo e l'ambiente. I comportamenti possono, così, essere definiti intelligenti o meno con riferimento all'ambiente nel quale avvengono.

Scrivono Sternberg (1985, p. 72):

Secondo me, l'intelligenza è un'attività mentale diretta alla realizzazione di un adattamento di una relazione e di una modellazione, dotati di scopo, all'ambiente esterno reale, che ha importanza per la vita del soggetto.

In breve, l'*intelligenza contestuale* fa riferimento all'attività mentale che l'individuo dispiega nel tentativo di adattarsi all'ambiente, indipendentemente dal successo o fallimento personale. L'*intelligenza contestuale* è compresa, dunque,

in termini di comportamento riferibile non a un ambiente di fantasia, ma a un ambiente reale, oltre che a un ambiente sentito come importante per l'esistenza dell'individuo, in particolare al proprio ambiente culturale. Un comportamento intelligente è sempre guidato da uno scopo e comprende:

1. l'adattamento all'ambiente socioculturale dell'individuo;
2. la selezione dell'ambiente in cui vivere in vista di un miglioramento della propria esistenza;
3. la modellazione dell'ambiente con riferimento ai propri bisogni.

L'*intelligenza esperienziale* si basa sul postulato che una prova finalizzata alla soluzione di un problema misuri il livello dell'intelligenza, in quanto richiede al soggetto sia la capacità di apprendere concetti nuovi, affrontando compiti sconosciuti, sia di imparare a formulare nuove tipologie di concetti. Il compito da risolvere, per quanto nuovo possa essere, non può eludere completamente l'esperienza del soggetto, in modo che quest'ultimo possa applicarvi conoscenze e abilità cognitive in precedenza apprese. Ogni prova deve consentire al soggetto non solo di comprenderla, ma anche di poter agire su quanto ha compreso.

Con l'*intelligenza componenziale*, Sternberg intende evidenziare i meccanismi mentali che qualificano come intelligente una prestazione o, meglio, attraverso quali meccanismi si realizza il comportamento intelligente. Ora, le componenti fondamentali che contraddistinguono il comportamento intelligente sono tre e assolvono tre tipi di funzioni. Le *metacomponenti*, in numero di sette, sono processi impiegati nella pianificazione, nel controllo e nella decisione di eseguire un compito. Le *componenti di prestazione* sono processi utilizzati nell'esecuzione di un compito o nel mettere in atto le strategie più appropriate. Le *componenti di acquisizione di conoscenze* sono processi adoperati nell'acquisizione di nuove conoscenze. Tutte queste sono impiegate per separare le informazioni utili da quelle inutili (*codificazione selettiva*), per abbinare le informazioni tra loro in un insieme coerente (*combinazione selettiva*) e per mettere a confronto le nuove informazioni con quelle prima acquisite (*confronto selettivo*).

In breve, la *teoria tripolare* presenta una struttura gerarchica, suddivisa in tre subteorie, ognuna delle quali è a sua volta divisibile in subteorie meno ampie. Essa intende offrire una visione dell'intelligenza nella sua complessità, piuttosto che limitarsi a un aspetto limitato, in contrapposizione alle teorie psicomeriche. Le facoltà componenziali, esperienziali e contestuali rappresentano gli aspetti più importanti dell'intelligenza, sebbene la componente cognitiva costituisca l'unità di base dell'intelligenza. La comprensione e la valutazione dell'intelligenza diventano possibili qualora le «componenti» siano impiegate in situazioni o in compiti culturalmente appropriati e offrano aspetti di novità.

Intelligenza Artificiale

Presupposti

I presupposti dell'«intelligenza artificiale» sono rintracciabili nella concezione meccanicistica del funzionamento del mondo: secondo tale visione si considera ogni sistema come una macchina formata da un insieme di parti che, interagendo tra loro, producono tutti i possibili movimenti.

È alla nascita della cibernetica (Wiener, 1943; 1947) che si devono attribuire gli sviluppi più significativi dell'intelligenza artificiale. La cibernetica (dal greco *kubernetiké*, «arte del timoniere») indica lo studio del controllo e della comunicazione, sia nella macchina, sia negli esseri viventi. Per il matematico Norbert Wiener (1894-1964), i problemi della tecnica del controllo erano gli stessi della tecnica delle diverse forme di comunicazione; i comportamenti diretti a uno scopo, e quindi anche quelli intenzionali e intelligenti, obbediscono a precisi principi che riguardano il controllo, attraverso la trasmissione anche retroattiva dell'informazione, tra le diverse parti di un sistema in vista di un obiettivo. Alla base di comportamenti diretti a uno scopo vi sono dunque entità inosservabili, come i concetti di «informazione», «controllo», «retroazione» (feedback). Attraverso il meccanismo di retroazione, infatti, anche le macchine perseguono obiettivi, calcolando la differenza fra obiettivi e risultato raggiunto e operando in modo da ridurre lo scarto. Con la sua teoria, Wiener non solo introduceva entità non osservabili per spiegare il comportamento umano, ma ipotizzava la creazione di meccanismi artificiali «intelligenti» nel mondo delle macchine. La cibernetica offre così legittimità allo studio di processi riguardanti le rappresentazioni mentali e favorisce l'enunciazione della *teoria dell'informazione* (Shannon, 1948), che si sarebbe mostrata fondamentale per la scienza dei processi cognitivi. Assunto condiviso dalla cibernetica e dalla teoria dell'informazione è che i comportamenti siano governati da precise regole «astratte» di controllo di segnali. Partendo dunque dall'osservazione del comportamento umano e ricavata la «forma» di tali regole, non restava che attivarle in congegni artificiali, in vista di un'intelligenza artificiale: «L'Intelligenza Artificiale (IA) è per l'appunto la scienza che si occupa della progettazione di macchine in grado di esibire comportamenti intelligenti» (Pessa e Penna, 2000, p. 60).

La nascita di questa scienza autonoma è determinata dalla progettazione e costruzione di programmi per computer in grado di risolvere problemi di qualunque tipo mediante l'uso di strategie generalizzabili (Newell e Simon, 1961). I programmi si sono progressivamente trasformati caratterizzando periodi diversi dell'intelligenza artificiale, fino a quelli più recenti e sofisticati, in grado di «ra-

gionare» e interagire con l'uomo; uno dei rami più importanti dell'intelligenza artificiale, sviluppatosi negli ultimi venti anni, utilizza modelli connessionistici basati su reti neurali.

L'intelligenza artificiale ha offerto un rilevante contributo alla scienza cognitiva, tuttavia ha finito con il distogliere l'attenzione dal comportamento umano al movimento di congegni meccanici. I programmi software hanno finito con il soppiantare i processi mentali, e le possibilità dei computer il vero oggetto di studio. Secondo Pessa e Penna «si può addirittura dire che questo ha favorito un atteggiamento riduzionistico, secondo il quale una teoria — quella dei processi mentali — s'è ridotta effettivamente a un'altra teoria — quella del funzionamento dei programmi» (Pessa e Penna, 2000, pp. 62-63).

La macchina di Turing

Un concorso di contributi — sia teorici, sia applicativi — determinò lo sviluppo dell'intelligenza artificiale e un contributo importante si deve ad Alan Mathison Turing (1912-1954), che negli anni Trenta ideò un modello di macchina calcolatrice — o macchina di Turing — basato sulla sua teoria matematica della computazione. Si partiva dall'assunto che il cervello fosse equipollente a un computer digitale e che la mente fosse assimilabile al programma di un computer; gli stati mentali sarebbero pertanto stati computazionali del cervello. Si tratta, dunque, di una serie di processi di calcolo; ogni computazione è inserita in una concatenazione di risultati, determinati da un programma che obbedisce a precise istruzioni. La possibilità di manipolare simboli ha alimentato in modo rilevante la speranza di riprodurre comportamenti intelligenti, ossia processi di ragionamento e di soluzione di problemi, attraverso una memoria potenziata, esattamente come avviene per i computer. Per macchina di Turing non s'intende una macchina vera e propria, ma piuttosto un concetto matematico in grado di immagazzinare informazioni e di eseguire qualsiasi algoritmo per risolvere un problema. Quel che Turing ha dimostrato, con il suo teorema, è la possibilità di creare una macchina universale in grado di simulare i programmi di ogni altra macchina.

Nasceva in questo modo l'idea di un cervello simile a una macchina di Turing universale, stabilendo una chiara analogia tra i programmi di tale macchina e le operazioni cognitive della mente umana. L'equivalenza si spinse talmente avanti da far ritenere inutile lo studio del cervello nelle sue caratteristiche fisiche, poiché la mente era considerata un insieme di programmi attivati dal cervello. Per completare l'analogia, Alan Turing (1950) creò un test in grado di provare il comportamento intelligente di una macchina; egli fu infatti uno dei primi a valutare i comportamenti che una macchina doveva produrre per poter essere

definita intelligente. Propose pertanto una prova che poggiava sulla seguente idea: una macchina si comporta in modo intelligente quando un essere umano non riesce a distinguere il comportamento della macchina da quello dell'uomo. Più precisamente, la prova consiste nella discriminazione che un individuo deve operare tra un altro essere umano e una macchina, identificandoli dopo aver posto una serie di domande e valutato le risposte. La macchina è definita da Turing intelligente quando le sue risposte riescono a ingannare l'esaminatore, il quale non sa più distinguere le risposte fornite dalla macchina da quelle fornite da un altro essere umano. Riducendo l'attività di pensiero a un problema di programmi informatici, il progetto di Turing e di quanti condividono tale punto di vista è creare un computer capace di pensare. In breve, secondo tale approccio la mente è un computer digitale universale, in grado di attivare programmi e quindi di eseguire algoritmi. La mente dunque è riducibile a un programma e il suo «sviluppo» è una progressiva implementazione e specializzazione di programmi corrispondenti alle differenti abilità cognitive. Gli stati mentali, casualmente realizzati nel cervello, risultano così riproducibili in una pluralità di modi e di congegni computazionali. Quel che occorre, dunque, è un hardware in grado di eseguire dei programmi. Grazie alla macchina di Turing — e riducendo le operazioni complesse a quelle di base — si era convinti di riuscire, infine, a comprendere i processi cognitivi: l'idea era quella di individuare i programmi esistenti nel cervello umano, elaborare programmi simili e dotare le macchine che avrebbero dovuto passare il test di Turing. A questo punto gli psicologi potevano valutare le prestazioni degli esseri umani con quel che la macchina aveva elaborato.

Un tale orientamento che attribuisce all'elaborazione dei simboli la facoltà del pensiero è stato denominato da John Roger Searle (2004) «intelligenza artificiale forte», per distinguerla da un diverso orientamento definito «intelligenza artificiale debole», che si limita a studiare la mente ricorrendo alle simulazioni con il computer, non ritenendo il pensiero riducibile a programmi di elaborazione simbolica.

La creazione di precisi programmi per computer in grado di risolvere problemi sembra far ritenere che i risultati ottenuti siano frutto di un'elaborazione intelligente. Si pone a questo punto una riflessione su cosa sia o come intendere il pensiero; in breve, è da valutare se i processi mentali e i processi di calcolo siano simili oppure diversi. Ancora una volta si pone il problema della mente, della sua definizione e del suo funzionamento in rapporto al corpo e all'ambiente. A prescindere dalle varie soluzioni o teorie della mente di volta in volta proposte, a supporto dell'Intelligenza Artificiale, come anche delle scienze cognitive, vi è la valutazione degli stati mentali come stati funzionali (*funzionalismo*). Ciò comporta che non è la struttura a caratterizzare tali stati, ma piuttosto la funzione

svolta: essi sono attivati da precise cause e, a loro volta, sono la causa che spinge verso un obiettivo. In altre parole, avere un'intenzione non corrisponde a uno stato mentale con un contenuto, oppure a uno stato mentale connesso all'attivazione di reti neurali del cervello, ma indica semplicemente lo stato di causa di un particolare movimento o azione. Perde importanza, pertanto, studiare che cosa attivi tali stati mentali, che diventano suscettibili di analisi e di studio. Tali stati di causa possono così essere idealmente trasferiti dalla mente dell'uomo in macchine: uomini e macchine si ritroverebbero così ad avere stati «mentali» simili o identici, in quanto produrrebbero gli stessi risultati.

Ora, la teoria computazionale (Fodor, 1983; Pylyshyn, 1984), oltre a identificare gli eventi mentali con stati funzionali del cervello, li identifica con stati computazionali veri e propri: uno stato mentale sarebbe infatti relazionato a degli altri mediante connessioni di tipo computazionale. A collegare le rappresentazioni mentali sarebbero i processi di calcolo, aventi regole precise. Nessuna differenza formale si porrebbe così tra la mente e una macchina di Turing: entrambi si presentano con sequenze simboliche, con regole che garantiscono un funzionamento simile e i cui rispettivi processi sono soltanto operazioni di calcolo che agiscono su simboli.

Searle pone serie difficoltà all'approccio materialistico della mente, soprattutto nell'aspetto funzionalistico, mettendone in luce alcune caratteristiche che sfuggirebbero a ogni forma di riduzionismo: «In termini filosofici tecnici, l'analisi materialistica non riesce a fornire condizioni sufficienti per i fenomeni mentali, perché è possibile soddisfare i requisiti posti dall'analisi senza che vi siano i fenomeni mentali relativi» (Searle, 2004, p. 75).

Searle rileva innanzi tutto l'aspetto qualitativo della consapevolezza umana: ogni stato di consapevolezza, quindi, è un «quale». Correlato agli stati qualitativi è l'argomento relativo alle esperienze interne, che non possono essere identificate da alcun test comportamentale. Centrale resta l'argomento sulla coscienza e, riferendosi all'articolo di Thomas Nagel (1974) dal titolo «Cosa si prova a essere un pipistrello», Searle ribatte che un'esatta e completa conoscenza della neurofisiologia e dei meccanismi funzionali dei pipistrelli non ci fornirebbe la conoscenza della sua coscienza, ossia di quali sensazioni il pipistrello sente, o «cosa si prova», con riferimento a quello che è: il carattere soggettivo della coscienza resterebbe impenetrabile a qualsiasi spiegazione oggettiva. La stessa argomentazione è estensibile all'esperienza dei colori; è possibile, infatti, acquisire una totale conoscenza neurofisiologica dell'apparato percettivo dei colori senza sapere come appare il colore. Tuttavia, l'argomento centrale contro l'intelligenza artificiale avanzato da Searle è quello denominato «la stanza cinese». Secondo la teoria dell'intelligenza artificiale, chiunque dovrebbe essere in grado di acquisire

una capacità cognitiva qualsiasi semplicemente implementando il programma di computer che simula tale capacità. Searle immagina di trovarsi chiuso in una stanza avendo a disposizione i simboli della scrittura cinese, con un manuale di istruzioni e un programma informatico che gli consente di rispondere a domande formulate in cinese:

Ma immaginiamo che io sia chiuso in una stanza con alcune scatole piene di simboli cinesi, e che abbia un manuale di regole, di fatto un programma informatico, che mi permette di rispondere a domande formulate in cinese. Ricevo simboli che, a mia insaputa, sono domande; guardo nel manuale cosa ci si aspetta che io faccia; prendo dei simboli dalle scatole, li manipolo secondo le regole del programma e mando fuori i simboli richiesti, che sono interpretati come risposte. Possiamo supporre che io superi il test di Turing per la comprensione del cinese, ma, nonostante ciò, non capisco una parola di cinese. E se, pur implementando il programma informatico appropriato, io non capisco il cinese, allora nessun altro computer lo capisce per il solo fatto di implementare il programma, perché nessun computer possiede qualcosa che io non abbia. Potete rendervi conto della differenza tra computazione e comprensione reale se immaginate come vivrei, invece, la situazione dovendo rispondere a domande in inglese. Immaginiamo che nella stessa stanza mi siano rivolte anche domande in inglese, cui io rispondo. All'esterno, le mie risposte alle domande in inglese e a quelle in cinese appaiono ugualmente buone. Per entrambe supero il test di Turing. Ma vista dall'interno, la differenza è enorme. Qual è esattamente? In inglese, capisco ciò che le parole significano, in cinese non capisco niente. Per il cinese, sono solo un computer. (Searle, 2004, pp. 81-82)

In breve, Searle riceve le domande mediante i simboli, consulta il manuale che lo informa sulla risposta che deve fornire, quindi manipola i simboli secondo il programma e li invia come risposte. Tuttavia, l'aver risposto correttamente non gli dà la conoscenza della lingua cinese: computazione non vuol dire comprensione. Secondo Searle, se pure l'intelligenza artificiale potesse simulare con successo i processi cognitivi umani, manipolando simboli secondo un certo ordinamento sintattico, la mente umana andrebbe oltre, attribuendo ai simboli un significato (Searle, 1992; 1997). Non sarebbe in alcun modo possibile produrre la comprensione, neppure imitando fedelmente il modo in cui funziona il cervello, poiché qualunque simulatore cerebrale riprodurrebbe soltanto il meccanismo formale dell'attivazione in sequenza delle connessioni neurali, senza simulare la facoltà del cervello di generare stati intenzionali (Searle, 1980).

Resta aperta la domanda se la comprensione possa essere attuata da una macchina simile al cervello umano: in altre parole, se una macchina sia in grado di compiere una serie di fenomeni intenzionali. Searle fu attaccato dai fautori della concezione forte dell'intelligenza, accusato e denigrato. Uno degli argomenti

che gli furono opposti è che sarebbe la persona a capire, non il cervello; così non il programma, ma la macchina nel suo insieme è destinata a capire. Tra quanti credono che una macchina possa capire una lingua naturale vi è anche Gardner, che scrive:

Penso senza dubbio che la parola *comprendere* sia stata forzata indebitamente nel caso del problema della stanza cinese nelle sue varie manifestazioni. [...] Mi pare che l'argomentazione di Searle perda la sua forza se, per definizione, solo il cervello umano o meccanismi simili al cervello possono presentare proprietà d'intenzionalità, di comprensione e simili. [...] Se, invece, Searle concede (come deve) che anche entità non protoplasmatiche possano possedere il «latte dell'intenzionalità umana, deve spiegare che cosa, secondo lui, sia intenzionale, possegga comprensione e simili». (Gardner, 1985, p. 200)

Attualmente, esistono macchine che simulano comportamenti intelligenti, e sono anche in grado di apprendere, autocorreggendosi. Tra i vari successi conseguiti dall'intelligenza artificiale vi è lo sviluppo dei sistemi esperti, programmi concepiti per produrre le stesse prestazioni di una persona esperta: posta la richiesta al computer, la risposta è elaborata logicamente con riferimento a una base di conoscenza. Normalmente la conoscenza è immagazzinata e rappresentata mediante un insieme di regole di manipolazione simbolica. I sistemi esperti trovano oggi un'ampia applicazione pratica dell'intelligenza artificiale; i programmi creati in vista dell'apprendimento meccanico si basano soprattutto su una concezione empirista della conoscenza, adottando il punto di vista induttivo. I progressi ottenuti nell'ambito dell'apprendimento meccanico sembrano suggerire la possibilità che una logica induttiva possa svilupparsi con modalità non diverse dalla logica deduttiva. Popper si era a suo tempo pronunciato contro l'induzione, definendo un mito l'inferenza fondata su numerose osservazioni. Per lui l'induzione non era «né un fatto psicologico, né un fatto della vita quotidiana, e nemmeno una procedura scientifica» (Popper 1963, p. 69). Altri pensatori (Gödel, 1940; Lucas, 1961; Penrose, 1989) sono convinti dei limiti dell'intelligenza artificiale e del fatto che non potrà mai eguagliare la mente umana. Le menti dei neonati non sono vuote, ma presentano competenze e predisposizioni innate. Di fronte all'intelligenza artificialmente prodotta, gli atteggiamenti si dividono tra gli entusiasti e i perplessi: nei primi è possibile ravvisare l'orgoglio dei «Creatori», nei secondi, il timore di una compromessa superiorità dell'uomo.

Scrive Roger Penrose (1989, p. 21):

Nel corso degli ultimi decenni, la tecnologia dei computer elettronici ha compiuto enormi passi avanti [...]. C'è qualcosa di quasi terrificante nel ritmo di questo sviluppo. I computer sono già oggi in grado di svolgere numerosi compiti che sono stati in passato una prerogativa esclusiva del pensiero umano, con una velocità e una precisione che superano notevolmente i risultati di un essere

umano. Se le macchine sapranno un giorno sopravanzarci in quella qualità importante — saper pensare — nella quale ci siamo ritenuti superiori, non avremo perduto quella superiorità unica a vantaggio delle nostre creature?

Alla base degli interrogativi che l'uomo si pone circa la possibilità che le macchine un giorno possano pensare e dei timori generati da una simile eventualità, vi è un'altra domanda antica quanto il pensiero stesso: esiste una mente separata dalla materia?

Il cognitivismo «rappresentazionale»

La prospettiva innatista-modulare

L'approccio innatista-modulare assume una posizione sullo sviluppo dei processi cognitivi marcatamente innatista.

Fare psicologia è l'altro modo di fare filosofia: cambiano le prospettive e le procedure ma non le questioni. Centrale resta dunque il problema della conoscenza e della sua origine individuata in una sostanza, oppure in un luogo chiamato *mente*.

Il comportamentismo non attribuiva al bambino alcuna conoscenza innata, e solo mediante l'apprendimento la mente del neonato acquistava conoscenze e inizia il suo sviluppo. La prospettiva dell'elaborazione dell'informazione, avendo come obiettivo la specificazione dei processi mediante i quali la mente trasforma l'informazione, ha dovuto assumere come innati tali processi di base, se pure implicitamente. Il bambino elabora informazioni fin dall'inizio, in quanto fin dalla nascita sarebbero presenti meccanismi cognitivi elementari.

Jerry Fodor (1981), un filosofo della mente, fa proprio il ragionamento di Descartes (scheda 4.2) dell'esistenza di una facoltà innata capace di generare idee e dichiara che non è possibile apprendere un concetto nuovo senza l'abilità cognitiva di immaginare un tale concetto.

SCHEDA 4.2 René Descartes

Per René Descartes (1596-1650) la mente è un'entità e, pur operando nel corpo, è separata, indipendente e diversa per natura dalla realtà materiale. Il corpo è concepito come una sorta di macchina e nessuna macchina potrebbe rappresentare

idee e utilizzare il linguaggio. A una mente razionale Descartes contrappone dunque un corpo meccanico, mentre le informazioni sensoriali raggiungerebbero lungo filamenti nervosi un punto preciso del cervello in cui corpo e mente interagirebbero attivando le multiformenti elaborazioni mentali. Nella capacità di pensare unica attività su cui poter fondare le proprie certezze Descartes pone la mente con la sua attitudine a generare idee. Non i sensi dunque, se pure considerati importanti, alimentano il pensiero e aumentano la conoscenza, ma la mente genera il pensiero e crea idee.

«Si trova inoltre in me una certa facoltà passiva di sentire, cioè di ricevere e di conoscere le idee delle cose sensibili; essa tuttavia mi sarebbe inutile e non saprei assolutamente che farmene se non esistesse in me o in altri anche una facoltà attiva capace di formare e produrre queste idee» (Descartes, 1641, p. 249).

A una prospettiva secondo cui i processi mentali sono costruiti sulla base dei dati sensoriali, Fodor sostituisce una mente con facoltà di ragionamento che modella l'esperienza personale e assume una posizione radicale dell'innatismo.

La visione dello sviluppo che ne consegue è quella di una progressiva concretizzazione di predisposizioni e di conoscenze in ambiti o domini specifici innati. La mente pertanto non si specializzerebbe durante lo sviluppo dell'individuo; le sue funzioni si sarebbero evolute lungo il corso dell'evoluzione della specie. In vista dell'adattamento e della sopravvivenza della specie, gli uomini avrebbero sviluppato abilità cognitive specifiche; la mente risulterebbe così formata di moduli innati e ogni modulo sarebbe specializzato in un dominio specifico. In altre parole, i moduli — o elaboratori cognitivi — presenti fin dalla nascita sarebbero geneticamente programmati per l'elaborazione di tipi specifici di informazioni. La loro attivazione non richiederebbe particolari interventi da parte dell'ambiente, o particolari stimoli incisivi o esperienze importanti, ma semplicemente un ambiente favorevole alla loro manifestazione. Così, trovarsi tra persone che parlano sarebbe sufficiente a suscitare un normale sviluppo del linguaggio; inoltre, il linguaggio può essere acquisito rapidamente in quanto tra stimoli ambientali e risultati esisterebbero legami vincolanti.

I teorici di quest'approccio partono da alcune constatazioni attinenti lo sviluppo del bambino, soprattutto nei primi anni di vita. Piaget ipotizzava un periodo in cui il bambino gradualmente imparava ad apprendere le proprietà degli oggetti, integrando e coordinando le stimolazioni dei diversi organi sensoriali. Da più recenti osservazioni emerge un ritratto di bambino fin dalla nascita capace di coordinazione intersensoriale: egli infatti è in grado di rivolgere, a poche ore dalla nascita, lo sguardo verso una sorgente sonora (Mendelson e Haith, 1976)

e a 4 mesi possiede abilità di percezione trasmodale, rivelandosi capace di trasferire una conoscenza acquisita mediante un'informazione tattile in una diversa modalità sensoriale, per esempio visiva (Streri e Spelke, 1988). Gli oggetti, inoltre, sarebbero percepiti dal bambino non in quanto connessi alle proprie azioni, ma come realtà aventi proprie particolarità (Baillargeon e Graber, 1987). Le abilità numeriche sarebbero altresì innate, come la capacità di discriminare aggregati di elementi numericamente diversi (Antell e Keating, 1983). A 6 mesi il bambino mostra invece di comprendere l'esistenza di una relazione causale tra due oggetti che urtano insieme (Leslie e Keeble, 1987). Sono appunto tali precoci competenze a suggerire la presenza nel bambino di meccanismi cognitivi e percettivi innati, complicati e compositi, in grado di analizzare e interpretare molte delle informazioni provenienti dall'ambiente e, in particolare, capaci di ottenere informazioni sulle intenzioni e sugli stati mentali degli altri. La teoria della mente (Camaioni, 1995) si basa, infatti, sull'ipotesi di un innato sistema di conoscenze che dipenderebbe dall'attivazione di un'area specifica del cervello e non dall'attività percettiva.

In conseguenza della scoperta, nei primi mesi di vita del bambino, di una vasta gamma di competenze in molti ambiti della conoscenza (Carey e Spelke, 1994), molti studiosi sono approdati a una visione dello sviluppo dei processi cognitivi geneticamente programmata e predeterminata.

La teoria modulare della mente di Jerry A. Fodor

Fondamentale è l'opera di Jerry A. Fodor (1983) nel dare l'avvio a questa prospettiva. Fodor recupera la concezione di Descartes della conoscenza, vale a dire l'esistenza di principi innati che consentono all'uomo la comprensione della propria esperienza nel mondo sensibile: vi sarebbe dunque fin dalla nascita una conoscenza che l'ambiente attiva. Fodor tuttavia non accoglie l'esistenza di due sostanze, ossia di una mente (*res cogitans*) contrapposta alla materia (*res extensa*), ma propone una concezione materialistica della mente. Riferimento della teoria di Fodor è la psicologia cognitivista, secondo cui le attività cognitive si realizzano mediante la manipolazione di simboli o di rappresentazioni mentali. Ora, se esiste un sistema di rappresentazioni, deve necessariamente esistere un meccanismo in cui si genera il pensiero. Fodor (1975) congetture una sorta di «linguaggio del pensiero», che chiama «mentalese»: attraverso tale linguaggio diviene possibile attivare e compiere tutti i processi cognitivi. L'uomo nasce con una serie di rappresentazioni su cui si eseguono i «calcoli» che costituiscono i processi mentali; sono dunque le rappresentazioni innate che rendono possibile la rappresentazione di tutte le informazioni provenienti dall'esperienza. L'appa-

rato mentale deve pertanto presentare delle proprietà tali da convalidare tutte le informazioni che arrivano dal mondo. Il linguaggio del pensiero, per Fodor, non è soltanto un meccanismo o principio di manipolazione di simboli, ma è anche un modo di rappresentare i contenuti o le esperienze del mondo, poiché l'attività del pensare non si esaurisce in se stessa, ma consiste nel pensare su determinate cose.

Nasce da queste riflessioni il modello di un'architettura della mente secondo una concezione modulare. I moduli sono sorte di elaboratori, segmenti specializzati della mente destinati all'assolvimento di particolari operazioni. Essi sono presenti fin dalla nascita e sono predisposti, secondo precise istruzioni genetiche, a identificare specifiche informazioni provenienti dall'ambiente. La mente acquisita così un'architettura simile a un sistema organizzato gerarchicamente in cui sussistono numerose unità competenti in determinate attività cognitive quali la percezione, il linguaggio, la memoria. Daniel Clement Dennett (1984) equipara la mente concepita da Fodor a un'«arancia» costituita di spicchi, ognuno con una propria buccia e quindi diviso da tutti gli altri, piuttosto che non a una «mela», la cui sostanza è relativamente indistinta. I moduli, dunque, o strutture verticali specializzate, analizzano specifici tipi di input, diversi per ogni segmento modulare, trasformandoli computazionalmente in rappresentazioni. Questi si sarebbero sviluppati nel corso della filogenesi e sarebbero il prodotto dell'evoluzione della specie; sono dunque preordinati per far fronte alle molteplici e particolari richieste ambientali. In breve, i moduli, sistemi di elaborazione dell'informazione, sono dominio-specifici; ognuno di essi pertanto elabora una classe specifica di informazioni. Ogni modulo risulta così specializzato in un particolare dominio. In definitiva, uno di questi racchiude in sé sia le rappresentazioni di un'area cognitiva, sia i calcoli, le operazioni e le elaborazioni che su di esse possono essere effettuate; un modulo si attiva automaticamente alla presenza dell'informazione corrispondente e ciò lo rende particolarmente rigido e imm modificabile per l'azione dell'ambiente o in conseguenza dell'esperienza. L'andamento evolutivo dei moduli è dunque determinato soltanto geneticamente.

Secondo Fodor l'ambiente avrebbe svolto un ruolo decisivo, nel corso dell'evoluzione, nello stimolare lo sviluppo dei moduli cognitivi in vista della sopravvivenza della specie. Al contrario, nell'ontogenesi, poiché la mente si presenta con specifiche abilità percettive e cognitive ormai sviluppate e poiché l'architettura modulare rappresenta la più soddisfacente forma di adattamento, l'ambiente non giocherebbe più alcun ruolo efficace. I moduli sono innati, specializzati in un dominio e programmati per rispondere a precise informazioni, in una corrispondenza vincolata tra quel che è immesso e quel che è emesso.

Le loro principali caratteristiche sarebbero, secondo Fodor:

1. l'incapsulamento informazionale, che permette a ogni modulo di operare in totale indipendenza dagli altri;
2. la specificità di dominio, che caratterizza ogni modulo nell'elaborazione di un certo tipo di informazioni;
3. l'obbligatorietà di elaborazione, che rende il funzionamento dei moduli sfuggente a ogni tipo di controllo volontario;
4. l'innatezza, nel senso che i moduli sono connaturati.

L'apparato mentale è descritto da Fodor come costituito da tre ingredienti: i *trasduttori*, i *moduli o sistemi di input*, e i *processori centrali*.

Con il termine *trasduttori* s'intendono dei sistemi che convertono le stimolazioni in segnali neurali. I meccanismi di traduzione rendono accessibile il mondo al pensiero mediante una rappresentazione utile a tale scopo; essi alterano le informazioni per quanto riguarda non il contenuto, ma soltanto il formato in cui l'informazione si è presentata. Spetta invece ai meccanismi dei processi cognitivi, ossia ai sistemi computazionali, qualora abbiano accesso alle informazioni rese disponibili per l'elaborazione, eseguire trasformazioni molto complesse. In breve, i traduttori trasformano le informazioni espresse dalle stimolazioni ambientali in una forma o in una categoria specifica, in modo da renderli elaborabili per il modulo specializzato.

I *sistemi di input* o *moduli* sono dunque specifici per dominio, sono geneticamente determinati, sono attinenti a precise strutture neurali e hanno meccanismi computazionali autonomi. I sistemi di input hanno la funzione di trasmettere le informazioni, mediandole dai sistemi trasduttori ai sistemi cognitivi centrali. I sistemi di input, dunque, interpretano le informazioni «tradotte», rendendole disponibili per i processi centrali, sono specifici per dominio e svolgono operazioni obbligate, nel senso che «non si può evitare di udire una frase che è stata detta» (Fodor, 1983, p. 91). Una frase detta, inoltre, non solo è udita come tale, ma «la si può udire solo così» (Fodor, 1983, p. 95). Questo significa che vi è un limitato accesso delle rappresentazioni mentali, calcolate dai sistemi di input, ai processi centrali. Un'altra caratteristica dei sistemi di input è la velocità: s'identifica infatti una frase oppure uno stimolo visivo in modo più veloce di quanto facciano i processi cognitivi. L'esistenza di esempi in cui la codificazione percettiva di uno stimolo è corretta o è modificata da credenze e da aspettative induce a ritenere che i sistemi di input siano informazionalmente incapsulati. Questo avviene tutte le volte che, ignorando l'esatta informazione fornita dal trasduttore, udiamo le parole anche se non pronunciate completamente, come per esempio avviene nel caso della parola «legi(s)latura» in assenza della pronuncia della lettera s.

L'incapsulamento informazionale dei sistemi di input è, almeno ritengo, alla base della loro modularità. È anche alla base dell'analogia tra sistemi di

input e riflessi, essendo anche questi ultimi incapsulati [...]. Ecco più o meno cosa vuol dire essere informazionalmente incapsulato, per un sistema psicologico. Se ora immaginiamo un sistema incapsulato come lo sono i riflessi, ma anche computazionale, cosa che i riflessi non sono, avremo qualche idea su quel che intendo proporre per quel che riguarda i sistemi di input. (Fodor, 1983, pp. 115-116)

Infine, i sistemi di input sono collegati con reti neurali fisse. Si tratti di linguaggio o di percezione, le strutture neurali che attivano funzioni cognitive specifiche possono essere collegate all'analisi degli input: l'associazione dei sistemi modulari con una struttura neurale è una diretta conseguenza dell'incapsulamento informazionale. Attraverso i moduli la mente trasformerebbe gli stimoli ambientali in rappresentazioni, che subirebbero infine un'elaborazione da parte dei processi centrali, il cui funzionamento è soggetto all'attività cognitiva volontaria e consapevole.

Fodor chiama sistemi «centrali» quei processi psicologici che, a differenza dei sistemi di input, non hanno una specificità di dominio o, in ogni caso, non sono dello stesso tipo dei processi dei sistemi di input. I sistemi centrali inoltre non sono, al pari dei sistemi di input, un prodotto del loro incapsulamento informazionale e pertanto non sono concepibili come modulari, anche se, come rileva Fodor, non esistono prove né a favore né contro la modularità dei sistemi. In ogni modo, la non specificità di dominio di un sistema non è necessariamente in contraddizione con l'essere incapsulato. La specificità di dominio è conforme alle domande che un meccanismo può soddisfare fornendo risposte; l'incapsulamento invece riguarda le informazioni che il meccanismo può scorrere, esaminando, per decidere quali risposte produrre.

I sistemi centrali esaminano quel che viene trasmesso da quelli di input, osservano quel che è depositato in memoria e utilizzano queste informazioni per vincolare il calcolo dell'«ipotesi migliore» di come sia il mondo. (Fodor, 1983, p. 162)

In realtà, poco si conosce su come operano i processi riguardanti i sistemi centrali; tuttavia, per Fodor la funzione di tali sistemi è la «fissazione delle credenze», ottenute per inferenze e non in conseguenza di dimostrazioni.

In breve, secondo la concezione dello sviluppo di Fodor, quel che si sviluppa o, meglio, si dispiega nell'ontogenesi è il programma genetico della specie. I moduli non presenti alla nascita e che eventualmente possono emergere lungo l'arco della vita sono pur sempre codificati dai geni.

Ipotizzando per i moduli la presenza di un'architettura neurale fissa e geneticamente determinata, e la non modificabilità per opera dell'ambiente esterno, di fatto, la teoria di Fodor nega la necessità di un vero e proprio

processo di sviluppo, e chiama in causa una concezione dell'epigenesi di tipo unidirezionale e deterministico. (Cassia et al., 2004, p. 138)

La teoria di Fodor risponde ad alcuni importanti quesiti. Spiega, infatti, la presenza di complesse abilità cognitive nei primi mesi di vita, il carattere automatico delle operazioni eseguite dai moduli, la velocità della loro esecuzione. Tale teoria tuttavia pone quesiti ancora più importanti: ridurre lo sviluppo ontogenetico a un prodotto della filogenesi, con la conseguenza che le istruzioni contenute nei geni sarebbero state selezionate «una volta per sempre», significa privilegiare l'ambiente fisico rispetto all'ambiente culturale. Inoltre, invocare le trasformazioni che si sarebbero verificate nel corso dell'evoluzione vorrebbe dire rinunciare a voler comprendere lo sviluppo. Tuttavia, la teoria modulare ha importanti conseguenze nella spiegazione di precoci ed efficienti processi di elaborazione nei primi mesi di vita. L'ipotesi dell'esistenza di elaboratori percettivi innati, capaci di rendere il bambino un soggetto cognitivamente competente e dotato di risorse, ha suscitato il giusto interesse nei teorici dello sviluppo psichico.

L'innatismo rappresentazionale di Spelke

Una posizione innatista ancora più radicale è assunta da Elisabeth Spelke (1990; 1994; 2002). Questa studiosa, al pari di Fodor, considerando la precocità delle competenze cognitive presenti nei bambini di pochi mesi con riferimento soprattutto ai principi in base ai quali essi comprendono e interpretano il loro mondo, arriva a sostenere che molte conoscenze che l'uomo possiede circa le leggi che governano il mondo fisico non sarebbero una conseguenza dell'attività percettiva, né dell'esperienza, né dell'apprendimento, ma costituirebbero un vero e proprio patrimonio geneticamente codificato. I bambini nascerebbero dotati di un nucleo di conoscenze riguardanti il mondo fisico, nucleo che non subirebbe alcuna trasformazione sul piano qualitativo nel corso degli anni. La conoscenza, dunque, posseduta dai bambini circa il proprio mondo fisico non sarebbe dissimile da quella degli adulti, ma semplicemente più povera sul piano quantitativo. Lo *sviluppo cognitivo*, infatti, non è da Spelke concepito come cambiamento, bensì come accrescimento di conoscenze in virtù dell'esperienza e dell'apprendimento.

Sebbene il dibattito continui, gli studi sulla cognizione infantile suggeriscono che la conoscenza emerge precocemente nella vita e costituisce una parte del patrimonio innato degli esseri umani. La conoscenza iniziale può emergere attraverso la maturazione o perché innescata dall'esperienza, ma l'apprendimento e l'elaborazione non sembrano plasmarla in nessun modo. (Spelke, 1994, cit. in Cassia et al., 2004, p. 143)

I processi cognitivi propri di una mente adulta sono sì il risultato dell'apprendimento, ma quel che realmente è appreso è il comportamento che determinati oggetti con specifiche proprietà adottano nelle diverse circostanze, mentre non sarebbe frutto di apprendimento l'acquisizione dei principi che governano il mondo fisico. Per comprendere in che modo funziona la mente adulta nell'elaborare le informazioni diventa dunque necessario studiare quali leggi, o regole, governano fin dalla nascita la comprensione della realtà.

L'innatismo di Spelke assume un significato che va oltre le semplici predisposizioni presenti nel neonato: non solo l'apprendimento è guidato da orientamenti innati, ma le stesse rappresentazioni interne, relative al comportamento degli oggetti, che codificano le informazioni nel cervello sono predeterminate.

Alla base della conoscenza e del ragionamento umano vi sarebbero precisi sistemi di conoscenza dominio-specifici; tali sistemi sono distinti e qualificati da principi di base, principi che precisano gli «elementi» di un dominio. Apprendere vuol dire sostanzialmente potenziare questi principi di base (Carey e Spelke, 1994).

L'adozione di una visione che contempi le esigenze biologiche nel risolvere alcuni problemi, come l'irriducibilità di particolari forme di conoscenza a istanze socioculturali, solleva un problema centrale della psicologia dello sviluppo: cosa impegna l'organismo ad apprendere e a evolvere nell'ontogenesi? Come dimostrare l'indipendenza di una conoscenza dominio-specifica, in età progredita, da ogni influenza ambientale? In quale misura l'innatismo può spiegare le conoscenze non apprese? Quali meccanismi particolarmente favorevoli e propri dell'organismo vivente avrebbero consentito la creazione di un sistema innato di conoscenze, o sistemi di conoscenze dominio-specifiche (Gelman e Williams, 1998)?

L'innatismo ha sollevato fondate critiche in molti psicologi cognitivi; questi infatti evidenziano come i moduli che generano le attività linguistiche della lettura e della scrittura non possano essere considerati innati, poiché tali attività sono state acquisite dall'umanità in tempi relativamente recenti. Tuttavia, anche se alcuni moduli dovessero rivelarsi non innati, oppure privi di obbligatorietà di elaborazione, validi resterebbero gli altri assunti relativi all'incapsulamento e alla specificità del dominio, consentendo di poter valutare con utilità i dati offerti dallo studio di pazienti con danni cerebrali.

La prospettiva innatista rappresentazionale ha trovato larga applicazione nella *teoria della mente*: i bambini non soltanto dimostrano di comprendere le regole che guidano i comportamenti degli oggetti, ma soprattutto mostrano di essere dotati di un «meccanismo innato» che consente loro di leggere gli stati mentali altrui e di dedurne le intenzioni.

Neuroscienze e psicologia cognitiva

Le neuroscienze e la relazione corpo-mente

La mente, indagatrice e fonte di conoscenza, ha molte difficoltà a studiare se stessa e a definire la propria natura. Si può affermare che essa sia il più grande interrogativo di se stessa. Negli ultimi decenni sono considerevolmente aumentate le conoscenze sul cervello, sulla sua anatomia e fisiologia: costituito di cellule connesse tra loro e formanti una speciale architettura appare come l'organo più composito dell'organismo umano. Queste cellule nervose, chiamate neuroni, formano un complesso di reti variamente interconnesse e, insieme con le cellule dette di sostegno (*glia*), costituiscono il sistema nervoso. Quel che rende particolari i neuroni è che il loro corpo cellulare presenta delle appendici: da un lato vi sono i dendriti, dall'altro lato vi è l'assone. Le connessioni neurali sono determinate dalla congiunzione tra l'assone di una cellula e il dendrite di un'altra cellula: attraverso la fibra nervosa (l'assone) di un neurone attivo viaggia un impulso elettrico che, nel punto di contatto con il dendrite — chiamato sinapsi — rilascia un neurotrasmettitore chimico. Microscopiche molecole chimiche attraversano dunque la fessura sinaptica, passando da un neurone all'altro. I neuroni sono in questo modo tra loro in comunicazione, utilizzando una trasmissione di sostanze chimiche. Tutto quello che il cervello compie, comprese le attività della mente, è determinato dal processo della trasmissione sinaptica. Nelle diverse regioni cerebrali cambiano le proprietà strutturali delle cellule e i tipi di neurotrasmettitori, ma non cambia il tipo di connessione attraverso il quale avviene la trasmissione delle «informazioni» e neppure la specificità delle cellule che assolvono una sola funzione: comunicare tra loro.

Tralasciando la presentazione dei vari sistemi anatomici del cervello, allo psicologo interessa valutare come il neuroscienziato affronti lo studio della mente e, in particolare, la relazione esistente tra mente e cervello.

Tre sono i presupposti che informano l'approccio delle neuroscienze all'esplorazione di tale relazione. Il primo si fonda sull'ipotesi di Darwin (1872), che vuole la mente come un prodotto dell'evoluzione, offrendo indicazioni su come le menti potrebbero essersi formate e potrebbero funzionare. Il secondo, correlato al primo, è la plasticità dei sistemi cerebrali, ossia la modificabilità delle sinapsi attraverso l'esperienza e l'apprendimento. Il terzo presupposto è la concezione della mente come processo e non come una sostanza (James, 1890).

Il problema diviene, a questo punto, comprendere e spiegare in quale modo la materia cerebrale possa divenire mente e quindi coscienza.

È ormai acquisita la correlazione esistente tra i differenti modi in cui i neuroni si collegano tra loro e determinati tratti comportamentali: la conseguenza è che,

modificando l'organizzazione sinaptica del cervello, si altererebbero le condotte. Francis Harry Crick (1994) parla di «correlati neurali della coscienza», specifici processi neurali che attiverebbero il nostro stato di consapevolezza. Tuttavia, trovare i processi e le regioni cerebrali che si correlino con le diverse funzioni mentali non risolve il problema della natura della mente: non spiega infatti in quale modo l'elettrochimica del cervello produca una sensazione o, più in generale, un fenomeno mentale.

Secondo l'orientamento *materialistico* la mente è una mera funzione della materia. Tale posizione, oggi, è adottata non solo nell'ambito delle neuroscienze, ma anche in quello delle scienze cognitive: mente e materia, apparentemente distinte, sarebbero in realtà una cosa sola, riducibili a un unico tipo di materiale «fisico». Differente è la posizione idealista che tende a separare la sostanza mentale dalla materia organica; l'argomento centrale su cui resta arroccato l'idealismo è l'impossibilità, da parte del materialismo, di produrre una spiegazione convincente dei fatti della mente ricorrendo a quelli del cervello (Searle, 1983).

Francis H. Crick, nell'attesa che una dimostrazione scientifica riesca infine a dare ragione al materialismo, afferma: «Tu», con le tue gioie, i tuoi dolori, i tuoi ricordi e le tue ambizioni, il tuo senso di identità personale e il tuo libero arbitrio, non sei altro che la risultante del comportamento di una miriade di cellule nervose» (Crick, 1994, p. 17). In questa locuzione e soprattutto nell'espressione «non sei altro» si riassume l'intera prospettiva e la stessa essenza di un riduzionismo estremo.

Antonio R. Damasio, distinguendo tra *coscienza nucleare* — che consente all'organismo di identificarsi «qui e ora» — e la *coscienza estesa* — che fornisce all'organismo il senso della propria identità nello scorrere del tempo storico — scrive:

In poche parole, la coscienza nucleare è un fenomeno semplice, biologico, che ha un unico livello di organizzazione, è stabile in tutto l'arco di vita dell'organismo, non è una caratteristica esclusiva degli esseri umani e non dipende dalla memoria convenzionale, dalla memoria operativa, dal ragionamento o dal linguaggio. Per contro, la coscienza estesa è un fenomeno biologico complesso, con vari livelli di organizzazione, che si evolve nel corso della vita dell'organismo. (Damasio, 1999, pp. 30-31).

Gerald M. Edelman (1992) avanza l'ipotesi che l'essenza dei fenomeni mentali consista non nella composizione, ma nell'organizzazione della materia del cervello; in altre parole, i processi mentali si creerebbero in conseguenza di una certa disposizione dinamica di sostanze biochimiche.

Edelman rifiuta ogni teoria della mente non fondata sulla fisica. Le operazioni mentali analizzate e descritte dalla psicologia, secondo questo autore,

non bastano a spiegare la mente e neppure la psicologia può essere descritta nei termini che le sono propri: origine della mente è la materia del cervello, la cui organizzazione è un risultato dell'evoluzione. Egli propone la «teoria della selezione dei gruppi neurotici» (TSGN) per spiegare il problema della coscienza. Si tratta di una teoria dell'organizzazione e della funzione del cervello che si basa sulla selezione e si regge su tre concetti. Il primo concetto riguarda la *selezione nella fase di sviluppo*, che porta alla formazione delle proprietà neuroanatomiche specifiche di una specie e caratterizza le reti anatomiche di ogni individuo; queste reti costituiscono il *repertorio primario*. Il secondo concetto riguarda il meccanismo di *selezione esperienziale*; tale meccanismo, reso attivo dal comportamento, può rafforzare oppure indebolire le connessioni sinaptiche, oltre a dar vita a particolari circuiti che costituiscono un *repertorio secondario*. Il terzo concetto è il *rientro* e fa riferimento all'interazione tra le mappe di gruppi neuronici. Ogni mappa, pur essendo connessa alle altre mappe da numerose fibre nervose, assolve una particolare funzione e risponde a precisi segnali determinando una segnalazione parallela: il *rientro* collega tra loro le mappe, rafforzando le connessioni e promuovendo l'associazione delle configurazioni di ciascuna di esse. In particolare, «il terzo principio riguarda il modo in cui gli eventi selettivi, descritti dai primi due principi, operano per collegare la psicologia alla fisiologia» (Edelman, 1992, p. 135). Nell'evoluzione è il singolo individuo a costituire l'unità principale di selezione; nel sistema nervoso invece non è la singola cellula, ma un insieme di cellule tra loro connesse, vale a dire il gruppo neurotico. Tale teoria (*darwinismo neurale*), pur non in linea con i principi darwiniani, si inserisce ugualmente in una visione di competizione per la sopravvivenza (Edelman, 1987).

La coscienza sarebbe pertanto il risultato della selezione naturale, mentre le attività mentali dipenderebbero dalla coscienza. La *coscienza primaria*, limitata al presente, «si raggiunge grazie alla connessione rientrante tra una memoria di associazioni valore-categoria e le categorizzazioni percettive in corso». La *coscienza di ordine superiore*, invece, «nasce con l'inizio evolutivo delle capacità semantiche e fiorisce con l'acquisizione del linguaggio e del riferimento simbolico» (Edelman, 1992, p. 232). Infine la formazione del Sé si realizzerebbe «grazie a scambi affettivi con altri individui» (Edelman, 1992, p. 233).

D'altronde, qualora si volesse salvaguardare l'irriducibilità della mente al cervello, non sarebbe sufficiente descriverne la reciproca interazione. Esiste infatti un punto di vista *interazionistico*, ma tale prospettiva si limita a dichiarare che effetti fisici ed effetti mentali si provocano a vicenda e che corpo e mente sono in continua interazione tra loro, come se si trattasse di due forme diverse di materia.

La posizione del *parallelismo* psicofisico, infine, non pone una relazione causale tra eventi fisici ed eventi mentali, pur correlandoli, ma sostiene che entrambe le categorie di eventi accadrebbero in modo simultaneo (Chalmers, 1995).

«Il problema di questa impostazione, apparentemente assai sofisticata» scrivono Mark Solms e Oliver Turnbull «è che, in sostanza, essa non spiega affatto la relazione *mente-corpo* e non fa altro che mettere a confronto questa relazione con una di tutt'altro tipo, nella quale però non sussiste un problema analogo a quello in questione» (Solms e Turnbull, 2002, p. 61).

Quel che continua a restare non spiegato è la natura della relazione esistente tra questi due ordini di eventi; in breve, in quale modo l'*elettrochimica* si trasforma in *sensazione*.

La mente intesa come un prodotto di una eccezionale disposizione della materia e quindi di una specifica organizzazione biologica, in particolare del cervello, è l'assunto cardine degli studi delle «neuroscienze». La mente sarebbe dunque una *proprietà emergente* del cervello e i processi mentali deriverebbero dall'attivazione di complessi sistemi cerebrali organizzati a livelli diversi. Ogni elemento in natura sarebbe il risultato di una precisa organizzazione degli atomi che lo costituiscono: ne consegue che, al pari dell'acqua ottenuta da una particolare combinazione di ossigeno e di idrogeno, i processi mentali emergerebbero a un certo livello di organizzazione dei neuroni.

L'analisi della materia che è alla base della mente, vale a dire la composizione del cervello, non offre alcuna informazione intorno alle proprietà della mente. La materia è, infatti, un semplice composto di elementi chimici: carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, zolfo, fosforo e tracce di metalli. Non è possibile ricavare da questa composizione le proprietà della mente: identificare una loro particolare disposizione o organizzazione biologica da cui emerga una proprietà qualsiasi si è rivelato una sfida troppo grande per l'uomo.

La riflessione sulla mente è estremamente difficoltosa e ardua, soprattutto quando si raggiunge il dominio del pensiero e dei sentimenti. Permane la difficoltà dovuta alla complessità e alla ricchezza di livelli di organizzazione del cervello; tuttavia, pur superando tale difficoltà, resterebbe difficile comprendere il principio teleonomico nella prima cellula o nel primo organismo vivente, vale a dire la capacità di raggiungere obiettivi e di soddisfare scopi, predicendo il passato di una storia evolutiva.

Le neuroscienze, d'altronde, sono lontane dal ridurre gli individui unicamente a un prodotto di apparati genici. Le forze genetiche, se pure in virtù di un progetto, determinano l'organizzazione sinaptica del cervello, vincolando comportamenti, pensieri, sentimenti (Dawkins, 1986; Harris, 1998), nondimeno si rivelano insufficienti a spiegare da sole la personalità degli individui.

Esperienze e cultura concorrono a modellare l'uomo insieme con la natura: l'esperienza agisce sulle reti neurali, modificando le sinapsi in virtù della plasticità dei sistemi cerebrali. L'apprendimento, attraverso la plasticità sinaptica, aiuta un particolare sistema cerebrale, modificato appunto dall'esperienza, a portare a termine in un tempo minore un compito, o a risolvere meglio un problema (Wilson, 1999); rimane da appurare se siano i geni, oppure l'ambiente nel suo insieme, a prevalere nella formazione delle caratteristiche mentali e comportamentali.

LeDoux risolve il problema considerando la dicotomia natura e cultura come «due modi di fare la medesima cosa — collegare sinapsi — ed entrambe sono necessarie affinché l'opera sia compiuta» (LeDoux, 2002, p. 90). Da un lato, vi è una preordinata e controllata disposizione e organizzazione delle cellule; dall'altro, le reti neurali subiscono modificazioni ogni volta che si verifica un apprendimento, oppure quando un'esperienza è memorizzata. Dal programma genetico sono così assegnate a ogni singola cellula una sede e una funzione, mentre l'esperienza determina la formazione di nuove connessioni sinaptiche. Sul ruolo giocato dall'esperienza, tuttavia, si delineano due prospettive. Il *costruttivismo istruzionista* pone l'accento su un ambiente che «istruisce» la mente, come se un movimento di informazioni procedesse dall'ambiente all'organismo; l'*innatismo neodarwiniano* pone invece l'accento sull'esperienza che agirebbe, pur in un piano geneticamente programmato, selezionando modelli di connessioni sinaptiche differenti (Jerne, 1967). Apprendere, per Jerne, significa acquisire la capacità di manifestare una conoscenza latente. Tutti i meccanismi di apprendimento sono in tal modo ricondotti a un processo di selezione di capacità presenti nel cervello. Verosimilmente, l'esperienza agisce sia per selezione, sia per istruzione, nella formazione delle connessioni dei circuiti neurali (LeDoux, 2002).

In generale, le neuroscienze «parlano il linguaggio del riduzionismo» (Oliverio, 1995, p. X), in linea con i più recenti sviluppi della scienza che si avvale di tecnologie di indagine sempre più sofisticate. Tale linguaggio è altresì favorito dal tentativo di emanciparsi dall'idea di un qualunque principio *praeter modum*. È concetto assodato che processi mentali e comportamentali sottendano cambiamenti neurali; tuttavia, quel che continua a sfuggire è la qualità del legame che intercorre tra il livello neurale e il livello psicologico, o tra la massa di cellule nervose e l'universo delle idee. La mente, quali che siano la sua origine e la sua natura, può essere compiutamente compresa soltanto al più alto livello dell'organizzazione dell'organismo umano, il quale ha proprietà che sopravanzano l'attività cerebrale e le funzioni del corpo e ciò è sufficiente a garantire l'identità disciplinare della psicologia.

Neuroscienze e psicologia dello sviluppo

I successi riportati dalle neuroscienze stanno stimolando nuove prospettive di indagine e nuovi interessi negli psicologi. Il codice genetico per lo sviluppo è la condizione prima affinché lo sviluppo abbia inizio: tutte le informazioni per la crescita e per lo sviluppo sono in tale codice contenute. Dalle istruzioni trasmesse dai geni dipendono sia lo sviluppo fisico dell'individuo, sia lo sviluppo del comportamento. Questa prospettiva ha dato origine alla «genetica del comportamento» (Plomin, DeFries, Rutter e McClearn, 1997), una disciplina che non prende in considerazione i fattori ambientali — la cultura — ma limita le sue indagini all'influenza che un determinato corredo genetico ha sugli aspetti evolutivi dell'organismo.

Indubbiamente lo sviluppo mentale, e quindi la cognizione, ha una base neurale. Quelle che chiamiamo «potenzialità per specifici comportamenti» sono sicuramente inserite nella struttura di base del cervello e restano vincolate a un programma genetico e alle leggi dello sviluppo (Kandel, 1979). L'ambiente, soprattutto attraverso l'apprendimento, fa emergere quel che è latente, alterando le connessioni sinaptiche e favorendo l'espressione di nuovi modelli di comportamento. Tuttavia, le facoltà del pensiero dipendono dall'ambiente culturale e dalle interazioni sociali. L'interrogativo da più parti posto, se la neuroscienza incorporerà un giorno la scienza cognitiva, non dovrebbe destare eccessive preoccupazioni, poiché studiare i processi neurali che sono alla base delle attività di pensiero non equivale a studiare il «significato» dei pensieri, significato la cui costruzione costituisce l'elemento fondamentale della psicologia. Bruner (1990) evidenzia con forza che tale significato non risiede in un particolare «raggruppamento cellulare», ma è definito all'interno di ambiti culturali: è la dimensione sociale a definire l'individuo, mentre la configurazione sinaptica è piuttosto una condizione preliminare. Scrive LeDoux: «Attraverso il lungo e lento processo evolutivo di strutturazione del cervello dei vertebrati, poi dei mammiferi, infine della nostra specie, i sistemi neurali che possediamo sono stati progettati per prendersi cura di importanti attività» (LeDoux, 2002, p. 421). Senza questi sistemi non esiste la possibilità dell'individualità; tuttavia, pur possedendo tutti gli stessi sistemi cerebrali, quel che ci rende unici e quindi differenti dagli altri è il modo in cui i neuroni si connettono tra loro. I geni sono sicuramente responsabili del modo in cui si sono formate le connessioni sinaptiche, ma è per influenza ambientale che tali connessioni possono perfezionarsi, riorganizzarsi e differenziarsi: l'esperienza ha il potere infatti di riconfigurarli. La psicologia non studia l'influenza dei geni sulla formazione della personalità, se pure ne debba tener conto, ma studia l'influenza dell'ambiente. Il sé emerge dalle interazioni tra persone che

condividono un dominio culturale. Si può pertanto affermare con Edelman che «i tentativi di ricondurre la psicologia alle neuroscienze sono destinati a fallire. Dato che le capacità del pensiero dipendono dalle interazioni sociali e culturali, dalle convenzioni, dalla logica e dalla metafora, i metodi attuali che si fondano in modo esclusivo sulla biologia sono insufficienti» (Edelman, 1992, p. 272).

Neuropsicologia cognitiva

La neuropsicologia cognitiva indaga e valuta prioritariamente le prestazioni cognitive in individui che hanno riportato lesioni cerebrali; diventa possibile in tale modo precisare quali processi o meccanismi siano impegnati nella normale attività cognitiva e, di conseguenza, correlare determinati disturbi cognitivi a danni di specifici meccanismi. Inoltre, questi studi permettono di trarre importanti conclusioni sui processi cognitivi ordinari, considerando le abilità cognitive che rimangono illese, come quelle che risultano danneggiate in soggetti che hanno subito una lesione cerebrale. Quel che le neuroscienze cognitive si prefiggono è di individuare, in un sistema cognitivo «normale» e «intatto», corrispondenze tra determinate capacità cognitive e una particolare organizzazione del sistema cognitivo (Ellis e Young, 1988). La neuropsicologia cognitiva potrebbe così avvalorare o meno le asserzioni e gli argomenti proposti dalla psicologia cognitiva. Un esempio è offerto da Tim Shallice e Elizabeth K. Warrington (1970) che, mediante prove sperimentali, verificarono in un paziente che aveva subito lesioni in una specifica zona del cervello gravi danni alla memoria a breve termine, mentre non si ebbe nessuna conseguenza per la memoria a lungo termine. Un tale risultato non può che corroborare l'assunto di Richard C. Atkinson e Richard M. Shiffrin (1968), i quali distinguevano in modo teorico due sistemi di memoria: un magazzino di memoria a *breve termine* e un magazzino di memoria a *lungo termine*.

Nonostante siano molti i successi ottenuti da questo tipo di approccio nella comprensione dell'attività cognitiva nei suoi aspetti di normalità, raramente i dati ottenuti si rivelano utili. I danni cerebrali di solito sono estesi e interessano un'ampia zona del cervello, coinvolgendo e danneggiando in vario modo più sistemi cognitivi: si rischia pertanto che i risultati raccolti dall'osservazione di pazienti siano facilmente esposti all'interpretazione dei ricercatori. Pur con tali limiti, lo studio della cognizione in pazienti con lesioni cerebrali offre importanti informazioni sulle capacità cognitive di soggetti normali, informazioni altrimenti non reperibili.

Tra gli assunti di base della neuropsicologia cognitiva vi è l'*isomorfismo*, ossia l'esistenza di una significativa relazione tra l'organizzazione sul piano fisico del cervello e l'organizzazione della mente. Cervello e mente avrebbero quindi

una stessa struttura o forma; ne consegue che i meccanismi cognitivi avrebbero una propria sistemazione fisica nel cervello, determinando una localizzazione delle funzioni. Il risultato di tale impostazione teorica è differente da quello dell'approccio *connessionista*, che considera i processi cognitivi non ristretti a specifiche zone, ma distribuiti in vaste aree del cervello.

Un secondo assunto importante dei neuropsicologi cognitivi è che il sistema cognitivo sia *modulare*: in altre parole, nella mente esistono molti e diversi «elaboratori cognitivi», tra loro indipendenti. Questo spiegherebbe perché una lesione cerebrale, pur danneggiando alcuni moduli, ne lascia intatti altri.

La neuropsicologia cognitiva si avvale soprattutto degli apporti degli studi e delle scoperte compiute dalle neuroscienze, ma anche dalla genetica e dalla biologia, scoperte che si sono rivelate importanti contributi nella definizione e comprensione dello sviluppo. Sono infatti le ricerche condotte sulla struttura e sull'attività del cervello, sulla formazione e organizzazione delle connessioni sinaptiche, sulla plasticità dei sistemi cerebrali, a suggerire nuovi quadri teorici e nuove metodologie d'indagine alla psicologia dello sviluppo. Lo sviluppo del cervello si rivela così in stretta e dinamica relazione con lo sviluppo della cognizione. In altre parole, lo sviluppo del cervello non sarebbe determinato da un programma genetico prestabilito, ma evolverebbe nell'interazione che si attiva tra natura e cultura: natura e cultura funzionerebbero insieme nella costituzione degli apparati cerebrali, fin dall'inizio e influenzandosi reciprocamente. Il normale sviluppo cerebrale e quindi comportamentale sarebbe così assicurato da una non turbata interazione gene-ambiente. La scoperta a fondamento di questa nuova prospettiva è la *plasticità* innata dei sistemi cerebrali; ciò significa che questi sistemi sono modificabili attraverso l'esperienza (LeDoux, 2002).

Le connessioni sinaptiche di specifiche strutture, se pure controllate dai geni, possono tuttavia in parte estinguersi, proliferare, specializzarsi, trasformarsi o alterarsi in seguito alle stimolazioni dovute all'esperienza. L'apprendimento diventa così possibile e può ulteriormente evolvere in quanto questo processo apporterebbe una trasformazione dei circuiti sinaptici e quindi del cervello. Lo sviluppo del cervello da un lato influenza particolari forme di comportamento, dall'altro è influenzato a sua volta dal comportamento. Le neuroscienze cognitive, alla luce della rivalutazione del ruolo dell'esperienza, hanno così focalizzato l'attenzione sui modi attraverso cui l'esperienza, interagendo con il progetto genetico, esercita la propria azione, in particolare sullo sviluppo cognitivo. Sembra a questo punto che la psicologia dello sviluppo recuperi la sua originaria prospettiva biologica; d'altronde, è alla biologia che la psicologia dello sviluppo deve le sue origini (Cassia et al., 2004). Lo stesso Piaget aveva una formazione biologica e la sua opera risentiva fortemente degli influssi sia del biologo Wad-

dington, sia del biologo Darwin. Piaget (1937) descrive infatti la vita mentale in analogia alla vita organica e lo sviluppo mentale in vista di un adattamento dell'organismo alla realtà.

La concezione che è alla base delle neuroscienze cognitive, in linea con l'assunto delle neuroscienze nel considerare la mente nella sua relazione con il corpo secondo una visione materialistica, è che la mente e quindi l'attività cognitiva siano un prodotto del cervello. A differenza dei neuroscienziati che cercano di comprendere come la struttura cerebrale possa creare la mente, gli studiosi dello sviluppo che fanno riferimento a questo quadro teorico sono particolarmente interessati a individuare le correlazioni tra cambiamenti nel cervello e nella cognizione, o a comprendere in quale misura l'esperienza contribuisca all'attivazione di particolari reti neurali e di conseguenza alla specializzazione delle aree del cervello.

Gli studi condotti sulle disabilità evolutive hanno evidenziato i legami esistenti tra un'alterazione genetica e l'attivazione di inconsueti circuiti neurali, garanti del funzionamento cognitivo (Karmiloff-Smith, 1998). Nel caso un'area del cervello sia danneggiata e le sue proprietà funzionali siano compromesse, possono attivarsi nuove connessioni sinaptiche e altre aree del cervello, con funzione sostitutiva. Questa straordinaria adattabilità rende il cervello, soprattutto nei primi anni di vita del bambino, aperto all'influenza ambientale e alle stimolazioni sensoriali. La plasticità neurale è sicuramente la caratteristica fondamentale del cervello umano a tutte le età, riorganizzando le connessioni sinaptiche e convertendole in vista di nuove funzioni (Flor et al., 1995). La persistenza della plasticità neurale comporta una revisione del concetto di «periodo critico», o *imprinting*, che limitava a tempi molto ristretti il verificarsi di un evento preciso per l'attivazione e lo sviluppo normale di un comportamento. Oggi si preferisce parlare di «periodo sensibile», svincolando così specifiche esperienze a limitati periodi di tempo, pur riconoscendo in precisi momenti evolutivi una particolare predisposizione ad apprendere determinati comportamenti.

Lo sviluppo del cervello comporta l'eliminazione di molte connessioni sinaptiche, inizialmente in sovrapproduzione e in numero maggiore rispetto al cervello di un adulto. Tale lavoro di «potatura» si produce in condizione di privazione di informazioni ambientali corrispondenti ad aree specifiche del cervello e determina una progressiva specializzazione di queste aree. Il cervello evolverebbe, in conseguenza dell'esperienza, da una condizione d'estrema plasticità a una specializzazione delle strutture cerebrali: se il cervello del bambino è caratterizzato dalla sovrapproduzione sinaptica, quello dell'adulto presenta invece un alto livello di specializzazione dei circuiti neurali e delle funzioni ad esse associate. La crescente specializzazione delle strutture cerebrali avverrebbe per selezione. Come infatti la

selezione naturale ipotizzata da Darwin prenderebbe di mira i fenotipi individuali, allo stesso modo i gruppi neurali sarebbero vagliati dalla selezione neurale. Ogni gruppo neurale, in quanto possiede caratteristiche proprie, tende a produrre risposte diverse. Ora, la selezione neurale opera sulla variabilità delle risposte. Alla selezione che avviene durante lo sviluppo delle connessioni sinaptiche, si aggiunge la selezione per opera dell'esperienza. Segnali variamente combinati incontrano gruppi neurali idonei, più di altri gruppi, a rispondere; dalla risposta più veloce e più adatta sarebbero provocati gli eventi selettivi (Edelman, 1987). Il processo selettivo dipende in gran parte dalla stimolazione ambientale e ha i caratteri di un vero proprio apprendimento; perciò, dall'iniziale «sincretismo sensoriale» il bambino apprende a elaborare una specifica informazione sensoriale selettivamente. Attraverso il processo di specializzazione dei circuiti sinaptici, selezionati per operazioni in ambiti specifici, evolverebbe il cervello con la sua organizzazione dominio-specifica.

Alla modularità della mente proposta da Fodor (1983), intesa come una caratteristica innata, si propone così una visione dello sviluppo cerebrale che si specializza nel corso dell'ontogenesi con risposta alle richieste ambientali: fattori genetici e fattori ambientali interagiscono, mentre lo sviluppo cognitivo risulta intrecciato con lo sviluppo delle strutture cerebrali.

Non si tratta di una visione nuova, ma in gran parte essa recupera la teoria epigenetica avanzata da Piaget, secondo cui le strutture cognitive sono il risultato di un'attiva costruzione dell'interazione tra bambino e ambiente, ovvero dell'interazione tra i geni e gli stimoli esterni. Le neuroscienze cognitive hanno riconsiderato, alla luce dei dati forniti dalla ricerca, la visione del bambino promotore e costruttore di conoscenze. L'individuo, infatti, svolgerebbe un ruolo attivo nel processo di specializzazione delle aree del cervello e delle corrispondenti funzioni cognitive. Dall'assunzione dei principi teorici della prospettiva costruttivista piagetiana e dal loro inserimento nel contesto dello sviluppo del cervello prende l'avvio una corrente di ricerche nota con il nome di *neurocostruttivismo* (Elman et al., 1996; Johnson, 2001). Geni e ambiente dunque interagirebbero, secondo questa prospettiva, a vari livelli di complessità e di differenziazione a mano a mano che lo sviluppo procede. Le competenze cognitive non sono pertanto contenute nei geni, né sono passivamente apprese dall'esperienza, ma dipendono dall'attività compiuta dal bambino, il quale attivamente seleziona e suscita a sua volta le informazioni adeguate alle configurazioni neurali in via di sviluppo (Johnson et al., 1991). In breve, *cervello e sistema cognitivo evolvono in forza del proprio stesso funzionamento*. Gli stessi cambiamenti che avvengono nella struttura cerebrale sono risposte alle stimolazioni sia esterne (Johnson, 2000), sia interne (Katz e Shatz, 1996). Il neurocostruttivismo si pone così come punto

d'incontro tra la teoria di Piaget e le concezioni innatiste modulari e trova il suo antesignano nella ricercatrice Karmiloff-Smith.

La proposta evolutiva neurocostruttivista si allontana considerevolmente dai modelli che indicano nei «fattori maturativi» le ragioni dello sviluppo e secondo cui le competenze cognitive sono valutate come espressione dell'attivazione di precise connessioni tra le aree corticali. Secondo tale approccio è infatti sufficiente la semplice maturazione della corteccia cerebrale a produrre le diverse funzioni sensoriali e cognitive, mentre lo sviluppo si svolgerebbe secondo una direzione a senso unico, vale a dire dal programma genetico alla strutturazione del cervello, fino al comportamento. Il processo di sviluppo nella proposta neurocostruttivista è inteso invece come processo d'interazione reciproca, e quindi dinamica e bidirezionale, tra i fattori dell'organismo biologico e l'insieme dei fattori ambientali; ne deriva che strutture neurali e livelli di competenza di una specifica abilità si modificano vicendevolmente.

Un'interessante ipotesi evolutiva, all'interno della visione neurocostruttivista dello sviluppo, è quella dell'*auto-organizzazione*, concepita come una caratteristica propria del cervello umano che, interagendo dinamicamente con l'ambiente, elaborerebbe strutture neurali sempre più specializzate (Keslo, 1995). I nuovi circuiti neurali, con relativa specializzazione cognitiva, sarebbero dunque il risultato non di uno schema predeterminato, ma di una serie di limiti e di dati ambientali interagenti tra loro. I cambiamenti che avvengono all'interno delle connessioni neurali non sarebbero pertanto programmati, ma indicherebbero il nascere di nuove caratteristiche che definiscono e limitano sempre più il grado di libertà delle connessioni stesse. Una tale visione dello sviluppo potrebbe essere illustrata ricorrendo, ancora una volta, al «paesaggio epigenetico» descritto dal biologo Waddington (1975), che illustra lo sviluppo ontogenetico mediante il percorso che compie una sfera in una valle con molte diramazioni. La scelta di ogni percorso porta inevitabilmente all'esclusione di altri percorsi, con conseguente diminuzione di possibilità alternative. All'inizio, le possibilità sono illimitate e infiniti sono gli stati finali che possono determinarsi; progressivamente, con lo svolgersi dello sviluppo, in particolari condizioni ambientali, i percorsi evolutivi si riducono come anche i possibili stati finali. In definitiva, nella prospettiva dell'*auto-organizzazione* lo sviluppo è concepito come una graduale differenziazione e specializzazione delle strutture neurali in conseguenza dell'interazione con l'ambiente.

Il connessionismo o modelli a reti neurali

Nell'ambito dell'elaborazione delle informazioni, in realtà furono pochi i ricercatori che si servirono della simulazione con il calcolatore elettronico; tuttavia,

la metafora del computer, per lo studio dei meccanismi di sviluppo, ha informato tutte le tecniche utilizzate in tale approccio. Ora, tra i punti di debolezza dell'elaborazione dell'informazione vi sono soprattutto i limiti che il modello del computer pone. Il rigetto dell'analogia tra mente e calcolatore è alla base del *connessionismo*. Tra le critiche rivolte al calcolatore, vi è la denuncia di riportare i «bambini» in laboratorio, trascurando l'ambiente nel quale si producono i comportamenti e proponendo modelli di sviluppo inadeguati e semplicistici (Strauss e Levin, 1981). Si mette in discussione, inoltre, l'intero programma metodologico del cognitivismo; vale a dire, non si ritiene il calcolatore sequenziale di John von Neumann un valido modello della mente, né le sue operazioni sono considerate equiparabili alle attività cognitive. La critica maggiore, tuttavia, riguarda l'aver preferito una visione di efficienza della mente trascurando la sua combinazione neurale e la sua architettura, soggetta a trasformazioni nel periodo evolutivo. Se la mente ha un modello, questo non può essere che il cervello. I sistemi connessionisti hanno pertanto centrato l'attenzione sui meccanismi neurali soggiacenti ai fenomeni cognitivi. Il computer cessa di essere utilizzato come una semplice metafora, e diviene un vero strumento di ricerca, usato, questa volta, per simulare l'attività del cervello.

Scrive Parisi:

Con esso (il metodo della simulazione) è possibile costruire modelli dettagliati di fenomeni complicati, studiandone con grande precisione le implicazioni, manipolandoli per osservare gli effetti dei cambiamenti introdotti, e vedendoli, per così dire, in azione sul calcolatore. (Parisi, 1991)

L'approccio del connessionismo allo studio della mente resta computazionale e simulativo. A differenziare l'uso del computer rispettivamente nel cognitivismo e nel connessionismo non è il suo utilizzo, ossia la traduzione di attività mentali mediante macchine, ma il modo di concepire la stessa attività mentale. Per il cognitivismo, la mente funzionerebbe come un computer; per il connessionismo, il computer sarebbe un semplice strumento di ricerca. Uno strumento, precisa Parisi, «che consente di usare la metodologia della riproduzione artificiale (simulazione) dei fenomeni che si vogliono conoscere» (Parisi, 1991, p. 9). Il metodo della simulazione dei fenomeni mentali è quindi realizzato tenendo conto del funzionamento del cervello, l'organo che supporta e governa l'attività mentale. Con il connessionismo l'interesse si trasferisce dalle proprietà funzionali dell'intelligenza alle proprietà strutturali dell'organo che elice comportamenti intelligenti. Il connessionismo, in breve, nel costruire sistemi artificiali in grado di riprodurre la mente, si richiama all'architettura e al modo di funzionare del cervello. La novità consisterebbe, da un lato, nel non concepire più la mente come equiparabile nel suo funzionamento al computer e, dall'altro, nel riferire l'attività mentale alla rete delle connessioni neurali (Elman et al., 1996).

La simulazione cognitiva mediante il calcolatore, nella concezione cognitivista dell'intelligenza, è eseguita manipolando simboli; il connessionismo, pur riconoscendo l'uso di simboli nell'attività mentale, non riduce tuttavia l'intelligenza unicamente agli aspetti simbolici. Aspetti non simbolici sarebbero infatti presenti in molti comportamenti intelligenti, come si verifica nei bambini piccoli e negli animali. Nel calcolatore l'intelligenza è situata in un programma di istruzioni, immutabile nel tempo, in cui è possibile identificare singole sequenze di attività. Il cervello, al contrario, crea l'intelligenza dall'interno, si trasforma nel tempo e spontaneamente apprende: quel che sfugge all'elaborazione dell'informazione è la natura profonda dell'intelligenza.

Oltre al differente modo di concepire l'intelligenza, tra i due approcci vi è anche un diverso modo di intendere l'apprendimento: per il connessionismo non è sufficiente ricostruire e far eseguire mediante un programma una capacità intelligente dalla macchina perché si riproduca un vero atto intelligente. Per simulare il cervello è necessario che un sistema artificiale non si limiti a manifestare semplicemente determinate capacità, ma che sia capace di apprendere, in un processo evolutivo, le proprie capacità (Parisi, 1989).

In definitiva, l'approccio connessionista modella le proprie connessioni sulle strutture del cervello e sul suo funzionamento, ipotizzando una correlazione tra l'organizzazione neurale e l'attività cognitiva. Ne consegue che non è possibile studiare i processi mentali ignorando il funzionamento del sistema nervoso e del cervello.

Il nostro cervello è costituito da un numero elevatissimo di cellule nervose, dette neuroni, tra loro interconnesse. Il neurone ha una forma varia, una funzionalità elettro-chimica, ma soprattutto è connettivo: ha la propensione a collegarsi e formare con altri neuroni vere reti neurali. A rendere particolari i neuroni non sono i loro elementi chimici, ma piuttosto è la loro organizzazione, che renderebbe possibile «l'ordinario (come la regolazione della respirazione) e lo straordinario (la fede in un'idea)» (LeDoux, 2002, p. 89).

I neuroni sono connessi tra loro mediante le sinapsi, formando una complessa rete di connessioni. Vi sono neuroni specializzati nel collegamento del cervello con il mondo esterno, fornendo i segnali d'ingresso, e neuroni che forniscono i segnali d'uscita. I primi formano gli organi di senso, mentre i secondi sono collegati agli apparati muscolare e ghiandolare. Inoltre, esistono aree del cervello che ricevono segnali soltanto da altre aree del cervello (Edelman, 1992). Tutto quello che il cervello elabora avviene mediante il processo della trasmissione sinaptica. Ne consegue che, come il cervello è formato da un'intricata rete di connessioni sinaptiche attraverso cui i neuroni inviano e ricevono continuamente segnali di attivazione o di inibizione, così un sistema connessionista si avvale di reti neurali,

che risultano costituiti di unità elementari — definite anche «nodi» — equiparabili ai neuroni; tali unità sono tra loro collegate da precisi percorsi. Secondo il modello di Allen M. Collins e M. Ross Quillian (1969; 1970), i «concetti» sono rappresentati dai «nodi», tra loro distanziati in base ai tempi di reazione registrati, mentre i segmenti colleganti i vari concetti sono definiti «archi»: nodi e archi costituiscono una rete. Inoltre, pari ai neuroni, ogni unità di elaborazione può essere attivata solo se è superata la sua «soglia» di attivazione; in tal modo, ogni unità agisce sulle altre unità, modificandole tramite segnali inibitori o eccitatori. A ogni connessione corrisponde infatti un *peso* o *coefficiente di connessione*, indicato con un numero e che dipende dal ripetersi delle «attivazioni» della connessione stessa. La connessione è *eccitatoria* se il peso è positivo, *inibitoria* se è negativo; se il peso è nullo non c'è connessione. Ogni unità presenta un potenziale di attivazione; l'attivazione dipende sia dalle proprietà dell'unità, sia dalle qualità dei segnali in entrata. Le proprietà dell'unità sono indicate con un valore numerico che costituisce la *soglia* dell'unità. Vi è dunque per ogni unità un indice del potenziale di attivazione dato dalla differenza ottenuta tra i valori dei segnali in ingresso, sommati ai pesi dei singoli collegamenti, e il valore della soglia. Ne consegue che le reti neurali sono dotate di uno stato di attivazione e le loro connessioni presentano una direzione specifica, trasmettendo il segnale in uscita da un'unità all'altra. Le reti neurali artificiali simulano così le reti neurofisiologiche. Come avviene nel cervello, anche l'attivazione delle unità avviene simultaneamente. I modelli connessionisti, a differenza di quelli dell'elaborazione delle informazioni, in gran parte *sequenziali*, sono a *elaborazione parallela*. Le reti neurali sono, dunque, «modelli distribuiti in parallelo» (*Parallel Distributed Processing, PDP*). «L'elaborazione delle informazioni ha luogo tramite le interazioni di un grande numero di elementi semplici di elaborazione, detti unità, ognuna delle quali invia segnali eccitatori o inibitori alle altre unità» (Rumelhart e McClelland 1986, p. 39). L'impostazione del processamento in parallelo dei dati sensoriali presuppone che un gran numero di elaborazioni sia attivo e che ogni unità elabori compiti specifici.

Le reti neurali, dunque, sono costituite dalle *unità* che elaborano i segnali in entrata e dalle *connessioni* tra le unità; ogni rete ha un tipo di architettura definita dalla struttura delle connessioni. Si ha un'architettura *monostrato* quando le unità appartengono a un solo strato; se vi sono più strati si hanno allora architetture *multistrato*, normalmente costituite da uno strato d'ingresso e da uno strato d'uscita. Tra questi due strati possono esserci unità non in contatto con l'esterno, che compongono strati intermedi definiti «unità nascoste». Vi sono pertanto connessioni che dall'ingresso sono dirette verso l'uscita (connessioni *feedforward* o *bottom-up*), connessioni tra unità appartenenti allo stesso strato

(connessioni *lateral*), connessioni che rientrano dall'uscita verso l'ingresso (connessioni *feedback* o *top-down*) e infine «autoconnessioni», che uscite da un'unità ritornano all'ingresso della stessa unità.

Le unità più semplici di elaborazione sono attive a livello di input e sono utilizzate per la codificazione di segnali in entrata, come di quelli provenienti da altre reti neurali. Questo strato simula i recettori sensoriali e può «registrare» le informazioni nelle diverse modalità simulate dalla rete neurale, ossia in forma visiva, uditiva o tattile. A un grado successivo si possono trovare uno o più strati di sistemi nascosti, che elaborano le informazioni provenienti dallo strato di input in vista di combinazioni più complesse. Infine, l'unità di elaborazione riferita allo strato di output consente di produrre scelte o parole, o di formulare pensieri. Un modello di rete neurale risulta così costituito da una serie di strati: uno o più strati di input, uno o più strati di unità nascoste, uno o più strati di output. Attraverso questo modello si tenta di organizzare una rete tale da riprodurre il più fedelmente possibile, di fronte a determinati input, gli stessi output che produce un bambino. I modelli PDP si ispirano da vicino al sistema nervoso; nondimeno, consentono di spiegare computazionalmente i processi cognitivi umani e i meccanismi di apprendimento.

Con il modello a rete, una delle conseguenze più vantaggiose è il modo di concepire la conoscenza come «distribuita» nelle connessioni di una rete neurale. A conservare la rappresentazione di un concetto è, dunque, una particolare configurazione di attivazione sparsa nella rete. Le informazioni in entrata non sono più concepite come contenute in un insieme di qualche tipo, in un qualche luogo della memoria. I processi cognitivi sono pertanto considerati non più con riferimento a ipotetici contenuti di conoscenza, ma con riferimento ai processi dinamici attivati nelle reti neurali, che interpretano i segnali provenienti dall'esterno.

A una visione secondo cui le funzioni cognitive sono inserite in un unico sistema di processamento e, quindi, sottoposte a un solo tipo di regole e a un comune sistema esecutivo centrale, il modello del processamento distribuito in parallelo considera una pluralità di sistemi, i quali operano autonomamente tra loro e con regole proprie. Questi moduli, inoltre, sfuggirebbero a un controllo cosciente da parte del soggetto, in quanto soltanto alcuni diverrebbero accessibili alla consapevolezza.

In un modello a rete neurale l'apprendimento va considerato con riferimento ai cambiamenti verificabili dei coefficienti di connessione, in conseguenza delle stimolazioni in ingresso. Normalmente si ha apprendimento quando il segnale d'errore, attivato dalla differenza tra la risposta attesa e la risposta fornita, si annulla in seguito alla modifica dei coefficienti di connessione prevista dallo sperimentatore. Il procedimento utilizzato nelle reti in vista dell'apprendimento

è noto con il nome *backward propagation of error* (propagazione all'indietro dell'errore): questo algoritmo consente di associare una configurazione di attivazione con una configurazione di risposta. Nel caso in cui la prestazione sia diversa da quella richiesta, l'algoritmo, confrontando le configurazioni in entrata e in uscita, segnala gli errori mediante attivazione all'indietro e procede a un adeguamento delle unità fino a produrre la configurazione di risposta giusta. Il modello apprende così progressivamente il comportamento richiesto.

La quantità dei valori in ingresso, raggiungendo un'unità, può ricevere da altre unità alle quali è connessa segnali inibitori o eccitatori e prendere il «peso» di tutti i segnali in arrivo. L'unità produce un valore in uscita se il peso supera la soglia prefissata. Un tale valore (o output), rivolgendosi verso un'altra unità, riattiva il processo. Conservandosi nella rete le configurazioni di attivazione, mediante le associazioni che si formano tra ingressi e uscite, è possibile fornire un modello del comportamento cognitivo. Presentando uno stimolo in ingresso, la rete si appresta a produrre una determinata risposta in uscita, mostrando un comportamento non dissimile da quello generato da un sistema governato da regole.

La conoscenza dunque, come già riferito, non è situata in precise aree del sistema, ma è distribuita su un grande e variabile numero di connessioni divenute attive: questo tipo di conoscenza è descritto come *schema di attivazione*.

Così i connessionisti hanno sostituito la descrizione del pensiero come manipolazione di regole espresse in simboli [...] con una visione del pensiero come schema di attivazione nelle reti neurali. (Miller, 2002, p. 262)

Ogni unità, in quanto facente parte di più sistemi di attivazione, può attivarsi con riferimento a diverse conoscenze. È da precisare tuttavia, come rileva Kar-miloff-Smith (1992), che ogni rete neurale trascrive un solo tipo di informazioni (input) riferito a un compito specifico, nonostante le procedure di apprendimento (per associazione o per errore) siano le stesse per tipi diversi di informazioni e per reti differenti. Esistono, così, reti concepite per simulare l'apprendimento del linguaggio (Elman, 1993), per l'apprendimento della seconda lingua (MacWhinney 1996), per l'apprendimento della lettura (Plaut et al., 1995), per l'apprendimento della conservazione del numero (Shultz et al., 1995).

In analogia con il cervello, inoltre, all'associazione tra organizzazione sinaptica e un preciso comportamento (LeDoux, 2002) possono corrispondere differenti schemi di connessioni, che, in età diverse, attivano livelli nuovi di conoscenza. Ogni unità di elaborazione non elabora simboli, come avviene nell'approccio dell'elaborazione dell'informazione, ma solo un tratto distintivo di informazione privo di significato proprio. Benché l'intelligenza, come nel linguaggio, utilizzi i simboli, non è possibile ridurre la sua natura a combinazioni di simboli. Il con-

nessionismo, in sintesi, si avvale di modelli costituiti di elementi, o unità, con caratteristiche fisiche, non di simboli; elementi che interagiscono in parallelo e che, in quanto sistemi dinamici, generano specifiche proprietà. Ogni informazione ha così numerose parti, ognuna delle quali vincola ed è a sua volta vincolata in un atto di reciproca influenza.

Riepilogando, nell'approccio connessionista il significato intero dell'informazione si ottiene solo dalla combinazione dei singoli tratti derivanti dalle unità di elaborazione coinvolte. L'informazione, non più immagazzinata sotto forma di simboli o di elementi rappresentazionali, è rappresentata — piuttosto, *distribuita* — all'interno delle connessioni tra le unità di elaborazione. L'apprendimento si verifica dunque quando cambia uno schema di connessioni, esattamente come le sinapsi subiscono modificazioni ogni volta che il cervello memorizza un'esperienza (LeDoux, 2002). In analogia con il funzionamento del cervello, le reti hanno la caratteristica di modificare la struttura delle reti neurali in conseguenza dell'apprendimento (Munakata e McClelland, 2003). In questo modo è possibile operare sulla rete rafforzando le connessioni tra le unità con la frequente presentazione di stimoli specifici: le abilità manifestate dalla rete possono così perfezionarsi per l'azione dell'esperienza. Accanto all'apprendimento per associazione, nelle simulazioni connessioniste, si propone soprattutto l'apprendimento per prove ed errori. Il risultato, o l'output, che non corrisponde all'obiettivo suggerito è sottoposto a un processo di correzione. La rete dispone così di due risultati: quello espresso e quello modificato; pertanto, può valutare il divario e, a sua volta, modificare le forze (o pesi) delle connessioni, in modo da renderle adeguate al risultato corretto.

L'apprendimento può così modificare le configurazioni di connessione di unità di elaborazione; pertanto, a variare nel tempo è la struttura della rete neurale, che risulta veramente dinamica. Ne consegue che l'apprendimento è sufficiente a spiegare lo sviluppo, che avrebbe un andamento continuo e progressivo, se pure non lineare, nel senso che la rete può rapidamente cambiare dopo un periodo di stabilità. All'elaborazione di un programma in grado di eseguire determinati compiti si è sostituito un sistema capace di apprendere e di acquisire delle capacità: «Il ricercatore si limita a creare e manipolare le condizioni attraverso le quali può avvenire l'acquisizione della capacità, ma il processo di acquisizione ha una sua fondamentale spontaneità e indipendenza dal ricercatore» (Parisi, 1991, p. 12).

Nell'approccio connessionista si recupera in parte il modello piagetiano dello sviluppo, secondo cui i dati della realtà sono «assimilati» alle strutture cognitive e queste ultime sono «accomodate» ai nuovi ragguagli assimilati. Similmente dunque al modello piagetiano, la rete neurale modifica le forze delle connessioni di unità,

come avviene nel caso di un output diverso da quello desiderato, e per effetto della *retro-propagazione* modifica la conformazione delle connessioni. Scrivono a questo riguardo Cassia, Valenza e Simion (2004, p. 160):

In questo senso le simulazioni connessioniste consentono di esemplificare i principi piagetiani dell'assimilazione e dell'accomodamento, e possono per questo essere ricondotte all'interno dell'approccio costruttivista. Più semplicemente, l'approccio connessionista può essere considerato un tentativo metodologico di rivalutare l'epigenesi costruttivista sulla quale Piaget aveva fondato la sua teoria.

L'approccio connessionista sembra aver fatto proprio un certo rigore metodologico proprio del comportamentismo, coniugato a un bisogno di ordine epistemologico nella spiegazione del cambiamento cognitivo: non sorprende ritrovare in esso una posizione non-innatista di fronte al problema natura-cultura. Il comportamentismo non attribuiva al neonato alcuna forma di conoscenza. I processi biologici erano ridotti ai semplici sistemi e riflessi sensoriali, mentre la conoscenza era considerata come frutto dell'apprendimento, unico responsabile dell'avviamento dei processi di sviluppo. Il connessionismo, mediante la simulazione — vale a dire mediante l'attivazione di strati di elaborazione e la modifica dei pesi delle connessioni — riesce a dimostrare come affiorano e si generano nuove capacità e nuovi comportamenti. Il connessionismo recupera così le posizioni innatiste, in quanto i «pesi» sono assegnati non arbitrariamente ma con riferimento a precisi criteri che propongono e, quindi, simulano le competenze del bambino. Negli ultimi modelli elaborati (McClelland et al., 1999), si riconoscono infatti precoci competenze e predisposizioni innate; competenze e predisposizioni ritenute le vere promotrici dello sviluppo del bambino. Estendere allo studio della mente gli stessi modelli utilizzati per studiare il cervello, se da un lato pone l'accento sulla necessità di legare comportamento e sistema nervoso, dall'altro rivela quanto di gran lunga più ricco di ogni modello di reti neurali sia il modello teorico riferibile alla mente, a motivo dei fenomeni sociali e culturali.

La dimensione cognitiva delle emozioni

Comprendere le emozioni

Il bambino esprime naturalmente le proprie emozioni, ma non è ancora del tutto chiaro come giunga a comprenderle. Dai 5 mesi di vita il bambino riconosce e risponde in modo appropriato a differenti espressioni facciali, accompagnate da un diverso tono di voce (Bühler, 1930). Ma già a 10 settimane di vita, i bambini

manifestano di distinguere, sempre con riferimento alle espressioni facciali della madre, fino a tre emozioni. Mostrano felicità quando la madre esprime gioia, rispondono con tristezza alla tristezza della madre e si arrabbiano, oppure s'irrigidiscono, di fronte a un'espressione di rabbia (Haviland e Lelwica, 1987). Fin dall'inizio del secondo anno di vita, i bambini sono in grado di leggere sul volto della madre un'espressione di assenso, o di divieto, del proprio comportamento, con riferimento alla sua espressione sorridente oppure severa. Alla fine del secondo anno di vita sono invece in grado di definire alcuni stati d'animo, come felice, triste, impaurito, spaventato (Bretherton, McNew e Beeghly-Smith, 1981). Nel terzo anno di vita, si assiste a una rapida differenziazione delle emozioni: i bambini infatti riescono non solo a identificare le cause delle emozioni in loro stessi e negli altri, ma anche a prevederne le conseguenze (Beeghly, Bretherton e Mervis, 1986). Fin dall'inizio, sembra che i bambini siano in grado di riconoscere il significato delle espressioni emotive e di reagirvi adeguatamente. Le loro risposte non sarebbero dei semplici atti imitativi delle altrui espressioni: si è rilevato, infatti, che quando la madre esprime tristezza oppure preoccupazione, i bambini distolgono il proprio sguardo dalla madre e diminuiscono la loro attività ludica, mostrando in tal modo di comprendere il significato di quanto sta avvenendo (Cummings, 1987; Jordano, 1986). Tra madre e bambino si attiva alquanto precocemente un vero «dialogo emotivo». All'espressione di un'emozione, il bambino risponde proponendo la stessa emozione; si tratta di un autentico fenomeno di *ecopatia*.

Si parla invece di «riferimento sociale» quando l'adulto con il proprio atteggiamento emotivo, incoraggiante o scoraggiante, di fronte a un evento o a una terza persona, fornisce al bambino un segnale che modellerà il suo comportamento. Il bambino così mostrerà paura di fronte a un oggetto sconosciuto se la madre avrà espresso paura in presenza di esso. Di fronte a una novità i bambini, a cominciare dalla fine del primo anno di vita, guardano la madre al fine di riceverne istruzioni (Klinnert et al., 1983): un suo atteggiamento favorevole tende a incoraggiarli a esplorare gli oggetti, mentre un atteggiamento di spavento li inibisce nella loro azione (Klinnert, 1984). Si può dunque affermare che il comportamento del bambino, fin dall'inizio del secondo anno di vita, è guidato dalle emozioni che gli adulti manifestano; inoltre, tali emozioni gli offrono la prima chiave di lettura del mondo che gli sta intorno, influenzando in modo selettivo l'esplorazione di spazi e di oggetti specifici.

Le prime emozioni sono individuate nelle diverse espressioni facciali, ma anche in situazioni in cui ogni espressione facciale è assente, come quando si rompe un giocattolo: in un caso, è lecito domandarsi come il bambino giunga a comprendere le espressioni emotive; nell'altro, ci si può chiedere come s'inferiscano le emozioni.

Darwin (1872) invocava un sentimento innato capace di informare il bambino del tipo di emozione espressa, una sorta di meccanismo di riconoscimento innato. Postulava anche un «istinto simpatetico», capace di elicere nel bambino le stesse emozioni espresse dagli adulti che si prendevano cura di lui.

Una spiegazione alternativa ipotizza che siano le diverse conseguenze delle espressioni facciali a suggerire le emozioni corrispondenti. Così a un volto arrabbiato seguirebbe un comportamento che esprime rabbia, e tale conseguenza genererebbe nel bambino l'emozione adeguata (James, 1884).

Un'altra spiegazione attribuisce all'imitazione il ruolo centrale nella comprensione delle emozioni. Il bambino, imitando le differenti espressioni facciali, produrrebbe anche le emozioni associate a tali espressioni (Laird, 1974). In altre parole, il bambino, imitando l'espressione del sorriso — inizialmente priva di significato — riceverebbe un'informazione dal suo stesso sorriso.

Secondo Stein e Levine (1987), egli arriverebbe a definire le emozioni con riferimento a una gratificazione o a una frustrazione. Non la situazione esplicita, quale potrebbe essere una qualunque espressione facciale, o un evento specifico, ma la possibilità di poter conseguire oppure no uno scopo attiverrebbe in lui uno stato emozionale. Riuscire in un'impresa, ottenere quel che si desidera renderebbe felice un bambino; uno stato di insoddisfazione lo renderebbe al contrario infelice. Le emozioni sarebbero, quindi, mediate da uno stato mentale.

Paul L. Harris (1989) propone, infine, che siano le esperienze sociali compiute dal bambino stesso a permettergli di identificare gli stati mentali e, di conseguenza, le emozioni espresse dagli altri. Harris, pur rifiutando il dispositivo di riconoscimento innato proposto da Darwin, in virtù del quale le emozioni si genererebbero per «simpatia», non esclude la possibilità dell'esistenza di un riconoscimento innato del significato delle emozioni, ma senza alcuna attivazione autonoma.

Sebbene Darwin possa essere stato nel giusto a postulare un meccanismo innato di riconoscimento, rimangono tuttavia plausibili altri meccanismi interpretativi. Comunque, è ora chiaro che il bambino di un anno di età possiede una rudimentale abilità di conferire significato a specifiche espressioni emotive e di concepirle come riferimenti selettivi nei confronti di determinati oggetti. (Harris, 1989, p. 31)

Facendo riferimento ai presupposti della teoria della mente, Harris valuta gli stati emotivi nel loro rapporto con le credenze e i desideri, in una concezione più generale dello sviluppo cognitivo. Egli postula un tipo di comprensione immaginativa, quale si manifesta nei «giochi di finzione», che consentirebbe ai bambini di capire precocemente gli stati mentali delle altre persone. L'immaginazione, ossia la capacità di simulazione, permetterebbe al bambino non solo di evadere dal suo

presente, ma anche e soprattutto di entrare nelle menti e quindi nei desideri, nei timori, nelle speranze degli altri. Esattamente come avviene per la comprensione dei pensieri dell'altro, che non implica alcuna forma di condivisione, è possibile comprendere i sentimenti di un altro individuo senza necessariamente viverli in prima persona. Gli individui, infatti, sono in grado di *immaginare* quel che gli altri pensano o provano.

La comprensione immaginativa non implica una trasmissione per contagio di stati mentali dall'osservato all'osservatore. Piuttosto, quando per esempio siete imbarazzati o orgogliosi, io immagino l'emozione che proverei se fossi nei vostri panni. Come risultato, produco un'emozione «come se», o simulata. (Harris, 1989, p. 61)

Valutare lo stato emotivo di un'altra persona comporta non soltanto la capacità di immaginare le sue sensazioni e i suoi pensieri, ma anche la capacità di immaginare quel che l'altro possa desiderare. Per Harris i bambini sono in grado di esperire questo tipo di comprensione immaginativa; egli basa tale convinzione su quattro assunti. Il primo assunto riguarda la consapevolezza che i bambini in età prescolare hanno dei propri stati mentali. Il secondo assunto concerne la grande capacità immaginativa di cui sono dotati, evidente soprattutto nei giochi di finzione. Il terzo assunto riguarda la capacità di distinguere il mondo della realtà da quello della finzione e ciò consente loro di non confondere i propri stati mentali con quelli di altre persone. Il quarto assunto consiste nell'abilità di simulare desideri di cose che in realtà non desiderano, o credenze riguardo cose in cui non credono. Questa abilità di simulazione costituirebbe la condizione per aver accesso alla comprensione immaginativa degli stati mentali altrui.

È come se il bambino operasse una sorta di simulazione a livello cognitivo; egli dunque immaginerebbe, facendo riferimento alla propria esperienza, quello che gli altri proverebbero in una determinata situazione.

L'espressione dell'emozione

Nel primo anno di vita il bambino si sente incoraggiato, o non incoraggiato, nelle sue iniziative, dagli atteggiamenti della madre, cogliendo il carattere intenzionale dell'emozione; nel secondo anno avviene un cambiamento nella comprensione delle emozioni: egli inizia a determinare oppure a modificare nell'altro un particolare stato emotivo. I bambini riconoscono che l'emozione ha una causa e conoscono le azioni che possono suscitare o interromperla. Particolari appaiono i comportamenti di conforto di bambini più grandi, di età compresa tra i 2 e i 4 anni, nei confronti dei fratellini più piccoli (Dunn, Kendrick e MacNamee, 1981);

nel caso di quelli più piccoli, i tentativi di consolare i più grandi sono esibiti tra i 14 e i 16 mesi (Wolf, 1982). I bambini tuttavia non solo consolano i fratelli, ma talora fanno loro del male, aggredendoli verbalmente o fisicamente. Identificare i processi mentali che in un bambino promuovono un comportamento di conforto e in un altro, invece, generano un comportamento aggressivo — oppure non suscitano alcuna risposta di fronte a una richiesta d'aiuto — è quel che ha maggiormente interessato i ricercatori.

I bambini differiscono tra loro, soprattutto, per la diversa capacità di empatizzare con gli altri. Robert Stewart e Robert Marvin (1984) valutarono, in una ricerca condotta su bambini di 3 e di 4 anni, la capacità di assumere la prospettiva di un'altra persona decentrandosi dal proprio punto di vista. Li classificarono in due gruppi: quelli che erano capaci di decentrarsi, e quelli che non ne erano capaci. I bambini furono in seguito lasciati soli in una sala, con i rispettivi fratelli più giovani: i ricercatori osservarono che quanti mostravano di essere in grado di assumere un punto di vista diverso dal proprio manifestavano una maggiore disponibilità a confortare i fratellini. Gli altri invece si mostravano incapaci di esprimere conforto. Un tal esperimento dimostra che i fattori cognitivi promuovono significativamente comportamenti volti a mettersi nei panni altrui; inoltre, dimostra che per comprendere l'altro e offrire il proprio aiuto non è indispensabile avvertire in prima persona il disagio.

In età prescolare, i bambini non concepiscono la possibilità che le emozioni reali possano essere nascoste o mascherate, esprimendo emozioni non sentite. L'espressione del sorriso, anche quella motivata per nascondere un disappunto, è sempre legata all'emozione manifesta della felicità. Dopo i 6 anni inizia la comprensione delle regole di espressione e si adottano espressioni facciali talora non corrispondenti ai veri sentimenti. In altre parole, i bambini cominciano a nascondere la propria delusione, nel caso non ricevano il regalo desiderato, mostrando un'espressione del volto conforme alle convenzioni sociali (Saarni, 1984). Produrre una regola d'espressione adeguata alle circostanze richiede una rappresentazione mentale di due stati emotivi contraddittori, come pure una motivazione a adottare un comportamento socialmente accettabile.

Dopo i 4 anni cambia la valutazione che loro fanno della vita emozionale: i bambini, se in precedenza valutavano le persone come orientate a ottenere le cose desiderate e quindi felici in caso di successo e infelici in caso di fallimento, ora invece le valutano in base al giudizio che gli altri esprimono nei loro confronti. Dai 4 ai 10 anni, cambia il loro modo di concepire le persone, valutandole in base al loro conformarsi oppure no a norme della vita sociale. La vita emotiva degli individui gradualmente dipende non più dalle conseguenze dei comportamenti — successo o insuccesso — ma dall'osservanza di precise regole: si può perciò

provare orgoglio, oppure vergogna o colpa nel caso non si sia agito correttamente. L'obbedienza alle regole comporta la consapevolezza che un individuo ha delle emozioni che gli altri potrebbero avere nei confronti delle sue azioni, giudicate socialmente lecite oppure illecite. In breve, i bambini più grandi comprendono che la trasgressione di una norma morale causa disagio, anche in caso di successo della propria azione (Harris, 1989).

Infine, verso i 10 anni, i bambini cominciano a capire di poter esperire due o più sentimenti con valenza opposta, ossia misti. Si può essere felici e allo stesso tempo tristi: si può essere felici per un viaggio e tristi di dover lasciare gli amici (Harter e Buddin, 1987). Tutti questi progressi rappresentano importanti successi nello sviluppo della cognizione sociale.

Importanti sono le influenze culturali nella strutturazione cognitiva delle emozioni. Marc D. Lewis (1989) rileva che madri di culture differenti correlano esperienze simili con emozioni diverse; così le madri giapponesi ritengono che un bambino che si sia smarrito in un gran magazzino proverà tristezza, mentre le madri americane ritengono che il bambino provi un'emozione di paura. Inoltre, in alcune culture si tende a proteggere il bambino da certe emozioni, quali quelle riguardanti il dolore del lutto, soprattutto nei Paesi occidentali; oppure si cerca di scoraggiare l'espressione di alcune emozioni, come la paura nei maschi, e di incoraggiarne altre, come il senso del pudore nelle bambine giapponesi (Elfenbein e Ambady, 2003). La cultura, dunque, favorisce nei bambini l'utilizzo di regole di espressione per tutte quelle emozioni socialmente non accettabili, in modo particolare nelle ragazze (Saarni, 1984).

Adulti americani e giapponesi sono stati esposti alla proiezione di due filmati: il primo, a basso contenuto emotivo, riguardava una conferenza sui viaggi, mentre il secondo, alquanto emozionante, riguardava un intervento chirurgico. Dalle espressioni facciali dei soggetti si sono rilevate reazioni diverse, in relazione dei due filmati: di felicità in un caso, di disgusto nell'altro, pur essendo nota la riluttanza dei giapponesi a manifestare emozioni di disgusto. Tuttavia, le differenze sono emerse quando giapponesi e americani sono stati rispettivamente intervistati sui filmati da intervistatori della loro stessa cultura. I giapponesi nascosero i loro veri sentimenti di disagio e di rifiuto, descrivendo il filmato sull'intervento chirurgico con un'espressione sorridente. Diversamente si comportarono gli americani, i quali non nascosero i sentimenti provati durante la proiezione del filmato (Ekman, 1973). Un tal esperimento informa che, sebbene le norme culturali possano regolare l'espressione pubblica delle emozioni, non ne modificano tuttavia l'esperienza soggettiva. D'altra parte, benché sia possibile nascondere le emozioni o dissimularle, il loro controllo si rivela mai completo, ma sempre parziale (Ekman e Friesen, 1971).

Pamela Cole (1986) ha messo in luce che già in bambini di 3 e 4 anni si possono osservare le prime regole di esibizione delle emozioni; in altre parole, loro sono in grado di celare i propri sentimenti di delusione, controllando le espressioni del viso, soprattutto alla presenza della persona che ha causato la delusione. Fin dalle più precoci fasi dello sviluppo i bambini mostrano dunque di essere in grado di padroneggiare le loro espressioni emozionali. Si precisa che, a questa età, non sono ancora consapevoli della distinzione esistente tra emozioni reali ed emozioni esibite. Una tale consapevolezza si raggiunge in seguito all'acquisizione dell'abilità di mettere in pratica le regole di esibizione, ossia intorno ai 6 anni. Si può dedurre che i bambini più piccoli abbiano semplicemente imparato, in virtù delle regole della cortesia, a mostrare una specifica espressione nel momento in cui ricevono un regalo, anche se deludente. In altre parole, i bambini, a 3 e 4 anni, se pure riescono a nascondere la propria delusione, non sono tuttavia in grado di distinguere tra i sentimenti autentici e quelli manifestati. Soltanto dopo i 6 anni cominciano a comprendere che le emozioni di una persona non sono necessariamente visibili sul suo volto e che l'emozione reale non è necessariamente identica a quella visivamente dichiarata (Harris, Donnelly, Guz e Pitt-Watson, 1986).

Ai bambini giapponesi si insegna molto precocemente a controllare le proprie emozioni; tutte le regole educative sono all'insegna dell'essere gentile con gli altri e di giocare insieme in amicizia. I bambini più grandi devono, quindi, ben tollerare una frustrazione provocata da un bambino più piccolo, cedendo per esempio un giocattolo conteso. In caso di disaccordo, i contendenti sono tenuti sia a chiedere scusa, sia ad accettarle. In nessun caso è tollerato il pianto, pena il dileggio da parte delle insegnanti e l'ostracismo da parte dei compagni (Hendry, 1984; 1986). Le madri giapponesi, inoltre, richiedono ai loro bambini un controllo delle emozioni più precoce rispetto alle madri americane (Hess et al., 1980). Da alcune ricerche emerge tuttavia come la distinzione tra l'emozione manifestata e quella realmente espressa sia chiaramente compresa soltanto intorno ai 6 anni (Gardner et al., 1988).

Riepilogando, nel processo di comprensione dell'espressione delle emozioni si può affermare che i bambini di 3 e di 4 anni, in obbedienza a regole dettate dagli adulti, sappiano mascherare i loro sentimenti reali, soprattutto il sentimento della delusione, pur non differenziando le emozioni reali da quelle espresse. In altre parole, essi si conformano alle richieste degli adulti e non concepiscono il significato dell'inganno. A 6 anni, i bambini sanno utilizzare efficacemente le regole di esibizione delle emozioni, mostrando di averne ben compreso la funzione protettiva, sia della propria persona dal dileggio e dai rimproveri altrui, sia degli altri da realtà che non potrebbero accettare.

Il controllo delle emozioni

Le regole di esibizione delle emozioni servono in genere a salvaguardare la relazione con gli altri, oppure a difendersi da situazioni imbarazzanti. Non è infrequente, pertanto, che si adottino strategie cognitive volte a modificare le emozioni, agendo mediante un controllo attento sia sulla situazione che suscita un'emozione negativa sia sull'emozione stessa, variando la rappresentazione mentale della situazione subita (Miller e Green, 1985). Alla domanda se i bambini fossero consapevoli di poter modificare il proprio stato emotivo, variando la situazione oppure utilizzando strategie cognitive, gli esperimenti condotti sul controllo dell'esperienza emotiva (Harris et al., 1981) hanno verificato che i bambini di 6 anni rispondevano prendendo in considerazione soprattutto il cambiamento della situazione. Anche i soggetti di 11 e di 15 anni ponevano l'accento sulla necessità di cambiare la situazione al fine di poter modificare il proprio stato emotivo, ma questi ultimi facevano riferimento anche a una modifica dei propri processi mentali, valutando diversamente gli elementi della situazione. Così, di fronte a un'esperienza di malattia, i soggetti di 6 anni dichiaravano che non si poteva fare nulla per cambiare il proprio stato d'animo; quelli più grandi escogitavano invece strategie utili a distrarre un eventuale soggetto ammalato, con attività in grado di impegnarlo piacevolmente (Harris, 1989).

Lo sviluppo emotivo si pone in tal modo all'interno dello sviluppo più generale dei processi cognitivi: i legami tra emozione e cognizione sono evidenti, influenzandosi reciprocamente. Da un lato infatti l'emozione rafforza le nostre condotte intellettive, mentre dall'altro non possono esistere stati emotivi senza una comprensione e una valutazione cognitiva (Lichtenberg, 1989). Stato cognitivo e stato emozionale non esistono allo stato puro: l'uno non precede né segue l'altro, essendo l'uno dall'altro «indissociabili». D'altronde, l'emozione non è neppure concepibile unicamente nei termini della motivazione, o degli scopi, in quanto fornisce anche una comprensione dello scopo (Piaget, 1945).

Fattori culturali e sociali nello sviluppo emozionale

Lo sviluppo emozionale si dispiega necessariamente in un contesto culturale e sociale: gli stessi concetti riferiti all'emozione sono socialmente costruiti. Il bambino apprende dal proprio ambiente a identificare i suoi stati d'animo, a classificarli, a denominarli, ma apprende anche quel che deve provare, in quale occasione sentire certe emozioni e con quale intensità. Questo apprendimento varia da cultura a cultura: ne deriva che quel che in una cultura è incoraggiato può essere represso in un'altra cultura. Le diverse concezioni dell'emozione sono,

quindi, governate e organizzate da fattori quali le credenze, i valori, le tradizioni culturali (Lewis, 1989). Non in tutte le culture è dunque possibile ritrovare l'esatto corrispondente di un'emozione; d'altronde, un'emozione, pur avendo uno stesso nome, può differire notevolmente per il suo vissuto. I Samoani non distinguono tra odio e disgusto (Flavell, Miller e Miller, 1977) e gli indiani d'America Utku hanno più denominazioni per il sentimento della paura, identificando di conseguenza diversi tipi di paura (Briggs, 1970).

All'interno di una cultura agiscono altresì differenti influenze sociali, riferendosi ai diversi comportamenti e stili educativi dei nuclei familiari, e promuovendo nuove differenze a livello individuale. Scrive Sroufe (1995, p. 239):

Il corso generale dello sviluppo emozionale può essere descritto come movimento *dalla regolazione diadica all'autoregolazione* dell'emozione. Inoltre, la regolazione diadica costituisce il prototipo dell'autoregolazione; le radici delle differenze individuali nell'autoregolazione dell'emozione sono presenti all'interno dei modelli caratteristici della regolazione diadica.

Le madri che interagiscono con i loro bambini parlando delle emozioni che essi provano e aiutandoli a descrivere i propri stati d'animo favoriscono lo sviluppo delle capacità di comprendere e di spiegare i sentimenti provati anche dalle altre persone (Dunn, Brown e Beardsall, 1991). Le ricerche registrano inoltre una significativa differenza nel rapporto genitori-figli. Le madri parlerebbero di emozioni molto di più con le figlie che con i figli; con i figli tendono a discutere maggiormente di emozioni quali rabbia e dispiacere, mentre s'intrattengono volentieri a parlare con le figlie di emozioni positive, quali gioia e amore (Dunn, Bretherton e Mann, 1987).

Aiutare il bambino a identificare le emozioni proprie e altrui fin dalla prima fase dello sviluppo favorisce non soltanto una generica comprensione degli stati emozionali, ma agevola la loro integrazione nel concetto che si ha di sé, delle differenze sessuali e del comportamento interpersonale (Fivush 1990).