

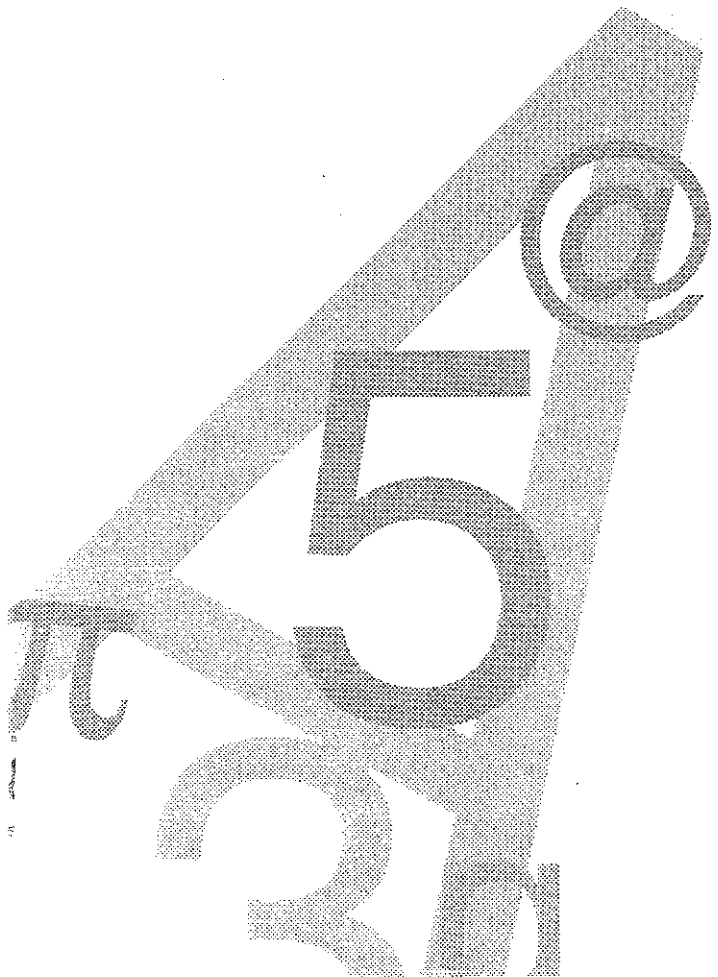
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Sulla descrizione dei sistemi intelligenti.

Renzo Beltrame

CNUCE C95-53

CNUCE



SULLA DESCRIZIONE DEI SISTEMI INTELLIGENTI

RENZO BELTRAME

Quando facciamo riferimento all'attività cognitiva è del tutto accettabile affermare che la qualifica di comportamento intelligente scaturisce da un modo di considerare questo comportamento, e quindi la qualifica di comportamento intelligente, e di sistema intelligente, è frutto di una categorizzazione mentale. La questione a questo punto potrebbe anche apparire chiusa, perché si ha un sistema intelligente se lo si categorizza come tale e non si ha un sistema intelligente se non lo si categorizza come tale.

Affermazioni di questo tipo sono vere per qualsiasi attività mentale quando la si consideri a posteriori, cioè ad attività avvenuta. Ma limitandosi a questo approccio si viene a banalizzare il problema centrale di una dinamica dell'attività mentale: il costruire cioè una teoria che, ponendosi prima che un'attività mentale occorra, preveda quale attività mentale avrà luogo in quelle condizioni.

Le nostre considerazioni relative alla descrizione dei sistemi intelligenti riguarderanno anzitutto le condizioni che vogliamo siano soddisfatte per categorizzare un comportamento ed un sistema come intelligenti. È infatti abbastanza semplice mostrare come tra i due estremi di sistemi che non siamo disposti a considerare dotati di comportamento intelligente, e di sistemi che abitualmente consideriamo dotati di comportamento intelligente, vi siano sistemi il cui comportamento potrebbe essere considerato intelligente oppure no. Essi ci permettono inoltre di sottolineare alcuni elementi importanti per la discussione che segue.

Due casi piuttosto semplici, tratti dalla fisica, mi sembra esemplifichino con chiarezza il tipo di problemi che si incontrano nel decidere quali condizioni debbono essere soddisfatte per qualificare un sistema come intelligente.

La meccanica classica newtoniana nella sua forma più semplice si occupa di oggetti fisici per i quali l'azione dell'ambiente è descritta completamente da una direzione e da uno scalare, una forza: per essi, cioè, non intendiamo introdurre differenziazioni legate al punto in cui l'azione agisce sull'oggetto, e questo non è pensato costituito da parti. Inoltre gli oggetti sono caratterizzati da un solo scalare m , la massa.

Il comportamento meccanico è descritto dalla ben nota relazione:

$$F = ma$$

che lega la forza agente alla massa e all'accelerazione. Lo scalare m deve essere una costante, altrimenti occorre scrivere una relazione diversa.

Un vettore a , l'accelerazione, descrive quindi il comportamento del sistema che consegue in un dato momento dall'azione della forza F . Questo vettore è interpretato come accelerazione, quindi concettualmente come cambiamento di velocità, e matematicamente è espresso da:

$$a = \frac{dv}{dt}$$

Lo stato del sistema è individuato da un vettore, la velocità, che matematicamente è esprimibile come:

$$v(s) = \int_0^s \frac{F}{m} dt$$

ed ha la forma di un funzionale della storia; storia che è descritta dall'interazione $F(t)$ che l'oggetto ha avuto con l'ambiente esterno sino all'istante di tempo considerato.

Il calcolo del vettore v può venire spesso sostituito con sufficiente approssimazione da un procedimento di misura; e la misura di v sostituisce in questi casi, ai fini della previsione del comportamento dell'oggetto, la conoscenza della storia delle azioni subite dall'oggetto stesso.

Chiaramente non siamo disposti a considerare intelligente un un comportamento descritto in questi termini, nella misura in cui esso è pensato dipendere in maniera rigida dalle sole azioni

esterne. Tuttavia, già in un caso così elementare, siamo in presenza di una situazione piuttosto sofisticata i cui elementi costitutivi sono, come vedremo, tutti irrinunciabili. Sottolineerei per la discussione che segue la presenza di un funzionale della storia dell'interazione tra il sistema fisico e l'ambiente, la velocità, che ha anche il carattere di variabile di stato.

Quale secondo esempio consideriamo un oggetto la cui dinamica è descritta dalle medesime grandezze che abbiamo visto nel caso precedente, ma dove la massa non è più una costante, bensì una scalare funzione del tempo.

La relazione che descrive il comportamento del sistema è ora:

$$F = \frac{d(mv)}{dt}$$

ed essa lega la forza F alla variazione della quantità di moto mv .

Sviluppando si ottiene:

$$F = m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt}$$

cioè:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{F}{m} - \frac{\dot{m}}{m}$$

o l'equivalente equazione integrale:

$$v(s) = \int_0^s \frac{F}{m} dt - \int_0^s \frac{\dot{m}}{m} dt$$

Il problema può venire risolto quando sia nota la storia dei valori di \dot{m} . In tal caso è possibile calcolare la massa come funzionale della storia:

$$m(s) = \int_0^s \dot{m}(t) dt$$

e poi risolvere rispetto a v .

Possiamo continuare ad interpretare la forza F come caratterizzante l'interazione dell'oggetto con l'ambiente esterno, e possiamo continuare ad interpretare l'accelerazione a come la risposta del sistema all'azione dell'ambiente.

Nel caso di massa costante, il legame tra azione esterna e risposta del sistema era lineare, retto da una costante che formalmente poteva venire inglobata nell'unità di misura di una delle variabili, azione o risposta. In questo secondo caso, dove la massa può variare, la risposta dipende, oltre che dalla forza F , da due funzionali della storia, m e v , e dalla velocità \dot{m} con cui il primo di questi sta variando.

Quella esposta non è chiaramente l'unica maniera di interpretare il comportamento del sistema: essa ci è semplicemente utile per la discussione del problema che ci siamo posti. A noi infatti importa mettere in luce che, a differenza di quanto accadeva nel caso di massa costante, vi sono ora due modi di influire sul comportamento del sistema: far agire una forza e far variare la massa. Inoltre questi due modi possono venir pensati fra loro indipendenti senza incorrere in alcuna contraddizione.

Dei due modi: quello caratterizzato da F , può continuare ad essere messo a carico dell'ambiente; l'altro, legato alla variazione della massa, può venire pensato in maniere diverse.

Se la variazione della massa è pensata risultare da azioni dell'ambiente, abbiamo ancora un sistema i cui mutamenti dipendono in modo rigido da sole azioni esterne. In tal caso infatti la variazione della massa può venir descritta come funzione di una ulteriore azione esterna Q : nel caso più semplice da $\dot{m} = kQ$.

Se le variazioni della massa sono invece pensate legate a certe caratteristiche del sistema, ad esempio a sue caratteristiche architettoniche, abbiamo un sistema che può variare in dipendenza da azioni sia esterne che interne al sistema stesso.

Tuttavia siamo poco portati a considerare intelligente un sistema sulla base dei soli elementi esposti, anche se potremmo senza troppa difficoltà considerarlo dotato di un comportamento istintivo, innato.

Si può invece oscillare tra considerare intelligente il sistema oppure no se, in dipendenza dalla sua architettura, la variazione di massa fosse tale da non permettere che l'accelerazione scenda sotto certi valori o tale da mantenerla in un certo intervallo; cioè quando si sia in presenza di un comportamento che possiamo considerare adattivo. Tuttavia un comportamento adattivo oggi può non bastare a farci considerare intelligente un sistema, perché abbiamo assistito ad una grande

diffusione di apparati di controllo che mantengono automaticamente entro limiti predeterminati il funzionamento e le prestazioni di sistemi di varia complessità, dalla caldaia di casa allo Shuttle.

Per poter sicuramente considerare intelligente il nostro sistema a massa variabile, dovremmo pensare che la variazione di massa è intenzionale, o addirittura volontaria: dovremmo cioè pensare il sistema capace di anticipare il suo comportamento o supportarlo addirittura capace di svolgere categorie mentali. In tal caso l'adattabilità diventa una conseguenza e ci si attendono altri comportamenti adattivi, a meno che lo vietino ulteriori caratteri costitutivi del sistema.

Nel caso in discussione, ad esempio, per quanto intelligente si pensi il sistema, questo può solo far variare la sua massa. Ci aspetteremmo di trovare almeno modi diversi di far variare la massa: se ne osservassimo uno solo, saremmo portati a rifiutare la categorizzazione di sistema intelligente, o questa avverrebbe sulla base di altri fattori spiegando poi come un'anomalia l'aver trovato un'unica manifestazione di comportamento adattivo.

Non è tuttavia detto che si debba continuare ad usare questa definizione di intelligenza, di chiara matrice antropomorfa. Definizioni meno stringenti potrebbero anche affermarsi in analogia a quanto è accaduto ad esempio con il volare, la cui definizione si è allargata sino a comprendere il volo ad ala fissa degli aeroplani, e quello ad ala rotante degli elicotteri. Artefatti che possono indurre a questo allargamento sono già presenti, ad esempio i robot adattivi progettati per operare nelle profondità marine o nello spazio: in ambienti, cioè, dove non è possibile prevedere in anticipo le situazioni che la macchina dovrà affrontare e le condizioni in cui si troverà ad operare.

La scelta delle condizioni che portano a categorizzare un comportamento come intelligente presenta quindi un margine di libertà abbastanza ampio a fronte del quale epoche storiche diverse possono presentare differenze notevoli.

Su questo margine di libertà torneremo più avanti, qui vorrei sottolineare che la definizione di intelligenza di matrice antropomorfa mette in luce un altro ordine di problemi, dove i vincoli sono assai più stringenti.

Nella meccanica impieghiamo uno schema mentale nel quale la causa del movimento di un corpo è pensata diversa dal corpo stesso e ad esso esterna. In psicologia invece, per gli animali e più ancora per l'uomo, usiamo uno schema mentale dove questi possono essere pensati causa dei loro comportamenti: in particolare li possiamo pensare causa dell'attività che essi svolgono.

In meccanica l'assunzione secondo cui la causa del movimento di un corpo fisico è diversa dal corpo stesso ed è ad esso esterna, va considerata parte integrante della definizione di corpo fisico. Troviamo esplicitamente questa assunzione in una formulazione di Eulero¹, ed essa è rimasta alla base di tutta la fisica fondamentale, poiché il passaggio da una trattazione classica, ad una relativistica, o ad una quantistica non ha toccato questa assunzione.

Quando consideriamo l'animale e l'uomo come un sistema biologico e ci proponiamo di descriverne il funzionamento con gli schemi della fisica, introduciamo le assunzioni implicite per tali sistemi. Non è allora possibile fondare sui principi della psicologia la descrizione dell'animale e dell'uomo pensati come sistemi fisici, perché si introdurrebbe una causa non fisica per dei cambiamenti fisici, e la contraddizione porterebbe a posizioni di pensiero di tipo spiritualistico.

Ma non è neppure possibile fondare la psicologia sulla descrizione dell'animale e dell'uomo pensati come sistemi fisici, perché ci si contraddirebbe pretendendo di ottenere un soggetto autonomo da uno schema dove ci siamo impegnati a considerare l'attività di un corpo fisico provocata sempre da un altro corpo fisico.

È tuttavia possibile mantenere gli schemi mentali propri della fisica e della psicologia e costruire una teoria che, senza pretendere di fondare la descrizione in termini di psicologia di un sistema intelligente sulla sua descrizione fisica o viceversa, le comprenda entrambe.

L'unificazione può infatti basarsi su una corrispondenza tra elementi interni a teorie di tipo diverso, e non sulla riduzione di una all'altra. Per stabilire tale corrispondenza occorre:

- individuare i fatti sperimentali in modo che risultino compatibili con le assunzioni implicite in entrambi gli approcci;

¹Nella formulazione newtoniana: "Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directu, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare" l'idea che la causa del mutamento debba essere esterna al corpo non è detto sia espressa in modo inequivocabile. La troviamo invece affermata senza possibilità di dubbio in Eulero: "Corpus absolute quiescens perpetuo in quiete perseverare debet, nisi a causa externa ad motum sollicitetur" [L. Euler, *Mechanica sive motus scientia analytice exposita*, 1736, Ed. P. Stäckel. Leipzig, 1922, Vol. I, p. 27]

- costruire per questi fatti sperimentali comuni due diverse teorie che li spieghino rispettando le assunzioni implicite nei due differenti approcci;
- stabilire una corrispondenza tra gli elementi esplicativi intermedi delle due teorie;

e il lavoro di unificazione richiede spesso una riarticolazione profonda delle teorie di partenza al fine di ottenere una corrispondenza soddisfacente.

Quando studiamo come sistema fisico un sistema che presenta comportamenti ritenuti intelligenti, i fatti sperimentali da cui dobbiamo partire per costruirne una teoria debbono essere fatti fisici e la medesima caratteristica debbono avere i fatti previsti dalla teoria.

Questa soluzione diventa quindi obbligata anche sul versante della teoria psicologica quando si voglia porre in corrispondenza una descrizione in termini di psicologia ed una in termini di fisica.

Contrariamente a quanto si potrebbe a prima vista pensare, questa scelta si rivela poco vincolante. Anche nel caso in cui lo sperimentatore utilizzi il linguaggio per indurre un certo comportamento nel soggetto dell'esperimento e la risposta di quest'ultimo sia pure essa linguistica, il requisito imposto richiede soltanto che l'interpretazione dei suoni e delle grafie come parole di una lingua e il passaggio al loro significato siano considerati parte integrante della teoria con cui si interpretano i risultati dell'esperimento. Si richiede cioè che sia ascritto all'esperimento solo l'aspetto fisico dei fatti che nell'interpretazione si considerano linguistici. Analoghe considerazioni valgono per movimenti che si vogliano interpretare come gesti o espressioni del volto.

Questa scelta ha il notevole vantaggio di soddisfare automaticamente il requisito, tipico della prassi scientifica, che per i dati sperimentali non sia costitutiva la testimonianza di qualcuno². Per soddisfare con sicurezza questo vincolo faremo l'ulteriore ipotesi che i processi corrispondenti all'osservazione siano sempre provocati da processi che hanno luogo in sistemi fisici diversi ed esterni al sistema che funge da osservatore.

La corrispondenza che proponiamo di introdurre lega fra loro occorrenze di processi fisici da un lato e occorrenze di fatti mentali dall'altro. Questo richiede una localizzazione temporale dei fatti ed anche una misura dell'intervallo di tempo che intercorre tra una coppia di questi, poiché nella spiegazione possono intervenire sia l'ordine in cui si sono verificati i fatti, sia la loro distanza temporale.

Torna allora opportuno tenere distinti, da un lato il contenuto di un fatto mentale, e dall'altro la localizzazione che ne caratterizza l'occorrenza entro uno schema di riferimento temporale, insieme ai rapporti che possono venir posti tra i fatti così localizzati. Le denominazioni di mentale e psichico, quando se ne voglia forzare una differenza di significato, ritengo riflettano questa distinzione³.

Si è notevolmente facilitati nel porre corrispondenze tra le teorie che utilizzano l'approccio della psicologia, dove sono in gioco fatti mentali, e le teorie che si appoggiano ad una descrizione fisica, se i fatti mentali vengono descritti in termini di attività, attività che risultano perciò costitutive dei fatti stessi.

Vi è però un'eccezione a questo principio, ovvia quanto notevole: gli atomi della descrizione in termini di attività costitutiva non ammettono scomposizione in ulteriore attività costitutiva e quindi non ammettono descrizione negli stessi termini. Per essi bisogna mutare tipo di descrizione.

Frequentemente in questi casi si stabilisce una corrispondenza biunivoca tra i fatti mentali atomici e determinati processi fisici individuati all'interno di una teoria del comportamento che considera il soggetto dell'attività mentale come un sistema fisico. Il cambiamento di punto di vista è tipico della circolarità del sapere, e in ognuno di questi cambiamenti è necessario mantenere distinti i due approcci poiché si pone una corrispondenza biunivoca tra due ordini di fatti diversi. Vanno cioè evitate tentazioni di tipo riduzionista anche nella forma che scaturirebbe dal pretendere una spiegazione degli atomi del mentale: non si sono infatti introdotte cause, ma corrispondenze.

Per stabilire una correlazione tra teoria psicologica e teoria fisica dei sistemi biologici che consideriamo dotati di intelligenza l'approccio più antico e stratificato impiega il rapporto funzione-organo,

²Infatti se fosse costitutiva la testimonianza di qualcuno verrebbe meno il vincolo, caratteristico dell'operare scientifico, di studiare le cose in modo ripetibile, e quindi di poter, ad esempio, confrontare tra loro i risultati ottenuti con la ripetizione di uno stesso esperimento da parte di sperimentatori diversi.

³Si possono chiamare in causa varie differenze tra il modo di pensare i processi fisici e i processi psichici, prima fra tutte la presenza di oggetti spazialmente localizzati in rapporto tra loro che pensiamo costitutiva di un processo fisico, ma non di uno psichico. L'aggiunta della qualificazione 'fisico' ad un sentimento, ad esempio 'amore fisico', ci porta infatti a pensare anche ad una relazione tra i corpi delle persone coinvolte, mentre questo non è affatto richiesto quando pensiamo all'amore tra due persone

ad esso, però, mi sembra preferibile la corrispondenza tra due teorie basate su presupposti differenti che abbiamo sin qui delineato.

Il rapporto funzione-organo è stato utilizzato per porre una corrispondenza tra funzioni che stanno sul versante della psicologia, e organi e funzionamenti che stanno sul versante della fisiologia. Nelle teorie scientifiche si preferisce introdurre solo cause moventi, e personalmente ritengo che ciò sia molto opportuno, perché permette di sottoporre più direttamente a verifica sperimentale le previsioni che si formulano nelle teorie. Nell'esperimento, dove occorre lasciare libera un'unica variabile e predisporre il resto, torna infatti immediato predisporre l'occorrenza del processo che nella teoria è considerato causa e stare a vedere se si verifica quanto, sempre nella teoria, è considerato effetto.

Nella misura in cui si è indotti a proporre spiegazioni di tipo teleologico, la corrispondenza tra i due tipi di teoria diventa subito intricata, perché la causa finale non ammette traduzione immediata nell'esperimento, dal momento che non è pensata occorrere tra i due momenti, iniziale e finale, del processo che differisce dal paradigma.

La definizione di organo, poi, è utile nella misura in cui esso: è specifico, legato cioè ad una sola funzione, ed ha una precisa localizzazione spaziale. Questi requisiti non possono venir soddisfatti ogniqualevolta dalla parte di ciò che si considera funzione si abbia qualcosa che può variare con continuità.

La corrispondenza uno a uno tra organo e funzione porterebbe inoltre ad escludere schemi mentali comunemente impiegati nella scienza e nella tecnica e ai quali mi sembra ingiustificato rinunciare. Ne esemplifichiamo alcuni.

Un certo numero di funzioni che negli elaboratori elettronici sono considerate elementari a livello di microcodice sono ottenute dando diverse configurazioni di ingresso ad una medesima rete logica. Si ha quindi uno schema mentale diverso da quello che associa ad ogni funzione un organo spazialmente diverso.

Nei sistemi multiprocessore vi sono programmi che ripartiscono automaticamente tra i vari processori il funzionamento che consente di avere una determinata funzione, ad esempio la moltiplicazione di due matrici. Ad ogni ripetizione i processori possono essere diversi per numero e allocazione.

Più in generale il rapporto organo-funzione risulta inadeguato ogniqualevolta si voglia vedere la funzione realizzata attraverso il funzionamento coordinato di varie parti, soprattutto se questo coordinamento non è pensato stereotipo, ma funzione di determinati fattori. Penso, ad esempio, al coordinamento motorio attraverso cui un gatto in caduta libera fa in modo di atterrare sulle zampe.

La discussione sin qui svolta ha lasciato in ombra un aspetto a cui si era accennato all'inizio. In termini di possibilità l'attività mentale non è praticamente soggetta a vincoli. Svolta un'attività mentale si ha automaticamente il costrutto che ha quell'attività come costitutiva. Neppure la contraddizione limita tale possibilità essendo anch'essa un particolare costrutto mentale.

Peraltro un comportamento in cui l'attività mentale si svolgesse in modo sconnesso, priva di costanze e di regolarità, sarebbe considerato fortemente anomalo, al limite psicotico. Così come un comportamento fortemente stereotipo, ripetitivo, sarebbe ascritto a insufficienza di attività mentale.

Inoltre, se noi riteniamo del tutto corretto affermare che non avrò il fuoco come percepito in assenza della relativa attività percettiva, e avrò quest'ultima a patto di avere qualcuno capace di svolgerla, riteniamo altrettanto corretto affermare che il fuoco può bruciare e trasformare in cenere un pezzo di legno senza che si richieda l'attività mentale di qualcuno perché ciò accada, né che la trasformazione può venir impedita dalla sola occorrenza dell'attività mentale di qualcuno che pensi il contrario.

In un contesto di attività cognitiva possiamo spiegare questo fatto osservando che se il fuoco è stato pensato soggetto dell'attività di bruciare, l'occorrenza del bruciare e delle trasformazioni sull'oggetto bruciato debbono venir ascritte al fuoco soltanto, pena la contraddizione. Allo stesso modo se la trasformazione del legno in cenere è pensata prodotta dal bruciare del legno, essa non può venir ascritta ad altro, pena, al solito, la contraddizione.

Noi pensiamo cioè dei processi che modificano oggetti ed hanno altri oggetti per soggetti: l'indipendenza dell'occorrenza di tali processi e dei loro risultati dall'occorrenza dell'attività mentale con cui li pensiamo consegue allora dal non volerli contraddire.

Analogamente la stabilità sia delle proprietà degli oggetti, sia delle conseguenze che ci si attendono dalle loro interazioni può essere fatta derivare dall'assumere come paradigma che un oggetto è pensato avere certi caratteri costitutivi e intervenire con determinati ruoli in dati processi, e che dall'occorrenza di un processo conseguono determinati altri fatti.

Nel paradigma si avrà così il fuoco pensato soggetto di attività, come il bruciare, che coinvolgono altri oggetti, e sui quali producono determinati mutamenti, ad esempio fanno diventare cenere il legno.

Quando ci si ponga nell'ottica di una circolarità del sapere e si assuma come punto di partenza l'attività cognitiva, questo approccio ci evita di dover introdurre due diversi principi, uno per il mondo delle cose fisiche e dei loro rapporti, e l'altro per il mondo della conoscenza, al fine di ottenere l'indipendenza degli oggetti fisici e delle loro interazioni dall'attività cognitiva, ed inoltre avere la stabilità nel tempo delle loro proprietà fisiche e delle conseguenze di loro azioni mutue.

Avendo assunto come paradigma determinati fatti e concatenazioni tra questi, ne scaturiscono effetti vincolanti sullo svolgimento dell'attività mentale. E questo complesso di vincoli ci offre gli elementi per costruire una teoria capace di fornire previsioni circa l'attività mentale che verrà svolta in determinate condizioni. Alcuni semplici esempi possono aiutare a mettere a fuoco la problematica sottesa.

Una differenza di colore localizzata nello spazio circostante e pensata individuare un oggetto fisico, induce ad aggiungere mentalmente nello stesso posto una differenza di tipo tattile. Fatta l'aggiunta, ci si aspetta di trovare la differenza: ci si rappresenta, ad esempio, la mano che raggiunge il posto in questione e il mutare della percezione tattile.

Viceversa, poiché non siamo indotti ad aggiungere una differenza di tipo tattile là dove non si ha differenza visiva, non ci aspettiamo affatto di trovarla. Il caso della porta a vetri costituita da un'unica lastra trasparente, contro cui facilmente si andrebbe a sbattere, è così noto e potenzialmente pericoloso che ci si premura di prendere provvedimenti per segnalarne tempestivamente l'esistenza.

Uno schermo televisivo è praticamente un piano, ma per abitudine invalsa noi costruiamo come tridimensionali l'ambiente e gli oggetti che vengono presentati su di esso. L'obiettivo della telecamera, a parte effetti particolari, produce infatti un tracciato molto vicino a quello che otterremmo rappresentando gli oggetti e l'ambiente su un piano perpendicolare all'asse ottico dell'obiettivo secondo le regole della prospettiva lineare.

Dall'avvento della prospettiva rinascimentale ci siamo progressivamente abituati a costruire mentalmente come tridimensionali gli oggetti e l'ambiente rappresentati in prospettiva. La grande diffusione di immagini ottenute con sistemi ottici che danno una rappresentazione prospettica su un piano ha fortemente rafforzato questa abitudine. Tutto questo vale a maggior ragione per quanto ci viene presentato sullo schermo televisivo dove il movimento della telecamera nella ripresa introduce spesso effetti molto vicini agli effetti stereocinetici; infatti ci siamo anche abituati a considerare il punto di ripresa come il punto da cui osserviamo la scena, immedesimandoci con la telecamera.

Abbiamo qui un tipico esempio di situazioni dove tra le varie attività mentali possibili una serie di abitudini invalse ci porta con altissima probabilità ad eseguirne alcune a preferenza di altre: nel caso in questione strutturare come tridimensionali gli oggetti e l'ambiente rappresentati sullo schermo.

I due esempi presentati offrono anche qualche indicazione sul modo di costituirsi di questo sistema di vincoli e di aspettative.

La localizzazione spaziale di una differenza di tipo visivo e l'aggiunta nello stesso posto di una differenza di tipo tattile è un'abitudine assai precoce nella storia di un individuo, essendo legata a quel coordinarsi di attività visiva, motoria e tattile che ci consente di afferrare gli oggetti.

Con l'ampliarsi dell'esperienza questa semplice regola viene dialettizzata con l'introduzione di ulteriori elementi condizionanti. Ad esempio l'aggiunta di una differenza di tipo tattile non scatta se le differenze di colore riguardano qualcosa che abbiamo pensato una figura piana, come un'illustrazione a colori su un libro.

Il caso delle immagini presentate su uno schermo televisivo offre un esempio ancora più articolato del carattere via via più complesso che i vincoli possono assumere.

L'abitudine ad aggiungere differenze di tipo tattile nello stesso posto dove si sono localizzate differenze di tipo visivo continua a valere, ma si ha qui una netta distinzione tra oggetti raffigurati e oggetti, come il televisore, che sono pensati nell'ambiente fisico di cui fa parte il nostro corpo. Infatti quando due degli oggetti raffigurati vengono a collisione ci aspettiamo di veder raffigurate le conseguenze abituali per gli urti tra oggetti fisici, ma non ci sogniamo affatto di fuggire di fronte ad un treno o ad un'auto che nella raffigurazione sullo schermo vengano verso di noi.

Un risultato del genere presuppone un livello di sofisticazione piuttosto alto dell'attività mentale.

Occorre intanto essere arrivati a pensare gli oggetti come soggetti di azioni su altri oggetti, in modo che l'occorrenza sia delle azioni che delle loro conseguenze sia posta a carico degli oggetti agenti. Quando tra le conseguenze vi sia un'attività percettiva, ad esempio una percezione tattile

e dolorifica, che può avere per soggetto solo chi percepisce, vengono evitate contraddizioni ponendo l'attività percettiva a carico del percipiente, e attribuendo il suo insorgere all'azione, l'urto ad esempio, di un oggetto sul corpo di chi percepisce.

Occorre inoltre essere arrivati ad estendere questo modo di pensare agli oggetti raffigurati, pensandoli come soggetti di azioni su altri oggetti raffigurati, pensando alcuni di questi, le persone raffigurate, anche come soggetti di attività mentale e rappresentandoci mentalmente la loro attività percettiva conseguente alle azioni mutue tra gli oggetti raffigurati.

E occorre infine pensare che il nostro corpo non fa parte del mondo degli oggetti raffigurati, per cui non potremo mai urtare una persona o un oggetto raffigurato sullo schermo, ma al più lo schermo stesso del televisore. Ci aspettiamo cioè conseguenze molto diverse per noi e per le persone e le cose raffigurate⁴.

Gli esempi discussi ci mostrano che i paradigmi sono in grandissima parte risultato di apprendimento; essi si costituiscono parallelamente al formarsi del patrimonio di conoscenze e abilità proprio del singolo individuo e sotto la spinta della necessità di comunicare con altri individui. Sono quindi storici sia con riferimento alla storia di un singolo individuo, sia, nella misura in cui è intervenuta una azione di socializzazione, con riferimento ad un ambiente culturale.

Dall'aver assunto come paradigma determinati fatti e concatenazioni tra questi consegue allora che:

- siamo disposti ad accettare comportamenti che si scostano dal paradigma introducendo elementi che li spieghino;
- il comportamento che è in accordo col paradigma diventa comportamento normale quando lo incontriamo sul campo;
- quanto consideriamo paradigma contiene certi fatti ed è organizzato in un certo modo sotto la spinta di vari fattori, tra cui necessità di ordine pratico: il paradigma è cioè frutto di una scelta e siamo disposti a mutarlo, ma solo sotto la spinta di forti motivazioni;
- dobbiamo infine pensare ad un paradigma assai articolato, molto simile alle attuali teorie scientifiche, aperto, anche, a cospicue aggiunte e riformulazioni.

Tra i paradigmi, come abbiamo visto, vi sono anche le conseguenze attese a seguito di azioni e processi che coinvolgono noi e gli oggetti del nostro ambiente, e tali conseguenze hanno spesso un peso notevole nel decidere le nostre azioni e comportamenti. Proprio per questa rilevanza nei confronti dell'agire pratico assumiamo, sempre come paradigma, che le aspettative si verifichino, e quando esse risultino disattese abbiamo di conseguenza diverse alternative:

- introdurre un ulteriore elemento condizionante che spieghi la differenza dal paradigma e lo schema così allargato viene poi assunto quale nuovo paradigma;
- rinunciare alla categorizzazione o, più in generale, all'attività mentale svolta, svolgendone una diversa dalla quale ci si attendono le conseguenze occorse; il categorizzare determinati fatti come legati da un rapporto causa-effetto è uno degli esempi forse più citati, ma vi sono innumerevoli altri casi: come, per esempio, l'affermare che un oggetto è più vicino a noi di un altro;
- rinunciare a caricare di aspettative l'attività mentale che condizionava l'attesa insoddisfatta; tale attività diventa allora indifferente ai fini dell'attesa di qualcosa perdendo ogni valenza predittiva⁵, e ancora lo schema così modificato viene assunto quale nuovo paradigma.

Il fatto che i contenuti del nostro paradigma si presentino ripetutamente uguali diventa a sua volta una forte spinta a categorizzarli come reali, considerandoli quindi come componenti di ciò che chiamiamo realtà.

Un'altra conseguenza molto frequente è il categorizzare come proprietà di un oggetto i caratteri che stabilmente gli associamo nel nostro paradigma: ad esempio la durezza al tatto per un tronco d'albero, il calore per la fiamma, etc.. A sua volta il categorizzare qualcosa come proprietà di un oggetto fa sì che ci si aspetti di trovarla stabilmente associata all'oggetto stesso.

⁴Incidentalmente possiamo osservare che si possono ottenere effetti illusivi anche molto marcati sincronizzando opportunamente stimolazioni visive, uditive, tattili e olfattive secondo gli schemi di aspettativa propri di chi riceve le stimolazioni. È quanto si fa con la cosiddetta realtà virtuale; dove parliamo appunto di "virtuale" per indicare le condizioni molto diverse da quelle assunte come paradigma per quella stimolazione.

⁵In questo caso, se l'attività in questione è un'attività mentale, interviene l'abitudine a lasciar cadere l'attenzione quando occorra un'attività mentale che abbiamo appreso a non caricare di alcuna attesa.

Il comportamento linguistico riflette l'accordo con il paradigma attraverso l'uso di forme semplici, dove prevalgono la designazione o la predicazione diretta e il modo indicativo del verbo.

L'approccio scientifico non muta il carattere e l'impianto di questi problemi. Aggiunge il vincolo della ripetibilità alla prassi, al modo di procedere nello studio, codificando cioè la prassi in modo rigido. Ripercorrendo l'attività mentale con cui costruiamo una teoria ritroviamo infatti molti dei caratteri precedentemente discussi.

La costruzione di una teoria scientifica è un fatto cognitivo, ha cioè i caratteri di una costruzione mentale della quale eredita sia la libertà, sia l'apertura all'immaginario e all'invenzione. Si conviene però di spingere la costruzione di una teoria sino a formulare rapporti tra gli oggetti e mutue azioni tra questi che abbiano gli oggetti quali agenti e pazienti. L'occorrenza di tali azioni è allora pensata indipendente dall'attività mentale di chi formula o usa la teoria, poiché altrimenti si incorrerebbe in una contraddizione.

Anche gli esperimenti scientifici vengono definiti da processi e da interazioni tra oggetti che sono pensati avere questi come agenti e pazienti, per cui, avviato l'esperimento, ciò che accade è pensato indipendente dall'attività mentale dello sperimentatore.

La conoscenza dei risultati di un esperimento scientifico comporta chiaramente un'attività mentale e questa è pensata avere per soggetto l'osservatore. Il verificarsi di tale attività in un dato momento è invece pensato non dipendere da lui. In una descrizione in termini di fisica lo attribuiremmo ad un'interazione tra gli oggetti e i processi propri dell'esperimento e il corpo dell'osservatore, per cui il punto di partenza dell'attività mentale dell'osservatore diventa qui una percezione.

Nell'attività scientifica, poi, è prassi consolidata vincolare l'uso delle categorie mentali che ricorrono nelle teorie e nella descrizione degli esperimenti all'osservanza di specifici procedimenti tecnici: procedimenti che dipendono cioè dalla particolare situazione considerata e variano con questa.

Ad esempio per rimisurare sistematicamente il dislivello tra gli stessi due punti del terreno si costruiscono manufatti stabili, i cosiddetti capisaldi di livellazione. È quindi vero che stesso e altro sono categorie mentali, e che pertanto la loro occorrenza dipende da chi categorizza; ma si conviene di usare la categoria di stesso a proposito dei punti tra cui si è misurato il dislivello solo quando si sono stabilmente annegati nel terreno opportuni manufatti e si sono riposizionati gli strumenti secondo determinate regole. Si conviene poi di ritenere scorretta la categorizzazione quando non si sono seguite le regole.

A volte non si riescono ad individuare procedimenti tecnici a cui vincolare la categorizzazione, ad esempio per affermare che le particelle contenute in un dato volume sono le stesse che erano contenute in precedenza in quello stesso volume. Si costruiscono allora teorie che contengono come dato soltanto il numero di particelle che occupano un dato volume in momenti diversi. Poi diventa una scelta di tecnologia matematica impiegare nella teoria direttamente la statuizione fatta o trasformazioni matematiche ad essa equivalenti. Ad esempio si sviluppa la trattazione supponendo le particelle distinguibili e si impone poi come condizione che il risultato non muti per scambio di due particelle, oppure che muti in un determinato modo.

L'osservanza dei vincoli che regolano l'uso delle categorie mentali che intervengono nelle teorie e nella descrizione degli esperimenti scientifici semplifica l'inferire l'occorrenza dell'attività mentale corrispondente alla categoria in questione. L'attività mentale ha infatti carattere privato e quindi non abbiamo modo di osservarne direttamente l'occorrenza, ma dobbiamo passare attraverso la testimonianza di chi la svolge. Per evitare questo passaggio dobbiamo inferirne l'occorrenza da una corrispondenza posta tra una certa attività mentale e il verificarsi di determinati processi fisici.

Si comprende allora perché la messa a punto di procedure a cui vincolare l'uso dei costrutti mentali polarizzi fortemente l'interesse degli studiosi. In tal modo si contribuisce in modo determinante a garantire che sia soddisfatto il requisito della ripetibilità caratteristico della prassi scientifica.

A sua volta, nel discorso scientifico, quando si designano categorie mentali si intende spesso riferirsi implicitamente anche ai procedimenti tecnici che ne regolano l'applicazione nel contesto corrente. Scarsa consapevolezza di questo fatto è spesso causa di pessimi discorsi filosofici.

La prassi scientifica, richiedendo di procedere in modo ripetibile sia negli esperimenti che nella teorizzazione, riduce fortemente la dipendenza dell'attività mentale svolta da colui che la svolge, contribuendo in modo determinante al costituirsi di un corpo di conoscenze intersoggettive.

Come si vede i vincoli all'attività mentale con cui si teorizza o si fanno osservazioni ed esperimenti discendono da impegni assunti da chi svolge l'attività mentale. Questi vincoli a loro volta sono indispensabili per dare alla teorizzazione un aggancio con l'attività pratica, e questo aspetto è

così dominante nella cultura da nascondere quasi ai non addetti ai lavori i caratteri di libertà, di arbitrarietà e di storicità che una teoria eredita dall'essere una costruzione mentale.

Nel costruire una teoria scientifica relativa ad un certo ambito del sapere si assume di solito l'impegno che essa spieghi tutti i fatti sperimentali noti: si considera cioè di aver soddisfatto l'impegno assunto quando si è arrivati ad una teoria con queste caratteristiche e sino a quel momento si considera la teoria incompleta.

Quando sotto la spinta di nuovi fatti sperimentali si sostituisce la vecchia teoria con una nuova, l'impegno assunto fa sì che la nuova teoria spieghi ciò che era spiegato dalla vecchia e in più renda ragione di fatti ulteriori. Questo non è richiesto in altri settori dell'attività umana, ad esempio nella tecnica, introducendo significative differenze.

A chiusura di questa breve nota vorrei sottolineare alcuni fatti che concernono la complessità prevedibile per una teoria dei sistemi intelligenti quando si voglia che essa contenga quali elementi esplicativi intermedi soltanto fatti e processi fisici.

Il corpo fisico è considerato atomico in meccanica, nel senso che per definizione non viene articolato e non ci si occupa del suo interno. A sua volta l'assunzione che la causa del movimento di un corpo fisico sia ad esso esterna implica una distinzione tra corpo fisico ed ambiente. Questa distinzione ha portato ad una teoria del movimento di un corpo fisico che non comporta necessariamente una teoria delle azioni che l'ambiente esercita sul corpo, ma si limita semplicemente a presupporre la misura in ogni istante di tempo⁶.

Quando si vuole una teoria che contenga la trattazione esplicita delle azioni che l'ambiente esercita sul corpo, occorre allargare l'oggetto dell'indagine e passare ad un sistema fisico che viene pensato costituito da una pluralità di corpi. Ciò che prima era pensato azione dell'ambiente su un corpo diventa in questo nuovo contesto la risultante delle azioni esercitate sul corpo dagli altri corpi che compongono il sistema.

L'azione di un corpo fisico su un altro è infatti pensata comportare un processo fisico localizzato nell'agente, e di conseguenza un cambiamento dell'agente⁷. Se non si vuole rinunciare ad attribuire ogni cambiamento di un corpo fisico ad una causa ad esso esterna, si arriva ad uno schema dove le azioni sui corpi fisici sono pensate mutue. Alla base troviamo quindi l'interazione tra corpi fisici. Nel caso di due corpi soli, poi, all'azione di un corpo sull'altro non può che corrispondere un'azione uguale ed opposta del secondo sul primo.

Vi sono situazioni nelle quali si vuole evitare di introdurre una distinzione tra sistema fisico e ambiente. Ritengo che le denominazioni di sistema chiuso⁸ e di universo possano venir interpretate anche come dichiarazioni che si intende costruire una teoria nella quale non si vuole introdurre la distinzione tra sistema fisico e ambiente circostante.

La fisica fondamentale costituisce un altro caso notevole perché in essa ci si propone di costruire una teorizzazione da impiegare come riduzione ultima su cui appoggiare le altre parti della teoria. È quindi abbastanza ovvio che non si vogliono avere elementi irrisolti e si eviti programmaticamente di introdurre una distinzione tra sistema fisico ed ambiente.

Si evita la separazione anche quando si ritengono significative le azioni del corpo sull'ambiente e pertanto diventa necessario teorizzare come queste influenzino le successive azioni dell'ambiente sul corpo.

Più in generale occorre evitare una separazione tra sistema fisico e ambiente quando si voglia una teoria nella quale le previsioni dei comportamenti futuri dipendano solo dai valori attuali e passati delle variabili fisiche condizionanti; quando cioè si voglia evitare che le previsioni risultino condizionate dal verificarsi di determinati fatti nell'intervallo di tempo che intercorre tra il momento in cui si formula la previsione e il momento a cui la previsione si riferisce.

⁶Tra i modi di misura dobbiamo ricordare la determinazione dell'accelerazione, cioè dell'osservabile assunta a descrivere il cambiamento del moto del corpo. In questi casi la relazione $F = ma$ diventa definizione di una forza.

⁷Questo esclude ad esempio soluzioni, come quella aristotelica dove si ipotizza un primo motore immobile: cioè un corpo fisico che induce mutamenti sugli altri corpi senza mutare.

⁸Ricordiamo che quale immediata deduzione nei sistemi chiusi vale il principio di conservazione della quantità di qualunque cosa che potrebbe venir scambiata con l'esterno in un sistema considerato aperto, e tale da non poter venir trasformata all'interno del sistema in un'altra cosa. Così abbiamo una conservazione della carica elettrica, ma non dell'energia meccanica, poiché quest'ultima può dar luogo a scambi di calore. Per le cose che possono venir trasformate vale un principio di conservazione esteso al bilancio tra le quantità delle cose che possono trasformarsi una nell'altra.

Già nella meccanica del punto materiale per soddisfare il requisito in questione debbo avere una teoria che preveda come varia la forza F in dipendenza dei suoi valori attuali e passati. Come si vede ciò richiede che si tratti l'ambiente come parte del sistema fisico in studio.

Si ottiene una teoria relativamente semplice quando la forza varia da posto a posto, ma il campo di forze resta invariato nel tempo. La forza è allora descritta da una funzione del posto, l'equazione fondamentale diventa:

$$\ddot{x} = F(x)$$

e si può verificare immediatamente che se $x(t)$ è una soluzione per questa equazione differenziale, anche $y(t) = x(-t)$ è una soluzione per la stessa equazione⁹.

Questa proprietà matematica dell'equazione fondamentale della meccanica classica newtoniana impedisce, pena la contraddizione, di usare la semplice equazione scritta sopra e le sue deduzioni in tutti quei problemi nei quali non sia ammesso lo scambio di t con $-t$.

I problemi nei quali il comportamento del sistema dipenda dalla storia passata, come è caratteristico dei sistemi biologici, non ammettono questo scambio e pertanto la loro descrizione come sistemi fisici non può venir fondata su relazioni così semplici.

Molto spesso si impiega uno schema misto, si lavora cioè con un sistema fisico di complessità opportuna e un ambiente ad esso esterno, perchè torna comodo introdurre una distinzione tra le cause dei cambiamenti che si prendono in esame. Di alcuni cambiamenti si ritiene sufficiente descrivere come dipendono da certe grandezze misurate sulla frontiera sistema-ambiente e vengono quindi attribuiti ad azioni dell'ambiente esterno, di altri si vuole invece una teoria esplicita.

In fisica si utilizza anche uno schema che considera il sistema fisico come un continuo. In tal caso non vengono definite direttamente grandezze osservabili ma, nella versione più antica, delle densità di tali grandezze.

Da un punto di vista matematico tali densità erano rappresentate da funzioni definite sul continuo che individuava il sistema. I valori delle grandezze osservabili sono allora dati da integrali su opportune parti del continuo stesso. Differenti densità caratterizzavano stati diversi del sistema, una di queste era assunta come paradigma e le differenze da questa erano ricondotte ad interazioni tra le diverse parti del continuo.

Si mantiene così il principio per cui qualunque cambiamento è posto a carico di di un'entità fisica diversa da quella su cui si osserva il cambiamento e tale entità sta anche in un posto diverso da quello in cui si realizza il cambiamento, perchè entità fisiche diverse sono pensate occupare posti diversi.

Le condizioni di regolarità che occorre imporre alle funzioni che descrivono le densità e alle loro derivate per poter scrivere significative equazioni di evoluzione fanno preferire oggi un approccio tecnicamente diverso, basato sulla nozione matematica di distribuzione quale è stata sviluppata in analisi funzionale. Infatti le distribuzioni possiedono in tale contesto derivate di ogni ordine¹⁰.

Nella meccanica dei continui sono fondamentali da un punto di vista concettuale le nozioni di estensione e quella della sua misura, mentre la nozione di punto e di funzione di punto possono risultare addirittura fuorvianti. È infatti opportuno evitare di pensare la meccanica dei continui come caso limite della meccanica dei sistemi composti da più corpi fisici, al fine di evitare le aporie che possono sorgere nel passaggio dal discreto al continuo.

Quando ci si propone di costruire una teoria dei sistemi intelligenti che contenga quali elementi esplicativi intermedii soltanto fatti o processi fisici, la via che si è storicamente affermata considera tali sistemi composti da più corpi interagenti tra loro e soggetti ad azioni esterne.

Inoltre nella descrizione fisica di un sistema biologico che abbia il livello di complessità dei sistemi a cui siamo soliti attribuire senza riserve un comportamento intelligente, tipicamente l'uomo, l'interazione tra le parti del sistema deve possedere caratteri che portano ad una descrizione piuttosto complicata del sistema stesso.

È cosa pacifica che un pezzetto di gatto ha un comportamento profondamente differente da quello di un gatto, mentre una parte, anche ragionevolmente piccola di acqua, si comporta come acqua.

⁹ Infatti: $\dot{y} = \frac{dx(-t)}{d(-t)} \frac{d(-t)}{dt} = -\dot{x}$ da cui $\ddot{y} = \ddot{x}$.

¹⁰ Anche nella meccanica dei continui le grandezze che intervengono nella teoria possono venir spesso descritte da operatori che hanno quale dominio l'insieme che individua il continuo in studio. Diventa allora possibile definire distribuzioni che hanno quale dominio l'insieme che individua il continuo e come range l'insieme dei numeri reali anzichè l'insieme entro cui variano i valori delle osservabili; spesso infatti questi valori non sono semplici scalari. Gli integrali attraverso cui si calcolano i valori delle osservabili contengono poi gli operatori opportuni.

Da questa differenza, fenomenologicamente abbastanza diffusa, tra organismi biologici e materiali inorganici dobbiamo attenderci conseguenze molto marcate sul modo di descrivere l'interazione tra le varie parti del sistema.

Nel caso di sistemi come l'acqua, o come un solido cristallino, si può supporre che l'interazione riguardi soltanto gli elementi vicini, nel senso che si può ragionevolmente supporre che essa diminuisca molto rapidamente all'aumentare della distanza tra gli elementi considerati.

Questo semplifica notevolmente la teoria e la trattazione matematica di questi sistemi, perché la distanza a cui l'interazione diventa trascurabile e il numero di elementi coinvolti risultano piccoli. Considerato un elemento del sistema, ci si può così limitare ad una interazione che concerne solo gli elementi ad esso immediatamente prossimi, e pensare che questo si ripeta invariato per tutti gli elementi del sistema. Le condizioni sul contorno, cioè nella zona di separazione tra sistema e ambiente, determinano poi il diverso stato del sistema.

Quando, come nei sistemi biologici a cui attribuiamo comportamento intelligente, una parte del sistema presa isolatamente perde i comportamenti per cui ci interessa studiare il sistema, occorre introdurre interazioni anche tra parti del sistema tra loro lontane e, spesso, azioni esterne al cessare delle quali il sistema perde la possibilità di avere i comportamenti per i quali ci interessa qui studiarlo.

La dinamica di un sistema biologico, individuo o specie, deve essere quindi pensata in presenza di forti interazioni tra parti anche remote del sistema e tra questo e l'ambiente. Già la suddivisione della singola cellula di un organismo è oggi pensata dipendere dall'interazione con le cellule circostanti.

Diventa allora difficile ritenere validi modelli in cui le proprietà globali del sistema e la loro dinamica risultino da statistiche dove gli eventi elementari siano pensati indipendenti e, al limite, equiprobabili. Allo stesso modo appaiono poco plausibili previsioni basate su combinatorie di eventi di questo tipo.

Ci si aspetta infatti che soltanto modelli nei quali si sono introdotte forti correlazioni tra gli eventi elementari diano risultati accettabili. Ma ci si aspettano anche le relative difficoltà concettuali e matematiche perché modelli di questo tipo sono tipicamente non lineari.

Nei sistemi biologici a cui attribuiamo comportamento intelligente abbiamo poi sempre scambi di materia tra sistema ed ambiente, e processi attraverso cui parti del sistema vengono demolite e ricostruite. Per la ricostruzione, a sua volta, non è richiesta necessariamente una sostituzione identica, ma si richiede che vengano conservati solo determinati caratteri del preesistente.

Nella descrizione fisica di questi sistemi incontriamo così una difficoltà piuttosto seria anche nella scelta dello stato di riferimento, dello stato, cioè, rispetto a cui valutare i cambiamenti che consideriamo significativi nella teoria. Nella meccanica classica newtoniana sono stati scelti la quiete e il moto rettilineo uniforme in un sistema di riferimento euclideo, e nella teoria quantistica dei campi una misura gaussiana; nel caso dei sistemi biologici appare difficile immaginare qualcosa di altrettanto semplice e nello stesso tempo abbastanza vicino ai comportamenti che ci interessa studiare.

Anche la separazione tra sistema e ambiente, pur non essendo necessitata, diventa in pratica inevitabile. Non è realistico pensare di avere in tempi brevi una teoria che, oltre a rendere ragione della complessità del comportamento di un sistema biologico intelligente, comprenda anche la previsione delle interazioni fra sistema biologico e ambiente; ad esempio quelle che origineranno percezioni.

In tal modo però il comportamento del sistema può essere previsto solo come comportamento condizionato dal verificarsi di determinate interazioni con l'ambiente e, dal momento che si hanno fenomeni di memoria, la descrizione matematica di un sistema fisico con questi caratteri diventa assai complicata¹¹.

Un approccio scientifico è incompatibile con l'affermazione di una totale libertà dell'individuo, nella misura in cui essa equivalga a presupporre l'impossibilità di formulare previsioni sul comportamento dell'individuo stesso e quindi a negare la possibilità di sottoporre ad esperimento qualunque affermazione e previsione relativa al suo comportamento. E le assunzioni fatte vietano anche di pensare le cose fisiche soggetti di attività volontarie o comunque intenzionali, escludendo così che il pensiero possa essere pensato la causa di cambiamenti sulle cose fisiche direttamente, cioè senza intermediari¹².

¹¹ Lo stato del sistema è infatti definito anche dalla storia passata del sistema e questa può richiedere uno spazio di Banach per essere descritta matematicamente

¹² Quando si affrontano in chiave scientifica fenomeni di parapsicologia si lavora infatti con uno schema secondo cui la persona dotata di facoltà parapsicologiche svolgendo una certa attività mentale o psichica fa funzionare il proprio

Entrambi gli approcci, psicologico e fisico, debbono quindi prevedere la stessa varietà di comportamenti e con le stesse probabilità. Se lascio l'attuale contrapposizione farò dipendere questa varietà dalla libertà che attribuisco al soggetto dell'attività mentale in una teoria, e alla complessità del sistema nell'altra.

Abbiamo visto come siano pesantemente in gioco le assunzioni che caratterizzano il modo di pensare gli oggetti proprio di una data disciplina o teoria; e come tali assunzioni vietino spesso di porre una disciplina o una teoria a fondamento di un'altra, pena l'introduzione di contraddizioni. La psicologia e la fisiologia sono un esempio di questo genere di situazioni, per cui non è possibile fondare uno dei due approcci sull'altro, e mantenere nel contempo il diverso modo di pensare che si ha attualmente nelle due discipline.

Naturalmente è possibile attenuare la contrapposizione e al limite eliminarla, mutando uno dei due punti di vista. In psicologia, ad esempio, si può pensare la persona come un soggetto che si comporta in un certo modo, ma considerare il comportamento interamente dipendente dai fatti accaduti. Sparisce così la contrapposizione e lo schema usato nella fisica può diventare lo schema di base anche in psicologia senza che si incorra in alcuna contraddizione.

Occorre però riconsiderare parti abbastanza notevoli della nostra cultura: quelle che si fondano sulla libertà del soggetto operante e che, come l'etica e il diritto penale, derivano da questa un principio di responsabilità del soggetto¹³.

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE - ISTITUTO CNUCE - VIA SANTA MARIA, 36, 56126 PISA, tel.: 050 593288
- fax: 050 904052
E-mail address: r.beltrame@cnuce.cnr.it

corpo, cioè, la propria base fisica, in modo tale che quest'ultima produca azioni fisiche che, ad esempio, muovono gli oggetti fisici circostanti.

¹³La tendenza a vedere il comportamento della persona fortemente condizionato da fattori esterni è del resto emersa con forza in perizie psichiatriche connesse con recenti processi penali.