

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Sulla definizione di sistema intelligente

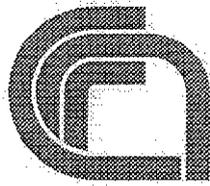
Renzo Beltrame

CNUCE C94-30

CNUCE







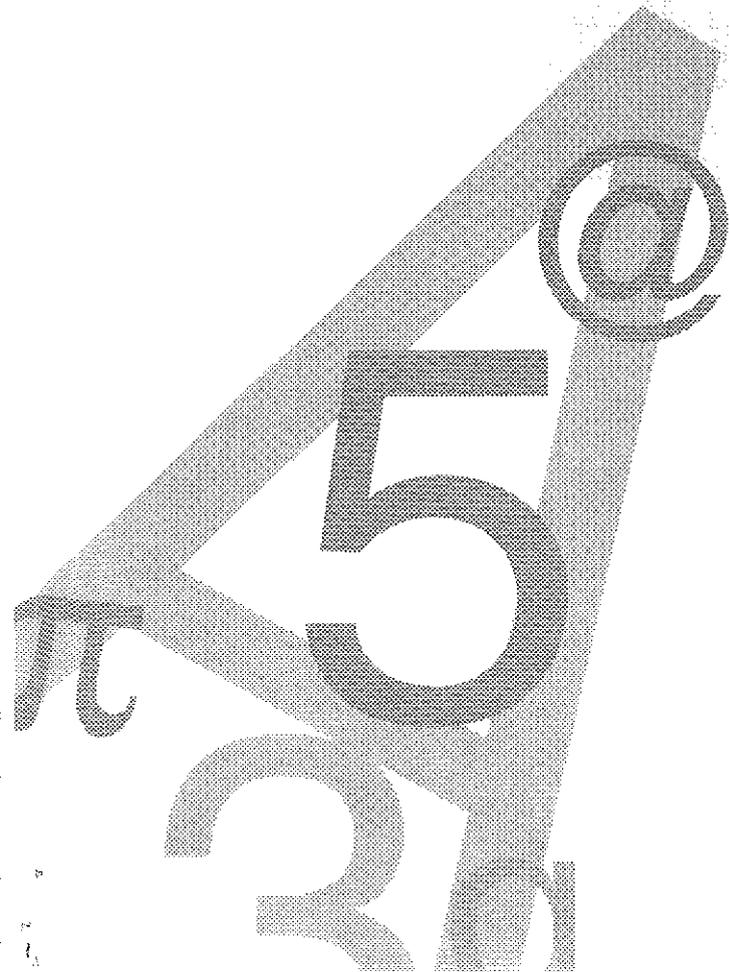
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Sulla definizione di sistema intelligente

Renzo Beltrame

CNUCE C94-30

CNUCE



SULLA DEFINIZIONE DI SISTEMA INTELLIGENTE

RENZO BELTRAME

In un precedente lavoro mi sono proposto di vedere l'attività mentale partendo dal comportamento fisico di colui che pensiamo svolga l'attività mentale stessa.

Il problema era discusso assumendo un punto di vista scientifico, in questo modo un certo numero di premesse risultavano vincolate dal requisito, proprio della prassi scientifica, di procedere nello studio in modo ripetibile.

Colui che sta svolgendo attività mentale, pensiamo tipicamente ad un essere umano, può essere visto anche come un sistema fisico; possiamo quindi costruire una teoria del suo comportamento che contenga quali elementi esplicativi intermedi soltanto processi fisici.

Teorie di questo tipo non sono le uniche possibili e accanto al vantaggio di consentire una sperimentazione diretta sugli elementi intermedi introdotti, presentano lo svantaggio di una limitata generalità, essendo fortemente dipendenti nella formulazione dall'architettura anatomo-fisiologica dell'individuo studiato. Questo è uno dei motivi per sviluppare teorie in cui gli elementi esplicativi intermedi possano essere categorie mentali.

In questo quadro l'attività mentale diventava l'elemento esplicativo intermedio introdotto per spiegare la varietà, la plasticità e l'adattabilità del comportamento osservato quando si voglia una teoria che non contenga quali elementi esplicativi intermedi unicamente processi fisici.

In un successivo lavoro mi sono proposto di delineare come i due tipi di teoria siano oggi ugualmente necessari per spiegare il comportamento di sistemi biologici a cui attribuiamo un livello sofisticato di intelligenza, quali gli esseri umani.

Proprio con riferimento a fenomeni di memoria, peculiari ai sistemi intelligenti, si possono individuare conseguenze sul comportamento che sappiamo spiegare solo con l'uno o con l'altro degli approcci prima delineati, poiché manchiamo ancora per essi di entrambe le teorie: psicologica e anatomo-fisiologica.

Le nostre considerazioni relative ai sistemi intelligenti riguarderanno qui le condizioni che vogliamo siano soddisfatte per categorizzare un comportamento ed un sistema come intelligenti.

Un numero abbastanza limitato di esempi ci mostrerà infatti 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. Vedremo inoltre che in questi casi ciò dipende spesso dal tipo di attività che riteniamo abbia preceduto il comportamento in questione.

Entrano poi in gioco le assunzioni che caratterizzano il modo di pensare gli oggetti proprio di una data disciplina o teoria; e tali assunzioni vietano spesso di porre una disciplina o una teoria a fondamento di un'altra, pena l'introduzione di contraddizioni. Vedremo che nel caso della psicologia e della fisiologia abbiamo appunto una situazione di questo genere, e avremo modo di porre in luce alcuni vincoli che impediscono di fondare uno dei due approcci sull'altro, a meno di riformulare su presupposti diversi ampie parti delle nostre attuali conoscenze.

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.

Nella trattazione classica, non relativistica, della meccanica del punto materiale si ha la ben nota relazione:

$$F = ma$$

che lega fra loro forza, massa e accelerazione. Lo scalare m deve essere una costante, altrimenti, come vedremo, occorre scrivere una relazione diversa.

Con la locuzione 'punto materiale' intendiamo indicare che ci stiamo occupando di sistemi per i quali l'azione dell'ambiente è descritta completamente da una direzione e da uno scalare; cioè che

non intendiamo introdurre differenziazioni legate al punto in cui l'azione agisce sul sistema, o che non ci interessa pensare il nostro sistema costituito da parti. Inoltre il sistema di cui ci stiamo occupando è interamente caratterizzato dallo scalare m .

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

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

Per caratterizzare lo stato del sistema si fa quindi riferimento ad 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 del sistema; storia che è descritta dall'interazione avuta 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 del sistema, la conoscenza della storia delle azioni subite dal sistema stesso.

Quale secondo esempio prendiamo in esame un sistema (cioè un oggetto che possiamo pensare costituito da parti eventualmente interagenti tra loro) la cui dinamica è descrivibile dalle medesime grandezze che abbiamo visto nel caso del punto materiale, ma dove la massa non è più una costante, bensì uno 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 del sistema 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 da due funzionali della storia, m e v , e dalla velocità \dot{m} con cui il primo di questi sta variando.

Quello esposto non è chiaramente l'unico modo possibile di interpretare il comportamento del sistema: esso 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 con il punto materiale a 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 esplicito da sole azioni esterne. In tal caso non è neppure necessario pensarlo come un sistema, cioè composto da più parti che interagiscono tra loro; ma può venir considerato semplicemente come un corpo in cui la variazione della massa è descritta dalla 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 architettrali, abbiamo un sistema che può variare in dipendenza da azioni sia esterne che interne al sistema stesso.

Tuttavia siamo poco portati a considerare il sistema intelligente 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 da solo 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 immaginarlo 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, tuttavia, di riscontrare 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 elementi spiegando poi come un'anomalia l'aver trovato un'unica manifestazione di comportamento adattivo.

Non è tuttavia detto che questa definizione di intelligenza, di chiara matrice antropomorfa, continui ad essere usata. 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 fortemente 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. Ritroviamo così la prima delle conclusioni anticipate all'inizio.

La definizione di intelligenza di matrice antropomorfa mette in luce in maniera assai palese un altro ordine di problemi, dove, come si è anticipato all'inizio, vi sono vincoli impliciti assai stringenti.

Si 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 psichico¹.

Qui vorrei sottolineare una differenza che ha il pregio di rendere immediatamente evidente l'impossibilità di una posizione riduzionista.

Nella meccanica impieghiamo uno schema mentale dove la causa del movimento di un corpo è pensata diversa dal corpo stesso e ad esso esterna. In psicologia invece, nel caso degli animali e più ancora dell'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.

¹L'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

Troviamo questa assunzione esplicitamente posta in una formulazione di Eulero², ed essa è 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 relativa al corpo fisico. Più avanti accenneremo ai continui.

Del resto, in entrambi gli esempi discussi in precedenza, la forza F che descrive le azioni dell'ambiente sul sistema era pensata esterna al sistema su cui esercitava la propria azione.

L'assunzione che la causa del movimento di un corpo fisico sia ad esso esterna implica a sua volta la distinzione tra corpo fisico ed ambiente. E questa distinzione ha portato ad una teoria del movimento di un corpo fisico che non presuppone necessariamente una teoria delle azioni che l'ambiente esercita sul corpo, ma si limita semplicemente a presupporre la misura in ogni istante di tempo.

Il corpo fisico è considerato atomico in meccanica, nel senso che per definizione non viene articolato e non ci si occupa del suo interno.

Se si vuole una teoria che tratti in modo esplicito al suo interno le azioni dell'ambiente sul corpo, oggetto dell'indagine diventa un sistema fisico, cioè qualcosa che viene pensato costituito da una pluralità di corpi fisici, e ciò che prima era pensato azione dell'ambiente sul corpo diventa ora risultante delle azioni esercitate sul corpo, pensato parte del sistema, dalle altre parti che compongono il sistema.

L'azione di un corpo fisico su un altro è pensata comportare sempre un processo fisico localizzato nell'agente, e di conseguenza un cambiamento dell'agente³. 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 di un corpo su un altro sono pensate mutue. Abbiamo quindi interazione. 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.

In generale occorre definire un sistema fisico che comprenda come sue parti il corpo e l'ambiente quando si voglia soddisfare il requisito di avere 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 di dover conoscere i valori che certe variabili assumeranno nel prossimo futuro.

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. E ciò richiede che si tratti l'ambiente come un sistema fisico.

Quando si hanno solo forze posizionali, quando cioè la forza è funzione soltanto della posizione del punto materiale, abbiamo una delle situazioni più semplici in cui è soddisfatto il requisito sopra ricordato. Il caso di forza costante è infatti un caso limite che può venir interpretato anche come conoscenza dei futuri valori della forza.

Tale conoscenza diventa chiaramente necessaria ogniqualvolta non si riesca a costruire una teoria ampliata a sufficienza da soddisfare il requisito detto e questo è sicuramente il caso, oggi, dei sistemi intelligenti.

Spesso poi si impiega uno schema che contiene entrambi gli aspetti discussi, perché torna comodo introdurre una distinzione tra le cause dei cambiamenti del sistema 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.

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 (il soggetto categoria mentale) per dei cambiamenti fisici, e la contraddizione porterebbe a posizioni di pensiero di tipo spiritualistico.

²Nella 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 espressa in modo esplicito. La troviamo invece affermata in modo reciso 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]

³Questo 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.

Ma non è neppure possibile fondare la psicologia sui principi della descrizione dell'animale e dell'uomo pensati come sistemi fisici, perché ci si dovrebbe contraddire pensando un corpo fisico causa dei propri cambiamenti.

L'unificazione deve allora basarsi su una corrispondenza tra elementi interni a teorie di tipo diverso, e non sulla riduzione di una all'altra. Per ottenere l'unificazione occorre infatti:

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

Il lavoro di unificazione, poi, comporta spesso una riarticolazione profonda delle teorie per ottenere una corrispondenza soddisfacente.

Infine la libertà che attribuisco al soggetto dell'attività mentale in un tipo di teoria, va ritrovata a livello di complessità del sistema fisico nell'altro tipo, di modo che entrambe le teorie prevedano la stessa varietà di comportamenti e con le stesse probabilità.

Sottolineerei che un approccio scientifico è incompatibile con l'affermazione di una totale libertà dell'individuo, nella misura in cui essa equivale a presupporre l'impossibilità di formulare previsioni sul comportamento dell'individuo stesso e quindi a negare la possibilità di sottoporre ad esperimento qualunque affermazione relativa al suo comportamento.

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

