

I SETTE PASSI DALLA CASUALITÀ AL SIGNIFICATO

<segue>

Il tempo e il caso. Noi abbiamo sottovalutato la parte che essi giocano nel processo dell'apprendimento prima di cominciare a sospettare che il cervello è un bookmaker ed il Dio del Predicatore un tremendo giocatore d'azzardo. I nostri primi insuccessi nel dare la capacità di apprendimento ai nostri mopelli erano dovuti non soltanto a mancanza di ingegnosità, ma al fatto che noi ignoravamo quanto il fattore tempo ed il fattore casualità avessero da fare col processo dell'apprendimento.

Finalmente, alla luce di tale antica saggezza e con la conoscenza più approfondita del preselettore statistico, dataci dall'osservazione del cervello che apprende, considerato come un Black Box, noi potemmo specificare gli elementi del suo meccanismo interiore e costruire un modello che l'imitasse. Fu poi trovato infatti che questo modello poteva apprendere come apprendono gli animali, dimenticare come essi dimenticano, e perfino essere imbronciato e scontroso come lo sono gli animali quando le cose sono troppo grandi per loro.

Le operazioni che un modello deve compiere possono ora essere enumerate. Anzitutto deve esservi un meccanismo atto a differenziare l'inizio di uno stimolo specifico incondizionato - nell'esempio più semplice l'apparizione del cibo - dalla sua continuazione. Ciò al fine di assicurare che uno stimolo neutro che capiti durante il pranzo non sia interpretato come qualcosa che significa pranzo, altrimenti noi saremmo sempre in ritardo a tavola. Questa è una semplice operazione che possiamo rappresentare in un diagramma. Nella fig. 12 è rappresentato un diagramma del nostro Black Box nella sua forma più semplice, con due sistemi di trasmissione, T1 e T2. T1 è il riflesso che dà la risposta specifica e incondizionata. Ss è lo stimolo specifico - il cibo nell'esempio precedente - e Es è l'effetto specifico, la salivazione. T2 è anche lui un riflesso, ma neutro per ciò che riguarda il cibo e la saliva. Lo stimolo neutro Sn - come accade per il campanello - può avere il suo specifico effetto riflesso Es2 - per es. il rizzarsi delle orecchie - ma ciò per adesso non ci interessa. Il nostro problema essenziale è di conoscere ciò che sta in mezzo ai due riflessi nel Learning Box.

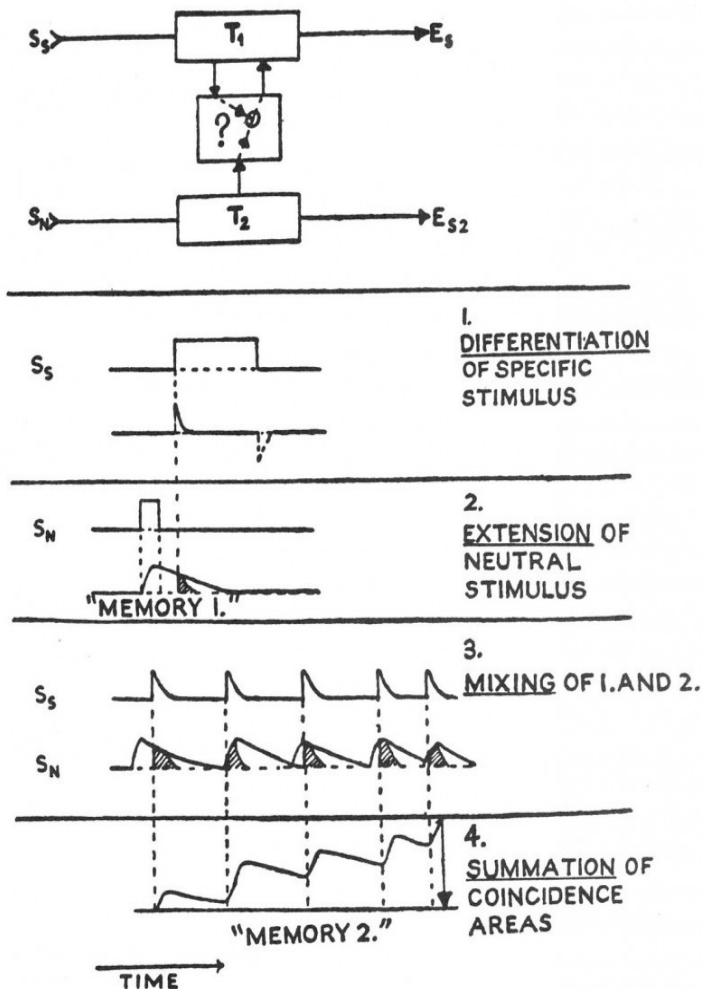
La prima operazione da prendere in esame è la differenziazione dell'inizio dello stimolo Ss. Nel diagramma, S1 è un cambiamento che si instaura improvvisamente e si prolunga nel tempo - il cibo appare e rimane finché è mangiato. Sotto è disegnata una modificazione di questo stimolo che assicura che solamente il suo inizio è preso in considerazione: un breve impulso di interesse. Lo stimolo neutro Sn - che per essere giudicato significativo deve sempre capitare prima o all'inizio di Ss - deve avere un effetto prolungato. Noi non diciamo che esso deve essere "ricordato" poiché in questo primo gruppo di operazioni la memoria cosciente è un lusso, anzi qualcosa di imbarazzante. Dunque Sn deve essere esteso o prolungato nel tempo così che il suo effetto possa sovrapporsi all'effetto troncato, o se si vuole differenziato,

di S_s . Da notare che più lungo è l'intervallo tra S_n e S_s minore sarà la traccia lasciata da S_n .

La decisione se S_n e S_s siano associati fra loro in maniera significativa dipende dalle relazioni di tempo che si stabiliscono fra di loro; così l'operazione seguente consiste nel combinare l' S_s abbreviato e l' S_n protratto in modo tale da poter calcolare il grado della loro sovrapposizione quando vengono presentati in queste forme. Nella fig. 12 ciò è rappresentato dalla misura dell'area comune ai due segnali modificati quando il primo ed il secondo diagramma sono messi uno sopra l'altro conservando le loro esatte relazioni temporali.

La misura del significato dipende anche dal numero di volte che S_n e S_s sono stati associati, perciò la prossima operazione deve essere l'addizione di tutte le aree di coincidenza che sono state osservate di volta in volta, in modo da arrivare ad una misura unificata. Dal momento però che l'intervallo di tempo fra una esperienza e l'altra è un

THE FIRST FOUR OF THE SEVEN OPERATIONS OF LEARNING—THE SELECTIVE OPERATIONS



fattore importante, bisogna che il significato attribuito ad ogni operazione possa diminuire lentamente con il tempo. Se le esperienze sono separate da un intervallo troppo lungo i loro effetti non si sommeranno, poiché dell'esperienza precedente sarà rimasta solo una traccia infinitesimale. L'aumento progressivo del grado di significazione può essere rappresentato come un grafico nel quale tale coincidenza è vista come una linea che prima sale e poi lentamente decresce allo stesso tempo che la sua importanza relativa diminuisce. Se ad ogni esperienza l'area di coincidenza è ampia e le esperienze sono frequenti e vicine le une alle altre nel tempo, il grafico sale rapidamente a un livello dato. Se il grado di coincidenza è minore o le esperienze sono meno frequenti o troppo lontane le une dalle altre, il grafico sale più lentamente e può non arrivare mai al valore soglia.

L'altro punto consiste nel decidere cosa debba essere questa soglia. Cosa è un grado "significativo" di coincidenza in una serie di osservazioni? Quanto devono essere ravvicinati S_n e S_s , quante volte devono ripetersi e quanto tempo noi possiamo interporre fra le diverse esperienze? A questo punto vengono in nostro aiuto sia l'esperienza di ogni giorno che l'analisi statistica formale. La statistica in verità sorse proprio da problemi di questo tipo, dallo studio dei giochi in cui interviene la fortuna, dal gioco d'azzardo in una parola. Se per esempio voi state giocando a "testa o croce" con un amico occasionale, quante volte deve "far testa" l'amico prima che voi lo possiate accusare con sicurezza di giocare con una moneta a due teste? Il senso comune - cioè quello che si può chiamare il vostro bagaglio personale di stime statistiche - vi dice che si possono fare spesso tre teste una dopo l'altra giocando onestamente; cinque abbastanza spesso; dieci piuttosto raramente; venti - be', è in realtà difficile; cento - mai! Come avete detto, mai? Bene, quasi mai. Qui è il punto dove sorgono le difficoltà - non potete mai essere assolutamente sicuri che il compagno di gioco da voi sospettato non sia solamente un uomo straordinariamente fortunato.

Questa è naturalmente l'attrattiva del gioco d'azzardo - non vi è nessuna ragione perché anche voi non possiate fare testa venti volte di fila. A Montecarlo un certo numero di roulette ha girato per molti anni. Oltre i numeri vi sono parecchie possibilità eguali, il rosso e il nero, il pari e il dispari, il passe e il manque. Come nel tirare la moneta, ogni giro di ruota è indipendente dagli altri; il modo con cui corre la pallina non influenza e non è influenzato dagli altri giri della roulette. In tutta la storia di questi giochi non vi è mai stata una serie continuativa di 30. Le regole di gioco del casinò sono basate appunto su questo. Se non vi fossero dei limiti minimi e massimi di gioco, un giocatore potrebbe aspettare una serie di 5 neri, ad esempio, poi mettere un franco sul rosso; la prossima volta se viene ancora nero, egli metterebbe due franchi, poi quattro e così via. In tale modo egli potrebbe continuare a raddoppiare la sua posta ed esser sicuro che quando alla fine venisse il suo colore avrebbe vinto il valore della sua prima puntata. Se egli avesse una serie di 10 colori contrari, avrebbe puntato più di 1000 franchi nella speranza di vincerne uno - un gioco veramente scemo. Ma se ciascuno giocasse così e non vi fossero minimi e massimi di puntata - e non esistesse lo zero - il banco lentamente,

ma sicuramente finirebbe per perdere. Il rapporto fra puntata minima e massima è di solito tale che, partendo col minimo permesso a quel tavolo, undici o dodici raddoppi raggiungono il massimo: si può vincere una lira puntandone qualche migliaio. Dal momento che il limite raggiunge generalmente una cifra pari alla entrata media annuale di un professionista, il gioco è messo in modo che col metodo del raddoppio voi potete vincere il prezzo di un pacchetto di sigarette, ma alla fine correte il rischio di essere rovinati. A dire il vero, la miglior probabilità di vincere sta nel puntare tutto quello che uno si può permettere di perdere una volta sola, su un numero - che paga 36 per uno - e poi, sia che si vinca, sia che si perda, andarsene via.

Come ci può aiutare tutto ciò a stabilire le probabilità che il nostro Learning Box deve accettare come significative in favore di una serie di coincidenze che sono qualcosa di più che semplicemente fortuite? Lasciando il campo di corsa e il casinò possiamo ritornare al laboratorio per vedere ciò che l'animale stabilisce come standard di significato. Come già abbiamo detto nella semplice situazione del riflesso condizionato isolato sono di solito necessari circa 20 tentativi prima che la nuova connessione sia stabilita. In generale ed ammettendo le differenze tipologiche e ambientali, il numero delle perfette coincidenze che l'animale richiede prima che il suo cervello dica "forse" è più di 10 e meno di cento. Così il meccanismo che fa le prime quattro operazioni dell'apprendimento, il filtro statistico, può essere predisposto in modo tale che la soglia di significato sia raggiunta, ad esempio, dopo 20 esperienze nelle quali Sn e Ss, siano esattamente coincidenti e si ripetano tanto rapidamente quanto lo può permettere la risposta a Ss. Così, qualunque sia la natura dei "tempi e dei casi", il nostro modello sarà per lo meno simile alla vita.

Per controllare ulteriormente la nostra valutazione possiamo incaricare un assistente di premere il pulsante che dà Ss, ed un altro assistente il pulsante che dà Sn. I due operatori sono in camere separate e viene dato loro l'ordine di premere come e quando e quanto spesso vogliono i loro pulsanti. Gli operatori, essendo indipendenti l'uno dall'altro, danno una serie di segnali che hanno fra loro relazioni puramente fortuite; è estremamente improbabile che il filtro statistico riesca ad arrivare al valore soglia di significato per tale materiale in arrivo. Ancora una volta però noi non possiamo essere completamente sicuri che, per "estrema scalogna", anche da queste sorgenti indipendenti non venga fuori una serie di coincidenze. Ma una volta ancora l'esperienza di ogni giorno ci viene in aiuto. Ogni giorno, senza alcun pensiero di rischio o di pericolo, noi abbiamo una probabilità di uno su un milione di morire di morte violenta. In un mese di viaggio con i comuni mezzi di trasporto, noi accettiamo con maggiore riluttanza la percentuale di centomila contro uno a nostro favore. A diecimila contro uno noi siamo consci del rischio ma ciononostante l'accettiamo. Davanti a una probabilità su mille di disastro sicuro noi ci sentiamo eccitati o indignati a seconda che ci capita di essere al volante o sul margine della strada. Se la probabilità di rischio è di uno su cento ci aspettiamo di essere ben pagati per andarvi incontro, ed a dieci contro uno è una vera e propria decimazione ed abbiamo ragione di aspettarci una ricompensa al valore. Così se il nostro Learning Box ha bi-

sogno di venti “centri” per afferrare un'idea, deve essere costruito e predisposto in modo tale che all'estremo opposto le probabilità che esso raggiunga la sua soglia per puro caso devono essere piú grandi di mille contro uno. Per mantenere una attitudine che assomigli alla vita esso deve essere avventuroso ma non temerario. Ma che cosa accadrà se lo stimolo neutro S_n , viene fatto durare per tutto il tempo? Se uno dei nostri operatori, secondo quanto gli permettono le istruzioni ricevute, decide di tenere il suo pulsante continuamente schiacciato, ovviamente questo fa sí che il segnale S_n perda il suo significato e noi dobbiamo fare in modo che anche per S_n sia efficace solo la parte iniziale del segnale, sebbene questa si debba protrarre fino al grado stabilito dalle considerazioni che abbiamo finito di esporre poc'anzi. Noi vedremo in seguito che questa specificazione essenziale di S_n ha delle conseguenze secondarie importanti quando pigliamo in considerazione il mezzo per ricercare gli stessi processi vitali.

Se supponiamo ora che il nostro Learning Box abbia cosí raggiunto il valore della soglia di coincidenza, l'operazione seguente consisterà nel trasferire l'informazione - che S_n e S_s , sembrano associati - a un registratore archivio a lungo termine. Possiamo chiamare questa operazione Attivazione (fig. 13). L'osservazione sugli animali suggerisce che essa è spesso brusca, e in noi stessi essa può corrispondere alla consapevolezza di aver appreso qualcosa, o di aver afferrato la chiave di un problema.

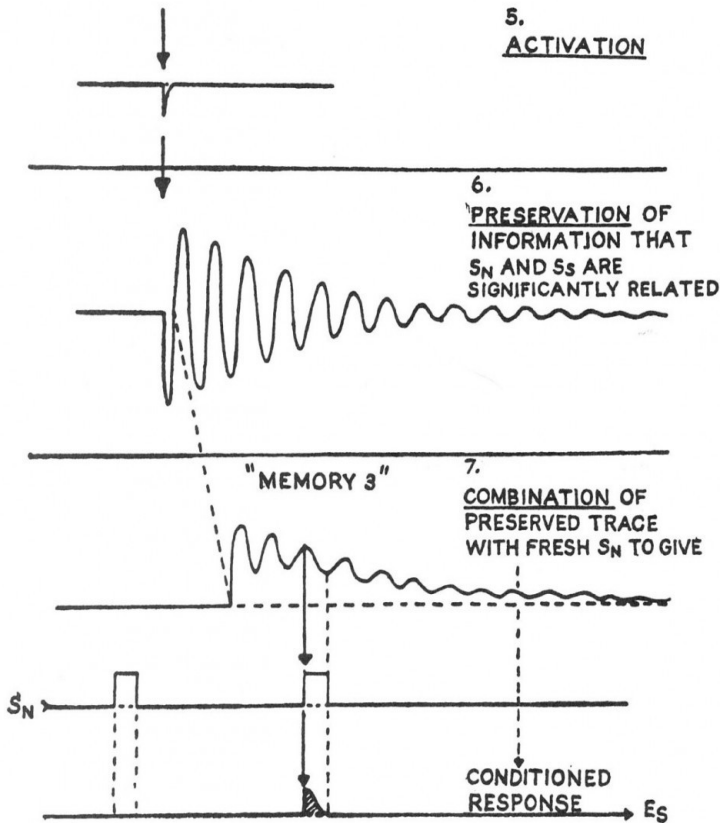
L'operazione seguente, che conserva l'informazione della coincidenza, può con maggior legittimità fregiarsi del titolo di Memoria. Anche in questa operazione bisogna provvedere ad un possibile errore - l'associazione può esser stata un caso. La memoria deve quindi potersi lentamente cancellare se la supposta associazione non si ripete piú. Sarebbe inutile che l'intero Learning Box si preoccupasse di ciò che avrebbe potuto accadere.

L'ultima operazione è la combinazione della memoria con nuovi esemplari di S_n . Possiamo dire che una volta attivato il sistema di preservazione, questo segnale apre la porta attraverso cui uno di essi può passare da S_n per aver l'effetto E_s , e il riflesso finalmente può dirsi condizionato (fig. 13).

Nessuna meraviglia che i nostri semplicistici esperimenti fossero cosí poco utili! Chi avrebbe pensato che il Learning Box contenesse tante cose? E tutti questi stadi sono essenziali; se uno qualsiasi di essi fosse tralasciato, il nostro Learning Box immaginerebbe cose vuote di significato, o niente del tutto.

Riassumendo, i primi due dei sette passi dal caso al significato sono strettamente selettivi; due seguenti sono temporaneamente costruttivi, il quinto è un meccanismo di sparo; il sesto di preservazione; il settimo infine di esecuzione. Se si confrontano animali da esperimento, macchine e uomini, bisogna diffidare di somiglianze apparenti - una imitazione non è una spiegazione, e un modello non è uno stampo. Ma quando piú di tre o quattro proprietà di un sistema sono note e si costruisce il modello piú semplice possibile che sia in grado di ri-

THE LAST THREE OF THE SEVEN OPERATIONS OF
LEARNING—THE CONSTRUCTIVE OPERATIONS



produrre queste proprietà, è lecito prendere in considerazione l'ipotesi che l'originalc contenga elementi paragonabili a quelli del modello. Il passo da fare ora è di provare questa ipotesi con una previsione. Avendo studiato il nostro Black Box e avendo costruito un modello che agisca come noi pensiamo debba agire il Black Box, quali altre proprietà possiamo aspettarci che il modello possenga, da ciò che sappiamo dei suoi componenti? Il circuito completo di ciò che per brevità abbiamo chiamato CORA, il Conditioned Reflex Analogue, si trova in Appendice C. CORA innestata su M. Spcculatrix produce una nuova specie, M. docilis, la macchina alla quale si insegna facilmente, che si comporta in modo stupefacente come un animale. Le si può insegnare ad accorrere ad un fischio emettendo un breve suono e mostrandole una luce - luce che nella M. speculatrix suscita un riflesso incondizionato di attrazione. Bisogna compiere questa operazione quindici o venti volte nello spazio di pochi minuti prima che si produca un qualsiasi effetto. Se il fischio è continuo non produce nessun effetto; così pure la luce non deve restare accesa di continuo. Se il fischio è lanciato dopo l'apparizione della luce non si ha naturalmente alcun effetto. Se il fischio è emesso mezzo minuto prima dell'apparizione della luce, il processo di condizionamento può durare delle ore. Una volta stabilita una nuova risposta, questa si dissolve se non viene rinforzata di tanto in

tanto; e se vogliamo ingannare l'animale fischiando senza far apparire la luce, la risposta diminuirà più rapidamente, benché possa persistere un ricordo latente.

Fin qui, tutto è chiaro: abbiamo riprodotto nove o dieci modi di comportamento di un animale che apprende disponendo tre valvole e diversi altri componenti in modo tale che eseguiscano sette operazioni. È un'analogia promettente, ma fino a questo punto niente di più.

Avremmo potuto fare la stessa cosa servendoci di movimenti di orologeria o di reazioni chimiche; le basi elettriche del modello non dovrebbero per se stesse influenzare in loro favore le nostre ipotesi. È un modello semplice, economico e fa tutto ciò che ci aspettavamo da lui. Ma riesce a prevedere qualcosa? È capace ancora di altre proprietà oltre a quelle che abbiamo stimato necessarie per farne un disegno che fosse il più semplice possibile?

Negli esperimenti con *M. docilis* ci stancammo presto dello stragemma "suono significa luce," e decidemmo di insegnare al modello che suono significa difficoltà. Raggiungemmo questo scopo connettendo CORA al sistema di superamento di ostacolo di *M. speculatrix*, il circuito a retroazione che induceva quella semplice creatura a far marcia indietro ed a voltare quando il suo guscio veniva toccato. La sua educazione basata sulla punizione consisteva nell'emettere un fischio e nel colpire il guscio alcune volte. I segnali elettrici generati in questo modo sono molto più ampi di quelli prodotti da una luce, erano quindi necessarie solo poche esperienze. Dopo cinque o sei colpi, ogni volta che si emetteva il fischio il modello indietreggiava e si scansava da un ostacolo "immaginario"

Giunse allora la prima inaspettata conferma dell'ipotesi di somiglianza - un fatto che poteva essere previsto ma che non lo fu. L'operazione di attivazione in CORA consiste in una breve scarica in una valvola in miniatura al neon - essa si rende visibile sotto forma di un lampo di luce rosa. Mentre sperimentavamo l'effetto dell'emissione di un fischio dopo che il riflesso difensivo era già stato condizionato, ci accorgemmo, senza che vi fosse stato un rinforzo per mezzo del colpo, che la luce rosa indicava che il circuito della memoria era stato attivato di nuovo senza lo stimolo specifico. Ciò non era naturalmente mai accaduto col riflesso suono-significa-luce; però il circuito è un analizzatore di probabilità, il fatto poteva essersi verificato a caso. Ogni volta però che risuonava il fischio e il modello scansava il suo ostacolo immaginario, la luce rosa si accendeva. Ci rendemmo allora conto che così doveva accadere; il riflesso difensivo comporta un circuito interno a retroazione in cui i segnali circolano dalla uscita all'ingresso dello amplificatore della luce. Ciò significa che *M. speculatrix* può non prestare alcuna attenzione alle luci quando sta superando un ostacolo, ma implica anche la conseguenza che, quando essa ha appreso che "fischio significa scansarsi," l'atto di scansarsi rinvia istantaneamente indietro a CORA un segnale specifico, e la memoria della risposta acquisita ne è automaticamente rinforzata. Il riflesso difensivo non ha bisogno di rinforzi specifici, esattamente come negli animali e in noi stessi. Se non avessimo saputo nulla sulle differenze essenziali tra riflessi appetitivi e riflessi difensivi, sul relativo valore del premio e della punizione, avremmo potuto predirlo dal comportamento non calcolato del

modello.

Un'altra prova dell'adeguatezza del modello, e della sua messa a punto è che, se si vuol aumentare la serie degli accessori, le stravaganze vitali dell'esperienza animale ed umana colmerebbero senza fatica la struttura in crescita - la carne dovrebbe adeguarsi al metallo, non alla maniera di Procuste ma nei limiti della sua natura.

<segue>