

Vittorio Somenzi

Alle origini dell'intelligenza artificiale

Le idee, i progetti, le teorie che, fin dalla fase pionieristica dell'intelligenza artificiale, ne hanno profondamente segnato lo sviluppo



Grosvenor House (Londra) 1933: La bella e la bestia.

Pubblichiamo la prefazione di Vittorio Somenzi al libro La filosofia degli automi, a cura di R. Cordeschi e V. Somenzi, edito da Boringhieri.

L'enorme incremento quantitativo verificatosi negli ultimi tempi, in particolare in Italia, nelle applicazioni dell'informatica e dell'automazione ai più svariati campi di attività, dall'istruzione all'industria, rende attuale l'esigenza di un confronto qualitativo con le aspirazioni degli iniziatori di queste ricerche, che negli anni intorno alla seconda guerra mondiale dettero luogo alla formazione della teoria matematica delle comunicazioni o teoria dell'informazione, della teoria degli automi (in particolare della teoria dei calcolatori elettronici), della cibernetica e della bionica.

Poiché già nella prima edizione di questa antologia (1965, da tempo esaurita) comparivano i nomi dei principali protagonisti di tali sviluppi — da Shannon a Wiener, da Turing a von Neumann — abbiamo ritenuto opportuno ripubblicare a distanza di oltre vent'anni alcuni tra i loro scritti più significativi, quelli ai quali più spesso viene fatto riferimento nelle discussioni scientifiche e filosofiche suscitate dal loro aspetto innovativo e ampiamente interdisciplinare. A tali scritti vengono ora affiancati altri testi che permettono il confronto tra i programmi di ricerca della cibernetica classica e quelli proposti, a partire dalla metà degli anni cinquanta, dai fondatori dell'intelligenza artificiale (I.A.). Questi nuovi testi possono venire considerati come la prosecuzione, da un diverso punto di vista, dell'analisi comparata dei sistemi naturali e artificiali di elaborazione dell'informazione, avviata da Craik, McCulloch, Turing, von Neumann, Wiener, Young ed altri scienziati-filosofi.

Con tale obiettivo, questo volume raccoglie articoli che rappresentano autentici manifesti, o che comunque documentano la genesi di idee e progetti che, formulati nella fase maggiormente pionieristica della I.A., hanno esercitato una rilevante influenza sui suoi successivi sviluppi e sulle sue attuali tendenze. Così si esprime, ad esempio, Buchanan a proposito dei recenti «sistemi esperti»: «Il *Logic Theorist* di Newell, Shaw e Simon fu presentato alla comunità scientifica nel 1957, l'*Advice Taker* di McCarthy nel 1958, il programma per la dama di Samuel nel 1959, le strutture por-

tanti della I.A. furono indicate da Minsky nel 1961. Questi e altri tra i primi studi non sono sorpassati. I problemi restano, e finché i sistemi esperti verranno costruiti da quanti sono prevalentemente interessati alla I.A., tali studi continueranno a ispirare nuove trovate per i vecchi problemi» (1). In questo senso abbiamo ritenuto di poter limitare la scelta dei testi della presente antologia nell'ambito di quei settori della I.A. che si sono rivelati maggiormente influenti sullo sviluppo successivo della disciplina, rinunciando a documentare gli albori di altri settori (come la percezione visiva, la traduzione automatica e la comprensione linguistica) che, entrati in quella prima fase in una posizione di stallo, ne sono usciti successivamente attraverso una profonda riqualificazione dei propri metodi. Con questo non riteniamo comunque che i testi qui raccolti bastino da soli a dare un'idea degli sviluppi ulteriori e tantomeno delle contrastanti tendenze attuali di una disciplina, la quale sfugge tuttora a una definizione che trovi d'accordo i suoi stessi protagonisti. Come infatti conclude Hayes, «i tentativi di definire la I.A. tendono a risultare offensivi per la gente, dal momento che qualsiasi definizione è destinata a escludere qualcuno, e a nessuno piace sentirsi dire che non sta lavorando nella disciplina in cui pensa di lavorare» (2).

È al saggio introduttivo di Roberto Cordeschi, che viene pertanto affidato il compito di discutere i problemi connessi col sorgere del nuovo paradigma della I.A. dallo sfondo della cibernetica classica e col suo successivo affermarsi anche come strumento concettuale per lo studio dell'intelligenza umana, all'interno dei tradizionali problemi della filosofia della mente.

Riferendosi alle idee di elaborazione dell'informazione e di modello simbolico, Pylyshyn ha recentemente osservato come «fin dai primissimi scritti su queste idee ad opera di Turing, von Neumann, Shannon, Wiener, McCulloch, McCarthy, Minsky, Newell e Simon, fu evidente che ciò che stava per venire alla luce non era solo un'altra tecnologia industriale, ma uno strumento che risultava direttamente importante per dissipare il mistero dell'intelligenza» (3). Dal punto di vista dell'odierna filosofia della scienza, oltre l'impatto che tutte queste ricerche hanno avuto ed avranno sull'interpretazione dei rapporti tra mente e cervello va posta in evidenza, secondo me, la nuova luce che esse proiettano sul problema più generale dei rapporti tra natura e tecnica.

Come rilevato durante il XXI Congresso nazionale di filosofia (Pisa, 1967), dedicato al tema *L'uomo e la macchina*, appare già in Cartesio la tesi della mancanza di differenze essenziali «tra le macchine che costruiscono gli artigiani e i diversi corpi che compone la sola natura» (4). Anche se i dispositivi cui faceva riferimento Cartesio erano soltanto di tipo elementare (meccanico, idraulico o pneumatico), essi bastarono a fornire le basi di una modellistica delle funzioni animali che permetteva una prima spiegazione, per esempio, degli aspetti più evidenti della locomozione negli organismi nei tre ambienti: acqua, terra ed aria. Fin dai tempi di Lamettrie si pose il problema di una estensione del discorso cartesiano all'organismo umano, ivi comprese le sue peculiari operazioni mentali, e i primi modelli meccanici di queste vennero forniti dalle piccole calcolatrici di Pascal e di Leibniz, oltre che dall'orologio e da alcuni degli automi settecenteschi ad orologeria. Ma l'enorme distanza fra queste macchine e gli organismi viventi, rilevabile a livello di componenti materiali, rendeva ben difficile la deduzione, da un'analogia tra i rispettivi comportamenti, di un'analogia tra le rispettive strutture interne e tra le loro modalità di funzionamento.

Le analogie sono diventate sempre più strette, a mano a mano che l'elettrologia, la termodinamica e la chimica dell'Ottocento e del Novecento hanno permesso l'identificazione dei processi che si svolgono nei dispositivi artificiali di produzione e utilizzazione di lavoro o di informazione con determinati processi che danno luogo a risultati equivalenti negli organismi animali o umani. Hanno avuto origine da ciò le tre tendenze principali che contraddistinguono oggi il confronto speculativo tra prodotti della natura e prodotti della tecnica:

- 1) la tendenza tradizionale ad utilizzare prodotti della cultura umana come modelli del funzionamento di strutture naturali, organiche ed inorganiche;
- 2) la tendenza ad utilizzare prodotti dell'evoluzione fisica e biologica naturale come prototipi dei prodotti dell'evoluzione culturale umana;
- 3) la tendenza a vedere in questi ultimi un prolungamento, naturale o automatico, dei processi di evoluzione darwiniana che hanno dato luogo alle strutture, ai comportamenti e agli artefatti eso-somatici dei viventi non umani.

Come esempi della prima tendenza ricorderò sommariamente l'attribuzione delle caratteristiche essenziali di una pompa

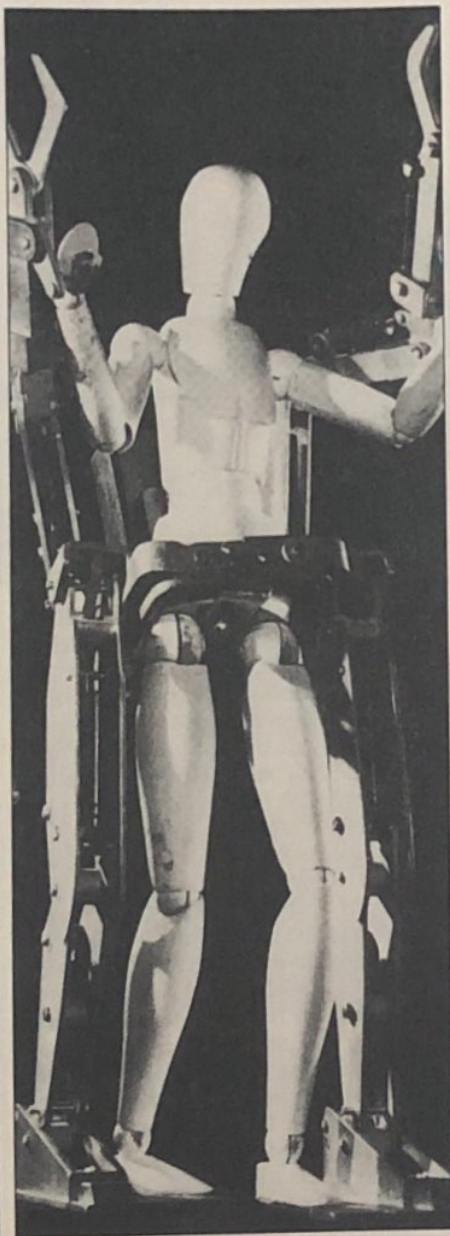
idraulica al cuore e di quelle di una pila di Volta ai meccanismi produttori di elettricità animale, l'attribuzione ai semi di acero o di taglio delle proprietà di una pala d'elica e all'occhio di quelle di una macchina fotografica, la scoperta nei pipistrelli e nei cetacei di un sistema di eco-localizzazione analogo al sonar, la scoperta negli uccelli migratori e in alcuni batteri dell'equivalente di una bussola magnetica, rispettivamente a declinazione e a inclinazione.

Nell'ambito di questa tendenza nasce il problema del modo in cui la natura ha potuto «inventare» questi dispositivi, e al quesito viene data una risposta in termini di tentativi ed errori, o tentativi e successi, che scarica sul meccanismo darwiniano dell'evoluzione per selezione tra cambiamenti casuali di struttura e di comportamento la responsabilità di tale «apprendimento di specie» o accumulo filogenetico di «conoscenza» (sia pure solo nel senso di known how). Talvolta il modello selezionistico viene applicato anche al mondo inorganico, qualora vi siano campi di forze che senza alcuna finalità operano «scelte» tra i componenti materiali suscettibili di entrare a far parte di determinate strutture più o meno stabili.

Nasce così il paradosso, presentato da Massimo Piattelli Palmarini come caricatura del neo-darwinismo e della sua epistemologia pan-selezionistica: «Perché tutti i sassi cadono a terra quando li si lascia liberi? Semplice, perché sono stati selezionati così. Tutti quelli che tendevano ad andare in su sono andati perduti molto tempo fa» (5).

Poiché in effetti i «sassi» di massa minore, quali le molecole d'idrogeno, tendono tuttora, per varie ragioni, a sfuggire all'attrazione terrestre, dall'alta atmosfera verso lo spazio esterno, l'apparente paradosso si risolve in un contributo positivo al selezionismo fisico o inorganico, selezionismo di gran lunga anteriore a quello biologico di Darwin e destinato a sopravvivere all'eventuale declino di questo.

Quali esempi simmetrici della seconda tendenza, quella che cerca nella natura i prototipi delle invenzioni umane, si possono prendere in considerazione i paragoni che hanno costituito il punto di partenza della diramazione della cibernetica detta «bionica»: la pila di Volta come imitazione degli organi elettrici del gimnoto o della torpedine, la vite aerea o «elicottero» di Leonardo da Vinci come inversione dinamica dei semi volanti vegetali, il sonar dei pipistrelli e dei delfini come «precursore naturale» di quel-



Un esoscheletro costruito dalla General Electric Research.

lo delle navi, e così via.

Mentre lo scopo dichiarato della bionica è quello di studiare con spirito ingegneresco le invenzioni della natura, per incrementare le capacità tecnologiche di risoluzione di problemi non ancora bene impostati dall'uomo (per esempio la «luce fredda» delle lucciole e i «calcolatori chimici» delle piante carnivore), il risultato indiretto di questi raffronti tra natura e tecnica è stato quello

di trasformare molte «invenzioni» dell'uomo in «scoperte» inconsapevoli delle invenzioni già fatte dalla natura. D'altra parte la natura si è mostrata capace di utilizzare a sua volta le invenzioni dell'uomo, come nel caso dei nidi fabbricati dagli uccelli con materiali sintetici e dell'uso di segnali umani da parte di scimmie antropomorfe (non solo per comunicare con noi, ma anche per comunicare tra di loro).

La terza tendenza, quella che vede nella creatività scientifica e tecnologica dell'uomo un «semplice» prolungamento della creatività della natura, caratterizza l'epistemologia evoluzionistica di Karl Popper, Konrad Lorenz e Donald Campbell (6). Anche per essa si può parlare di parallelismo con le idee di Norbert Wiener, in particolare con quel capitolo della seconda edizione de *La cibernetica*, dedicato a «Macchine ad apprendimento e autoriproduzione», in cui Wiener contrappone l'«apprendimento razionale e filogenetico» all'apprendimento ontogenetico dell'individuo: «ambidue i tipi di apprendimento rappresentano strumenti mediante i quali l'animale può adattarsi al proprio ambiente» (7).

C. A. Muses, allievo di Wiener, ha poi criticato il programma cartesiano e leibniziano di W.R. Ashby, di assimilare i poteri dell'uomo in fatto di induzione, deduzione, predizione e decisione a quelli di un meccanismo o artefatto, e ha sostenuto con argomenti ontologici che «la natura non conosce macchine» (8). Ora si dà il caso che — tolto dalla definizione di macchina il carattere di espressa intenzionalità del costruttore, che ovviamente ne fa un prodotto esclusivamente umano — si presentino spesso in natura fenomeni che proprio Wiener riconosceva degni oggetti di studio di una «cibernetica dei sistemi non viventi» (9). Un esempio è costituito dalla pulsazione di certe stelle variabili, che già nel 1948 apparivano dotate di un meccanismo di retroazione negativa controllante a sua volta una retroazione positiva. Anche i fenomeni meteorologici sono stati sottoposti ad analisi in termini di auto-organizzazione delle perturbazioni atmosferiche, in particolare dei cicloni e anti-cicloni. Sono ben noti i paragoni tra i processi energetici di molte stelle, in particolare del sole, e quelli di una bomba a idrogeno o di un reattore a fusione nucleare, anche se quest'ultimo non è stato ancora pienamente realizzato dalla nostra tecnologia.

Come nel Settecento il fumino poteva venire paragonato alla scarica di una macchina



Mr and Mrs Goodman (1927-45) di Man Ray.

elettrostatica (e ben prima l'ossidiana al vetro), così nell'ultimo mezzo secolo sono state individuate «macchine naturali» capaci di produrre gli stessi fenomeni di un reattore a fissione naturale, di un sincrotrone o di un laser (ed è stata d'altra parte realizzata la produzione di diamanti artificiali indistinguibili da quelli naturali). Le sorgenti stellari di raggi gamma ad altissima energia vengono considerate come sincrotroni in cui elettroni in movimento a spirale emettono radiazioni per effetto di campi magnetici «opportunamente» configurati; analogamente, le sorgenti stellari e forse planetarie di fasci coerenti di onde elettromagnetiche sono state assimilate ai nostri apparati maser e laser. Ma il piano costruttivo di queste ipotetiche macchine naturali rimane per ora lontano da una possibilità di esame dettagliato. Ben diverso è il caso, sul quale mi soffermo per la sua efficacia persuasiva, del reattore naturale scoperto una dozzina d'anni or sono in Africa. Si tratta di un vero e proprio reattore a fissione d'uranio, formatosi spontaneamente circa due miliardi di anni fa, che potrebbe non essere l'unico esempio di questo stupefacente fenomeno geologico. Interessante per noi è soprattutto il modo in cui la scoperta viene narrata da un chimico nucleare dei Laboratori di Los Alamos (10).

«Nel 1942, quando Enrico Fermi e i collaboratori misero in funzione il loro reattore a fissione nucleare, allo stadio Stagg Field di Chicago, vi erano tutti i motivi di ritenere che si trattasse del primo reattore di quel genere sulla Terra. Ora la storia deve essere

aggiornata. In una miniera di uranio a cielo aperto nel sud-est della repubblica del Gabon, vicino all'equatore, sulla costa dell'Africa Occidentale, vi sono i resti inattivi di un reattore naturale a fissione. All'interno di una ricca vena di minerale uranifero, il reattore naturale un giorno divenne «critico», bruciò una parte del suo combustibile e si addormentò, il tutto nel periodo precambriano. L'esperimento di Stagg Field era stato preceduto di quasi due miliardi di anni».

Una straordinaria sequenza di eventi, ciascuno altamente improbabile, ha dato luogo al formarsi di una concentrazione di uranio nel minerale, con dimensioni e configurazione del filone uranifero, quantità di acqua e altri minerali presenti, tali tutti da superare ogni previsione fattibile sulla base dell'attribuzione metaforica alla natura inorganica di una intelligenza selettiva simile a quella mostrata dalla natura organica sotto forma di intelligenza di specie. Nonostante fin dal 1953 fosse stata prevista la possibilità di un reattore nucleare naturale di due miliardi di anni fa, quando l'abbondanza dell'Uranio 235 era del tre per cento, anziché dello 0,7 per cento, «l'annuncio della scoperta del reattore di Oklo è stato accolto con scetticismo dagli scienziati nucleari statunitensi. Alcuni tra i migliori fisici del mondo avevano costruito il reattore di Stagg Field con la massima cura per i particolari meccanici, per la purezza dei materiali e per la geometria dell'insieme. Era possibile che la natura avesse potuto ottenere lo stesso risultato in modo così casuale?».

Altre metafore indicative usate in questo articolo: «La natura, non l'uomo, aveva costruito il primo reattore a fissione nucleare del mondo» ... «È chiaro che nel progettare i reattori a fissione l'uomo non è stato innovatore, ma inconsapevole imitatore della natura».

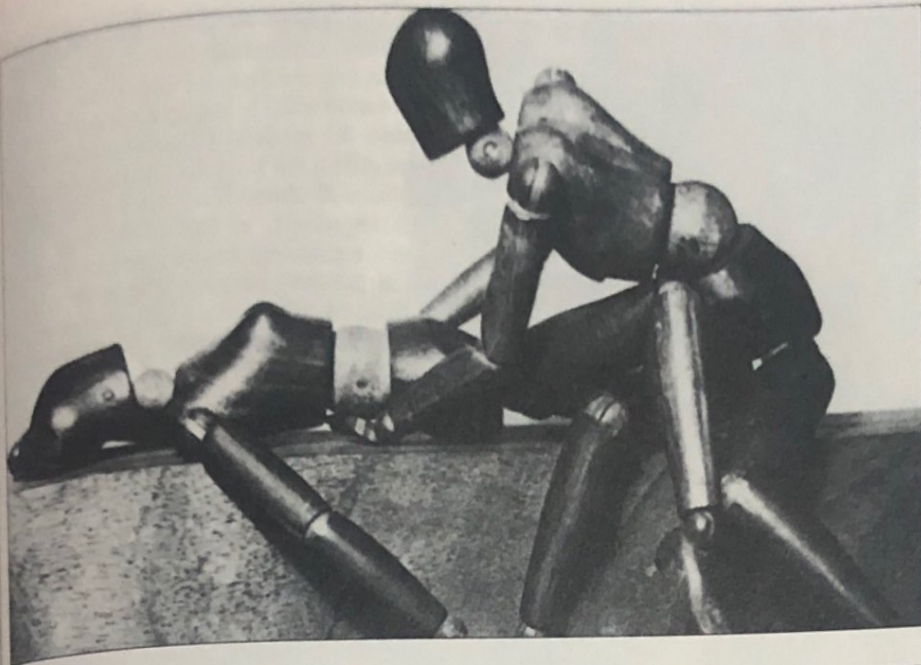
Sostanzialmente non diverse appaiono le manifestazioni di stupore registrate da Donald Griffin, quando è riuscito a riprendere e perfezionare gli esperimenti di Spallanzani sui pipistrelli, fino a dimostrare l'uso da parte loro di un sistema di eco-localizzazione analogo al sonar: «Il radar e il sonar erano — nel 1940 — allo stadio di sviluppi segretissimi della tecnologia militare, e l'idea che i pipistrelli potessero realizzare qualcosa di paragonabile anche lontanamente con gli ultimi trionfi dell'ingegneria elettronica colpiva molta gente come non plausibile ed emotivamente ripugnante» (11).

L'imitazione in alcuni progetti di alianti e di ortoterzi della forma delle ali dei rondoni e del movimento di quelle delle libellule ha indotto altri autori a parlare di «estrema sofisticazione» delle realizzazioni raggiunte nel campo del volo dall'evoluzione biologica e di «arretratezza» della nostra tecnologia rispetto a quella naturale.

Giuseppe Longo vede invece persino nel calcolatore elettronico «un singolare prodotto del second'ordine dell'evoluzione... un prolungamento dell'uomo e quindi della natura — benché sembri ad alcuni quanto di più innaturale vi possa essere» (12).

Alla complessità del problema rappresentato dalle espressioni similari «creatività della natura inorganica», «creatività della natura vivente», «creatività dell'uomo» e, in particolare, «creatività del genio», viene aggiunto oggi il confronto





della creatività umana con quella degli automi elettronici. Appare pertanto troppo semplicistica la posizione assunta in sede filosofica da Popper, il quale non si preoccupa dell'aspetto metaforico delle attribuzioni di creatività di tipo umano alla natura e fa della creatività un'unica categoria: «Gli scienziati, per quanto scettici, sono costretti ad ammettere che l'universo, o la natura, o come altro lo si voglia chiamare, è creativo perché ha prodotto uomini creativi; ha prodotto Shakespeare, Michelangelo e Mozart, quindi indirettamente le loro opere. Esso ha prodotto Darwin e così ha creato la teoria della selezione naturale» (13).

D'altra parte, poiché Popper ha sostenuto e sostiene che il metodo per prova ed errori è sempre lo stesso, «dall'ameba a Einstein», non desta sorpresa l'estrapolazione del meccanismo della selezione tra variazioni a caso anche alla «creatività» che i teorici dell'intelligenza artificiale stanno cercando di introdurre nella programmazione dei loro computer. Il tentativo di Fogel, Owens e Walsh, seguaci di Popper e di altri epistemologi evoluzionistici, non ha dato però risultati tali da incoraggiare il mantenimento di questo elementare modello, e la ricerca sta procedendo anche da parte loro per vie molto più tortuose (14). È interessante notare che Fogel, Owens e Walsh manifestano una fiducia illimitata nelle possibilità della terza tendenza, tanto da scrivere: «Il metodo scientifico non è stato inventato, è stato scoperto. Esso esisteva molto tempo prima dell'uomo; in effetti, esso ha dato origine all'uomo. L'evol-



uzione naturale può venire vista come una realizzazione del metodo scientifico... Alcuni degli aspetti ambientali dell'evoluzione possono venire davvero simulati. Nella sua essenza, questa simulazione costituisce una meccanizzazione del metodo scientifico... Il processo di induzione è stato ridotto ad una procedura di routine. Se «creatività» e «immaginazione» sono attributi essenziali di questo processo, allora anche esse sono state realizzate» (15).

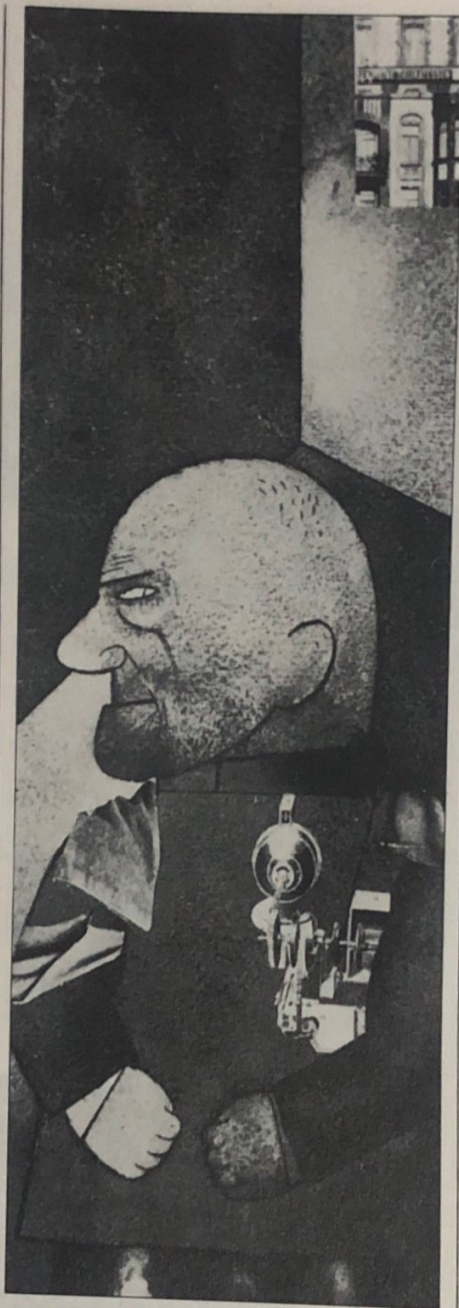
Mentre il progetto di Fogel e collaboratori comportava un generico superamento dell'imitazione pura e semplice dei processi darwiniani di evoluzione visti con le lenti dell'ortodossia darwiniana, i programmi AM ed EURISKO di Lenat (16) prevedono addirittura la ri-applicazione alle teorie evoluzionistiche dei risultati ottenuti con una procedura euristica di «apprendimento per scoperta». L'ipotesi sottostante (tutt'altro che verificata) è che questo procedimento, apprezzato dall'uomo per la sua semplicità, sia stato adottato dalla natura in quanto anch'essa amante della semplicità.

L'analogia tra l'apprendimento di una macchina e l'evoluzione di una specie appare come una estrapolazione dell'analogia tra apprendimento individuale ed evoluzione di specie, che a sua volta ha permesso a Lorenz ed altri epistemologi evoluzionistici di parlare di «apprendimento di specie». Entrambi, individuo e specie, apprendono per tentativi ed errori, effettuando scoperte. Se il DNA è un «programma» per costruire e mantenere un organismo, la metafora vale anche per quelle modifiche del

DNA, compresa la «ricombinazione» sfruttata ora dall'ingegneria genetica, che permettono l'evoluzione tramite selezione operata dall'ambiente, operatore umano compreso. Ma gli esperimenti di Fogel e collaboratori hanno mostrato che la mutazione a caso non basta per raggiungere risultati creativi; secondo Lenat occorre appoggiarsi invece a una tecnica di auto-programmazione che permetta di generare mutazioni non casuali, ma «plausibili», e di sfruttare la conoscenza così acquisita per guidare gli ulteriori processi di mutazione dei programmi stessi. Le specie la cui evoluzione venisse guidata da una euristica che tenesse conto della storia genetica della singola specie risulterebbero «meglio adatte ad evolvere». L'ontogenesi dei loro componenti comporterebbe una «ricapitolazione» della loro filogenesi, secondo il famoso principio di Haeckel.

L'evoluzione avrebbe avuto inizio con la generazione di mutazioni a caso, ma queste sarebbero ora un semplice rumore di fondo, rispetto al segnale rappresentato dalle informazioni raccolte per inferenza dal passato genetico dei vegetali e degli animali più evoluti. L'ipotesi di Lenat fa riaffiorare in altra forma le esigenze di un'evoluzione non del tutto casuale, ma pilotata dal passato, anche se non orientata finalisticamente dal futuro, manifestate da C.H. Waddington, L.L. Whyte e altri autori (17), e può essere naturalmente assoggettata alle stesse accuse di lamarckismo da parte dell'ortodossia neo-darwiniana; esse sono state in parte prevenute da Lenat mediante il ricorso alla consulenza di specialisti quali Cavalli Sforza, Gould e Lederberg.

Un altro autore citato da Lenat, R.M. Friedberg, rilevava che «l'ambiente detta quali problemi vanno affrontati, ma non come essi vanno affrontati». Per raccogliere dall'ambiente informazioni che orientino anche la risoluzione dei problemi, occorre che il programma genetico tenga conto dei successi e insuccessi del proprio passato, cioè che parti del DNA siano proprio dedicate alle ulteriori possibilità di evoluzione mediante mutazioni «plausibili». Il DNA dell'origine delle prime forme di vita sulla Terra si sarebbe poi evoluto fino a diventare un «programma esperto» («esperto nel mutare se stesso in modi plausibili coordinati, esperto nel progettare una progenie migliore», aggiunge Lenat). Gli organismi privi di queste possibilità di procedure euristiche verrebbero eliminati dalla selezione naturale. La percentuale di DNA che codifica per le euristiche anziché per le proteine



Heartfield il meccanico (1920) di George Grosz

aumenterebbe con la complessità e la sofisticazione dell'organismo.

Si pone allora il problema della decifrazione del «codice euristico». Secondo Lenat, anche prima di avere risolto questo nuovo problema si può tentare con una delle tecniche esistenti (per esempio, quella dei plasmidi) di sintetizzare le ipotetiche sequenze «euristiche» del DNA e di inserirle in un

genoma che ne sia privo, per vedere se il risultato rappresenta davvero un miglioramento del processo di evoluzione.

Sono molteplici le implicazioni del trasferimento del modello selezionistico, sia pre-darwiniano sia post-darwiniano, dal campo fisico al campo biologico e a quello dell'epistemologia, in particolare degli studi storici e psicologici sulla scoperta scientifica; si possono pertanto concepire diverse critiche ed alternative a tale trasferimento (18). Rimane il dato promettente che l'intelligenza artificiale si propone non solo come un ponte tra le neuroscienze e la filosofia (Colin Blakemore) o tra la psicologia e l'etologia (Margaret Boden), ma anche come un terreno di collaudo e di confronto reciproco delle ipotesi della biologia evolutivista e di quelle della epistemologia della scoperta scientifica.

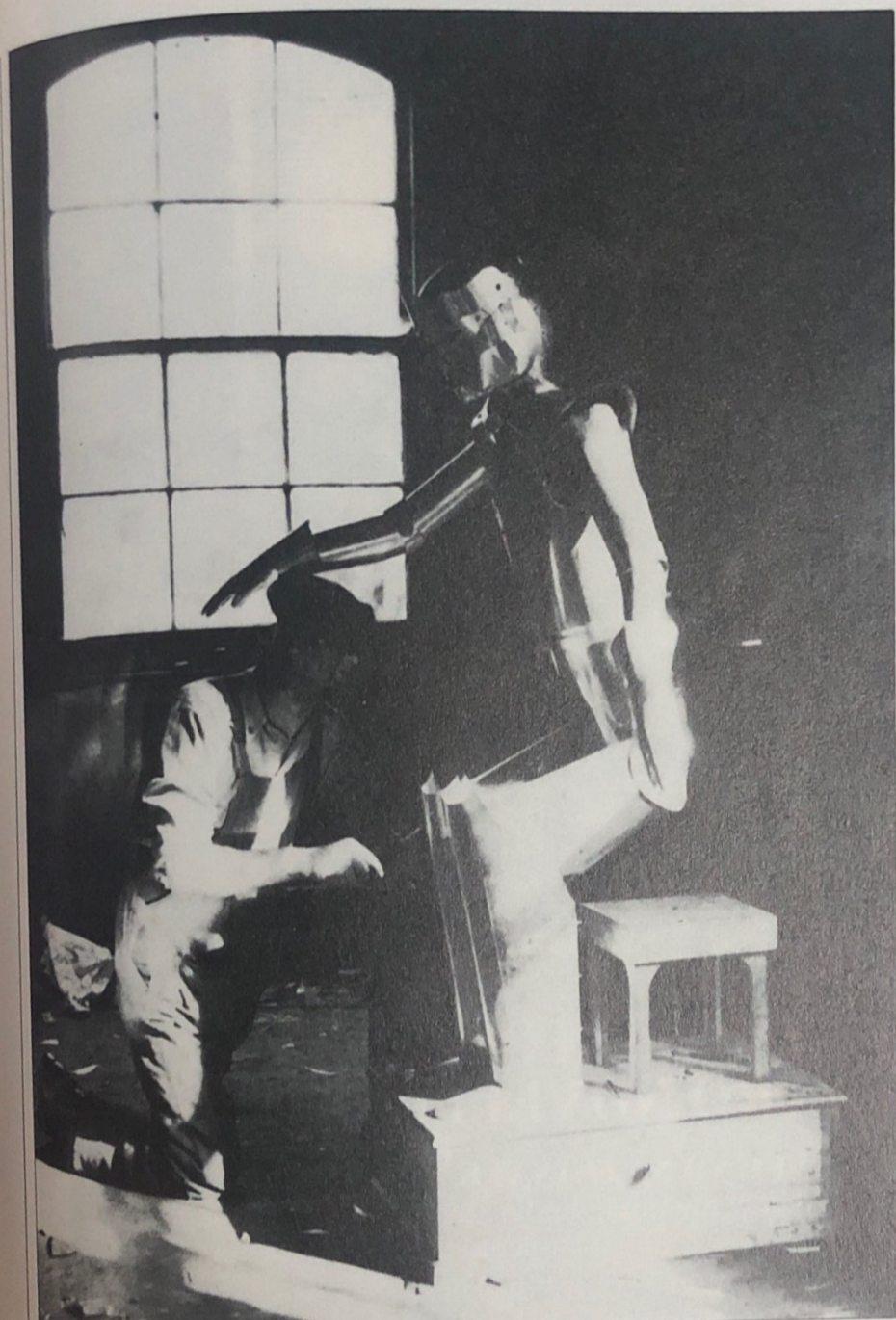
L'attualità di questi argomenti è testimoniata dalle relazioni svolte nei convegni organizzati nel 1985 a Firenze da Massimo Piattelli Palmarini (*Dal neurone al pensiero*), a Bari da Vittorio Pesce Delfino (*Biological Evolution*), a Torino da Riccardo Viale (*Mente umana - mente artificiale*), a Roma da Arturo Carsetti e Valerio Tonini (*Life and Science - Epistemological Problems of Biology*), nel 1986 a Poppi (Arezzo) da Brunetto Chiarelli e Harry J. Jerison (*The Evolutionary Biology of Intelligence*), nonché dagli Atti del convegno promosso nel 1984 dal Centro Linceo interdisciplinare di scienze matematiche e loro applicazioni (*Che cosa è il pensiero? L'unità dell'essere*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1985).

NOTE

(1) BUCHANAN B.G., *New Research on Expert Systems, Machine Intelligence*, vol. 10, Ellis Horwood e Halsted, Chichester e New York, 1982, p. 275.

(2) HAYES P.J., «On the Difference between Psychology and Artificial Intelligence», in YAZDANI M. e NARAYANAN A. (a cura di), *Artificial Intelligence: Human Effects*, Ellis Horwood, Chichester, 1984, p. 161. Può essere interessante ricordare qui come è stata definita, «per negazione» la *information processing psychology* di A. Newell e H.A. Simon: «la disciplina che usa metodi estranei alla psicologia cognitiva per trattare questioni estranee all'intelligenza artificiale»! (COHEN F.R. e FEIGENBAUM E.A. (a cura di), *The Handbook of Artificial Intelligence*, vol. 3, Pitman, London, 1982, p. 7).

(3) PYLYSHYN Z., *Computation and Cognition. Toward a Foundation of Cognitive Science*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1984, p. 54-55.



Il robot Eric ideato nel 1928 da W.H. Richards con Reffel, l'ingegnere che lo ha costruito.

- (4) SOMENZI V., «Uomini e macchine», in *Atti del XXI Congresso nazionale di filosofia (L'uomo e la macchina)*, vol. 1, Edizioni di Filosofia, Torino, 1967.
- (5) PIATTELLI PALMARINI M., «Il declino della parsimonia», in *La vita e la sua storia*, a cura di L. Bullini, M. Ferraguti, F. Mondella, A. Oliverio, Edizioni di Scientia, Milano, 1985. Il paradosso è stato enunciato da Antonio Coutinho.

- (6) CAMPBELL D.T., *Epistemologia evoluzionistica* (a cura di M. Stanzione), Armando, Roma, 1981; LORENZ K., *L'altra faccia dello specchio*, Adelphi, Milano, 1974; POPPER K.R., *Conoscenza oggettiva* (a cura di A. Rossi), Armando, Roma, 1975; POPPER K.R., *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna, 1985.
- (7) WIENER M., *La cibernetica*, Il Saggiatore, Milano, 1968.

- (8) MUSES C.A., «Il padre della cibernetica (Norbert Wiener, 26 novembre 1894-19 marzo 1964)», *La ricerca scientifica*, vol. 5, n. 1-3, 1965.
- (9) STANLEY-JONES D. e K., *The Kybernetics of Natural Systems*, Pergamon Press, Oxford, 1960 (con prefazione di N. Wiener); v. anche HAKEN H., *La sinergetica*, Boringhieri, Torino, 1983.
- (10) COWAN G.A., «Un reattore naturale a fissione», *Le scienze*, n. 99, 1976.
- (11) GRIFFIN D.R., «The Early History of Research in Echolocation», in *Animal Sonar Systems*, René-Guy Busnel and James F. Fish, Plenum Press, New York, 1980; DI TROCCHIO F., «Spallanzani, Jurine, Spadoni e Mangili: la scoperta del "radar naturale" dei pipistrelli», in *Lazzaro Spallanzani e la biologia del Settecento*, a cura di Giuseppe Montalenti e Paolo Rossi, Olschki, Firenze.
- (12) LONGO G.O., «Il sogno della macchina», in *Intelligenza artificiale*, Quaderni de Le scienze, n. 25, 1985.
- (13) POPPER K.R., «Natural Selection and the Emergence of Mind», *Dialectica*, vol. 32, n. 3-4, 1978; POPPER K.R., «Epistemologia evolutiva», *Paradigmi*, n. 4, 1984.
- (14) HOFSTADTER D.R., «Si può meccanizzare la creatività?», in *Intelligenza artificiale*, a cura di G.O. Longo, Quaderni de Le Scienze, n. 25, 1985; MICHIE D. e JOHNSTON R., *The Creative Computer*, Viking, London, 1984; HOFSTADTER D.R., *Gödel Escher, Bach: un'eterna ghirlanda brillante*, a cura di G. Trautteur, Adelphi, Milano, 1984; BRADSHAW G.F., LANGLEW P.W., SIMON H.A., «Studying Scientific Discovery by Computer Simulation», *Science*, vol. 222, n. 4627, 2 december 1983; NEWELL A., SHAW J.C., SIMON H.A., *I processi del pensiero creativo* (in questa antologia).
- (15) FOGEL L.J., OWENS A.J., WALSH M.J., *Artificial Intelligence through Simulate Evolution*, Wiley, New York, 1966.
- (16) LENAT D.B., «The Role of Heuristics in Learning by Discovery: Three Case Studies», *Machine Learning (an A.I. Approach)*, R.S. Michalski, J.G. Carbonell, T.M. Mitchell, TIOGA, Palo Alto, CA, 1983.
- (17) CONTINENZA B., CORDESCHI R., GAGLIASSO E., LUDOVICO A., STANZIONE M., *Evoluzione e modelli*, Editori Riuniti, Roma, 1984.
- (18) HOOKWAY C. (a cura di), «Minds, Machines and Evolution», Cambridge University Press, Cambridge, 1984; M. PIATTELLI PALMARINI, «The Rise of Selective Theories - a case study and some Lessons from Immunology», in *Language Learnability and Concept Acquisition*, a cura di A. Marras e W. Demopoulos, Ablex, Norwood, NJ, 1984; G. CIMINO, M.D. GRMEK, V. SOMENZI (a cura di), «La scoperta scientifica», Armando, Roma, 1984; V. SOMENZI, «Epistemologia, evoluzionismo e scoperta scientifica», in *Scienza e filosofia - saggi in onore di Ludovico Geymonat* (a cura di C. Mangione), Garzanti, Milano, 1985.