

# Appunti di intelligenza artificiale

Guida ad una antica questione e ad una nuova disciplina.

Poi Dio disse:  
«Facciamo l'uomo a nostra immagine  
e a nostra somiglianza»  
(Genesi I,26)

I lettori più affezionati ricorderanno che nel lontano 1983 questa rivista ha pubblicato un'ampia panoramica di Ernesto Hofmann sull'intelligenza artificiale, proseguita per dodici numeri e comprendente tutti i riferimenti storici, tecnici ed epistemologici necessari per muoversi all'interno della nuova disciplina. Oggi ci sembra utile tornare in modo organico sullo stesso tema, sia perché la natura di «consumo» di una rivista mensile rende irrilevante il rischio di eventuali ripetizioni, sia soprattutto per la grande attenzione che solo oggi l'Ia sta conquistando nel mondo culturale e produttivo italiano. Questi anni hanno conosciuto rivolgimenti teorici, in particolare per la nascita della prospettiva connessionistica e l'espansione del Prolog e delle logiche non-monotoniche; ma è il versante pratico e applicativo a risultare radicalmente mutato. Anche a prescindere dagli aspetti più

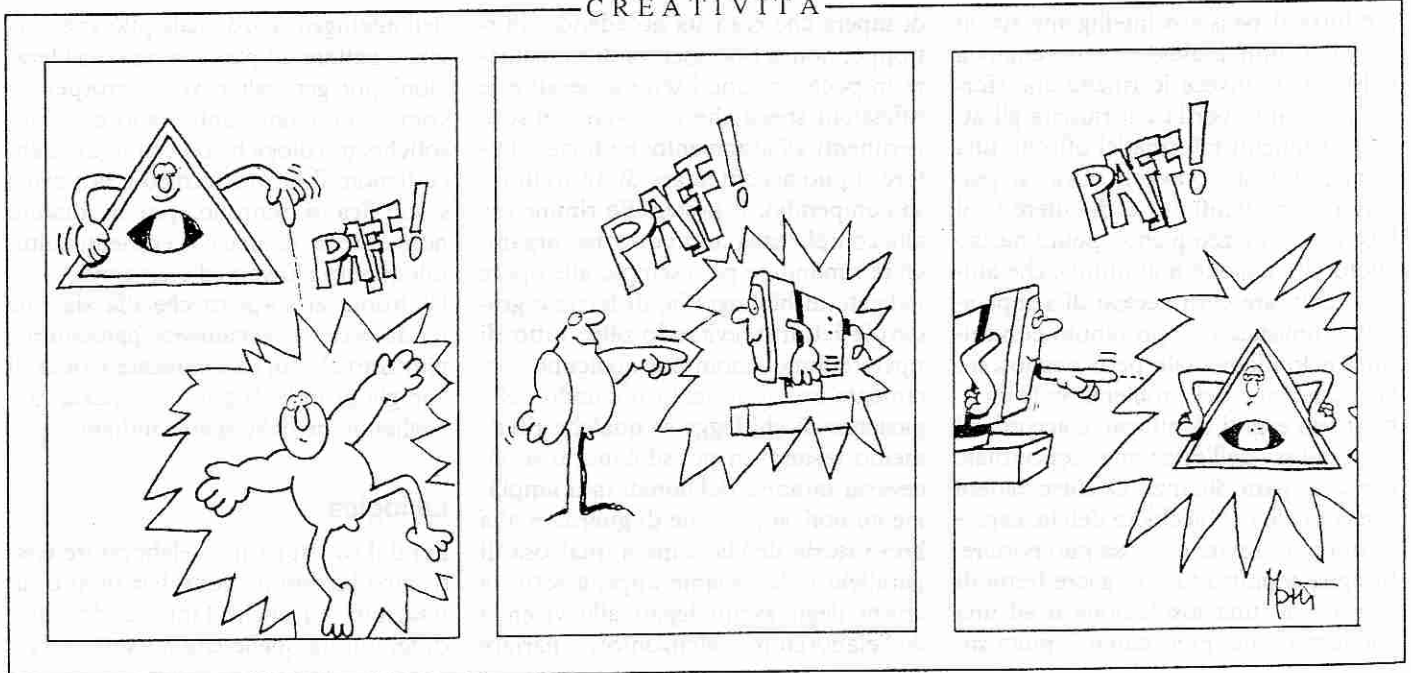
tecnologici, quali la robotica industriale e il riconoscimento visivo o vocale, gli stessi sistemi esperti conoscono una prima diffusione operativa, per esempio nel settore bancario e nella diagnostica medica e impiantistica. Risulta ormai indispensabile un aggiornamento puntuale del dibattito e delle acquisizioni dell'Ia, persino per chi voglia decidere (spirito di iniziativa e attendismo sono entrambi componenti essenziali di ogni libero mercato) di aspettare ancora un po' prima di introdurre in azienda o in ufficio uno strumento che modifica sensibilmente il rapporto del professionista col computer da scrivania.

## Due cuori e una capanna

L'intelligenza artificiale, che per un verso si può considerare la versione aggiornata del delirio d'onnipotenza e delle fantasie di partenogenesi che da sempre hanno popolato i sogni dell'umanità, è oggi anche il nome di una disciplina informatica agguerrita e a buon diritto predestinata, persino in

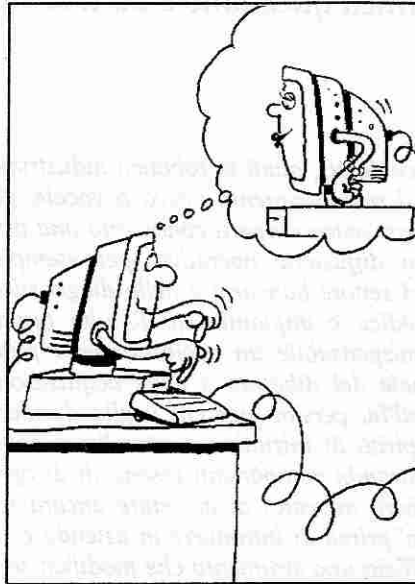
Italia, alla sua fetta di mercato. I due aspetti, cioè il proposito di riprodurre artificialmente la mente dell'uomo e il lavoro quotidiano intorno a programmi e prodotti almeno un poco «intelligenti», viaggiano spesso insieme, nel bene e nel male. La capacità di utilizzare in modo originale le risorse dell'e-laboratore elettronico rende l'antico sogno meno astratto e chimerico; nello stesso tempo, la riflessione a tutto tondo sulla meta finale inquadra e guida i tentativi provvisori lungo una linea evolutiva meno cieca ed episodica: e questo potrebbe dirsi il bene. D'altro canto, le difficoltà o i fallimenti di progetti specifici inducono a dubitare circa il senso dell'intero viaggio; le aporie filosofiche o le aversioni ideologiche per il mito della mente artificiale scoraggiano le ricerche e portano a sottovalutare gli stessi risultati parziali: e questo potrebbe chiamarsi il male. Anche a fronte di un interesse puramente tecnico, non è possibile perciò saltare a piè pari l'acceso confronto tra chi sostiene che comunque il tentativo di ri-

CREATIVITÀ



## Il test di Turing

Immaginiamo di giocare — suggerisce sornione Alan Turing nell'articolo «Computing machinery and intelligence», 1950 — il gioco dell'imitazione: un giudice deve capire se all'altro capo della telescrivente, per esempio nella stanza accanto, siede un uomo od una donna; attraverso i messaggi battuti sulla tastiera, il concorrente uomo cercherà di simulare la psicologia femminile ed ingannare così il giudice. Il soggetto di controllo, femminile, potrà a sua volta cercar di convincere con ogni mezzo (a telescrivente...) di essere lei la vera donna, ma naturalmente lo stesso potrà dichiarare l'uomo. Ora — continua Turing — mettiamo una macchina al posto dell'uomo ed un qualsiasi essere umano, uomo o donna non importa, al posto della donna: potrà la macchina continuare ad ingannare il giudice, simulando l'essere umano con lo stesso successo con cui l'uomo riusciva a simulare la donna? Diciamo, precisa Turing, fino a indurre un giudice medio ad un 70% di errore dopo 5 minuti di dialogo libero, su qualsiasi tema; segue un piccolo esempio, dove l'ipotetica macchina discetta di poetica, esita di fronte ad un piccolo calcolo e compie anche un banale errore di aritmetica. Ognuno vede come il problema di Turing sia di estrema attualità, in tempi di



Minitel e di messagerie erotiche via computer... L'ironia con cui, senza parere, l'emulazione della mente umana è accostata al travestitismo maschile giunge ad una formulazione di una ambiguità paradossale: se mai l'uomo riuscirà ad imitare con successo la psicologia femminile, si potrà dire pensante una macchina che con lo stesso successo riuscirà ad imitare l'uomo (ma attenzione, non sappiamo se e come l'uo-

mo se la sia cavata)! Aggiungiamo che Turing era omosessuale, che l'inganno è il gioco sociale più praticato e più temuto, che il dubbio sulla irriducibile natura spirituale della mente umana attraversa tutti i miti religiosi e tutti i sogni quotidiani di ciascuno di noi, ed abbiamo ragioni più che sufficienti per leggere in chiave assai originale l'accanto dibattito pro o contro le possibilità emulative del computer elettronico.

produrre il pensiero intelligente su un 'cervello' non biologico è destinato a fallire, e chi invece lo ritiene uno sforzo necessario, per la cui riuscita gli attuali strumenti informatici offrono una prima, storica occasione. Ora, si può continuare all'infinito a discutere se il bicchiere è mezzo pieno oppure mezzo vuoto: discussione non inutile, che aiuta a temprare certi eccessi di semplicismo ottimistico o di prevenuto pessimismo. È fondamentale però riconoscere la successione dei problemi, individuare alcuni eventi significativi, accordarsi sui confini dell'orizzonte concettuale che ci si para dinanzi. Occorre vedere che cosa c'è nel bicchiere dell'Ia, capire a cosa può servire e a cosa può portare. Bisogna soprattutto non avere fretta di arrivare ad una assoluzione o ad una condanna, ma preoccuparsi piuttosto

di sapere che cosa sta accadendo. Purtroppo, non si può sperare di riassumere in poche pagine i temi generali e le riflessioni specifiche in diversa misura pertinenti all'argomento; né forse il lettore si può accontentare di un frettoloso compendio. È preferibile rinunciare alla completezza di un discorso organico (e rimandare per esempio alle opere indicate in bibliografia, di facile e gradevole lettura), evitando oltre tutto di ripetere annotazioni per qualcuno certamente ormai ovvie. Confidando nella pazienza di chi legge se qualche riferimento resterà un po' sibillino, o se viceversa saranno richiamati fatti ampiamente noti, si propone di guardare alla breve storia dell'Ia come a qualcosa di parallelo e di costante appena sotto la crosta degli eventi legati alle vicende dell'elaboratore elettronico; parlare

dell'intelligenza artificiale può anzi servire a gettare un ponte verso considerazioni più generali e verso prospettive comunque interessanti, siano esse filosofiche, psicologiche o persino di scienze fiction. Il lavoro tecnico e la ricerca scientifica si nutrono, più di quanto non si creda, di idee e riferimenti culturali quanto più vari ed eterogenei. Di fronte al sospetto che l'Ia sia una moda recente, vagamente parassitaria, piuttosto che un'idea radicata e ricca di energie proprie, si può cominciare raccogliendo qualche sparso indizio.

### La logica

Fin dal suo apparire, l'elaboratore elettronico ha destato considerazioni e valutazioni, ed anche fantasie, del tutto differenti da quelle che possono sorgere

re di fronte ad altre diavolerie della tecnica moderna, come un acceleratore di particelle, un missile interplanetario o uno stabilimento petrolchimico. Il fatto è che l'elaboratore si basa, fin nei suoi più intimi dispositivi, sulla logica booleana, nata per rappresentare le relazioni di verità e falsità tra proposizioni elementari e loro combinazioni (negazioni, alternative, implicazioni ecc.). George Boole, che oggi consideriamo l'inventore della logica binaria e del relativo calcolo formale, riteneva in realtà di aver espresso le «leggi del pensiero» («An investigation of the laws of thought» è infatti il titolo del suo lavoro fondamentale, del 1854); da Aristotele a Boole fino alle soglie del nostro secolo le regole della logica non sono affatto una possibile convenzione formale, ma esprimono la natura più profonda e più affidabile del nostro intelletto, della nostra mente cosciente. Il tecnico può ben ribadire che nella cpu dell'elaboratore la logica binaria è un semplice espediente per eseguire somme e sottrazioni in duale, e non per ragionare; ciò nonostante, l'associazione con i «valori di verità» e con le tabelle vero-falso è comunque immediata.

## Turing

Così come Lady Lovelace aveva intuito le potenzialità dell'attività di programmazione dai soli schemi incompleti e parziali della «macchina analitica» di Babbage, anche i primi pionieri del computer erano ben consapevoli di lavorare ad uno strumento che prometteva una evoluzione portentosa. Alan Turing nel '37 definì una macchina teorica estremamente elementare (macchina di Turing) e dimostrò che poteva compiere qualsiasi elaborazione, di qualsivoglia complessità, che anche un elaboratore digitale potesse effettuare; tutte le macchine di Turing sono equivalenti, e tutti i calcolatori digitali, ovvero tutte le macchine che operano in sequenze programmate (macchine di von Neumann) sono equivalenti ad una opportuna macchina di Turing e quindi sono fra loro equivalenti (questo, andatelo a spiegare a chi cerca di far girare Windows 3.0

su un 8086...). In linea di principio, un computer opportunamente programmato, compreso quello che abbiamo sulla scrivania, può realizzare qualsiasi compito che prima o poi un computer digitale riuscirà a svolgere: sta a noi definire il programma necessario (elementare, Watson!).

Turing non è un logico puro, per quanto geniale. Durante la II guerra mondiale partecipa per conto del governo inglese alla progettazione del computer Colossus, definendo in particolare un programma per decrittare il meccanismo di «Enigma», il codificatore usato per i messaggi segreti della Luftwaffe. Sembra che il successo del progetto abbia influito notevolmente sulle vicende belliche, al punto che nel dopoguerra l'intera operazione «Ultra» fu sottoposta a segreto militare, i tecnici dispersi e Turing guardato a vista dal controspionaggio di diverse nazioni (gettando un'ombra sul suo presunto suicidio, nel 1954). Eppure, per Turing l'elaboratore è soprattutto, potenzialmente, una macchina per simulare processi mentali, per riprodurre la capacità linguistica e il pensiero umano. In un saggio ironico e brillante del 1950, Turing propone le condizioni del suo famoso test per stabilire se e quando un computer potrà dirsi pensante, aggiungendo una serie di riflessioni e controdeduzioni che ancora oggi si possono considerare il più sensato corollario alla domanda: può una macchina pensare?

## Cervello elettronico

Contrariamente a quanto si potrebbe supporre, l'interpretazione «forte» dell'elaboratore elettronico come (rozza) imitazione di funzioni cerebrali intelligenti è stata al centro delle prime discussioni tra ricercatori e progettisti, e solo successivamente ha trovato eco nella letteratura, nella stampa e nell'immaginario collettivo. La metafora del «cervello elettronico» ha trovato un unico vero oppositore: il mercato stesso dei computer. Durante il primo boom dei grossi centri di calcolo i commerciali riferivano allarmati che i dirigenti di enti e aziende non volevano sentir parlare di cervelli e di intelligen-

ze, ma preferivano essere assicurati che ciò che acquistavano non erano altro che grosse e veloci calcolatrici, delle tranquille solide macchine come tutte le altre che sferragliavano e marciavano senza stancarsi nei reparti di produzione. Le campagne rientrarono, i pubblicitari aggiustarono il tiro, e ben presto persino il nome «cervello elettronico» subì una rimozione radicale, finendo tra le parole interdette e quasi indecenti. L'evoluzione dell'elaboratore elettronico ne fu profondamente segnata, fino a cancellare ai nostri occhi le prospettive e le condizioni stesse delle sue origini.

## Le curiose motivazioni dei primi «informatici»

Per quanto nei primi anni '40 la nascita del computer fosse direttamente connessa allo sforzo bellico e potesse contare su finanziamenti militari virtualmente illimitati, fu giocoforza utilizzare gli scienziati e gli specialisti già formati, che erano giunti alle loro competenze specifiche seguendo percorsi del tutto individuali. Turing, abbiamo detto, si interessava ai paradossi logici e al calcolo proposizionale, e aveva il gusto della crittografia; come Edgar Allan Poe, amava sostenere che per qualunque crittogramma e algoritmo di codifica comunque complicato, è sempre possibile scoprire, con un po' di acume e di metodo, il significato in chiaro: perciò fu utilizzato per decifrare i messaggi del nemico.

Norbert Wiener aveva studiato logica con Bertrand Russell e poi in Germania con David Hilbert; quando nel 1920 andò al dipartimento di matematica del Massachusetts Institute of Technology si orientò decisamente verso ricerche interdisciplinari, appassionandosi alle analogie tra i dispositivi elettronici e quelli biologici. Il progetto che sottopose all'ingegnere Vannevar Bush riguardante un calcolatore digitale general purpose con capacità di prendere decisioni logiche e di memorizzare i dati conteneva per Wiener «tutte idee interessanti in relazione allo studio del sistema nervoso». Lavorando con Bigelow a un programma per

dirigere l'artiglieria contraerea, richiese la collaborazione del fisiologo Arturo Rosenblueth per studiare i meccanismi di retroazione del corpo umano; l'articolo che uscì nel 1943 in «Philosophy of Science», intitolato «Comportamento, fine e teleologia», era nelle loro intenzioni il manifesto di fondazione di una nuova disciplina, la cibernetica.

John von Neumann, chiamato a partecipare al progetto militare «Manhattan» in quanto matematico e fisico, era attratto dalla possibilità di realizzare calcoli ad alta velocità, indispensabili per la scienza moderna. Quando si trovò a dar corpo alla sua idea più originale, cioè il controllo della elaborazione mediante programmi caricati in memoria con indirizzamento relativo (il che aprì la via al concetto di sistema operativo, di assembler e di compilatore), usò esplicitamente metafore di tipo fisiologico, come «memoria», «organi di controllo», unità di ingresso e di uscita assimilabili a «neuroni sensori o afferenti» e a «neuroni motori o efferenti».

Anche l'ingegnere tedesco Konrad Zuse aveva realizzato alcune pionieristiche macchine digitali solo per svolgere più rapidamente i calcoli che gli erano necessari, ma le applicò ben presto a temi più generali, come il gioco degli scacchi e la soluzione di rompicapi logici. Non fu però preso sul serio dal governo tedesco e fu anzi chiamato sotto le armi; le sue macchine andarono distrutte nel bombardamento di Berlino. Nondimeno, nel '45 Zuse aveva elaborato un vero e proprio linguaggio di programmazione simbolica e aveva riflettuto sulla possibilità di riprodurre una mente artificiale, ma la messa al bando di ogni ricerca di elettronica nella Germania sconfitta gli impedì di tenere il passo con l'evoluzione in corso oltre oceano.

In quasi tutti i casi, insomma, gli interessi scientifici e culturali dei ricercatori non solo ebbero un peso decisivo nel loro coinvolgimento sul terreno dell'elaborazione automatica, ma ruotavano invariabilmente intorno ai problemi psicologici e logici del pensiero artificiale. Per quanto mal tollerata dall'industria del computer, tale impostazio-

ne teorica finì per lasciare il segno sulla stessa espansione commerciale dell'elaboratore elettronico. Arthur Samuel, esperto di valvole elettroniche, era affascinato dall'idea di costruire un computer su cui poter sviluppare un programma efficiente nel gioco della dama. Assunto all'Ibm per perfezionare la tecnologia delle valvole ioniche, riuscì a passare al gruppo che progettò il primo 701; al momento delle prove, l'unico programma abbastanza complesso da risultare efficace nel test completo della nuova macchina risultò essere il suo software sul gioco della dama. «A dire il vero — confessa Samuel — l'Ibm

non vide mai di buon occhio che lavorassi su quel programma, perché sapeva troppo di macchine pensanti, eccetera, e voleva fugare ogni timore che la gente aveva che le macchine potessero avere il sopravvento sugli uomini e cose del genere. Ma come mezzo per colaudare le macchine era un ottimo programma, perché era molto complicato e lo si poteva far girare a lungo e c'era il modo di controllare se tutto funzionava correttamente oppure se qualcosa non funzionava. Così continuavo. Ma non fu mai il mio lavoro principale; fu sempre una cosa soltanto tollerata» (McCorduck, pag. 179). C'è da segnala-

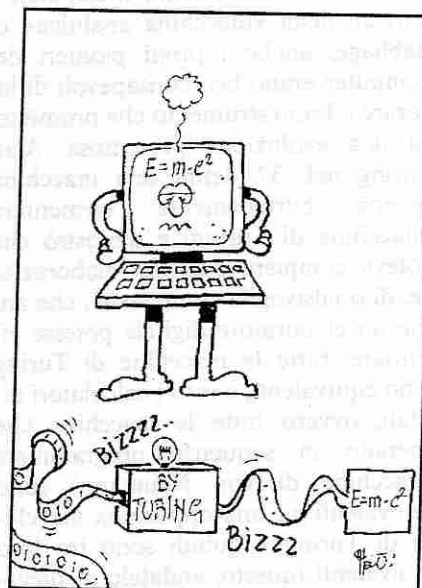
## Macchine di Turing

Una macchina di Turing è un dispositivo automatico molto semplice, in grado di leggere una casella alla volta su un supporto sequenziale, per esempio un nastro di carta con un numero predefinito di simboli (nel caso più banale, zeri e uni), dispositivo dotato di uno «stato interno» (tra un numero predefinito di stati) e capace di interpretare semplici istruzioni che, a seconda dello stato interno e del simbolo presente nel lettore:

- 1) modifichino lo stato interno;
- 2) imprimano un nuovo simbolo, o il medesimo, sul nastro;
- 3) spostino il nastro di una casella a destra o a sinistra;
- 4) in alternativa, blocchino la macchina (condizione di Stop).

Probabilmente nessuno ha mai costruito una macchina di Turing, che del resto è molto facile da emulare su computer; l'interesse è teorico, per il fatto che qualsiasi algoritmo simbolico, data una tabella di trascodifica dei simboli nel set disponibile sulla macchina, può essere programmato e pedissequamente eseguito dal patetico apparecchietto. Più che di una dimostrazione, si tratta di una definizione: Turing propone di intendere per funzioni finitamente computabili quelle appunto calcolabili dalle sue «macchinette». È opinione accettata che tale definizione, per quanto a prima vista inverosimile, sia del tutto adeguata. Inoltre, alcune determinate macchine di Turing sono universali, sono cioè in grado di simulare qualsiasi altra macchina di Turing.

Poiché qualunque programma di computer è eseguibile su una opportuna macchina di Turing, una macchina universale è equivalente (dato un nastro sufficientemente lungo) a qualsiasi dispositivo di calcolo e a qualunque computer pensabile o progettabile. Curiosamente, poiché sono soltanto interpreti di dispositivi elementari, le macchine universali hanno programmi relativamente semplici (la macchina simulata è rappresentata dai simboli presenti sul nastro alla partenza): a tutt'oggi, la macchina universale di Turing più semplice è stata definita da Minsky attraverso una matrice di 28 istruzioni, una per ogni combinazione dei 4 simboli e dei 7 stati interni previsti.



re un particolare assai curioso. Il programma di Samuel si basa su una rappresentazione delle posizioni sulla scacchiera che richiede 36 bit di informazione; tutta l'efficienza del programma è dovuta a tale impostazione schematica. Ebbene, l'Ibm 701 aveva una cpu a 36 bit, struttura mantenuta nel 704 e sostituita dal più logico 32 bit solo nei modelli successivi, quando Samuel non era più all'Ibm.

### La vittoria del mercato

Naturalmente, ben presto l'industria del computer acquisì una capacità autonoma di formare tecnici e programmatori e non fu più condizionata dalle 'manie' di ricercatori indipendenti. La massiccia richiesta di memoria e di velocità, che più facilmente si traducono in termini di aumento produttivo, innescò una crescita essenzialmente quantitativa delle capacità della macchina di von Neumann. Descrivere e realizzare computer che non fossero nient'altro che idioti ad alta velocità, come anche la volgarizzazione dell'idea che «la macchina può fare solo ciò che le diciamo di fare», furono il frutto di una strategia di vendite e di una espansione passiva del mercato. Persino il concetto che si ha della programmazione come

### BIBLIOGRAFIA

#### Opere di panoramica generale

Pamela McCorduck - *Storia dell'intelligenza artificiale*, Muzzio 1987

Bertram Raphael - *Il computer che pensa*, Muzzio 1986

Elaine Rich - *Intelligenza artificiale*, McGraw-Hill 1986

Piero Scaruffi - *L'intelligenza artificiale*, Muzzio 1987

semplice attività normativa e imperativa sulla macchina (io comando e il computer obbedisce) contrasta con la reale esperienza di un programmatore impegnato nel debugging di una qualsiasi procedura gestionale; eppure tali modi di pensare si impongono quali schemi universali entro cui collocare le potenzialità dell'elaborazione automatica. Non si può comprendere la portata di eventi discordanti che cominciano ad emergere nelle pieghe di uno schema produttivo non più così monolitico senza liberarsi dei preconcetti che tale schema reca con sé. Scienza e tecnica non vivono uno sviluppo logico e autodeterminato, ma assecondano strettamente le esigenze del mercato, della produzione e della politica economica; il computer come ci appare oggi potrebbe avere poco a che vedere con le sue potenzialità rispetto a compiti meno ripetitivi e più creativi.

### La sfida dell'intelligenza artificiale

In questo contesto, si spiega come la sfida dell'intelligenza artificiale sia avvertita in primo luogo dal corpo dell'informatica tradizionale. Occorrerà allora rimuovere o sospendere i pregiudizi più radicati; solo a questo punto si potranno delineare meglio le realizzazioni e le aspettative di questa nuova interpretazione della computer science, per arrivare infine ad un giudizio più equilibrato sulle sue stesse possibilità applicative e commerciali.

Il prossimo intervento riguarderà le tappe più significative dell'Ia classica, impegnata nella rappresentazione simbolica e nelle strategie di soluzione di problemi, nell'ambito del cosiddetto «cognitivismo». L'articolo successivo sarà invece dedicato al connessionismo, da qualcuno radicalmente contrapposto all'Ia e comunque fortemente divergente dalla sua impostazione tradizionale. Una ulteriore puntata ri-prenderà le motivazioni principali pro e contro le aspirazioni di fondo dell'Ia, mentre l'intervento finale si focalizzerà sulle applicazioni commerciali più diffuse, in particolare sui sistemi esperti e sulla loro effettiva portata. ■

Luciano Bazzocchi

(1 - continua)

### Le copiatrici full-color

(segue di pag. 69)

è la Agfa, che punta la sua strategia di lancio sulla sorpresa, rimandando l'appuntamento con gli interessati allo Smau. E sarà proprio allo Smau che 'ne vedremo delle belle', poiché si

potrà toccare con mano, o quasi, ciò che ora può apparire in parte teoria. Chi si sentirà incuriosito, interessato o chi pensa di aver trovato ciò che stava cercando, avrà modo di verificare e soddisfare le proprie esigenze di persona. Di una cosa c'è comunque certezza, e cioè che le nuove fotocopiatrici full-color sono la palese testimonianza che il colore non ha solo una funzione estetica a se stante, non è solo l'inevita-

bile dipendenza psicologica ad una tecnologia che ci ha abituati ad una visione policroma della vita, ma ha una elevata funzionalità, ha un utilizzo camaleontico e, se ben ponderato, ha senza dubbio un vantaggio in termini di business. Quindi a tutti un augurio per un mondo a colori. In tutte le accezioni del termine. ■

Paola Mandirola

office automation 87