ENCICLOPEDIA DI ELETTRONICA & INFORMATICA

Compendiare in una sola frase ciò che differenzia E.I. da tutte le altre enciclopedie non è facile. Anche perchè non esistono opere che possano servire da paragone: non ne sono mai state fatte.
A parte ciò, per parlare di E.I., per capire perchè si tratti di un'opera diversa, dobbiamo prima intenderci sul termine enciclopedia.
Di solito, un'enciclopedia consiste in un cumulo di nozioni che compendiano le esperienze avvenute nel passato nei vari campi dello scibile umano.
E.I., invece, sarà per buona parte la sintesi di quanto ci attende nel futuro.
Non è, quindi, l'opera adatta a chi cerca un "monumento" alla scienza. Bensì si indirizza a chi vuole vivere da protagonista i cambiamenti che l'elettronica e l'informatica stanno rapidamente introducendo, giorno dopo giorno, nel nostro modo di esistere e di pensare.
Proprio per adeguarsi allo stile e alla personalità di questo tipo di lettore E.I. è stata pensata e realizzata come un'opera viva e dinamica, uno strumento indispensabile di conoscenza e di lavoro. Non per niente nasce dall'incredibile know-how della Texas Instruments, l'industria che, forse più di ogni altra, ha innovato con le sue scoperte il mondo dell'informatica.
È infatti in collaborazione con il suo Learning Center (l'Organizzazione Texas Instruments specializzata in documentazione e addestramento avanzato) che il Gruppo Editoriale Jackson - la Casa Editrice leader in Italia nel settore dell'elettronica e dell'informatica - ha impostato questo grande e unico progetto editoriale, dando forma a un tesoro di conoscenze tecnologiche capace di aprirti le porte del micro-millennio.
Ma, al di là delle parole, è nei fatti che E.I. va giudicata e leggendola ti convincerai che si tratta davvero di un'opera diversa, di un'enciclopedia che affonda le sue radici nel futuro. Nel tuo futuro.

ENCICLOPEDIA
DI ELETTRONICA
& INFORMATICA

Informatica e Società

GRUPPO EDITORIALE JACKSON

in collaborazione con il Learning Center TEXAS INSTRUMENTS

Direttore Responsabile
Giampietro Zanga

Direttore e Coordinatore editoriale
Roberto Pancaldi

Direttore scientifico
Mauro Salvemini

Comitato Tecnico-Scientifico
Roberto Taranto (*Il computer e l'elettronica nella casa*)
Giulio Occhini (*L'informatica nel lavoro d'ufficio*)
Guido Baggiani-Michela Mollia (*Il computer e l'elettronica nella musica*)
Marco Somalvico (*L'intelligenza artificiale*)
Giorgio Olimpo-E. Sassi (*Computer e istruzione*)
Marcello Fulchignoni-Italo Mazzinelli (*Il computer e la scienza*)
Franco Foresta Martin (*Il computer e la vita di ogni giorno*)
Riccardo Glücksmann (*Il computer e il mercato delle informazioni*)
Vincenzo Tagliasco (*Il computer e la medicina*)
Mauro Salvemini (*Computer grafica - Le figure dell'informatica*)
Anna Cuzzer (*La paura del calcolatore*)
Rodolfo Fiorini (*Il computer e l'elettronica nella produzione*)
Francesco Battisti (*Verso una società telematica*)
Gianni Giaccaglini (*I nuovi orizzonti della microinformatica*)

Supporto Editoriale e Iconografico
Learning Center Texas Instruments

Segretaria di Redazione
Renata Rossi

Progetto Grafico
Enrico Paoletti - Studio Team 3

Grafica e Impaginazione
Marta Menegardo

Gruppo Editoriale Jackson
Direzione Editoriale
Giampietro Zanga e Paolo Reina

Si ringraziano le seguenti aziende per la collaborazione alla realizzazione dell'opera:

Calcomp • Celdis • Comprel • Data General • Datel Intersil • Fairchild • GBC Italiana • Honeywell • IBM • Iret • ITT • Mostek • Motorola • National Semiconductor • NEC • Neohm • Olivetti • Philips • Rank Xerox •Saico • SGS • Siemens • Tektronix • Telemecanique • Thomson-CSF • Sperry-Univac • Veglia Borletti.

Foto illustrazioni e disegni, salvo diversa specificazione, sono tratti dall'archivio Texas Instruments, e restano di proprietà Texas Instruments.

Indice Informatica e Società

Prefazione 3

1 Il computer e l'elettronica nella casa 4
(Roberto Taranto)
Che funzioni svolgono i prodotti elettronici nella casa di oggi 4
L'elettronica per il tempo libero e l'informazione .. 5
Il televisore come terminale 7
Non c'è solo il televisore a divertire in casa 8
Gli elaboratori personali entrano in casa 8
Il telefono si arricchisce di nuovi mezzi 9
Una casa cablata: sicurezza, risparmio, comfort ... 10

2 L'informatica nel lavoro di ufficio 11
(Giulio Occhini)
Le ragioni dell'automazione 11
Il costo del trattamento informazioni 13
La situazione nelle aziende metalmeccaniche e finanziarie 13
L'esplosione delle esigenze informative 14
Il problema della produttività e degli investimenti . 15
Dove investire 16
Funzioni e attività 18
Alternative di automazione 18
Cosa è l'automazione di ufficio 19
Strategie di intervento 21
Modelli di valutazione dell'intervento 25
Il risultato di alcune esperienze 27
Conclusioni 27

3 Il computer e l'elettronica nella musica 29
(Guido Baggiani - Michela Mollia)
L'oscillazione sinusoidale 30
Concetti basilari di produzione e trasformazione dei segnali 33
L'elaboratore e sue utilizzazioni musicali 34
Introduzione alla sintesi digitale del suono 37

4 L'intelligenza artificiale 43
(Marco Somalvico)
L'intelligenza artificiale 44
I temi centrali 45
Ragionamento comune, deduzione e risoluzione di problemi 45
Risoluzione di rompicapi 46
Rompicapo della Torre di Hanoi 47
Rompicapo dei Missionari e dei cannibali 47
Concetti relativi alla risoluzione di problemi 47
Sistemi di domanda-risposta 48
Principio di Risoluzione di Robinson 48
Ragionamento comune 49
Modello e rappresentazione della conoscenza 50
Ricerca euristica 53
Sistemi di programmazione e linguaggi dell'intelligenza artificiale 54

5 Computer e istruzione 55
(Giorgio Olimpo - E. Sassi)
Insegnamento dell'Informatica 55
Informatica nell'insegnamento di altre discipline .. 56
Uso del calcolatore come strumento didattico 57
Uso del calcolatore nella gestione della didattica 57
AED - Applicazioni degli Elaboratori nella didattica 59
Le innovazioni introdotte dal computer nella didattica 61
Le tecnologie del futuro 64
Vantaggi e pericoli del calcolatore come strumento didattico 66

6 Il computer e la scienza 68
(Marcello Fulchignoni - Italo Mazzitelli)
Il progresso e il computer 68
Dall'àbaco agli elaboratori 69
Il computer e la scienza 71
L'elaboratore, amplificatore di intelligenza 72
Come l'informatica influenza la scienza: esempi di applicazione 72
Come la scienza influenza l'informatica 75

7 Il computer e la vita di ogni giorno 77
(Franco Foresta Martin)
Verso l'informatica di massa 77
La diffusione dei computer 78
Computer e telecomunicazioni 79
Computer e automazione 83
Le prospettive future 83

8 Il computer e il mercato delle informazioni .. 85
(Riccardo Glücksmann)
Che cos'è una "banca dati" 86
I cinque protagonisti del mercato 87
Come scegliere ciò che serve 91
Come si chiedono le informazioni 92
Disponibilità e costi delle banche dati 93
Scenario economico-sociale di sviluppo delle banche dati 94
Un'applicazione nella gestione del credito 96

9 Il computer e la medicina 97
(Vincenzo Tagliasco)
Tecnologie biomediche 98
Informatica sanitaria 101
Strumentazione biomedica 102
Automazione del laboratorio di analisi 102
Immagini in medicina 104
Tomografia assistita dal calcolatore 107
Risonanza magnetica nucleare 108
Modelli sistematici 110
Sistemi esperti 111

10 Computer grafica 114
(Mauro Salvemini)
I campi di applicazione della computer grafica 114
Le stazioni grafiche interattive 118
I dispositivi di input 120
I dispositivi di output 121
Computer grafica in architettura e urbanistica 122
Business graphics - Grafica degli affari 124
Videodisco e computer grafica 125
Computer Art - Arte con il computer 126
Glossario 128

11 La paura del calcolatore 130
(Anna Cuzzer)
I problemi della privacy 131
Il passaggio transfrontiera dei dati 132
L'informatica e la legge 135
La vulnerabilità della società 137

12 Il computer e l'elettronica nella produzione . 139
(Rodolfo Fiorini)
Tipi di produzione 139
La produzione di componenti meccanici 140
Linea di trasferimento (transfer) 141
Macchine a controllo numerico (CN) 142
Evoluzione del controllo numerico 143

Robot 145
Attuali problemi produttivi e soluzioni 146
CAD (Computer Aided Design) 147
Sistemi CAD: hardware 148
Sistemi CAD: software 149
CAM (Computer Aided Manufacturing) 150
Sistemi CAM: hardware 151
Sistemi CAM: software 153
CAT (Computer Aided Testing) 153
Sistema flessibile di produzione (FSM) 155
CAE (Computer Aided Engineering) 157

13 Verso una società telematica 159
(Francesco Battisti)
L'utopia telematica 159
Informazione e conoscenza 161
L'evoluzione dei sistemi amministrativi nelle aziende private 163
L'informatica nell'amministrazione pubblica 166

14 I nuovi orizzonti della microinformatica 171
(Gianni Giaccaglini)
Una (possibile) rivoluzione culturale 172
1984: da Orwell a J.J. Servan - Schreiber 174
Anatomia del personal computer 176
Un sistema aperto al dialogo uomo-macchina 178
Le fasce: dall'hobby alla workstation 180
Il personal software: una miniera 183
VisiCalc, WordStar, dBase II 185
Qualche (timida) conclusione 186
I parametri possibili di una non facile scelta 187
Nella giungla dei microsistemi 188
Attenti al software 189

15 Le figure dell'informatica 191
(Mauro Salvemini)
Il mondo del lavoro e l'informatizzazione della Società 193
Il professionista ed il sistema esperto. Quale rapporto? 201

Bibliografia

— P. Sylos Labini
Saggio sulle classi sociali
Laterza

— S. Nora, A. Minc
L'informatisation de la societé, Annexe tome 1: Nouvelle informatique et nouvelle croissance
La Documentation Française

— G. Dorget
Le coût du systéme d'information de l'enterprise
Istitut d'Informatique IBM

— B. Spataro
L'elaborazione elettronica nell'industria manifatturiera italiana
Quaderni di Informatica

— G. Occhini
Redditività economica e aspetti organizzativi nelle applicazioni informatiche
Quaderni di Informatica

— Issues in implementing office automation
International Data Corporation

— J. M. Bair
Communication in office of the future: where the real payoff may be
Stanford Research Institute International

— A Bork
Learning with computers
Digital Press

— E. D. Tagg
Computers in education
North Holland

— H. F. O'Neil
Computer Based Instruction - Astate of art assessment
Academic Press

— E. Pentiraro
A scuola con il computer
Laterza

— AA.VV.
Guida alle banche dati - Espansione/Zerouno
Mondadori Editore

— T. M. Lazzari
Telematica e basi di dati nei servizi bibliotecari
La Nuova Italia

— R. Glücksmann
Telematica - Situazione e prospettive in Italia e nel mondo
Gruppo Editoriale Jackson

— AA.VV.
Ricerca di mercato delle banche dati on line
Input

— AA.VV.
La rivoluzione informatica - Dossier 5
Rosenberg & Sellier

— Yomezi Masuda
The information society
IIS Tokyo

— R. D. Parslow
Technology - A threat to Democracy
Computer and Society

— S. Rodotà
Relazione presentata alla Conference on problems relating to the development and application of legislation on data protection
Council of Europe in corso di pubblicazione presso la Camera dei Deputati

— Camera dei Deputati
Banche dati e tutela della persona
Servizio per la Documentazione automatica 2

— Alain Madel
Lex Flux Transfronteres des donnes
La Documentation Française

— Pietro Varvello
Verso una nuova politica "coloniale"
Informatica '70

— Albert Glowinski
Telecomunicazioni Obiettivo 2000
Marsilio Editori

— Camera dei Deputati
Reati e misure di sicurezza in materia di elaboratori
Notiziario di Informatica

— G. M. Ranson
Group Technology
Mc Graw Hill

— J. Harrington
Computer Integrated Manufacturing
Industrial Press Inc.

— C. C. Gallagher, W. A. Knight
Group Technology
Butterworths

— L. A. Leventhal
Introduction to microprocessors: software, hardware, programming
Prentice Hall

— A. Brandolese, M. Garetti
Processi produttivi. Criteri di scelta e programmazione
Clup

— F. S. Demyanyuk
The technological principles of flow line and automated production
Pergamon Press

— W. V. Tipping
An introduction to mechanical Assembling
Business Book

— Sangiorgio Macs
Informazioni sul controllo numerico

— D. Jackson
NC programming
American Machinist

— J. F. Engleberger
Robotics in practice
Kogan Page and Avebury Publishing Company

— H. Skoog
Industrial robots in advanced production systems
Atti del 10° ISIR/5° CIRT

— A. Rovetta
Caratteristiche funzionali del comando sonoro del controllo di robot,
Tecniche dell'Automazione e Robotica

— Copics sistema informativo per la pianificazione ed il controllo della produzione in tempo reale
IBM Italia

— UNIS
Sistema integrato per il controllo della produzione e dei materiali
Sperry Univac

— TNO
An introduction to miclass
Apeldoorn

— M. P. Groover
Automation production systems and computer-aided manufacturing
Prentice Hall

— D. C. Allen
CAD/CAM Tools, Techniques, and Training

— R. Bourke
Surveying the software manufacturing resource planning survey
Datamation

— T. G. Gunn
Computer applications in manufacturing
Industrial Press

— G. H. Shaffer
Implementing CIM
American Machinist

— M. Weck, K. Zenner, Y. Tuchelmann, D. Zuhcke
Concept of integrated data processing in computer controlled
Manufacturing Systems (FMS)

— J. Jablonowsky
Aiming for flexibility
American Machinist

— Comau
Sistemi flessibili di lavorazione, esperienze e risultati del COMAU
ATA

— Flexible manufacturing systems
Proceedings of the 1st International Conference

— T. J. Gregory
Computerized Preliminary design at the early stages of vehicle definition
AGARD Conference Proceedings

— D. D. Meyer
Delelopment of integrated programs for aerospace-vehicle design (IPAD)
Reference design process
Nasa CR-2981

— J. W. Lancaster, B. D. Bailey Naval Airship Program
For sizing and performance (Nasap)
Journal of Aircraft

— A. L. Elias
An ad hoc method for estimating the unit cost of aerospace software
Flight Transportation Laboratory Technical Memorandum (82-3)

— James Martin
The telematic society: A challenge for tomorrow
Prentice Hall

— D. N. Chorafas
Il computer addomesticato
Franco Angeli

— C. Marenco, J. Urvoy
Les ordinateurs dans la societé
Franco Angeli

— C. Ciborra e P. Maggiolini
Informatica e pubblica amministrazione: ricerche e indirizzi di indagine
Franco Angeli

— AA.VV.
Informatica e organizzazione
Franco Angeli, Milano

— G. Bracchi, A. De Maio et al.
L'automazione nella pubblica amministrazione locale in Italia

— Daniel Bell
The social framework of the information society

— Tom Forester, Basil Blackwell
The Microelectronics revolution: the complete guide to the new technology and its impact on society

— R. Zermeno, R. Moseley ed E. Braun
The robots are coming-slowly

— K. R. Brown, Shoichi Akazawa
The scope of the Japanese information industry in the 1980s
The Challenges of information technology
North Holland Publishing Co

— Vincent E. Giuliano
The mechanization of office work

In un numero speciale di "Science" settembre 1982
Riviste Datamation, Futures, Uomini e Computer Come, Informatica e diritto ed Informatica e documentazione

— Albert Glowinsky
Telecomunicazioni obiettivo 2000 - Sarin
Marsilio Editore

— James Gleick
Exploring the labytinth of the mind - The New York Time Magazine

— Yves Ages
L'impact social et culturel des nouveaux medias
(Le Monde)

— Castagni Nicoletta
Dal Telefono alla telematica
L'Editore

— James Martin
Telematic society
Prentice Hall, Inc.

Enciclopedia di Elettronica e Informatica
Prima Edizione 1983
© Copyright Gruppo Editoriale Jackson
Via Rosellini, 12 - 20124 Milano
Stampa: Reweba-Brescia
Autorizzazione alla pubblicazione Tribunale di
Milano N° 454 del 27/11/82

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo volume può essere riprodotta, memorizzata in sistemi di archivio o trasmessa in qualsiasi forma o mezzo (elettronico, meccanico, fotocopia, registrazione o altri) senza la previa autorizzazione scritta dell'Editore.

PREFAZIONE

La tecnologia, nello sviluppo della società, ha subito una notevole trasformazione passando da una di tipo artigiano operante su materie prime, ad una tecnologia delle macchine supportata dal capitale finanziario, per arrivare nella società postindustriale ad una tecnologia di tipo intellettuale supportata dalla risorsa della conoscenza.

L'artigiano ed il contadino della società preindustriale abituati ad operare con il comune buon senso basandosi sulla esperienza di generazioni ed andando avanti provando e riprovando con un netto orientamento al passato e solamente al passato, sono stati sostituiti nella società industriale dal tecnico, e dall'operaio specializzato che agisce in maniera empirica sperimentando e traendo dalla sperimentazione quelle correzioni ed adattamenti che gli permettono di progettare un futuro sempre più rispondente alle necessità della società.

La società postindustriale è la celebrazione, invece, dello scienziato, del tecnico e del professionista abituato ad operare tramite teorie astratte, simulazioni, analizzando di volta in volta sistemi più complessi, alla ricerca di una sempre maggiore e futura organizzazione: la sua attività è essenzialmente quella di prevedere e pianificare organizzando il rapporto tra le persone.

È sembrato quindi opportuno individuare nel piano dell'opera non solo quei settori ed argomenti che caratterizzano pienamente la società postindustriale ma anche quelli di transizione dove spesso più sono sentite le innovazioni.

Oltre ad argomenti classici della trasformazione della società quali l'*informatizzazione dell'ufficio*, il *computer e l'istruzione*, l'*intelligenza artificiale*, il *computer nella produzione*, il *computer e la scienza*, si trovano trattati argomenti finalizzati a mettere a fuoco aspetti peculiari del momento di transizione che si sta vivendo. *Il computer e l'elettronica nella musica* individua, attraverso la diversificazione tra analogico e digitale l'impatto della tecnologia della informazione sulla creatività, *Il computer e la vita di tutti i giorni* e *Il computer e l'elettronica nella abitazione* forniscono spunti per esaminare criticamente l'impatto che si ha con l'elettronica, la trasmissione dati, in pratica in molti momenti, presto in quasi tutti, della nostra giornata.

Computer tecnica e medicina e *la progettazione ed il controllo tramite il computer* sono argomenti così intimamente legati alla vita ed al lavoro di ciascuno, che rappresentano ambiti di riflessione di primaria importanza.

La *Computer grafica* è l'aspetto creativo forse di maggiore impatto con il pubblico, la società del rettangolo, cioè dello schermo televisivo, sta diventando sempre più la società del rettangolo digitale ed informatico, in questo ambiente anche l'arte risente del fascino e delle applicazioni tecnologiche e la creatività viene orientata alla produzione di beni informatici di consumo.

Esiste peraltro, *la paura del calcolatore* in termini di protezione della propria privacy, di gestione di un potere ampio ed incontrollabile da parte dei detentori dei sistemi informativi, di colonialismo informativo in termini di trasmissione preselezionata di dati, informazioni e notizie da parte della sorgente.

1 Il computer e l'elettronica nella casa

Le prime applicazioni elettroniche nella abitazione (telefono, radio) risalgono agli anni '30 e sono collegate alle necessità di informazione del cittadino. Esse rispondevano allora, ed ancora oggi seppure in concorrenza con altri mezzi, a necessità primarie dell'individuo quali comunicare con la maggior immediatezza possibile con il prossimo, partecipare alla vita collettiva attraverso la massima informazione possibile sui fatti del mondo, inteso nella sua accezione più ampia.

Che funzioni svolgono i prodotti elettronici nella casa di oggi

Con i progressi della microelettronica, gli impieghi dell'elettronica nella abitazione si sono estesi, andando a soddisfare bisogni crescenti anche di comfort, di sicurezza e di risparmio energetico (energia elettrica, riscaldamento, condizionamento, trasporti).

I prodotti elettronici utilizzati nell'abitazione possono comunque ricondursi alle categorie seguenti:

— prodotti per l'informazione, lo svago e il tempo libero (Figura 1);
— prodotti per la comunicazione;
— prodotti e sistemi per il controllo delle condizioni ambientali (temperatura, sicurezza, ecc.).

L'attuale grado di elettronificazione dell'abitazione è certamente destinato ad estendersi, soprattutto nella direzione di una maggiore integrazione delle funzioni svolte dalle diverse apparecchiature, in linea con quanto si sta verificando nella automazione della fabbrica e in quella dell'ufficio (inteso come unità amministrativa). Si tende, infatti, ad utilizzare le opportunità offerte dalla disponibilità di elaboratori sempre più piccoli e potenti per collegare apparecchiature aventi funzioni diverse (elettrodomestici, apparecchi per il condizionamento della temperatura, telefono, ecc.) utilizzando una unica unità centrale.

La disponibilità di un elaboratore domestico (*home computer*) consentirà quindi di svolgere le funzioni di gestione amministrative della famiglia, di usare la medesima apparecchiatura per giocare, con l'elaboratore stesso o tra più membri della famiglia,

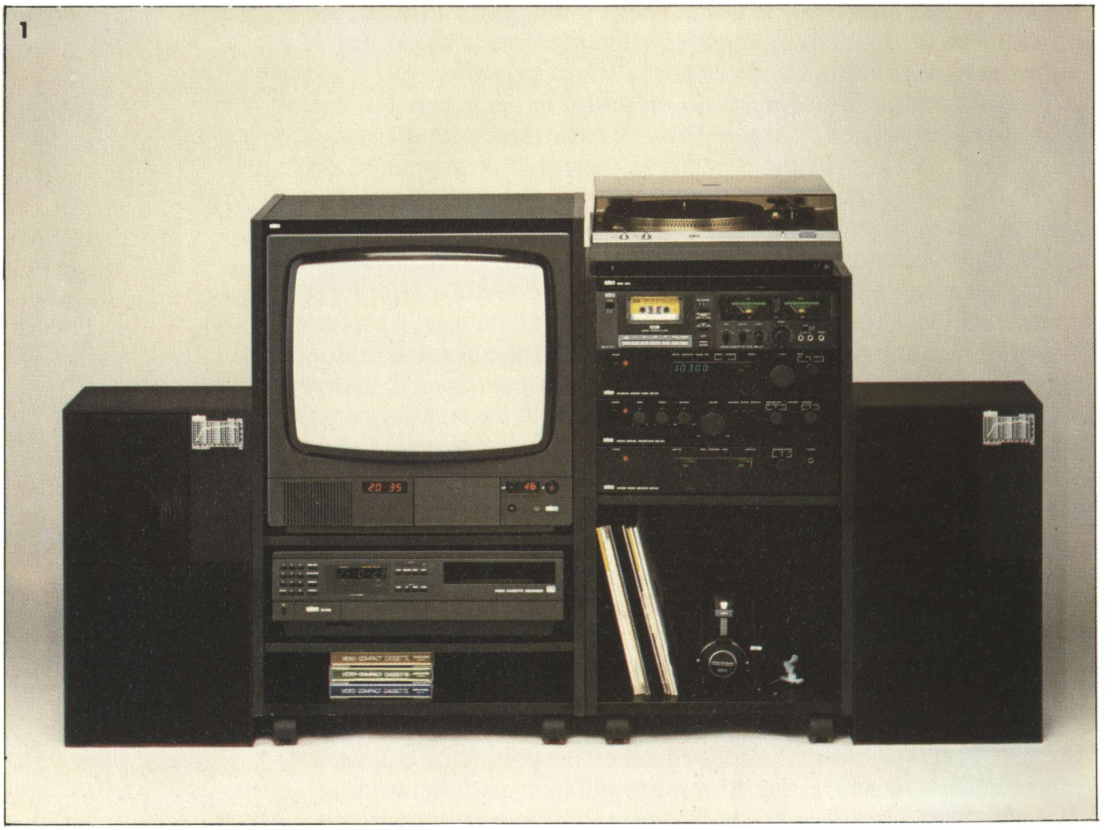


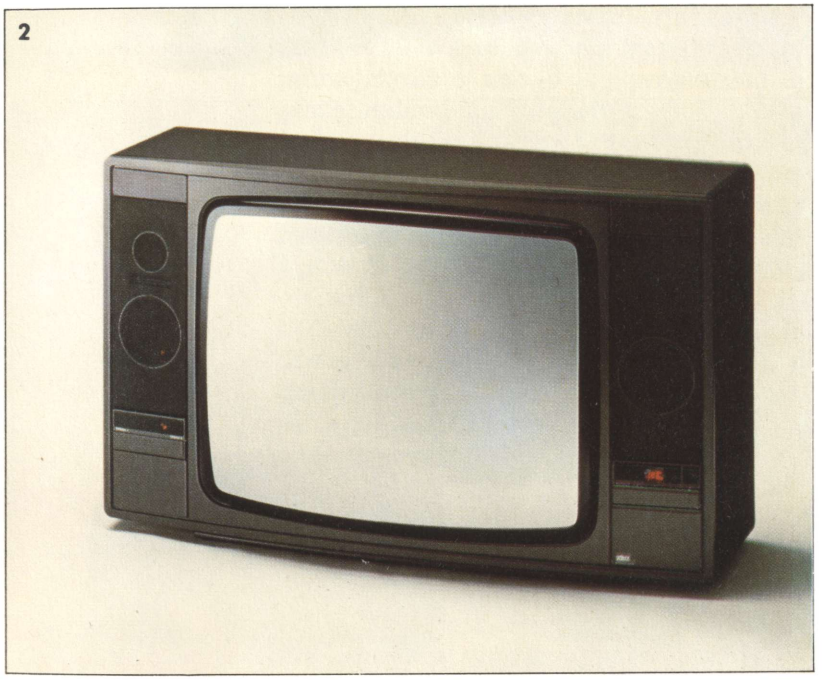
Figura 1. Le apparecchiature ad alta fedeltà sono sempre più integrate, come questo sistema audio-video che comprende un TV color, un registratore, un giradischi, due amplificatori (uno pre e uno finale), un sintonizzatore, dei diffusori. (Foto gentilmente fornita dalla Zanussi Elettronica).

Figura 2. Un esempio di televisore a colori con amplificatore stereofonico con potenza di uscita di 10 + 10 watt musicali: Cripton 26 marca Seleco della Zanussi Elettronica.

e nel contempo di controllare l'accensione e il funzionamento degli elettrodomestici, trasmettendo loro impulsi anche a distanza via linea telefonica. Non va neppure trascurata la possibilità, già oggi utilizzata in USA, di utilizzare apparecchiature e reti per il *telelavoro* o lavoro a distanza.

In generale il decennio '80 è destinato a veder progredire, oltre che l'integrazione tra le diverse apparecchiature domestiche, anche il contenuto tecnologico dei singoli prodotti, in termini di maggior qualità e affidabilità e di radicali mutamenti di apparati tradizionali quale, ad esempio, il giradischi, destinato ad essere sostituito dal nuovo giradischi a tecnologia laser che porterà alla contemporanea sostituzione del parco dischi per l'incompatibilità dei prodotti.

Vediamo ora in maggior dettaglio le caratteristiche e le funzioni dei singoli prodotti elettronici che sono già entrati, o stanno per entrare nelle nostre case.


2

L'elettronica per il tempo libero e l'informazione

I prodotti elettronici maggiormente diffusi nelle abitazioni sono quelli appartenenti alla cosiddetta *elettronica civile* o meglio *elettronica di consumo*, tutti aventi funzioni di informazione e di svago, a loro volta suddivisi nelle seguenti sottocategorie:

- prodotti audio (radio, registratori, fonografi, componenti e sistemi ad alta fedeltà o HI-FI);
- prodotti video (televisori monocromi, altrimenti detti in bianco e nero; televisori a colori).

Gli *apparecchi radio*, oggi sempre più miniaturizzati e quindi facilmente integrabili in altri sistemi (radiosveglia, registratori TV...), funzionano a corrente elettrica o a batteria cogliendo i segnali trasmessi da apposite stazioni via etere cioè onde di varia lunghezza ed emittenti locali ed amplificandoli. Numerosi enti radiofonici europei trasmettono anche programmi stereo, particolarmente adatti per l'ascolto di musica.

Gli *apparecchi che registrano e riproducono il suono*, portatili o altrimenti integrati in complessi audio, utilizzano nastri (prevalentemente in impianti professionali) cassette magnetiche standardizzate. Apparecchi tascabili miniaturizzati sono ormai molto diffusi. I giradischi, dotati di bracci mobili che portano alla loro estremità una puntina di diamante od altro materiale duro, possono avere al loro interno un altoparlante p, più di frequente, essere collegati ad amplificatori esterni di varia potenza.

Come già accennato, il giradischi così come è oggi concepito (con la lettura del suono per "contatto fisico" della puntina con i solchi del disco) è destinato ad essere sostituito da un nuovo tipo di giradischi a testina laser.

Mediante il laser, infatti, non solo si evita il contatto (attrito e conseguente logoramento fisico del disco) fra supporto e dispositivo di lettura, per cui la durata del disco è assai maggiore dell'attuale, ma cresce anche la capienza del disco, stesso da tre e quattro volte l'attuale.

Tra i prodotti video tradizionali il *televisore mono b/n,* il cui componente principale è un tubo catodico monocromo che converte in segnali video i segnali trasmessi da stazioni trasmittenti, è stato per molti anni l'unico ricevitore domestico di immagini. Esso è oggi affiancato, e sempre più sovente sostituito, dal televisore a colori, in grado cioè di trasmettere immagini colorate mediante un apposito tubo catodico. Il televisore a colori è sovente dotato di un apparecchio di telecomando (a infrarossi o ul-

trasuoni) attraverso il quale è possibile trasmettere al televisore senza muoversi dalla poltrona, gli impulsi per cambiare programma, mutare la luminosità, il tono, ecc. (Figura 2).

Malgrado il televisore, sia uno dei prodotti elettronici considerati "maturi", è ancora soggetto a innovazioni tecnologiche: il tubo catodico è destinato ad essere sostituito da circuiti integrati che consentiranno all'apparecchio di avere uno schermo piatto e non più convesso. Si sta inoltre diffondendo, il cosidetto *televisore a proiezione*, nel quale lo schermo è distinto dalle apparecchiature di ricezione e di conversione dei segnali ed assume quindi dimensioni anche rilevanti. La limpidezza dell'immagine costituisce tuttora un problema di difficile soluzione.

Il televisore è destinato inoltre, ad assumere nuova importanza nello sviluppo della "casa elettronica"; ad esso, in particolare all'apparecchio a colori, si collegano tre tipi di apparecchi di elettronica di consumo "non tradizionali", in fase cioè di diffusione massiccia sul mercato americano e, con un certo ritardo, anche su quelli europei, cioè: il *video registratore*, (Figura 3) il lettore di videodischi, il videogioco.

Il primo apparecchio consente, di registrare su videocassetta, analoga alla cassetta audio del registratore, le immagini trasmesse dal televisore od anche le immagini di un programma diverso da quello visto anche a televisore spento e, successivamente, di rivedere al momento desiderato, tale programma sullo schermo televisivo. Nel videoregistratore è anche possibile inserire cassette preregistrate, in tale caso l'apparecchiatura svolge le medesime funzioni di un proiettore di film, naturalmente utilizzando uno schermo più piccolo, cioè quello del televisore appunto.

Sono attualmente in commercio tre tipi di videoregistratori, caratterizzati da tre tecnologie differenti essenzialmente per il sistema di lettura delle tracce magnetiche e per la tecnica di caricamento e scaricamento dei nastri.

Alla funzione preminente di registrazione e di lettura dei segnali se ne possono accoppiare altre: l'effetto moviola, che consente di soffermarsi su un'immagine, la possibilità di programmazione dell'apparecchiatura fino a sedici giorni, la possibilità di collegare al videoregistratore una videocamera che consente di registrare in proprio film in esterno e poi di vedere le immagini sullo schermo televisivo.

Il *lettore di videodischi* presenta una fondamentale differenza rispetto al videoregistratore: legge solo le immagini e il segnale audio da microscopiche tacche incise sull'apposito disco ma non consente di registrare mediante videocamera. Anche per tale apparecchiatura esistono diverse tecnologie (le principali sono quelle della RCA statunitense, delle giapponesi JVC Matsushita e dell'europea Philips che differiscono tra loro per il sistema di lettura: ottica, laser o convenzionale, quest'ultima analoga a quella dei normali giradischi. La qualità delle immagini riprodotte è assai

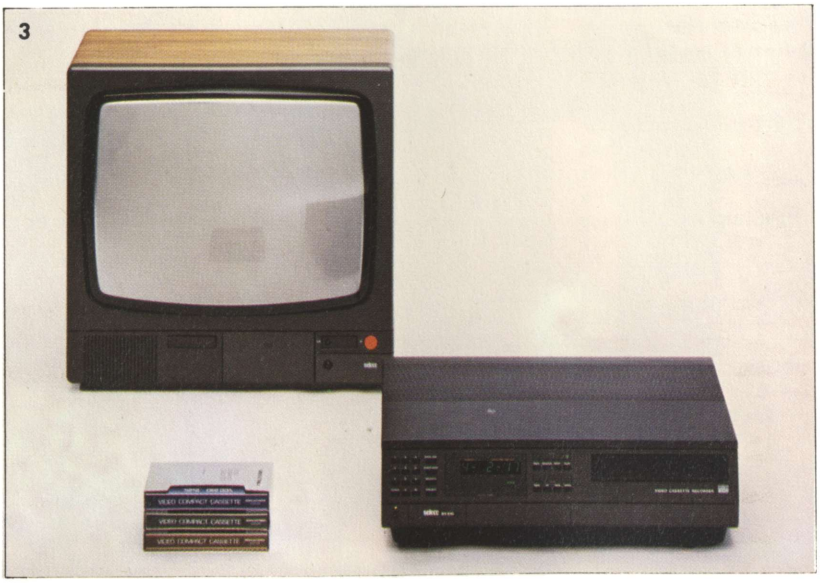


Figura 3. Il videoregistratore V2000 consente fino a 8 ore di registrazione sui due lati della cassetta. (Foto gentilmente fornita dalla Zanussi Elettronica).

Nella foto, il televisore resta il capofila delle apparecchiature video domestiche. (Foto gentilmente fornita dalla Zanussi Elettronica).

migliore di quella ottenuta con il videoregistratore e l'audio utilizza tutte le potenzialità dello stereo.

Il lettore di videodischi è un'apparecchiatura con una fusione, nella casa e nell'attività professionale, diversa da quella dal puro intrattenimento; basti pensare alla possibilità di proiettare con elevata qualità di immagini, programmi educativi o culturali (ad esempio le immagini di un museo o di una raccolta di pittura).

Il videogioco è nato inizialmente come appendice del televisore monocromo (ricordate a metà anni '70 il boom del gioco del calcio o del tennis praticato sullo schermo da due giocatori mediante la manovra di due pulsanti collegati ad un'apparecchiatura elettronica?).

Attualmente esistono due tipi di videogiochi, l'uno più sofisticato è un computer che tra le varie funzioni ha quella di gioco, l'altro è ancora un'apparecchiatura appendice del televisore, con una memoria in cui immagazzinato uno o più programmi di giochi individuali o collettivi.

Per salvaguardare l'investimento in hardware (consolle o base) da parte dell'acquirente, il software (i programmi) viene inserito in apposite cartucce intercambiabili, così da permettere giochi sempre nuovi e, magari, di difficoltà crescente. Ci sono videogiochi per tutti: da quelli per ragazzi, le ormai clamite battaglie aereospaziali), a quelli complessi ed anche costosi per grandi, quali scacchi e bridge.

Il televisore come terminale

Abbiamo appena visto che al vecchio televisore di casa, meglio se colori, possiamo collegare diverse apparecchiature in grado di fornire alla famiglia nel suo insieme, o a suoi singoli componenti, servizi nuovi. Ma le possibilità del televisore non si fermano qui!

Infatti, ai segnali via etere, trasmessi da una stazione e poi diffusi attraversi dei ripetitori, si aggiungono quelli che pervengono (e perverranno sempre più frequenti) via satellite quindi ancora via etere, ma da distanze rilevanti.

Queste trasmissioni amplieranno ulteriormente le possibilità di vedere sul televisore domestico i fatti e le realtà del mondo, attraverso programmi prodotti in una lingua diversa dalla nostra e per utenti di altri Paesi, ma intercettati anche dai nostri televisori per il cosiddetto *effetto di debordamento*.

I satelliti, infatti, proiettano i loro segnali all'interno di un cono d'ombra che, sulla superficie terrestre, sovente non coincide con il territorio di un solo paese; il satellite, insomma, non riconosce i confini tracciati dagli uomini!

Accanto all'uso del televisore sin qui descritto sempre di natura unidirezionale che non consente cioè allo spettatore di inviare al televisore impulsi diversi da quelli della scelta del canale e della correzione della luminosità, del volume, ecc.) è tuttavia possibile anche un uso bidirezionale, attraverso il collegamento del televisore ad un cavo telefonico o coassiale, che consente allo spettatore di richiedere informazioni e selezionare programmi secondo le esigenze del momento.

Attraverso questo collegamento si può così realizzare dal domicilio di ognuno la consultazione di banche-dati di natura bibliografica (indicazioni di fonti dove reperire certi dati) o fattuale (contenente informazioni quantitative e qualitative precise), integrando o sostituendo in certi casi la consultazione delle enciclopedie e dei manuali del "fai-da-te". L'immediatezza della consultazione, permessa dalla lettura dell'indice dei temi contenuti nella banca-dati, e soprattutto la vivacità dell'immagine vista sullo schermo a colori, rende interessante l'uso del televisore per tale operazione.

Quasi tutti i Paesi europei hanno avviato la sperimentazione di un servizio denominato *videotex* o teletext interattivo il *teletext* è un servizio pubblico unidirezionale fornito utilizzando le righe non utilizzate del segnale televisivo, che consente ad utenti per usi personali oltre che professionali di accedere a servizi di informazione a costi singolarmente inferiori a quelli che il singolo avrebbe collegandosi in linea telefonica dedicata a un "fornitore di informazioni".

I costi del servizio, che utilizza le linee telefoniche commutate, sono quelli della comunicazione telefonica, dell'acquisto o del noleggio del televisore appositamente predisposto o della apparecchiatura da accoppiare a un normale televisore per collegarlo alla linea telefonica e l'eventuale co-

sto di accesso alla informazione, fissato dal singolo fornitore della stessa. A quest'ultimo riguardo va precisato che la maggior parte delle informazioni di interesse per il privato è disponibile gratuitamente, perchè direttamente o indirettamente legata a contenuti pubblicitari del fornitore stesso o di un inserzionista.

Sempre nel campo dell'uso bidirezionale dell'apparecchio televisivo si è particolarmente affermata negli Stati Uniti, ma si sta diffondendo anche in Europa, *la televisione via cavo* coassiale che, quando utilizzata per fornire programmi e servizi a pagamento all'utente, è denominata Pay-TV o televisione a pagamento. Nata negli Stati Uniti per diffondere trasmissioni televisive nelle zone che per ragioni geografiche non potevano ricevere i programmi via etere e successivamente diffusasi perchè, in cambio del pagamento dell'accesso, forniva pellicole appena entrate sul mercato e, soprattutto, non interrotte dalla pubblicità. La televisione via cavo è oggetto di molti esperimenti a carattere locale che utilizzano la bidirezionalità del cavo: oltre a ricevere programmi televisivi, infatti, questo tipo di televisione può essere utilizzata per funzioni di sicurezza, per instaurare cioè collegamenti con la stazione di polizia o dei vigili del fuoco, per il controllo delle condizioni ambientali, naturalmente anche per accedere a banche-dati.

Non c'è solo il televisore a divertire in casa

L'elettronica, infatti, è entrata anche nel mondo della musica che costituisce uno dei passatempi più diffusi nel tempo libero. Oltre alle complesse apparecchiature HI-FI, ai registratori, alla radio, gli italiani amano suonare strumenti musicali; questa tradizione, legata alla nostra storia, si è prolungata nel tempo dando luogo ad una notevole industria di strumenti musicali elettronici.

Questi prodotti utilizzano componenti elettronici *custom*, progettati cioè in funzione di tale specifico utilizzo, accoppiate ad altre parti meccaniche, mentre la concezione e la costruzione del mobile sono un elemento importante per l'acustica. L'applicazione dell'elettronica agli strumenti musicali costituisce il presupposto per il loro uso su vasta scala, aperto cioè ad un pubblico più vasto degli operatori musicali professionali. I componenti elettronici consentono infatti di suonare anche a chi non sia particolarmente dotato e intonato, correggendo la maggior parte degli errori musicali dell'esecutore e armonizzando il suono.

Figura 4. Con un personal computer il manager può lavorare anche a casa e nel contempo gestire i conti domestici.

Non si può infine dimenticare il contributo che l'elettronica dà al diffuso hobby della fotografia, normalmente considerata tecnica ottica e legata alla meccanica di precisione, ma oggi sempre più ricca di congegni elettronici. Il componente elettronico, in particolare nella macchina fotografica, consente una notevole flessibilità nell'uso dell'apparecchiatura, la regolazione automatica delle variabili (luce, tempo di esposizione, distanza, ecc.) e quindi ancora risultati affidabili più di quanto possibile ottenere con apparecchiature a regolazione manuale. L'elettronica, quindi, è un forte ingrediente della società di massa, che intende allargare al numero più ampio possibile di persone l'accesso a mezzi di impiego del tempo libero!

Gli elaboratori personali entrano nella casa

Abbiamo detto all'inizio che l'elaboratore, miniaturizzandosi e dotandosi di lin-

guaggi sempre più semplici e vicini a quello umano, sta trovando anche applicazioni domestiche, come concentratore e distributore di segnali, ma anche come ausilio alla gestione della famiglia. In particolare i co-

Figura 5. Al telefono sono assegnate nuove funzioni integrate in un'apparecchio oramai digitale (modelli Face forniti da SIP).

siddetti *personal computers* o "elaboratori personali", dotati di tastiera alfanumerica, video (in bianco e nero o a colori) e di una stampante, sono usati nelle case per tenere ordinati i conti della famiglia (spese di affitto e condominiali, rendimenti dei titoli azionari nei quali è investito il risparmio, aggiornamento degli impiegni familiari e sociali) e, come terminali intelligenti, per svolgere a domicilio, magari durante il fine settimana o in un periodo di ferie o di malattia, lavori manageriali o professionali i cui risultati vengono riversati sull'elaboratore centrale dell'azienda Figura 4. La disponibilità di reti di comunicazione adeguate consentirà sempre più spesso il cosiddetto telelavoro, che coinvolge più mansioni; da quelle esecutive della segreteria che esegue lavori di elaborazione di testi mediante macchine "word processing" (le moderne macchine da scrivere elettroniche, utilizzabili anche come terminali) e le trasmette via rete telefonica in ufficio, al funzionario addetto alle vendite, che dal proprio albergo durante i viaggi di lavoro o dal proprio domicilio il venerdì sera, può riversare nell'elaboratore dell'azienda i dettagli relativi agli ordinativi acquisiti, ai tempi di consegna concordati, ecc.

Prescindendo dalle reazioni sociologiche che già si manifestano al riguardo (preoccupazione circa il possibile ritorno all'isolamento domestico per la donna, ecc.), il telelavoro costituisce già una realtà in sviluppo negli Stati Uniti, ancora poco diffusa in Europa.

Il telefono, si arricchisce di nuovi mezzi

Se il televisore fornisce un certo tipo di opportunità di comunicazione con notizie e immagini ricche di immediatezza, il telefono costituisce il più naturale tramite di comunicazione verbale con il mondo esterno alla famiglia Figura 5. Esso costituisce in effetti un terminale domestico collegato via cavo alla rete di telecomunicazioni nazionale, internazionale e (via cavo sottomarino o satellite transoceanica attraverso le complesse apparecchiature di rete, di trasmissione e di commutazione, ogni terminale telefonico può entrare in comunicazione con gli altri connessi alla medesima rete.

Tipico prodotto elettromeccanico, il telefono è rimasto uguale a quello degli anni '30 per molti anni, cambiando solo il design e quindi il suo involucro esterno. Con l'avvento dell'elettronica esso si arricchisce di alcune funzioni; innanzitutto il tradizionale disco per la composizione del numero è sempre più sostituito da una tastiera digitale, che consente di contenere gli errori di formulazione provocati dal movimento meccanico del disco. Su tale tastiera compaiono poi alcuni nuovi tasti, che permettono ad esempio, di richiamare automaticamente in numero trovato occupato, oppure di comporre un numero abbreviato per chiamare alcuni utenti "abituali" (il cui numero di telefono è stato precedentemente memorizzato nella memoria dell'apparecchio).

Anche la funzione di segreteria telefonica, precedentemente svolta da una apposita apparecchiatura staccata dall'apparecchio telefonico e ad esso collegata mediante un filo, sarà sempre più spesso incorporata nel telefono elettronico. Attualmente i diversi

tipi di segreterie telefoniche consentono o solamente di registrare le comunicazioni ricevute oppure anche di trasmettere il contenuto dei messaggi previa una chiamata da un apparecchio esterno, naturalmente garantendo un accesso riservato mediante l'uso di un codice a lui solo noto. I telefoni elettronici già oggi presenti sul mercato consentono, inoltre, di dirottare le chiamate in arrivo su un certo apparecchio su un altro terminale d'abbonato, il cui numero sia stato preventivamente memorizzato.

Già da questa sommaria esposizione si può quindi capire a quali sviluppi possa condurre, nella qualità del servizio reso all'utente, l'introduzione dell'elettronica nel telefono, oltre al suo impiego in connessione con il televisore per i servizi di informazione prima descritti. In particolare per mezzo, della sintesi della voce potremo trasmettere attraverso il telefono comandi diretti all'apparecchio stesso o ad altri con esso interconnessioni, in modo da svolgere dall'esterno dell'abitazione operazioni che fino a ieri richiedevano la presenza fisica della massaia o comunque di un operatore umano. Pensiamo, per fare qualche esempio, alla possibilità di accendere il forno attraverso un comando trasmesso via telefono collegato ad un elaboratore domestico, oppure di mettere in funzione dal proprio apparecchio di città l'impianto di riscaldamento dell'appartamento di montagna!

L'elettronica, dunque, è ancora una volta strumento indispensabile per consentire al cittadino di vivere al passo di una realtà sempre più complessa e ricca di impegni, anche se per ora i costi di impiego delle nuove apparecchiature sono spesso un limite alla sua diffusione.

Una casa cablata: sicurezza, risparmio, comfort

Quando si è parlato della televisione via cavo si è fatto un cenno alla possibilità che tale sistema offre anche in materia di controllo della sicurezza delle abitazioni, collegandole con posti di polizia.

Nella casa esistono già adesso apparecchiature elettroniche che, applicate al sistema di riscaldamento e condizionamento, ai singoli apparecchi elettrodomestici, alle porte e finestre, consentono rispettivamente di ottimizzare l'impiego di energia per riscaldamento (sempre più cara), il funzionamento degli elettrodomestici (lavatrici, lavastoviglie in particolar modo), di controllare l'accesso all'abitazione di estranei segnalandolo con apparecchi acustici o luminosi all'interno della casa o presso appositi servizi pubblici o privati di vigilanza.

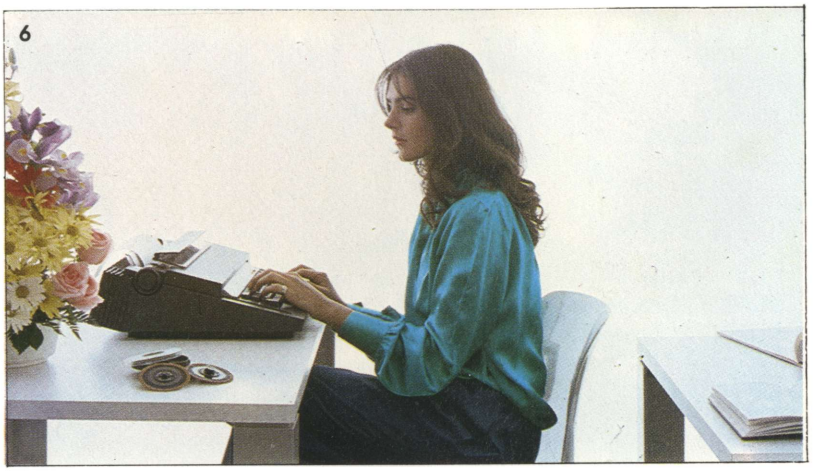


Figura 6. Le macchine da scrivere portatili sono oramai sempre più spesso elettroniche (nella foto una macchina della linea Praxis Olivetti), esse costituiscono il mezzo di scrittura più diffuso nella abitazione, strumento di lavoro professionale o letterario giornalistico!

Sempre con riferimento ai sistemi di sicurezza, esiste inoltre una serie di apparecchiature a circuito chiuso (telecamere, videocitofoni) che forniscono un importante ausilio al controllo dell'accesso a singole abitazioni o condomini anche se trovano impiego più frequente in banche e altri luoghi pubblici.

Mentre il mercato delle singole apparecchiature cresce in funzione dell'aumento dei costi dei prodotti energetici - quindi delle esigenze di risparmiare energia nelle diverse attività domestiche - dell'aumento della criminalità, si prospetta l'interessante possibilità di progettare e costruire nuove abitazioni già dotate in partenza di strumenti elettronici di supervisione e gestione degli impianti collegati tra di loro da una rete di cavi standard.

È lo stesso concetto di integrazione di apparecchiature e funzioni in un unico sistema che sta alla base dello sviluppo avuto dall'automazione della fabbrica, e che si sta estendendo all'ufficio dove le macchine, prima monofunzionali, tendono ad associare funzioni secondarie a quelle primarie: la nuova macchina da scrivere (Figura 6) può diventare un terminale tipo telex o svolgere funzioni di elaborazione dati oltre che testi, solo per fare un esempio).

2 L'informatica nel lavoro d'ufficio

Office automation e *office augmentation*, automazione ufficio e sua razionalizzazione, sono modi diversi di rappresentare un'unica realtà che si sta profilando all'orizzonte delle società industriali.

La prospettiva è tale da poter far compiere un salto senza precedenti alla produttività economica nazionale, ma anche, se non ben utilizzata, di creare situazioni di spreco e per l'impatto profondo sulle loro modalità di lavoro e quindi sulla stessa struttura dei ruoli esecutivi, professionali e manageriali.

L'automazione ufficio diventa così una variabile strategica di gestione della impresa in tutt'uno, con le risorse umane e con quelle finanziarie cui è strettamente collegata, e il modo con cui ne viene affrontata la pianificazione e la attuazione è in grado di condizionare la stessa strategia di sopravvivenza competitiva.

Utilizzeremo anche noi la dizione automazione di ufficio ma parlando di Informatica nel lavoro di ufficio vogliamo sottolineare due aspetti a nostro avviso determinanti per una corretta comprensione del tema.

Il primo si riferisce al fatto che, avendo già l'informatica una storia ventennale di applicazioni al lavoro di ufficio (o meglio, al lavoro impiegatizio), dal punto di vista tecnologico si tratta di estendere quelle che sono le sue tradizionali aree di intervento. Il secondo, che proprio la dizione automazione di ufficio si presenta inadeguata a descrivere la complessità del fenomeno che vogliamo trattare in quanto evocatrice di quei modelli di parcellizzazione del lavoro di fabbrica che, se trasferiti in un contesto assolutamente diverso sia per obiettivi che per struttura dei processi di lavoro, perdono qualunque significato concreto.

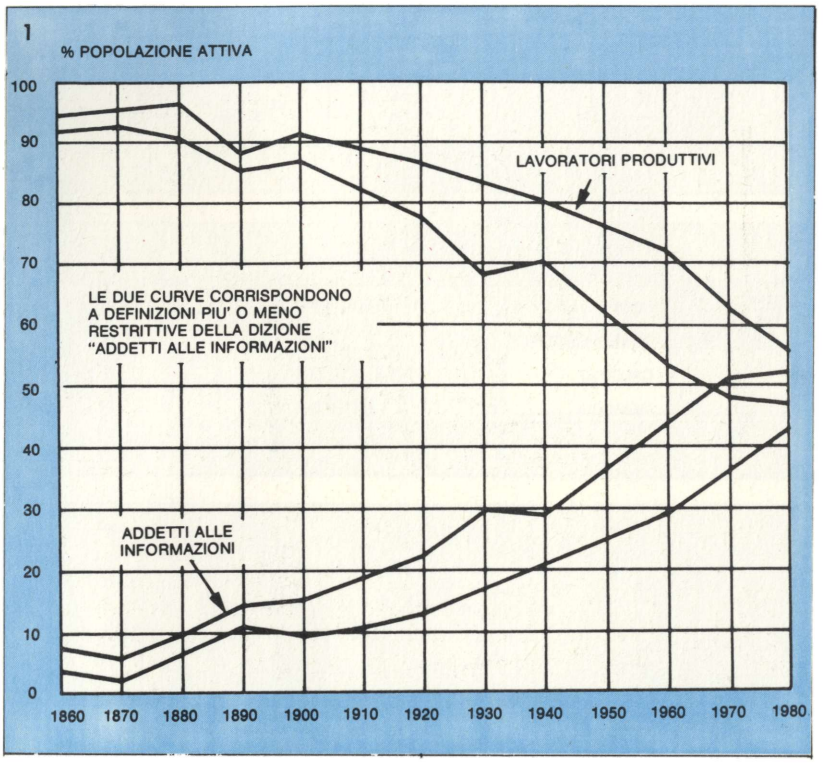


Figura 1. Gli spostamenti nella occupazione nei paesi dell'OCSE.

tecnologico e aggravare le tensioni esistenti nel mondo del lavoro.

Le componenti sociali, metodologiche ed organizzative del fenomeno giuocano un ruolo così determinante che sarebbe ingenuo pensare di poterlo affrontare con mezzi e competenze esclusivamente tecnologiche: la stessa realtà dell'ufficio è per definizione così complessa e ricca di interconnessioni (formali e informali) da rendere assolutamente imprescindibile un approccio multidisciplinare.

In altre parole, se è in generale vero che qualsiasi processo di automazione non è mai il primo, ma piuttosto l'ultimo passo di una complessa attivitomazione non è mai il primo, ma piuttosto l'ultimo passo di una complessa attività di revisione e riprogettazione organizzativa, quando il processo riguarda l'ufficio questo lo è in modo particolare per il numero delle persone coinvolte

Le ragioni dell'automazione

Le motivazioni che sostengono la crescita esponenziale della domanda di automazione nel trattamento delle informazioni sono tutte concettualmente riconducibili al valore che l'informazione stessa assume nel mondo industriale avanzato e quindi all'importanza che la sua attività di gestione riveste.

In realtà nelle economie occidentali (e in quella giapponese) si stà assistendo da tempo a un progressivo spostamento della forza lavoro da attività di produzione di beni (lavoro operaio o di blue collar ad attività di trattamento di informazioni (lavoro impiegatizio o di white collar).

La Figura 1 rappresenta questo fenomeno così come si manifesta nelle economie (tra cui l'italiana) aderenti all'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo

Economico (OCSE) e mostra come in tali economie sia già stata superata la quota del 50% della occupazione nel lavoro di trattamento informazioni.

Ma, fatto forse meno noto è più interessante, tale spostamento sta avvenendo in modo fortemente accelerato da circa venti anni come dimostra la Figura 2, in particolare nel caso della Svezia che certamente rappresenta per l'Europa un modello socioeconomico di riferimento.

Anche se non esistono, a conoscenza di chi scrive statistiche analoghe, è chiaro che anche in Italia ci si trova di fronte ad andamenti del tutto confrontabili: la esplosione delle attività terziarie e la crescente attenzione prestata al movimento dei quadri sono tutti elementi che lo comprovano.

Da parte di alcuni economisti si prospetta a questo riguardo la nascita di un settore a sè, il quaternario (o terziario avanzato), in cui la merce di scambio è l'informazione, la competenza, il sapere.

Se questa è la prospettiva verso la quale stanno procedendo le nazioni industriali, ha un senso preciso domandarsi quali siano, a livello aggregato prima e aziendale poi, le componenti di costo delle attività di trattamento informazioni, la loro relativa incidenza sul costo totale e il loro andamento relativo nel tempo.

La Figura 3 mostra come, sempre con riferimento ai paesi dell'OCSE, le stime correnti assumano un netto incremento annuo in valore reale (al netto cioè dell'inflazione) per il costo del personale e (ricordiamolo, stiamo ragionando a parità di prestazioni) un ancor più netto decremento di quello delle apparecchiature di supporto all'uomo per il trattamento delle informazioni (nelle aree della archiviazione, elaborazione e comunicazione).

Questo secondo fatto non deve stupire considerando che tutti e tre i tipi di apparecchiature si riconducono alla tecnologia elettronica che sappiamo presentare, da oltre dieci anni, di pari passo con il processo di miniaturizzazione, un andamento di riduzione costi che si sviluppa in modo proporzionale.

Semmai ci si può domandare perchè questa drastica diminuzione dei costi tecnologici trovi un riscontro molto limitato nella moderata riduzione del prezzo delle comunicazioni riportata in tabella (valida mediamente nei paesi OCSE) o addirittura dia luogo ad incrementi come nello specifico caso italiano.

Le ragioni di questa apparente anomalia sono molteplici ma tutte, in realtà, riconducibili alla considerazione che nei paesi europei (e in particolare in Italia), vigendo il regime di monopolio sulle comunicazioni, le tariffe vengono stabilite non soltanto in base al costo ma piuttosto in base a considerazioni politiche e di opportunità sociale.

Figura 2. La velocità del mutamento. (Fonte Frost and Sullivan).

Figura 3. L'andamento dei costi.

2

PAESE	1955	1976
FRANCIA	45.2%	51.1%
R.F.T.	32.6%	47.8%
U.S.A.	45.2%	67.5%
U.K.	45.1%	57.2%
SVEZIA	38.1%	58.4%

3

PERSONALE	+ 8%	PER ANNO NEI PROSSIMI 10 ANNI
COMUNICAZIONI	− 10%	
CALCOLO	− 25%	
MEMORIA	− 35%	

4

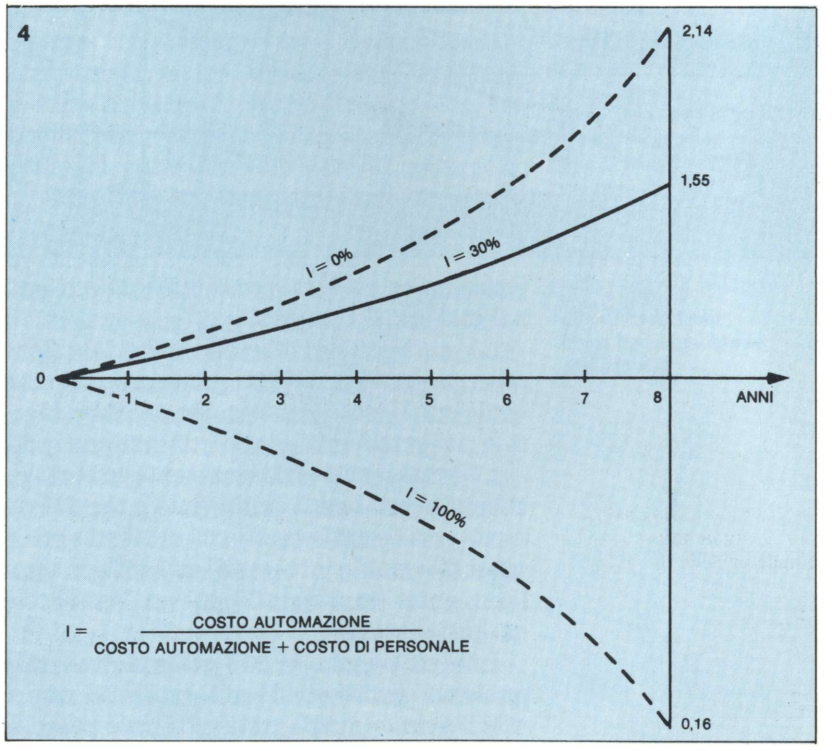


Figura 4. Costo del sistema informativo e tasso di automazione.

C'è inoltre da aggiungere che, sempre nel caso delle comunicazioni la tecnologia elettronica non ha ancora del tutto eliminato dal mercato quella elettromeccanica e quest'ultima presenta indubbiamente costi di gestione assai superiori (in Italia in particolare si può stimare che meno del 5% delle centrali di commutazione sia di tipo elettronico).

5

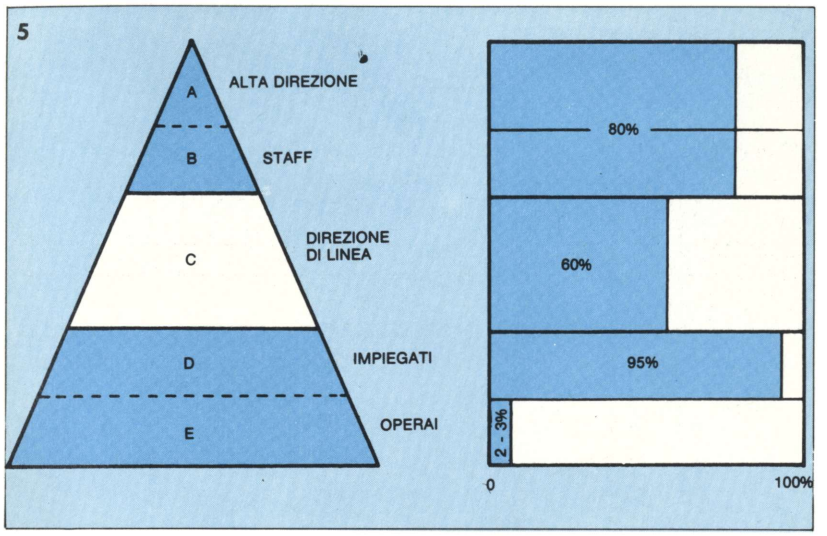


Figura 5. Aziende industriali: attività dedicata alla gestione informazioni.

6

FASCE	% COSTI PERSONALE	% ATTIVITA' GESTIONE INFORM.	% COSTO
A	5	80	4
B	7	80	6
C	25	60	15
D	10	95	9
E	53	2	1
	100		35

Figura 6. Costo di gestione informazioni nelle aziende industriali.

Il costo del trattamento informazioni

Queste semplici considerazioni sull'andamento di costo delle componenti relative al trattamento delle informazioni conducono naturalmente ad una prima importante conclusione.

Si definisca come *sistema informativo* di un'azienda, di un Ente o addirittura di una nazione l'insieme delle attività di trattamento informazioni che vi vengono svolte.

Tenendo allora conto di quanto detto, possiamo immediatamente osservare come, in assenza di qualsiasi forma di automazione (cioè di adozione delle tecnologie di archiviazione, calcolo e comunicazioni elettroniche) nel corso di circa 8 anni il costo del sistema informativo venga ad essere moltiplicato per 2.14 a parità di volume di informazione trattato (prima curva dall'alto della Figura 4).

In altre parole ci si trova dopo otto anni a fare esattamente le stesse cose (almeno quanto a volumi) ma con costi più che raddoppiati.

Se si introduce un *indice di automazione* (espresso come rapporto tra costo della tecnologia utilizzata e costo totale del sistema informativo) si riesce a limitare la crescita dei costi (seconda curva dall'alto sempre della Figura 4) per arrivare, nel caso del valore di tale indice pari a 0.5, ad annullarla mantenendo tali costi invariati nel tempo.

Per tassi di automazione superiori al 50% si riesce addirittura a ridurre il costo del sistema informativo sino a un livello minimo pari allo 0.16 di quello originario arrivando al limite del 100% di automazione.

Un tasso di automazione del 100% è ovviamente da considerarsi asintotico anche se valori dell'80%-90% non sono irrealizzabili in certi settori industriali (si pensi alle aziende a produzione continua) o in certe aree aziendali (ciclo integrato ordini-materiali-produzione-fornitori in tante aziende a produzione discreta oppure alla gestione in linea delle operazioni di sportello realizzata presso un gran numero di Istituti di Credito).

La situazione nelle aziende metalmeccaniche e finanziarie

Volendo rapportare queste considerazioni generali alla realtà di specifiche aziende, si assuma come primo esempio un campione appartenente al settore metalmeccanico.

Se si analizza la quantità di tempo dedicato al trattamento informazioni dai vari ruoli aziendali secondo la Figura 5 e quindi si rapporta questa percentuale al costo che aziendalmente tali ruoli assumono si ha, come illustrato nella Figura 6, che circa il 35% dei costi di personale è da imputarsi al sistema informativo.

E ciò, nonostante il fatto che, in questo tipo di azienda, la popolazione operaria

assorba più del 50% del costo del personale.

Se infatti prendiamo in considerazione le aziende finanziarie (o gli Enti amministrativi) dove l'informazione rappresenta la materia prima su cui esercitare l'attività di trasformazione e dove quindi è assente, per definizione, il lavoro operaio, la percentuale del costo del personale dedicato al sistema informativo sale all'86% (Figura 7).

Queste valutazioni, che per la loro approssimazione vogliono avere un carattere puramente indicativo, raggiungono tuttavia lo scopo di rendere evidente la dimensione economica del problema informativo aziendale e quindi la necessità di affrontarlo puntando a migliorare sostanzialmente la produttività di coloro che vi sono addetti.

Il rinunciare a porsi questo obiettivo significa subire passivamente la lievitazione dei costi illustrata al punto precedente, senza ottenere in contropartita alcun tipo di miglioramento gestionale, il che vuol dire accettare ineluttabilmente la perdita della competitività di mercato.

Naturalmente nel porselo, e soprattutto nel perseguirlo, bisognerà tenere opportunamente conto del fatto che la produttività del lavoro di trattamento informazioni non è tanto questione di efficienza nell'eseguire certe procedure quanto piuttosto di continua verifica della congruenza di ciò che si fa con gli obiettivi della organizzazione di cui si è parte, e quindi, come si usa dire, di efficacia, e quest'ultima non può non essere fortemente condizionata da fattori quali la motivazione personale, l'ambiente nel quale il lavoro si svolge, il tenore dei rapporti interpersonali, etc.

7

FASCIA DI ATTIVITA'	% SUL COSTO DI PERSONALE	% DI TEMPO DEDICATO ALLA GESTIONE INFOR.	COSTO DI GESTIONE INFOR.
IMPIEGATI	43	95	41
DIREZIONE OPERATIVA	25	80	20
ALTA DIREZIONE	32	80	25
TOTALE	100	100	86

8

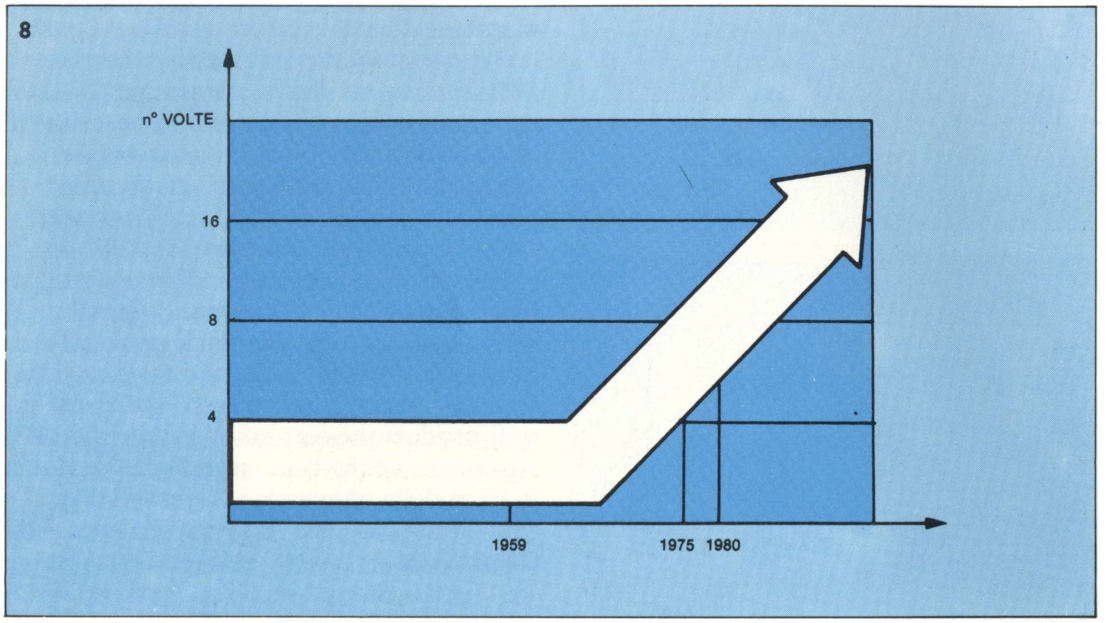


Figura 7. Costo di gestione informazioni nelle aziende finanziarie e amministrative.

Figura 8. L'esplosione delle informazioni.

Figura 9. La produttività. (Fonte Labour Dept).

L'esplosione delle esigenze informative

Si è accennato precedentemente alla importanza dominante che l'informazione va assumendo nel mondo industriale avanzato.

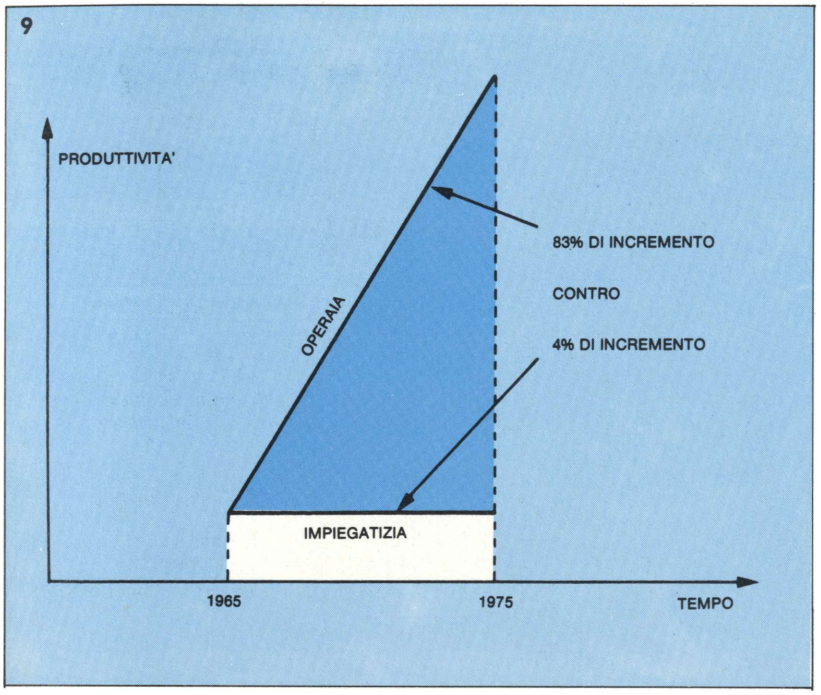
Questo fenomeno si è in particolare manifestato negli ultimi 10-15 anni, anni in cui si è verificata una crescita esponenziale delle esigenze informative necessarie a gestire una qualsiasi organizzazione, oltre che dal punto di vista qualitativo, anche da quello quantitativo (Figura 8).

Molteplici sono le ragioni che possono giustificare questo andamento destinato ad accentuarsi ulteriormente nei prossimi

anni e che possiamo far risalire sia alla internazionalizzazione dei mercati come alla diffusa instabilità economica e politica, alla variabilità dei tassi di cambio come alla crisi delle fonti energetiche tradizionali.

In realtà tutte queste cause risultano, se

9



sottoposte ad una analisi sufficientemente accurata, riconducibili ad una matrice concettuale unica esprimibile in questi termini: l'informazione risulta essere la risorsa più conveniente per gestire, in situazioni di incertezza, una qualsiasi organizzazione che abbia finalità di efficienza economica e/o sociale.

L'alternativa alla informazione è infatti rappresentata dall'accantonamento di riserve (di materiali, di personale, di capitale) mobilitabili al soppragiungere dell'evento imprevisto (e imprevedibile, dato il generale contesto di incertezza) per poterlo fronteggiare e superare.

Questa strategia però, dati gli attuali costi di immobilizzo, è in pratica perdente dal punto di vista economico rispetto a quella di mettere in atto un sistema informativo sufficientemente puntuale e flessibile che consenta alla organizzazione di adattarsi dinamicamente al contesto nel quale si trova ad operare ed anzi traendo il massimo di opportunità proprio dalla situazione di incertezza.

Alla luce di questa considerazione assumono un valore diverso anche le considerazioni sviluppate nei punti precedenti. Non si tratta più infatti di minimizzare semplicemente i costi di trattamento delle informazioni, ma piuttosto di sviluppare una capacità informativa (che non può non avvalersi della automazione come supporto essenziale) in grado di mantenere o aumentare la competitività della organizzazione affinandone il processo decisionale.

Il problema della produttività e degli investimenti

La *produttività* nella sua accezione comune, è una misura di efficienza che viene definita come la quantità di lavoro necessaria a produrre un determinato risultato sia esso quantitativo o qualitativo (nel secondo caso, la definizione richiede ovviamente di essere ulteriormente chiarita).

Se il risultato migliora senza che sia necessario aggiungere lavoro, la produttività aumenta; così come aumenta se lo stesso risultato può essere ottenuto con meno lavoro.

Le statistiche sulla produttività d'ufficio o non esistono o sono notevolmente controverse in quanto vengono ricavate per complemento, rispetto alla produttività economica generale, da quelle realtive alla attività di produzione dei beni.

La Figura 9, ad esempio, riporta una stima ottenuta con questi criteri che può essere tuttavia assunta come indicativa del divario oggettivo che sussiste tra lavoro operaio e lavoro impiegatizio. Per poter però attribuire un significato alla produttività di quest'ultimo non si può prescindere da alcune considerazioni che ne chiariscano il significato.

In effetti, se può avere un senso misurare, secondo la definizione classica sopra richiamata, la produttività impiegatizia a livello esecutivo (sia pure con le opportune e non immediate modifiche), per le attività di tipo direttivo e professionale tale definizione dà luogo a evidenti assurdità.

Un responsabile di settore vale di più se produce 10 documenti al giorno anzichè 5 o se passa più tempo in riunione di un altro? Evidentemente no. Da qui la necessità di rifarsi a misure di tipo sostanzialmente diverso che riguardino la cosiddetta "presta-

zione", cioè il grado di raggiungimento degli obiettivi. La pianificazione marketing di una azienda, giusto per fissare un esempio, può essere misurata dal costo, dalla qualità e tempestività dei suoi piani, nonchè dalla sua capacità di operare in sinergia con i responsabili commerciali per implementarli.

Di fatto, anche per il lavoro esecutivo, la prestazione è la misura per eccellenza del rendimento di una persona, di un gruppo o di un settore aziendale.

In un certo senso, la prestazione è un concetto assai più ampio di quello di produttività e migliorare la prestazione significa ottenere risultati ben più efficaci ai fini degli obiettivi aziendali fissati di quanto non avvenga limitandosi ad aumentare la semplice produttività.

Nel lavoro esecutivo, si può talvolta semplificare il problema, limitandolo alla misura della produttività quantitativa, ma anche in questo caso non va dimenticato che tale produttività non è un valore di per sè ma deve essere finalizzata agli obiettivi della azienda.

Purtroppo disponiamo di dati empirici relativamente scarsi per correlare le prestazioni dei livelli professionali medio-alti con la disponibilità di strumenti di automazione, e questo perchè l'informatica classica si è finora limitata ad insistere con le sue applicazioni sui ruoli esecutivi con esiti spesso più che soddisfacenti.

Resta tuttavia la nota correlazione riportata in Figura 10 tra produttività, comunque intesa, e livelli di investimento nel settore primario, secondario e terziario. Questa correlazione mette in effetti in luce una legge economica ricorrente: un settore nasce per rendere più produttivo, tramite investimenti di automazione, il settore che lo precede in termini di valore aggiunto del prodotto scambiato (nell'ordine agricolo o minerario, manifatturiero o di servizio); quindi espandendosi ed assorbendo sempre più risorse, diventa a sua volta causa di inefficienza del sistema.

Così la macchina a vapore fu iniziamente impiegata in agricoltura (cioè per rendere più efficace il settore primario) e il terziario nacque per rendere più efficace con la sua dotazione di servizi il settore manifatturiero o secondario.

Attualmente, è lo stesso terziario che deve essere reso più efficiente e ciò avverrà grazie allo sviluppo di quel settore la cui merce di scambio, come già accennato precedentemente, è costituita dall'informazione e dalla competenza, cioè dal settore che oggi si comincia a denominare come *quaternario* (o "terziario evoluto") e di cui l'informatica fa parte per definizione.

10

SETTORE	AMMONTARE
AGRICOLTURA	50 K $
PRODUZIONE INDUSTRIALE	30 K $
TRATTAMENTO INFORMAZIONI	2.5-3 K $

11

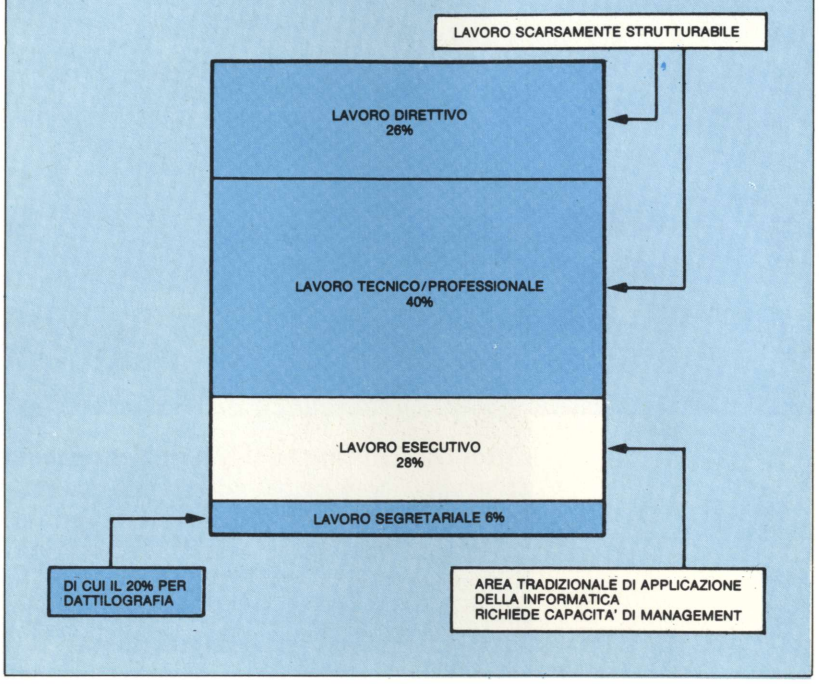


Figura 10. Gli investimenti per addetto (USA). (Fonte Làbour Dept).

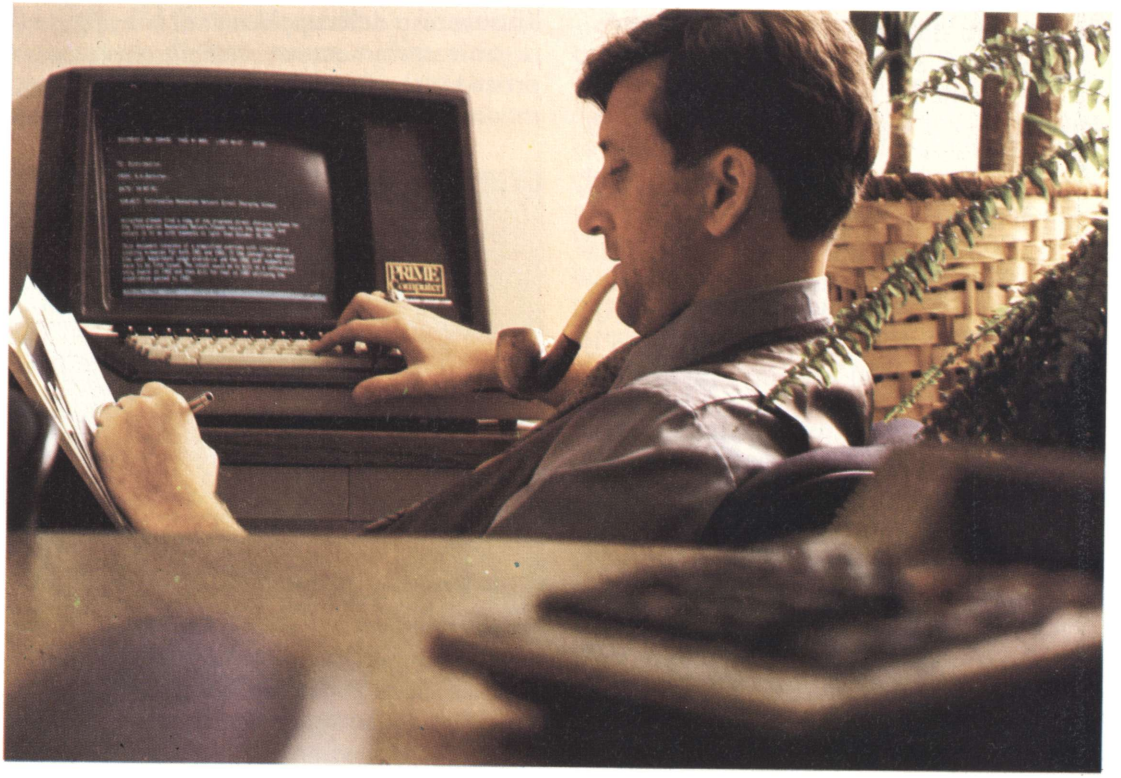
Figura 11. Dove e come investire.(Fonte SRI).

Il processo si sviluppa facendo lievitare gli investimenti per addetto in misura via via maggiore quanto più consolidato è il settore stesso anche in termini di capacità di valutazione della sua efficienza e gli anni che stiamo vivendo sono evidentemente quelli in cui i problemi sul tappeto riguardano il settore dei servizi informativi.

Dove investire

Si è parlato di investimenti in automazione, ma proprio alla luce delle considerazio-

ni sulla produttività (o sulle prestazioni) fatte precedentemente, è necessario, nel caso del trattamento delle informazioni, identificare almeno in termini generali i ruoli cui ci si vuole prioritariamente rivolgere.



Il computer in ufficio deve essere utilizzato non solo in attività di routine o trattamento testi, ma soprattutto come supporto decisionale per i ruoli direttivi. (Foto gentilmente fornita dalla PR1ME).

La Figura 11 mostra una ripartizione indicativa del costo del lavoro di ufficio in una azienda del secondario evoluto (al netto, in questo caso, della componente operaia) o del terziario. Come si può constatare, poco più di un terzo del costo è concentrato sui ruoli esecutivi, mentre quasi due terzi è riferito ai ruoli professionali e direttivi.

Questa constatazione suggerisce immediatamente alcune considerazioni. La prima è che la quota relativamente minoritaria del costo del lavoro esecutivo può essere interpretata come il risultato di 20 anni di investimenti di tipo informatico attuati nel settore. In effetti, come è noto, le applicazioni correnti di EDP si sono storicamente concentrate nella automazione del lavoro impiegatizio di carattere ripetitivo e dovrebbero quindi essere riuscite a ridurne l'incidenza sui costi totali.

La seconda è che nell'ambito del lavoro esecutivo è, più in particolare, di quello segretariale, l'attività di trattamento testi presenta un'incidenza sul totale di poco più dell'1% dei costi; ciò significa che se l'obiettivo della automazione ufficio è quello di un significativo recupero di produttività non è certo operando sull'attività di dattiloscrittura che si può pensare di conseguirlo.

Bisogna puntare invece all'attività professionale e direttiva che insieme costituiscono quasi i due terzi del costo totale e sulle quali sinora, salvo casi particolari, l'informatica non ha inciso se non in misura marginale.

D'altra parte il trattamento testi ha una sua indiscutibile importanza come mezzo di introduzione delle informazioni nel sistema di automazione ufficio; si può, in altre parole, sostenere che la dattiloscrittura sta all'automazione ufficio come il "data entry" sta alla elaborazione dati tradizionali.

Ma ciò non deve giustificare, proprio per le ragioni precedenti, la confusione tra investimenti in automazione ufficio e quelli in sistemi di dattiloscrittura che, o sono contestuali, o possono dar luogo a incompatibilità insuperabili e a frammentazioni del lavoro assolutamente controproducenti in termini di produttività ed efficacia.

Funzioni e attività

Individuati i ruoli cui indirizzare prioritariamente la automazione di ufficio si pone il problema di come, grazie ad essa, si possa migliorare la loro prestazione nel senso sopra discusso.

Allo scopo è necessario approfondire le caratteristiche del lavoro di trattamento informazioni e le sue modalità di automazione.

Lo sviluppo delle "tradizionali" applicazioni di informatica ha operato (Figura 12) nel senso di "proceduralizzare" le varie funzioni aziendali che a tale processo si prestassero (le funzioni, cioè, cosiddette strutturabili) e che, per lo più, risultavano di pertinenza dei ruoli esecutivi (a titolo di esempio, basti ricordare, nel mondo industriale, le varie contabilità, la gestione ordini, quella della produzione e degli acquisti etc. mentre nel settore bancario, i diversi servizi operativi, dai conti correnti ai libretti di risparmio, dai titoli al portafoglio effetti, etc.).

Nel far questo, l'informatica ha implicitamente considerato come parte integrante di tali funzioni le attività elementari di archiviazione, reperimento e scambio di informazioni incorporandole così nelle relative procedure e quindi nei relativi programmi su elaboratore.

In realtà queste attività sono largamente indipendenti dalla applicazione in quanto, per definizione, rappresentano il supporto di qualunque funzione informativa che si svolga nell'ufficio. Si può quindi pensare di enuclearle e normalizzarle, rendendole disponibili ogni qualvolta risultino necessarie non solo per le applicazioni di tipo esecutivo ma anche per i compiti non strutturabili, e quindi non affrontabili con l'informatica "classica".

Un'altra considerazione riguarda la destinazione del servizio automatizzato. Nel caso delle funzioni aziendali di tipo strutturato (oggetto, cioè, della informatica) i destinatari fanno parte, nell'ambito della struttura organizzativa della azienda, di gruppi (e/o di uffici) omogenei quanto a obiettivi e modalità di lavoro. Nel caso delle attività elementari di trattamento informazioni invece, proprio per il loro carattere di supporto, l'utente lo può essere a titolo individuale, anzichè come appartenente a un determinato settore operativo, e l'impiego dello strumento di automazione può quindi diventare una sua scelta professionale di opportunità. In altre parole, nelle applicazioni informatiche è implicita una componente di costrizione all'uso pena l'insuccesso delle applicazioni stesse (non è organizzativamente accettabile che le stesse procedure vengano eseguite da alcuni in modo manuale e da altri in modo automatizzato). In quelle di automazione ufficio invece, non può essere che l'utente a decidere sulla opportunità del loro impiego in funzione del compito che ha da svolgere e della sua professionalità.

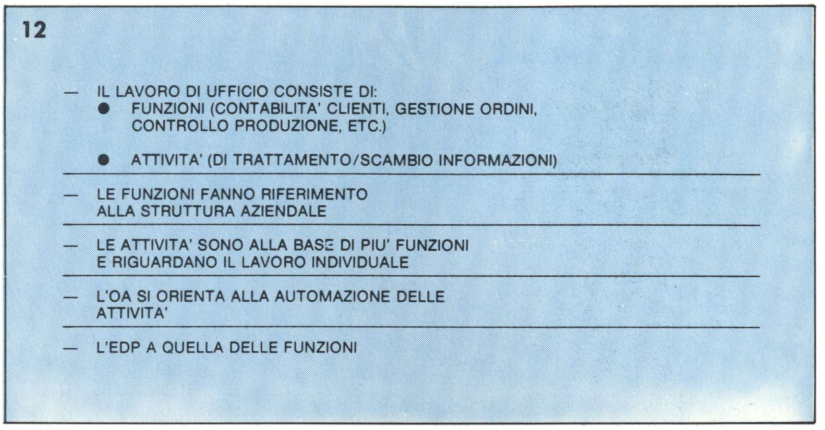


Figura 12. Office automation e data processing.

Ciò significa che l'automazione ufficio va considerata in gran parte come un servizio di supporto allo svolgimento del lavoro oggi non strutturabile dallo specialista e del dirigente ed è in questa accezione che può contribuire significativamente, come approfondiremo nel seguito, alla qualità della loro prestazione.

Alternative di automazione

Dovendo schematizzare per chiarezza di esposizione, si può affermare che gli approcci tradizionali alla automazione dell'ufficio si possano suddividere in due grandi categorie:

a) approcci che adattano sistemi esistenti del tipo multifunzionale alle applicazioni di ufficio lasciando inalterata la interfaccia EDP.
b) approcci che inseriscono apparecchiature specifiche per attività specifiche

Alla prima categoria appartengono le soluzioni realizzate tramite lo sviluppo di un

opportuno software su elaboratori gestionali di tipo multifunzionale di piccola, media o grande dimensione. Tale software può essere utilizzato mediante terminale e fornisce generalmente le funzionalità di trattamento automatico delle informazioni testuali, di loro archiviazione su memoria di massa e di loro messa a disposizione, tramite il servizio chiamato di *posta elettronica* (electronic mail), a tutti gli interessati che, sempre tramite terminale, hanno diritto ad accedervi per consultarle ed eventualmente modificarle. Poichè sullo stesso elaboratore è stata attuata la automazione delle procedure informatiche della azienda, questo tipo di soluzione ha il grande merito di realizzare la unificazione, almeno fisica se non anche logica, del mondo tradizionale della elaborazione dati con quello delle informazioni di ufficio, di tradurre in atto, cioè, quella complementarietà tra i due ambiti applicativi che, a nostro (ma non solo nostro) giudizio, è essenziale per qualsiasi strategia di sviluppo del sistema informativo aziendale. I limiti di questa impostazione stanno nella sua scarsa possibilità di diffusione presso utenti che non accettino l'interfaccia di comando caratteristica dei sistemi di elaborazione dei dati. D'altra parte, trasformare tale interfaccia in modo da renderla di più facile utilizzo significherebbe appensantire eccessivamente il carico aggiuntivo di gestione del sistema con conseguente drastica riduzione delle sue prestazioni generali. Se si riflette al fatto che una delle capacità essenziali della automazione di ufficio deve essere proprio quella di rivolgersi a personale assolutamente privo di competenza informatica, ci si rende conto del perchè tale soluzione non abbia sinora trovato che un modesto riscontro applicativo.

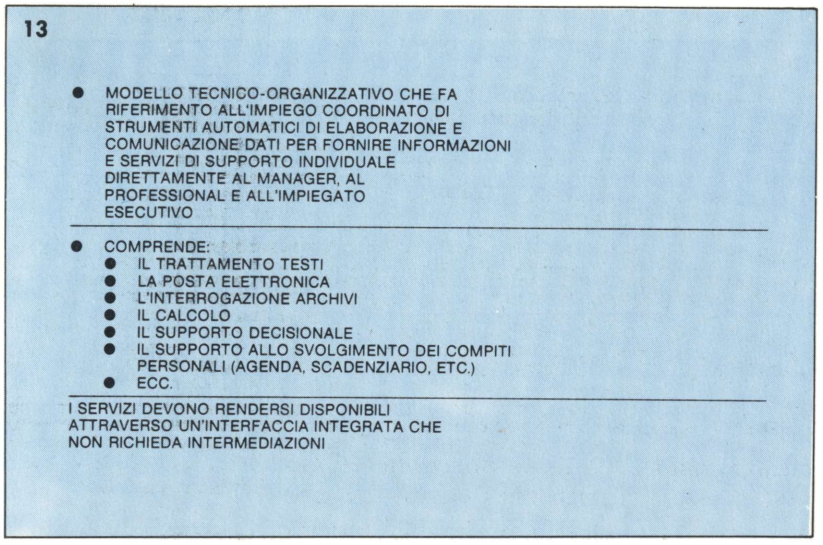


Figura 13. Definizione di automazione ufficio.

Alla seconda categoria appartiene invece tutto quell'insieme di apparecchiature di ufficio che ha lo scopo di rendere più efficienti certe specifiche attività di trattamento della informazione, ad esempio: la macchina da scrivere elettronica per ridurre il costo segretariale di elaborazione dei testi, la fotocopiatrice programmabile per razionalizzare il processore di duplicazione, il telefono a tastiera e con memoria per accelerare la composizione dei numeri e il richiamo di quelli più frequentemente utilizzati, etc. Le osservazioni che si devono fare su questa impostazione, quando è fine a sè stessa e non inquadrata in un disegno più generale, sono di due tipi.

Prima di tutto, il recupero di efficienza che questi dispositivi consentono riguarda essenzialmente il ruolo segretariale che, lo si è già precedentemente sottolineato, incide in misura relativamente modesta sui costi del lavoro di ufficio (Figura 11). Ma, elemento forse più importante, tale ipotetico recupero lo si otterrebbe ulteriormente accentuando quella frammentazione dei compiti che rappresenta oggi la causa principale della inefficienza (e della frustazione) del lavoro impiegatizio. Di conseguenza, anche se questa soluzione può consentire maggiore efficienza a livello della singola attività, a livello della mansione è in profondo contrasto con l'obiettivo prioritario di ricomposizione e integrazione dei compiti; va quindi considerata come concettualmente erronea e incapace di dare contributi che non siano marginali.

Cosa è l'automazione di ufficio

Alla luce della analisi sin qui svolta, risulta chiaro come per automazione di ufficio si debba intendere quanto specificato nella definizione di Figura 13 che tuttavia suggerisce alcune ulteriori precisazioni.

Il modello presenta certamente una componente tecnologica che lo rende oggi (a differenza di pochi anni fa) economicamente perseguibile, ma è soprattutto di tipo

organizzativo proprio in quanto attiene alla razionalizzazione del lavoro di ufficio e quindi alla professionalità dei suoi addetti. Ciò significa che gli aspetti di coinvolgimento e si assimilazione devono assumere una importanza prioritaria nella sua applicazione.

La destinazione individuale dei servizi è già stata messa in evidenza precedentemente e la priorità dei ruoli destinatari deriva dalla loro incidenza nel costo totale del lavoro di ufficio.

Le funzionalità elencate includono non solo le attività di trattamento informazioni che abbiamo chiamato *elementari* ma anche attività di carattere più evoluto la cui automazione può attuarsi esclusivamente in termini individuali in quando caratteristiche della professionalità e dello stile dell'utente.

Si tratta per lo più di semplici procedure di analisi e calcolo, su dati reperiti in archivio, finalizzate al supporto del processo decisionale, alla pianificazione del lavoro e allo svolgimento dei compiti personali.

Va sottolineata, come conseguenza delle considerazioni svolte al paragrafo precedente, la necessità di accedere ai diversi servizi tramite una interfaccia unificata che non eriga assurde barriere tra mondo della elaborazione dati e mondo dell'ufficio.

Infine, il destinatario di tali servizi li deve poter utilizzare in modo diretto, senza intermediazioni di sorta, e questo è un altro elemento di differenziazione dall'informatica classica. Ci si rende agevolmente conto di questa esigenza se si riflette al fatto che la ricerca di informazioni a supporto di una attività non strutturabile non può, per definizione, essere delegata in quanto la scelta delle informazioni stesse è intrinseca alla modalità individuali di svolgimento del compito. In altre parole, solo chi sa di quali informazioni abbisogna e perchè, è in grado di selezionare, tra le informazioni disponibili, quelle utili, nonchè di ovviare con altre alla eventuale carenza delle informazioni cercate.

La mancanza di ruoli di intermediazione, caratteristica dell'informatica classica comporta una radicale revisione delle modalità di colloquio uomo-macchina; revisione che è effettivamente in corso ma sulla quale resta molto da fare anche in termini di ricerca teorica.

In particolare, oltre alla linguistica, la branca dell'informatica che è nota con il nome di intelligenza artificiale è destinata a trovare in questa area, in uno con la psicologia cognitiva, il terreno ideale di applicazione.

Le attività di trattamento informazioni sono classificate in due categorie: quelle di tipo strutturabile (trattamento testi, archiviazione, reperimento, scambio di informazioni, etc.) e quelle che non lo sono.

14

CARATTERISTICHE	GIUDIZIO: ESSENZIALE
INTEGRAZIONE OA/DP	86%
CONTROLLO RISERVATEZZA	84%
POSTA ELETTRONICA	70%
ARCHIVIAZIONE	61%
DISPLAY GRAFICO	34%
CALENDARIO E SCHEDULATORE DI RIUNIONI	16%
DISPLAY A COLORI	8%

15

DOMANDA: CHI DEI SEGUENTI RUOLI UTILIZZERA' PERSONALMENTE LA STAZIONE DI LAVORO?

RUOLO	%
PRESIDENTE	15%
AMM. DELEGATO	35%
CAPI DIVISIONE	70%
CAPI INTERMEDI	89%
SPECIALISTI	96%
SEGRETARIE	100%
SUPPORTO ESECUTIVO	83%

Per le prime i sistemi OAS (Office Automation Systems) offrono soluzioni interamente pre-programmate e di utilizzo guidato attraverso processi di selezione ad albero (colloquio menu-driven) per le seconde, degli strumenti di supporto (linguaggi end-user) delle cui modalità di impiego può facilmente impadronirsi anche chi non dispone di alcuna esperienza informatica.

La gamma OAS che comprende soluzioni che vanno dalla singola stazione di lavoro dedicata (specializzata cioè sul trattamento delle informazioni testuali) con capacità di elaborazione e memorizzazione locale (e tuttavia collegabile in rete), alla versione multi stazione e multifunzionale (utilizzabile cioè sia per applicazioni di automazione ufficio che per tradizionali applicazioni di informatica), è intriseca-

Figura 14. Caratteristiche della stazione di lavoro "ideale". (Fonte IDC).

Figura 15. Impiego previsto della stazione di lavoro. (Fonte IDC).

mente compatibile in quanto fondata su un'unica architettura di hardware e software.

Come tale la interfaccia del colloquio uomo-macchina è comunque alla intera gamma e da qualsiasi stazione di lavoro, indipendentemente dalle caratteristiche tecnologiche e di collegamento, è possibile accedere in modo integrato, alla totalità delle funzioni del sistema.

Al di là della dimensione del sistema

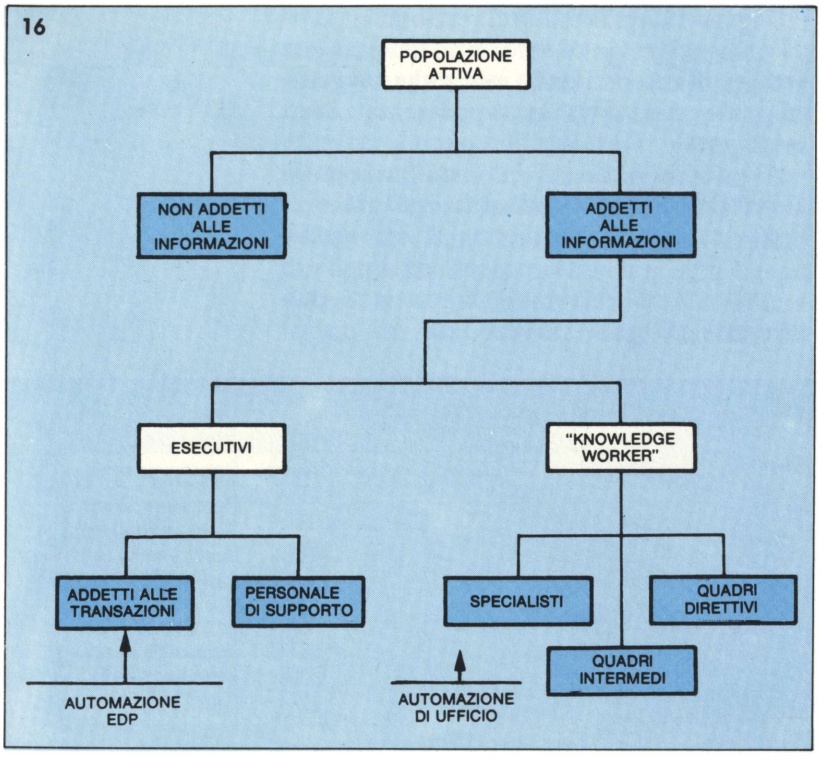


Figura 16. Ruoli, informatica e automazione di ufficio.

complessivo, è importante, sia per il suo effettivo utilizzo che per ragioni economiche, che localmente la soluzione proposta sia ottimizzata sulle particolari esigenze della unità organizzativa in cui deve essere inserita.

Tale ottimizzazione, che consente appunto di dimensionare il sistema locale in modo da massimizzarne la resa economico-/applicativa, è l'obiettivo più qualificante delle architetture di informatica distribuita.

Torna utile richiamare, a verifica della validità della impostazione si qui seguita, alcuni risultati di una ricerca condotta nel (1981) dalla International Data Corporation (IDC) su un campione significativo delle maggiori aziende statunitensi.

Sono stati scelti due specifici argomenti: la struttura della stazione di lavoro di ufficio ideale. (secondo l'opinione dei quadri direttivi di tali aziende e la tipologia dell'utilizzatore di detta stazione.

Sul primo tema la Figura 14 dimostra come la possibilità di integrazione tra il mondo delle applicazioni informatiche (presumibilmente, già molto sviluppato nelle aziende del campione) e quello della automazione di ufficio è giudicata la più importante tra le caratteristiche della stazione di lavoro ideale seguita a ruota dalla capacità di garantire la sicurezza e riservatezza delle informazioni trattate.

Vengono poi alcune funzionalità di tipo più tecnico (prima fra esse la posta elettronica) con all'ultimo posto la capacità di visualizzazione a colori che è evidentemente ritenuta oggi eccessivamente costosa rispetto ai vantaggi forniti.

Sul secondo tema la Figura 15 è una incontrovertibile testimonianza del fatto che, negli Stati Uniti, ci si sta apprestando a fare dell'automazione di ufficio una infrastruttura di supporto al lavoro quotidiano dei quadri direttivi e professionali. È ben vero che in USA si può contare su una cultura informatica assai più diffusa che in Europa, grazie in particolare all'esplosivo sviluppo del mercato dei personal computer (nel solo 1985 è prevista una vendita di circa 2 milioni di unità per un valore di circa 10.000 miliardi di lire), tuttavia è risaputo che fenomeni del genere si sono sempre riprodotti anche nei paesi europei con un ritardo variabile dai 2 ai 5 anni.

Alcune iniziative, purtroppo ancora episodiche, nel campo della riforma della scuola secondaria italiana sembrano andare in questa direzione.

Strategie di intervento

Chiarite le ragioni per cui si ritiene che il processo di razionalizzazione e automazione dell'ufficio sia destinato a porsi come scelta irrinunciabile per mantenere la competitività e analizzati alcuni degli aspetti di differenziazione e di continuità nei riguardi della informatica classica ci proponiamo in questo e nel prossimo paragrafo di fornire alcuni elementi di pianificazione di un intervento di automazione ufficio.

Come già accennato nella introduzione, terranno conto sia degli aspetti applicativi che di quelli economico-finanziari nella convinzione che questi ultimi devono essere oggetto di particolare attenzione da parte dei quadri direttivi date le dimensioni dell'investimento richiesto a medio e lungo termine.

Lo schema di Figura 16 puntualizza i ruoli cui indirizzare il processo di automazione in senso lato.

Tra gli addetti alle informazioni, si distinguono gli impiegati esecutivi dai cosiddetti *Knowledge worker*, vale a dire da quelle persone che nella azienda esercitano un ruolo che richiede un alto grado di professionalità (sia essa di tipo specialistico che manageriale).

Nell'ambito del lavoro esecutivo si possono ulteriormente distinguere gli *addetti alle transazioni* vale a dire coloro che attuano determinate procedure gestionali del tipo di quelle già precedentemente richiamate, e il personale di supporto costituito essenzialmente da segretarie, dattilografe, archivisti, etc. che hanno il compito di rendere più produttivo il lavoro degli Knowledge worker.

Come abbiamo più volte detto, il lavoro degli addetti alle transazioni è quello su cui si è maggiormente insistito con l'automazione attraverso le applicazioni di informatica classica, mentre è sugli altri ruoli che si dovrebbe operare prioritariamente con la automazione di ufficio.

Sulla base di questa classificazione, la Figura 17 fornisce la ripartizione del tempo lavorativo (e quindi del costo) giornaliero degli specialisti e dei quadri direttivi a livello intermedio e a livello superiore. Le cinque attività su cui è stata effettuata la ripartizione esauriscono logicamente, nel loro insieme, la totalità delle funzioni espletate dai tre ruoli indicati, come risulta chiaro dalla breve analisi che segue.

Nella attività di comunicazioni vanno comprese sia le riunioni (con gli eventuali tempi di spostamento) sia i colloqui telefonici.

Nella creazione dei documenti (o messaggi) sono incluse le annotazioni e ridistribuzione di documenti (o messaggi) ricevuti in visione.

La analisi di dati o di situazioni va intesa come finalizzata alla presa di decisioni mentre la lettura ha scopi più generali di arricchimento delle conoscenze professionali.

Infine, delle attività non direttamente produttive fanno parte la attesa di un evento, l'organizzazione del lavoro proprio o dei collaboratori, la tempificazione delle attività, la ricerca di informazioni o di persone (diretta o per telefono), la archiviazione, le trascrizioni etc.

Tenuto conto della popolazione media nei tre ruoli, è interessante rilevare, come fa la Figura 18, quanto la valutazione oggettiva della ripartizione del tempo nelle cinque attività di discosti dalla stima che soggettivamente viene fatta dai rappresentati degli stessi ruoli.

Si può, in particolare, constatare come la attività di comunicazioni venga notevolmente sottodimensionata dagli interessati e venga invece sovradimensionata quella di analisi e la voce relativa ad attività non direttamente produttive.

17

ATTIVITA'	SPECIALISTI %	QUADRI INTERMEDI %	QUADRI DIRETTIVI %
COMUNICAZIONI	38	54	64
CREAZIONE DOCUMENTI	15	11	8
ANALISI	9	7	4
LETTURA	4	8	6
ALTRE NON DIRETTAMENTE PRODUTTIVE	34	20	18

18

ATTIVITA'	% DEL TEMPO TOTALE		% DEVIAZIONE
	STIMATO	EFFETTIVO MEDIO	
COMUNICAZIONI	29.1	45.6	— 36
CREAZIONE DOCUMENTI	12.7	12.9	— 2
ANALISI	14.6	8.2	+ 78
LETTURA	9.1	7.9	+ 20
ALTRE NON DIRETTAMENTE PRODUTTIVE	34.5	25.4	+ 34

Lo scostamento nel tempo di comunicazione si giustifica con la inclinazione naturale a considerare il processo di scambio delle informazioni più efficiente di quanto in realtà non lo sia.

Per quanto riguarda la analisi, è evidente il tentativo di dare maggior peso a una attività che si ritiene qualificante della mansione, mentre per i compiti non produttivi è altrettanto immediato constatare che la loro sopravalutazione deriva dal giudizio negativo che su di essi magari inconsciamente, viene formulato in quanto ritenuti di carattere operativo e non confacenti alla immagine del ruolo.

In ogni caso, tornando alla ripartizione effettiva, possiamo rilevare immediatamente come più del 70% del tempo lavorativo dei ruoli che stiamo esaminando vada ad attività di comunicazioni e a quelle non direttamente produttive.

Questa constatazione è sufficiente per formulare una prima e semplice strategia di intervento che rispetto ad altre, ha almeno il pregio della chiarezza di obiettivi.

Precisamente, iniziando dalle attività non direttamente produttive e analizzandone la struttura, ci si rende subito conto di come esse possano convenientemente venir in gran parte delegate al personale di supporto o aumentandone l'organico o, di dotandolo di strumenti che gli consentano di operare con maggiore produttività.

Questo primo intervento, se attuato correttamente (cioè con l'opportuna gradualità e gli opportuni investimenti in formazione, oltre che in automazione) è potenzialmente in grado di apportare due significativi vantaggi sulla organizzazione del lavoro. Il primo, consiste nell'arricchimento delle mansioni del personale di supporto e il secondo nell'alleggerimento del carico di lavoro specialistico e direttivo.

Quest'ultimo vantaggio si traduce in una maggiore quantità di tempo che, a parità di impegno, potrà essere dedicata ai compiti istituzionali del ruolo.

Dal punto di vista della motivazione in ambedue i casi ci si muove nella direzione di un miglioramento della professionalità.

Per quanto poi riguarda la attività di comunicazione, la Figura 19 stabilisce un confronto tra la comunicazione telefonica e quella attuabile tramite la cosiddetta posta elettronica che consiste nel trasmettere a uno o più destinatari un messaggio (o un documento senza che venga richiesta la presenza contemporanea degli interlocuto-

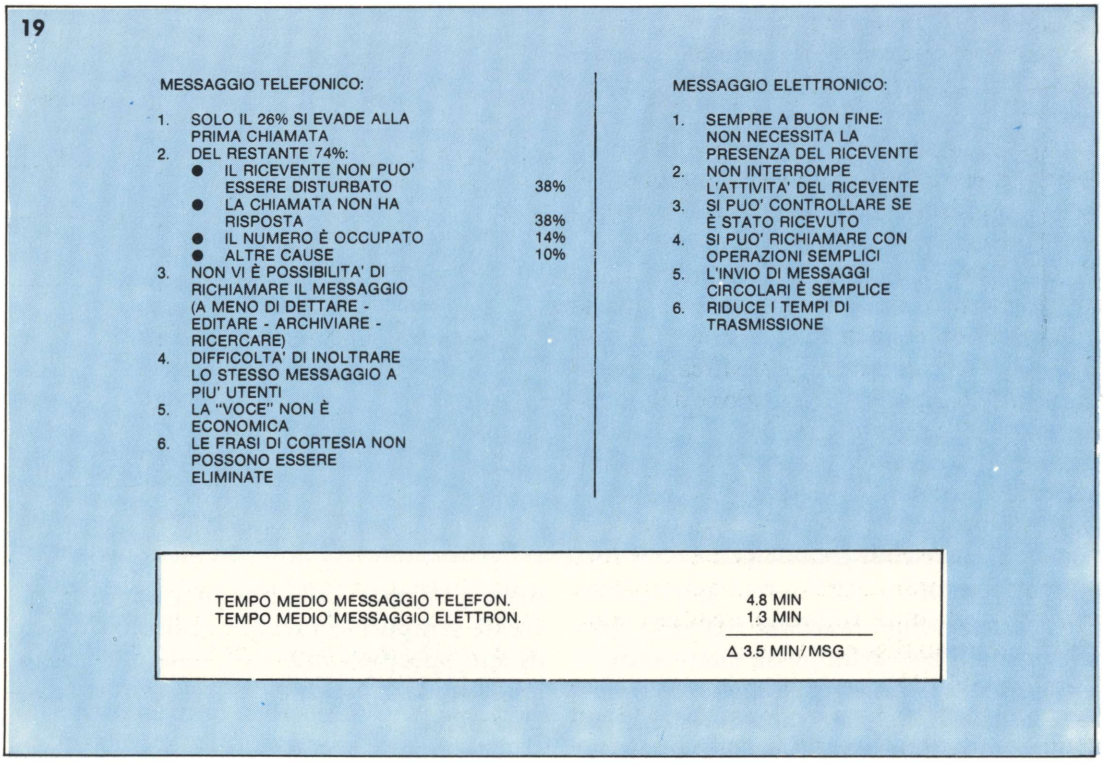


Figura 17. Profili per tipo di attività. (Fonte Booz. Allen).

Figura 18. Deviazione dalla stima nella distribuzione delle attività. (Fonte Booz. Allen).

Figura 19. Esempio di recupero di efficienza. (Fonte Amoco).

ri ai terminali. (Il sistema di posta elettronica è in grado di memorizzare le informazioni e renderle disponibili al destinatario quando quest'ultimo ne faccia richiesta). Come si può constatare, la posta elettronica presenta un insieme di vantaggi che, per tutta una vasta gamma di comunicazioni di ufficio (di carattere operativo e tecnico) la rendono di gran lunga preferibile al telefono. Un'analisi approfondita condotta presso lo Stanford Research Institute porta addirittura a prevedere che il solo impiego sistematico della posta elettronica nell'attività direttiva potrebbe dar luogo a un risparmio di tempo dell'ordine del 20% (vedi Figura 20).

In ogni caso, attraverso la posta elettronica, viene razionalizzato il flusso delle comunicazioni che può così disporre di 3 canali di trasporto diversi a secondo del contenuto delle comunicazioni stesse.

Gli argomenti di carattere politico continueranno ad essere trattati in riunioni interpersonali; quelli che richiedono decisioni urgenti, attraverso il telefono, mentre tutti gli altri potranno avvalersi del nuovo canale con grande vantaggio nella pianificazione del lavoro (vedi ancora la Figura 20 dove le interruzioni e le perdite di tempo nelle comunicazioni tradizionali arrivano a pesare per circa 1 ora e mezzo sulle 8 lavorative).

La Figura 21 fornisce una stima cautelativa del fattore di miglioramento della produttività che l'adozione della strategia indicata può arrecare ai ruoli specialistici e direttivi. Nella stessa figura sono anche messi in evidenza gli strumenti applicativi che tale strategia supporta tenendo conto dell'attuale stato dell'arte tecnologica, strumenti che in parte sono già stati discussi nelle considerazioni precedenti.

Precisamente:

il *trasferimento informazioni* riguarda specificamente l'uso della posta elettronica;

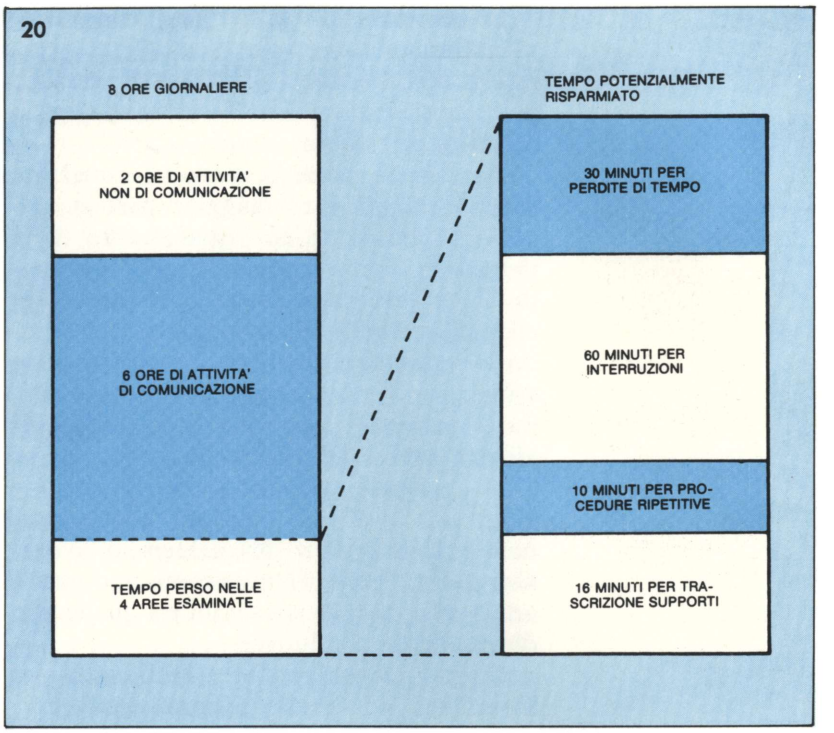
la *memorizzazione e reperimento informazioni* la possibilità che lo stesso sistema ha di immagazzinare e rendere disponibile a chi ne è autorizzato le informazioni;

la *gestione attività* rappresenta quanto è stato compreso nelle attività non direttamente produttive e che è coperto dai servizi cosiddetti di agenda elettronica di scadenziario, etc;

l'*elaborazione personale* è la possibilità di dare all'utente un'autonoma capacità di creare semplici sequenze di calcolo sui dati di suo specifico interesse, qualora, a suo giudizio, la ripetitività di tali sequenze lo giustifichi.

Il termine *teleconferenza* vuole accennare a un ulteriore mezzo di comunicazione affiancabile con profitto, sul medio-lungo termine, all'incontro interpersonale, al telefono e alla posta elettronica. Si tratta della possibilità di tenere riunioni tra due o più gruppi di persone geograficamente distanti utilizzando canali di comunicazione audio,

20



21

STRUMENTO	RISPARMIO TEMPO POTENZIALE (IN %)	% DEL RISPARMIO TOTALE DI TEMPO
TELECONFERENZA	0.5	2.7
TRASFERIMENTO INFORMAZIONI	4.4	29.9
MEMORIZZAZIONE E REPERIMENTO INFORMAZIONI	4.2	28.6
ELABORAZIONE PERSONALE	4.0	27.2
GESTIONE ATTIVITA'	1.7	11.6
	14.8	100

Figura 20. Posta elettronica, risparmio nel lavoro direttivo. (Fonte SRI).

Figura 21. Strumenti di miglioramento della prestazione. (Fonte Booz. Allen).

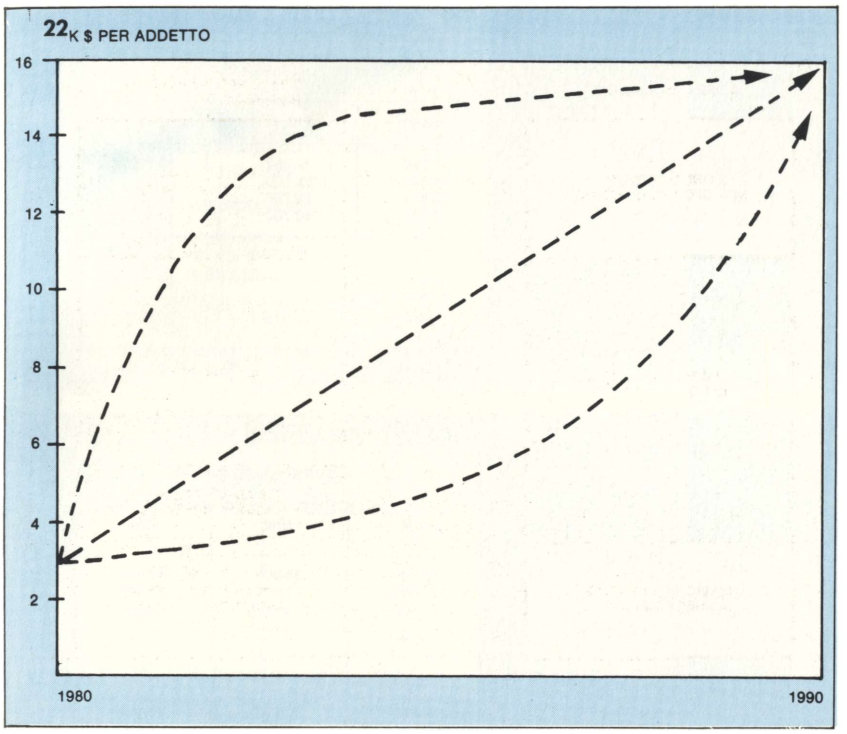


Figura 22. Dinamica di crescita degli investimenti.

tributo che tale strumento dà al miglioramento del lavoro specialistico/direttivo è relativamente modesto perchè valutato nella ipotesi che la gran parte delle attività non direttamente produttive (vedi Figura 17) vengano, secondo la strategia suggerita, allocate al personale di supporto a sua volta dotato di quanto necessario per migliorare la produttività e quindi messo in grado di assorbirle.

Modelli di valutazione dell'investimento

Determinati così gli obiettivi conseguibili con una opportuna strategia di intervento, resta aperto il problema di valutare la entità dell'investimento che tali obiettivi finanziariamente giustificano.

La Figura 22 visualizza una previsione corrente di crescita dell'investimento per

Nella foto, un esempio di automazione d'ufficio ottenuta con un sistema DPS 4. (Gentilmente fornita dalla Honeywell).

o anche video (in questo caso con frequenze di due ordini di grandezza superiori a quelle foniche e quindi a costi oggi ancora proibitivi). Tale possibilità sperimentata da anni e con successo nella NASA non è ancora diffusa nella realtà aziendale europea e, anche al di là del costo, richiederà certamente un notevole tempo di adeguamento.

Un'osservazione conclusiva sullo strumento *gestione attività* costituito da un supporto automatico di gestione degli impieghi, dello scadenziario, della pianificazione nell'impiego di risorse comuni, etc. Il con-

addetto dagli attuali 2.5 ÷ 3 K$ ai 16 K$ del 1990 ma non specifica come tale crescita debba avvenire e a fronte di quali obiettivi.

È chiaro che ciascuna azienda sceglierà il criterio che meglio si confà al suo stile operativo e a quello della sua direzione, tenuto conto del mercato in cui opera. Così una azienda innovativa che opera in un settore dinamico tenderà ad anticipare i vantaggi dell'automazione con un alto livello di investimenti iniziali, mentre una azienda che si può permettere di assumere un atteggiamento cauto tenderà ad assumere iniziati-

ve, e quindi ad investire, soltanto dopo che siano consolidate le esperienze.

In tutti i casi, è fuori di dubbio la necessità di disporre di un modello finanziario che sappia correlare i livelli di investimento con i miglioramenti conseguibili.

La metodologia da seguire è quella classica che giustifica l'investimento quando il valore attuale dell'incremento di produttività (ritenuto per definizione pari al tempo risparmiato) è uguale al valore attuale del capitale investito. L'incremento di produttività può essere espresso in termini di risparmio sul costo del personale ma anche l'investimento per posto di lavoro può venire misurato in percentuale della stessa voce.

In base al rapporto si viene così a determinare quanta parte del costo annuo di personale può essere investita in automazione ufficio al manifestarsi di un dato incremento di produttività.

Se si opera nel settore industriale, tenendo conto del tasso d'incremento dei salari prevedibile sulla base 1981 e del costo del capitale alla data (o del ritorno di investimento atteso), si perviene, applicando il modello descritto alla tabella di Figura 23, che stabilisce, in funzione del miglioramento di produttività, quanto è ragionevole spendere in automazione del posto di lavoro dell'impiegato appartenente alle varie categorie del contratto metalmeccanici o del dirigente, in un conto economico che partendo dal 1981 si estende sino al 1985.

Se si opera nel settore finanziario il modello rimane lo stesso ma, anzichè il costo del capitale, come indicatore di reddività può essere assunto il tasso di rendimento sugli impieghi. La tabella di Figura 24 dà i risultati a cui tale applicazione conduce.

Come possiamo agevolmente constatare, anche per incrementi di produttività che, alla luce delle considerazioni del punto precedente, appaiono largamente conseguibili, le cifre che possono essere investite in automazione del posto di lavoro sono di rilevante entità, e in generale superiori a quelle necessarie per l'acquisto di apparecchiature stante lo stato attuale della tecnologia.

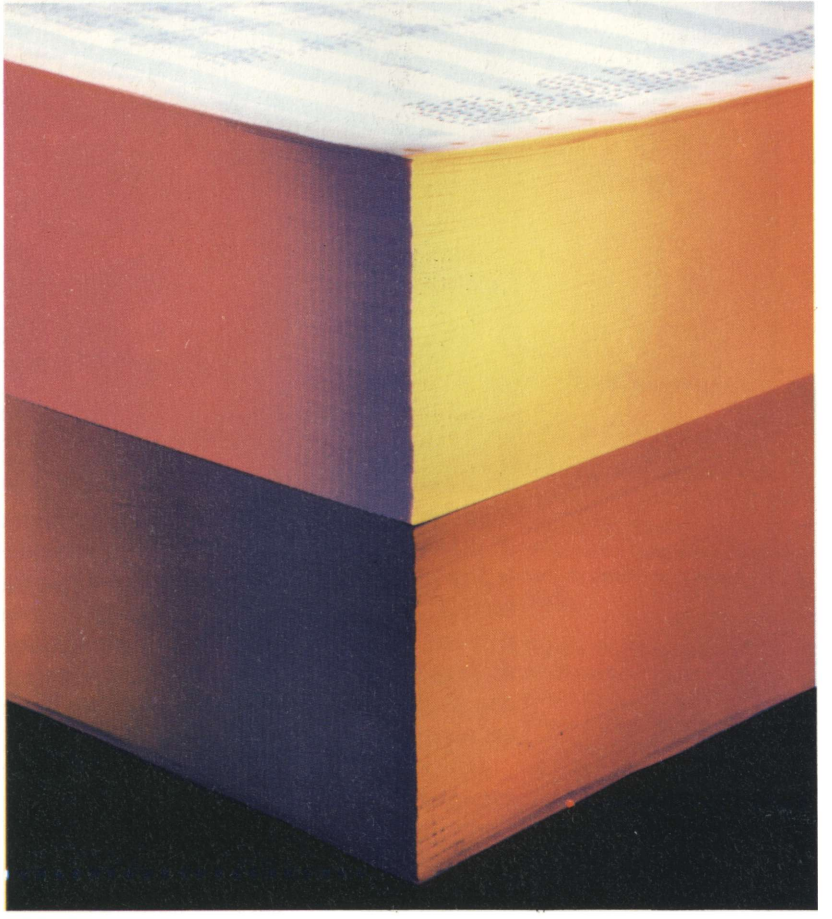
Una volta di più si dimostra come l'investimento in informatica, se correttamente indirizzato e attuato, non tema confronti quanto a redditività.

23

INVESTIMENTO IN KLIRE / POSTO DI LAVORO	Δ MIGLIORAMENTO 10%	15%	20%
5° LIVELLO	11.760	17.850	23.730
6° LIVELLO	14.560	22.100	29.380
7° LIVELLO	19.600	29.750	39.550
DIRIGENTE	34.720	52.700	70.000
INVESTIMENTO MEDIO PER POSTO DI LAVORO (IN KLIRE)	15.400	23.375	31.075

24

INVESTIMENTO IN KLIRE / POSTO DI LAVORO	Δ MIGLIORAMENTO 10%	15%	20%
IMPIEGATO	16.700	24.900	33.400
FUNZIONARIO	31.500	47.000	63.000
DIRIGENTE	73.100	109.000	146.000
INVESTIMENTO MEDIO PER POSTO DI LAVORO (IN KLIRE)	18.900	28.200	37.800



25

TIPO DI DATO	MIGLIORAMENTO
PREVISIONALE	20%
CONSUNTIVO SU ESPERIENZE A REGIME	25-30%

26

ANNO	INVESTIMENTI (IN $)	MIGLIORAMENTO
1	2300	—
2	2500	10%
3	2500	18%

Figura 23. Investimento per posto di lavoro nelle aziende manifatturiere.

Figura 24. Investimento per posto di lavoro nelle aziende finanziarie.

I chilometrici tabulati che hanno contraddistinto sino ad oggi l'informatica in ufficio, sono destinati ad essere sempre più sostituiti da veloci ed economiche consultazioni video. Continueranno ad essere stampati solo progetti riassuntivi o particolari dati richiesti. (Foto gentilmente fornita dalla PRIME).

Figura 25. Miglioramento della prestazione nel lavoro esecutivo.

Figura 26. Miglioramento della prestazione per "Knowledge worker".

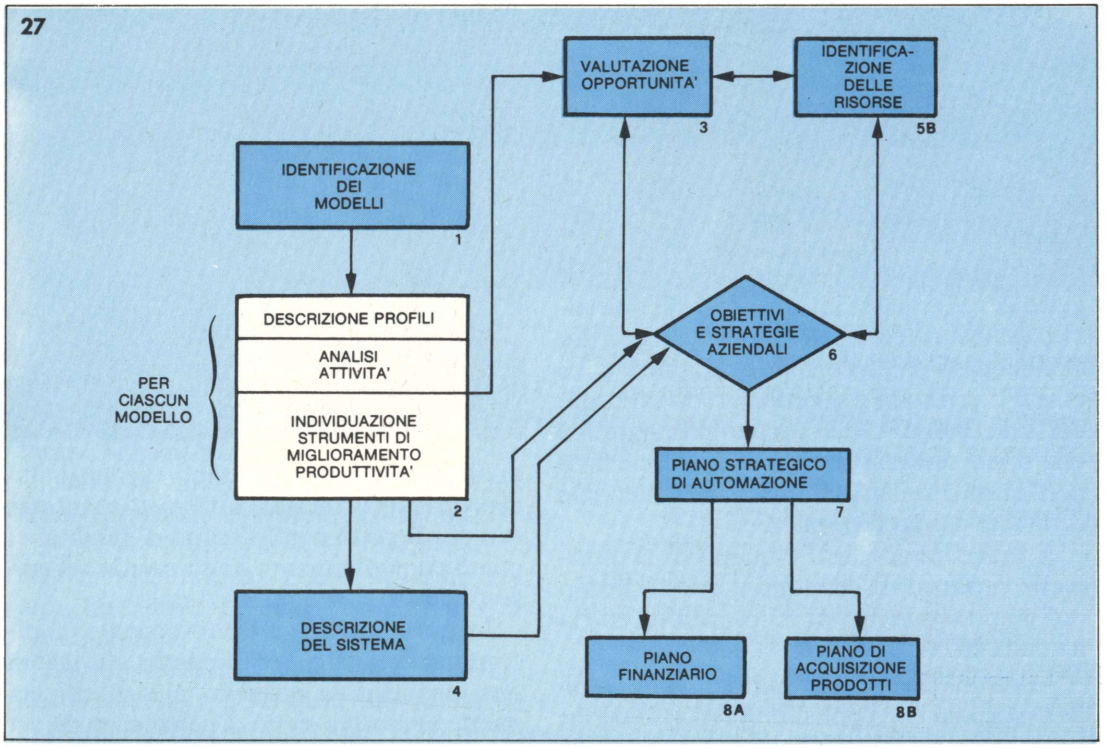
Figura 27. Pianificazione di un intervento di OA.

della automazione ufficio, tali miglioramenti siano stati effettivamente raggiunti.

Ci riferiamo per questo ad esperienze essenzialmente statunitensi per le maggiori quantità di applicazioni cui si può attingere. La Figura 25 fornisce un consuntivo riguardante il recupero di efficienza nelle attività del personale d'ordine che, ai nostri fini, è interessante non tanto di per sè quanto perchè dimostra l'effettiva capacità di assorbire gran parte delle attività non direttamente produttive dei ruoli cui è di supporto, a organico sostanzialmente inalterato. La Figura 26 riguarda invece in modo diretto i ruoli specialistici e direttivi (cioè gli knowledge worker di Figura 16). Possiamo constatare come, anche con investimenti inferiori a quelli giustificabili secondo il modello esaminato precedentemente, gli incrementi di produttività conseguiti (come miglioramento della prestazione, fatta pari al tempo guadagnato) possono essere assai superiori a quelli ipotizzati.

Queste risultanze confermano la validità

27



Il risultato di alcune esperienze

Dopo aver valutato i miglioramenti conseguibili e gli investimenti che ne vengono giustificati, corre l'obbligo di verificare se, nelle esperienze sinora attuate nel campo della strategia di automazione suggerita a quella del modello finanziario che ne sta a fondamento.

Conclusioni

Al termine di questa prima analisi delle

prospettive dell'automazione di ufficio o meglio, della razionalizzazione e automazione delle attività che vi si svolgono facendo uso della tecnologia informativa, conviene ripercorrere il cammino compiuto, per trarre alcune considerazioni conclusive.

Si è dimostrata l'indilazionabilità della opzione informatica nel campo delle attività di trattamento informazioni delle società industriali avanzate; in questo ambito generale si sono discusse differenze e aspetti di automazione ufficio con le applicazioni classiche della elaborazione dati. Infine, sono state proposte delle strategie di automazione di cui ci si è preoccupati di fornire una ragionevole giustificazione finanziaria.

Su queste basi il processo di pianificazione di un intervento nell'ufficio può essere schematizzato nelle 8 fasi della Figura 27.

Il modello (o i modelli) di partenza è costituito dall'universo degli utenti potenziali del sistema di automazione ufficio; di tali utenti vengono definiti i profili di attività con l'aiuto di questionari ma non solo di essi.

Vengono successivamente individuati gli strumenti potenzialmente in grado di migliorare la prestazione e inquadrati (punto di fondamentale importanza) in una opportuna visione sistemica che deve in prospettiva conciliarsi con quella informatica.

Data la pervasità dell'intervento e l'impatto sull'organizzazione del lavoro, il progetto deve far parte integrante degli obiettivi e delle strategie dell'azienda e assai più che nel caso dell'informatica classica, deve essere indirizzato e seguito nel suo sviluppo dalla direzione. Ciò in particolare, significa che opportunità e risorse vanno conciliate nell'ambito della pianificazione aziendale di medio-lungo termine.

Il piano finanziario e quello di acquisizione prodotti discendono a questo punto dal piano strategico di automazione che la azienda ha elaborato.

Ma a chi deve, organizzativamente, venire assegnata la responsabilità di attuazione di un tale piano? La tabella di Figura 28 dà una risposta a questa domanda quale risulta da una inchiesta condotta a fine 1981 dal quindicinale Computer World su circa 400 aziende abbonate.

Come possiamo vedere, il 50% delle aziende assegna la responsabilità al settore dell'informatica aziendale giudicando che la competenza specifica è un prerequisito essenziale anche per l'automazione ufficio.

Il 20% costituisce un apposito comitato di direzione in cui sono rappresentati, oltre al settore informatico, tutti i settori interessati al progetto con lo scopo di facilitare il pieno coinvolgimento dell'azienda nel progetto stesso.

In quest'ambito è lecito pensare, anche se non specificato dall'inchiesta, che il compito propositivo e quello più specificatamente operativo siano di pertinenza del settore informatico.

Un 30% infine giudica il problema dell'ufficio un problema di costi e quindi di pertinenza della amministrazione; va però ricordato che, anche negli USA, spesso il settore informatico è inquadrato nella Direzione Amministrativa.

28

LOCALIZZAZIONE RESPONSABILITA'	%
MIS	50
COMITATO DIRETTIVO	20
AMMINISTRAZIONE	30

29

FASE DI AVANZAMENTO DELLA AUTOMAZIONE UFFICIO	%
GIA' AVVIATA	72
IN AVVIAMENTO	5
IN VALUTAZIONE	20
NESSUN PROGRAMMA	3

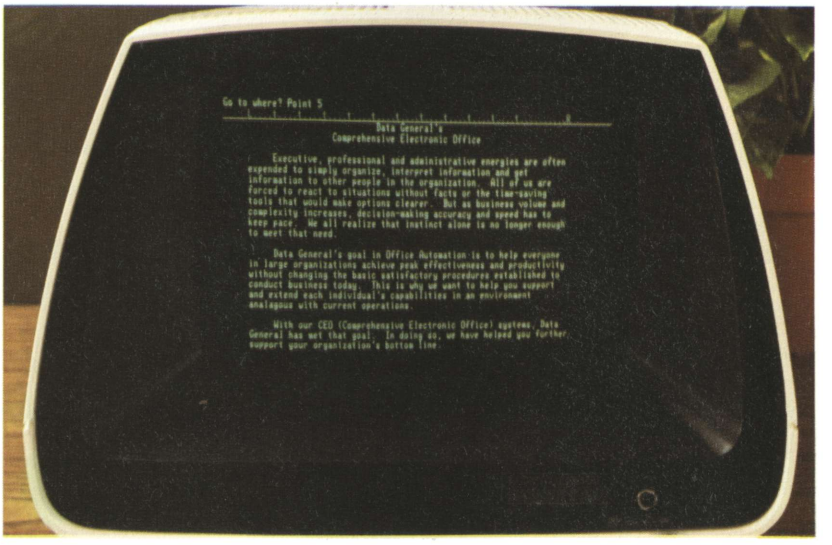


Figura 28. Responsabilità di attuazione. (Fonte CW).

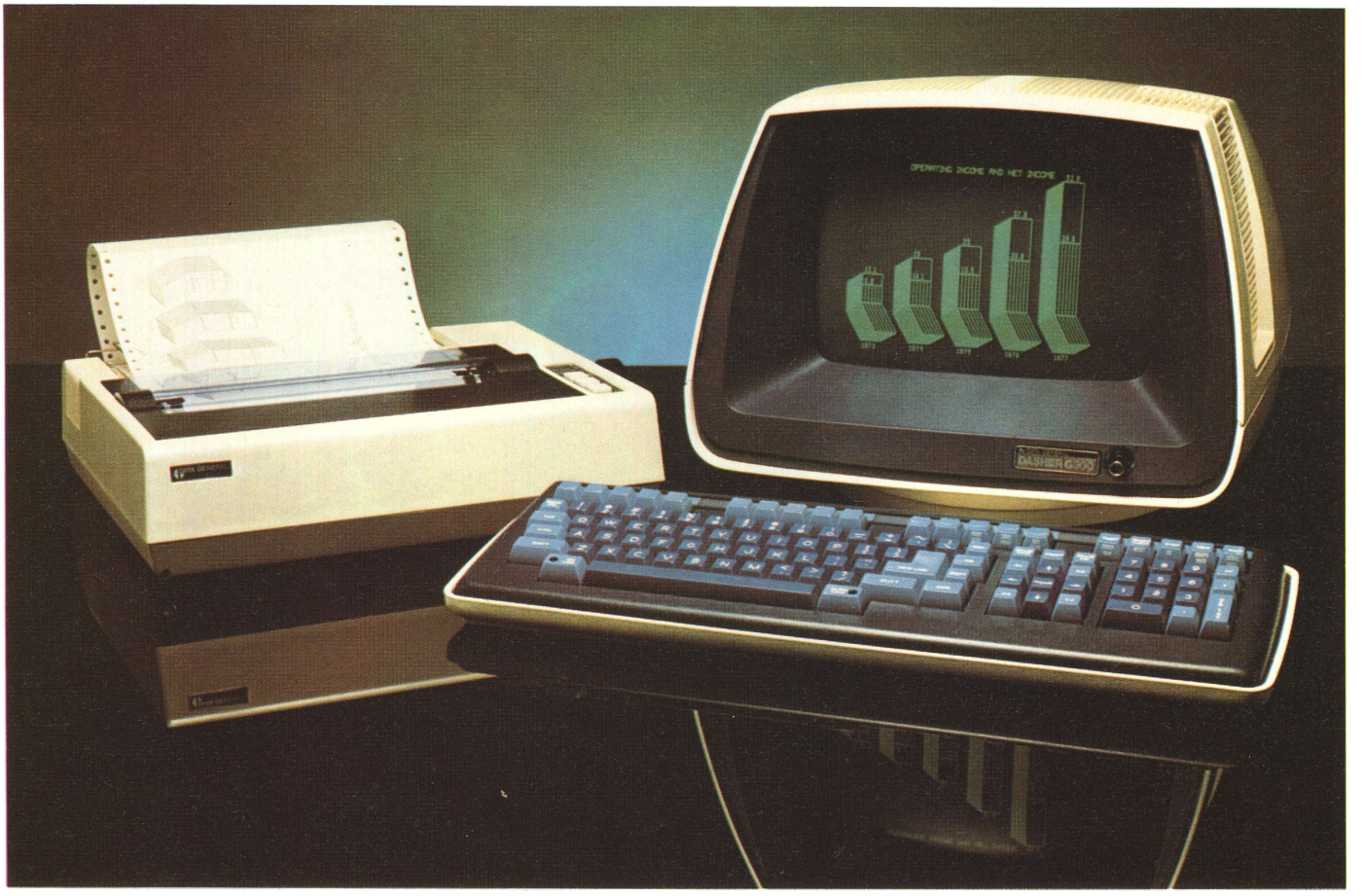
Figura 29. Stato della utenza USA nelle applicazioni OA. (Fonte CW).

Nella foto, un esempio di word processing, fondamentale funzione per l'automazione d'ufficio. (Gentilmente fornita dalla Data General).

3 Il computer e l'elettronica nella musica

La nascita della musica elettronica, essenzialmente legata alla tecnica della registrazione sonora su nastro magnetico, è da ascrivere agli inizi degli anni Cinquanta.

Tralasciando qui un lungo catalogo di precursori, ci limitiamo a ricordare che le esigenze linguistiche nate dallo sviluppo del pensiero musicale del periodo fra le due



Nella foto, uno strumento di office automation: il display grafic DASHER 6300 con associata stampante grafica. (Gentilmente fornita dalla Data General).

guerre mondiali (in particolare le esperienze di Schoenberg, Berg e Webern), spingevano la musica ad uscire dal campo del *temperamento equabile*, ossia della divisione dell'ottava in 12 intervalli governati, l'uno rispetto al suo contiguo, dalla relazione $\sqrt[12]{2}$. (Più precisamente, con il termine *temperamento equabile*, detto poi per antonomasia *sistema temperato*, si definisce quel sistema di intonazione degli intervalli che si era affermato in Europa tra il 1600 ed il 1700 e che si concretizza appunto nella divisione standardizzata del rapporto d'ottava - rapporto $^1/_2$ - in 12 intervalli uguali detti semitoni).

La musica, considerata per un momento come mera somma di oscillazioni periodiche manifestava la tendenza, palesatasi già ai primi del Novecento, ad annettere al suo controllo oscillazioni intermedie ai valori del sistema temperato. Appunto tra le due

Nel 1951 la Radio Televisione Francese impiantò il primo Studio Europeo espressamente concepito per la composizione elettronica, affidandolo alla direzione di Pierre Schaeffer.

Nello stesso anno il Nord West Deutscher Rundfunk di Colonia istituì uno Studio per la "promozione di musica elettroacustica radiofonica" che si sviluppò negli anni successivi per impulso di Karlheinz Stockhausen.

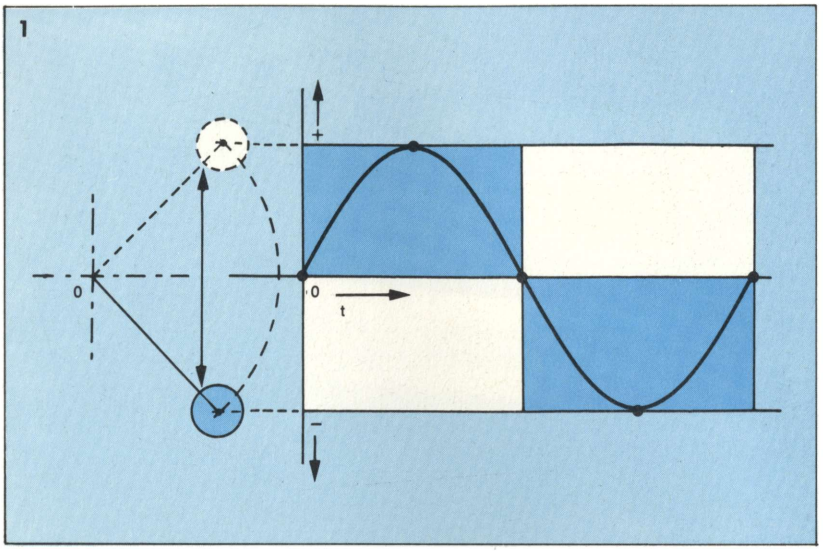
Sempre nel 1951, negli Stati Uniti, Vladimir Ussacevsky e Otto Luening fondarono lo Studio allora definito "per la Tape Music", alla Columbia University. Un secondo ramo della musica elettronica americana, riunito attorno a John Cage e con il contributo degli Studi della "Rangertone" Newark, New Jersey, completa il panorama degli albori della musica elettronica con le opere di Brown, Feldman e Wolf.

guerre si moltiplicarono i tentativi di costruire strumenti indipendenti da questo sistema che per oltre tre secoli aveva dominato la storia della musica occidentale. Citiamo fra gli altri il pianoforte a quarti di tono del compositore cecoslovacco Alois Haba, che fissa una accordatura dove il numero dei suoni contenuti nell'ottava viene raddoppiato.

Fra gli altri, sono i testi del compositore Edgar Varèse quelli che meglio sintetizzano e motivano queste esigenze; ecco un breve stralcio di una conferenza letta a Santa Fé (U.S.A.) nel 1936: "*quando i nuovi strumenti che sostituiranno il contrappunto mi permetteranno di scrivere musica così come la concepisco, si potranno percepire chiaramente i movimenti delle masse e dei piani sonori... si potrà percepire la trasmutazione delle masse in movimento allorchè esse passano da un registro ad un altro o quando la loro capacità viene rischiarata o, ancora, quando si vanno rarefacendo. Inoltre il nuovo apparato musicale che io immagino, con la sua capacità di emettere suoni di qualsiasi frequenza estenderà i limiti del registro subgrave e sovracuto e porterà ad una nuova organizzazione dei risultati verticali: degli accordi, delle distanze dei suoni che li costituiscono ... non solo verranno svelate in tutto il loro splendore le possibilità armoniche dei componenti spettrali di un timbro, ma si avrà un contributo notevole anche da certe interferenze fra gli stessi componenti spettrali parziali ... Sono certo che verrà il giorno in cui il compositore, una volta realizzata graficamente la sua partitura potrà affidarla ad una macchina che ne trasmetterà automaticamente il contenuto musicale all'ascoltatore*".

Le prime opere nate da un atteggiamento scientifico tendente a mettere in relazione i diversi parametri sonori in una struttura musicale controllabile nel dettaglio dall'apparato di generazione elettroacustica, sono le opere nate allo Studio di Colonia presso il NordWestDeutscherRundfunk.

Assieme agli Studi di Eimert e di Pousseur sono rimasti emblematici gli Studi 1 e 2 di Stockhausen dove il materiale sonoro è costituito esclusivamente da misture di suoni sinusoidali. Gli oscillatori sinusoidali diventeranno lo strumento essenziale per la generazione di musica elettronica.



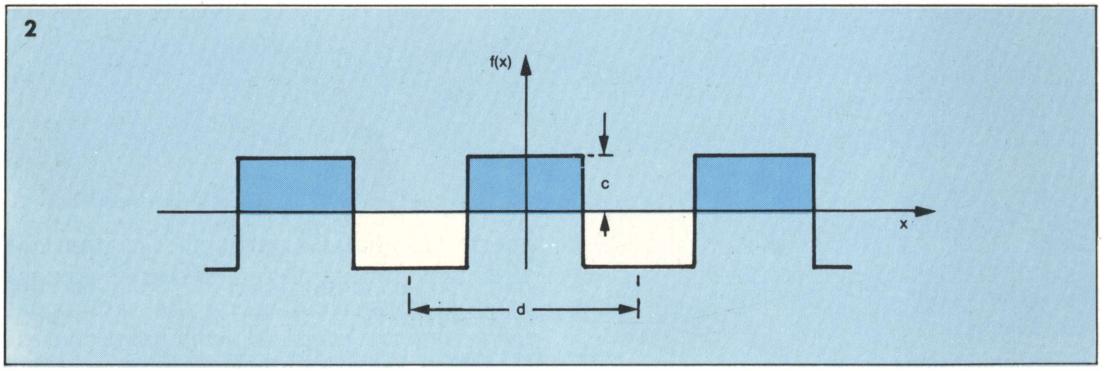


Figura 1. Rappresentazione grafica di un moto armonico semplice generato dall'oscillazione di un pendolo.

Figura 2. Analisi di Fourier. Onda quadra di ampiezza c, periodica nell'intervallo di tempo a.

L'oscillazione sinusoidale

Cos'è un'oscillazione sinusoidale?

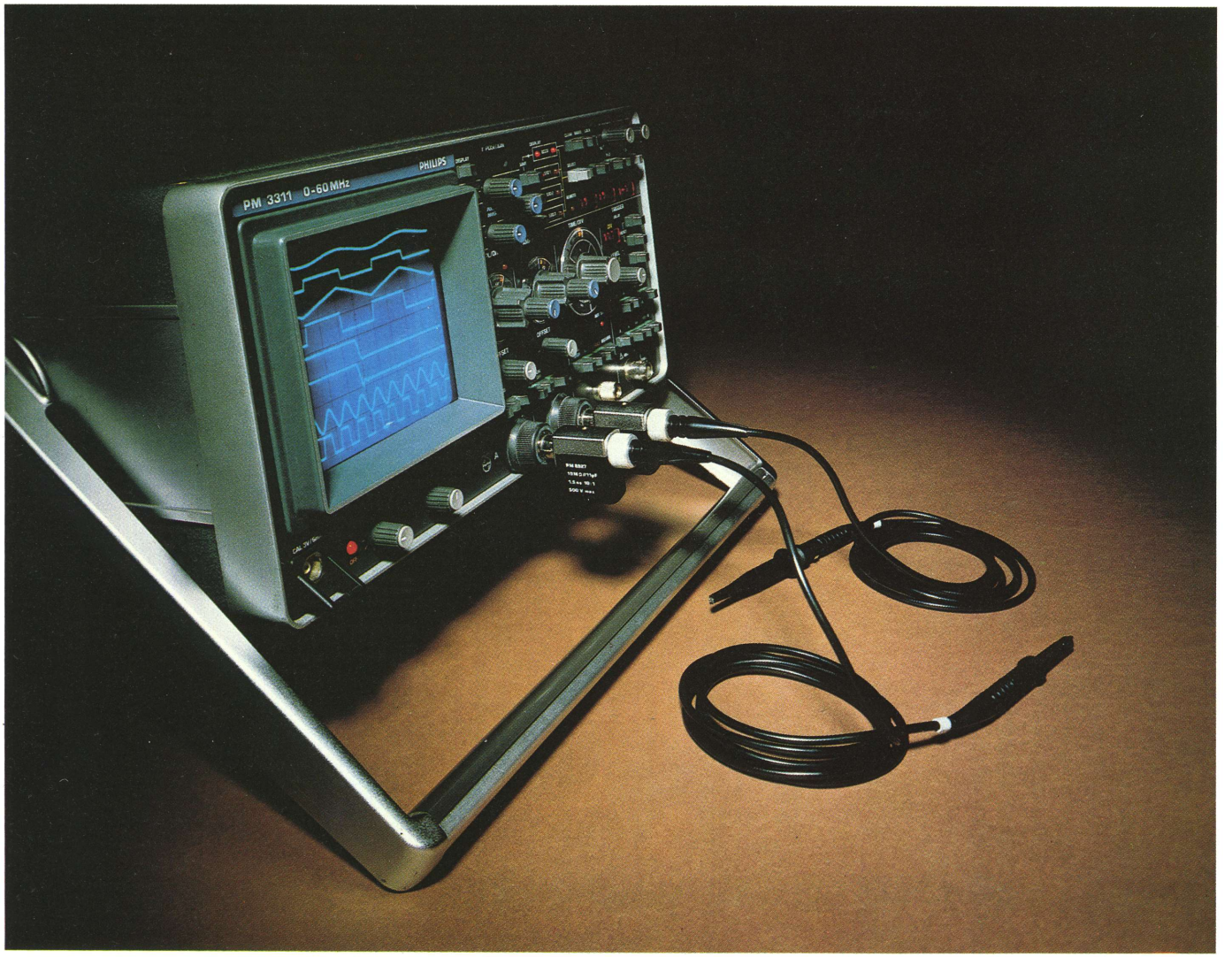
Possiamo raffigurarcela considerando il movimento semplice di un pendolo che si sposta da una parte e all'altra rispetto alla sua posizione di riposo.

Se applichiamo al pendolo una punta scrivente e la lasciamo scorrere su un foglio di carta in movimento a velocità costante,

questa disegnerà una linea ondulata: precisamente la rappresentazione grafica di un moto armonico semplice o sinusoidale (Figura 1).

Le principali grandezze dell'oscillazione sono:

Durata = Tempo T in cui si compie una singola oscillazione.



Nella foto, oscilloscopio digitale a memoria 60 MHz, doppia traccia. È con questi strumenti che si analizzano le forme d'onda. (Gentilmente fornita dalla Philips).

È detto anche *periodo* ed è composto da una fase positiva ed una negativa. Il tempo si rappresenta sull'asse delle ascisse.

Frequenza = Numero di oscillazioni nell'unità di tempo.

$$F = 1/T$$

dove T è la durata della singola oscillazione e 1 è l'unità di tempo pari ad 1 secondo.

Ampiezza = Il massimo valore aggiunto dalla curva dell'oscillazione rappresentata sull'asse delle ordinate.

Nella musica elettroacustica l'oscillazione sinusoidale è generata da una corrente elettrica il cui senso (positivo o negativo) si inverte tutte le volte che la curva attraversa l'asse delle ascisse. Pertanto l'intensità della corrente va da zero, progressivamente, ad un massimo positivo, poi torna a zero e raggiunge un massimo negativo, quindi torna nuovamente a zero e ricomincia il ciclo.

Ci si potrebbe domandare come mai si adopera la sinusoide per costruire un fenomeno ondulatorio così complesso come il suono che, in natura, non si presenta mai come moto armonico semplice. La ragione fondamentale sta nella Legge di Fourier.

Il matematico francese Fourier (1768-1830) dimostrò che qualsiasi moto ondulatorio con carattere periodico può essere rappresentato e quindi scomposto in una somma di movimenti sinusoidali le cui frequenze sono multiple della frequenza fondamentale e le cui ampiezze sono regolate da un opportuno coefficiente.

Per meglio comprendere il fenomeno consideriamo l'onda quadra: si dice *onda quadra* quella oscillazione che dalla posizione iniziale si porta immediatamente al suo massimo valore, resta costante per un certo tempo e ritorna immediatamente alla posizione iniziale per passare poi al semiperiodo negativo (Figura 2).

Secondo il Teorema di Fourier l'onda quadra risulta dalla integrazione di tutte le armoniche dispari in fase, generate in un solo periodo dell'oscillazione fondamentale, dove i valori di ampiezza delle singole componenti sono inversamente proporzionali all'ordine delle armoniche. Tanto più ci si avvicina alla forma perfetta della onda quadra, quanto più il numero delle componenti sinusoidali tende all'infinito (Figura 3).

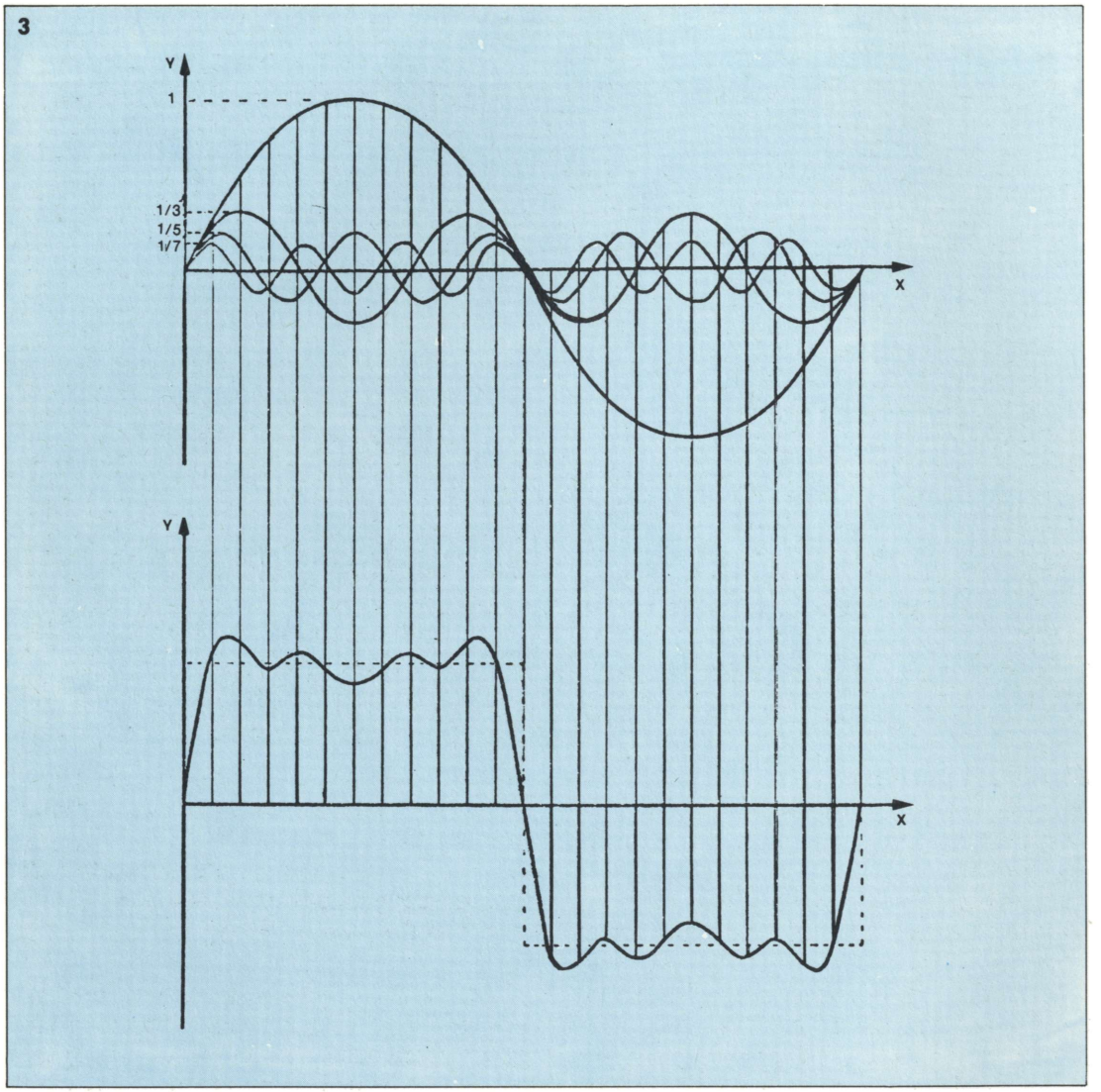
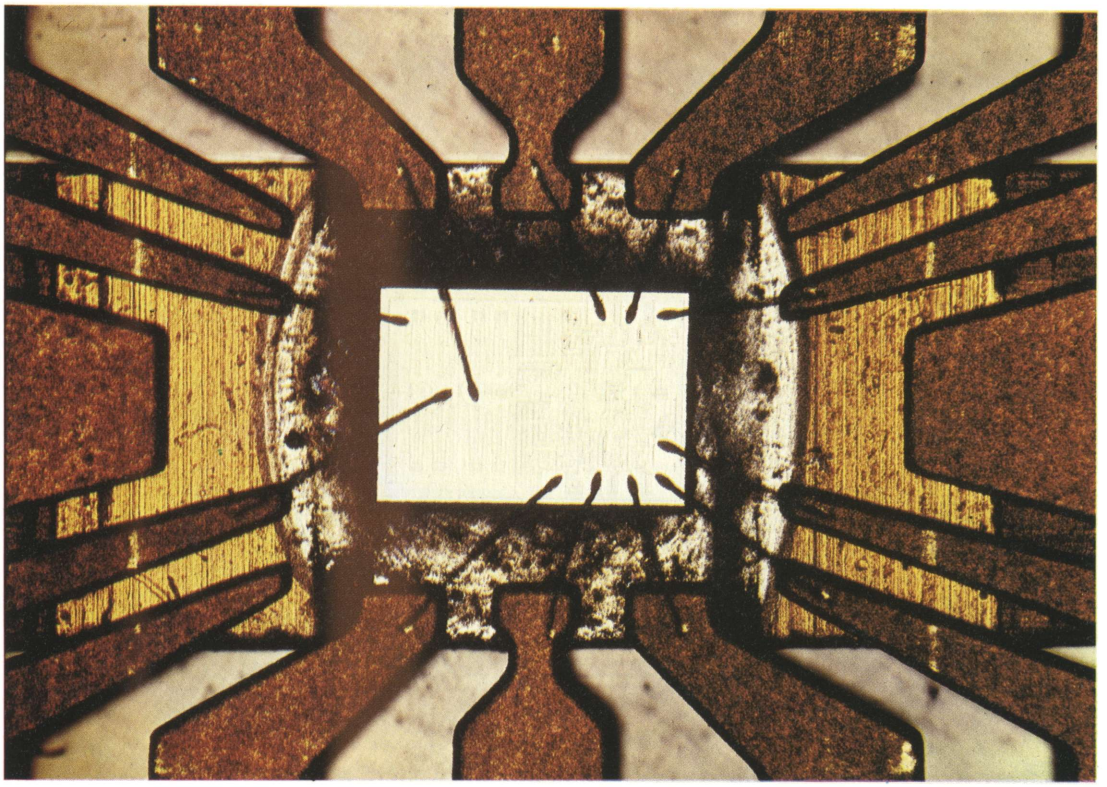


Figura 3. Costruzione di un'onda quadra con le componenti sinusoidali fino alla quarta armonica.

Inoltre la sinusoide ha una relazione specifica con il momento della percezione: nell'orecchio la membrana basilare è ricoperta da minuscole ciglia sensitive che rispondono a certe determinate frequenze sinusoidali. L'orecchio in presenza di una forma d'onda complessa opera, tramite queste ciglia, una vera e propria analisi frequenziale delle componenti (sinusoidali) di tale onda.

Concetti basilari di produzione e trasformazione dei segnali

Accanto agli oscillatori, altri apparecchi costituiscono l'equipaggiamento essenziale di uno studio di musica elettronica. Dispositivi le cui funzioni saranno poi trasferite nella pratica della sintesi digitale del suono, rappresentate numericamente da opportuni algoritmi.



Nella foto, amplificatore 20 W HI-FI, con protezione tecnica al corto circuito. (Gentilmente fornita dalla SGS).

In particolare sono strumenti tipici i dispositivi di elaborazione del segnale: la modulazione ed il filtraggio.

Il termine *modulazione*, con riferimento alle oscillazioni periodiche, indica il processo per cui una o più grandezze di un fenomeno da modulare, vengono modificate per interazione con grandezze di un altro fenomeno, che "modula".

Distinguiamo in particolare la *modulazione d'ampiezza*, (AM) dove il valore istantaneo della tensione modulante (Vi) è moltiplicato per il valore istantaneo della tensione modulata (Vs):

$$Vu = Vi \cdot Vs$$

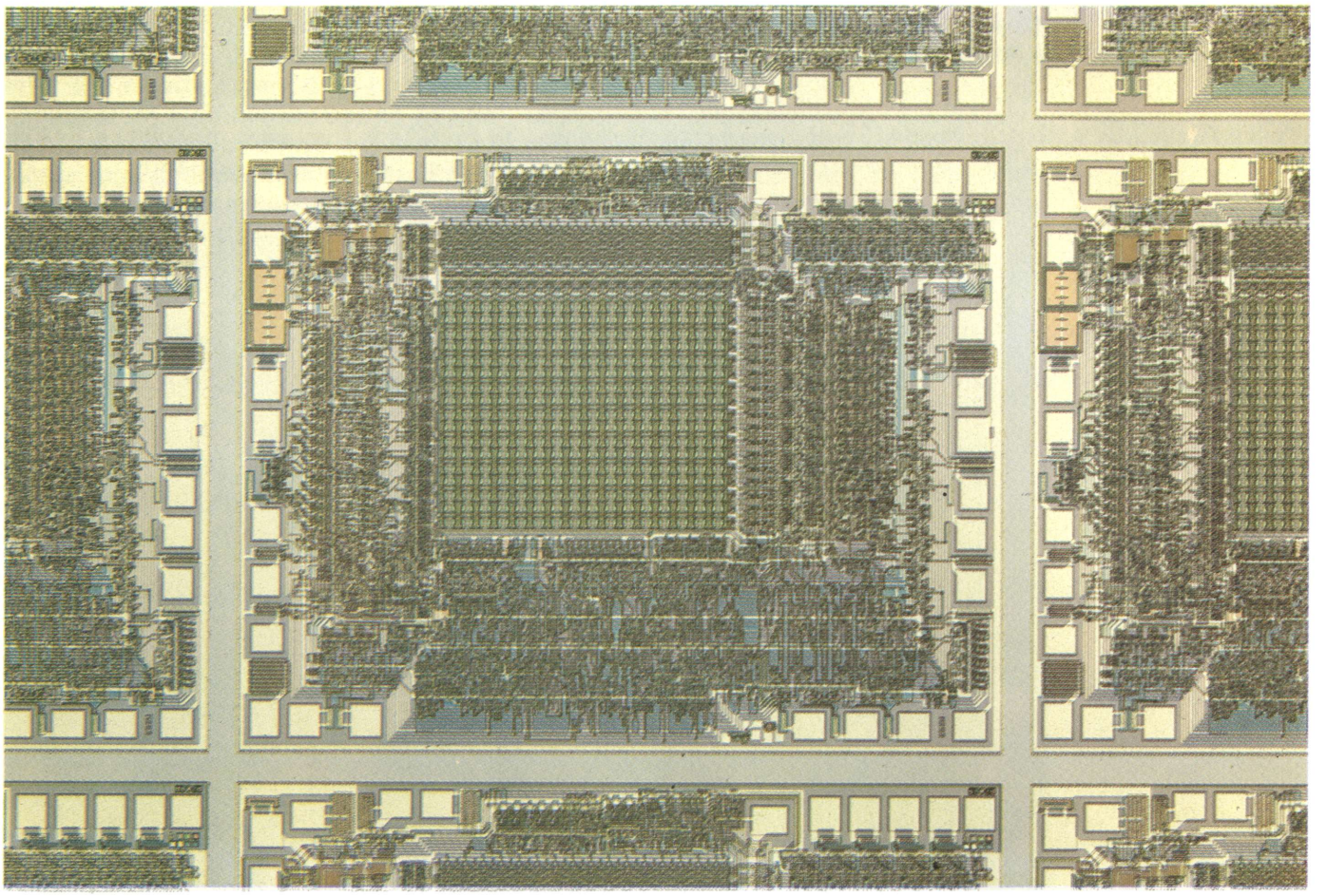
Nella *modulazione di frequenza* o FM (Frequency Modulation), invece, la variazione percentuale (Δ f) della frequenza modulata è moltiplicata per il valore della tensione modulante (Vs):

$$FM = f\varnothing \pm \Delta f \cdot Vs$$

in cui f$\varnothing$ è la frequenza modulata e Vs è la tensione del segnale modulante.

In particolare tale funzione viene garantita da un generatore dotato di un ingresso per il controllo in tensione, o VCG, per mezzo del quale, a seconda dei valori di tensione della funzione pilota, è possibile variare la frequenza del segnale controllato.

Il *filtraggio* è quella operazione per cui un segnale complesso viene ridotto nella sua struttura armonica, attraverso un procedimento che ne lascia passare una parte e ne attenua un'altra. I filtri si distinguono a seconda delle loro caratteristiche operative. Tra i principali ricordiamo: il filtro *passa-alto*, che attenua le frequenze basse, il filtro *passa-basso*, che attenua le frequenze alte, il filtro *passa-banda*, che combina assieme le due funzioni entro limiti variabili, il filtro a *reiezione di banda*, che esegue una operazione opposta a quella dei filtri *passa-banda*. Tutte queste operazioni vengono condotte a partire da una determinata frequenza, opportunamente scelta, detta appunto *frequenza di taglio*.



Nella foto, l'M293 circuito di sintonia per TV, con memoria non volatile per 32 canali. (Gentilmente fornita dalla SGS).

L'elaboratore e le sue utilizzazioni musicali

Inizialmente l'elaboratore non fu utilizzato per assolvere le funzioni di generazione e trasformazione dei segnali fin qui descritte, ma per generare strutture autosufficienti da affidare poi, sotto forma di notazione tradizionale, a strumenti idonei alla loro realizzazione acustica. Per mezzo di programmi adeguati è infatti possibile far "comporre" all'elaboratore brani la cui complessità può essere limitata soltanto dalle regole compositive definite dal compositore e dalle dimensioni dell'elaboratore stesso.

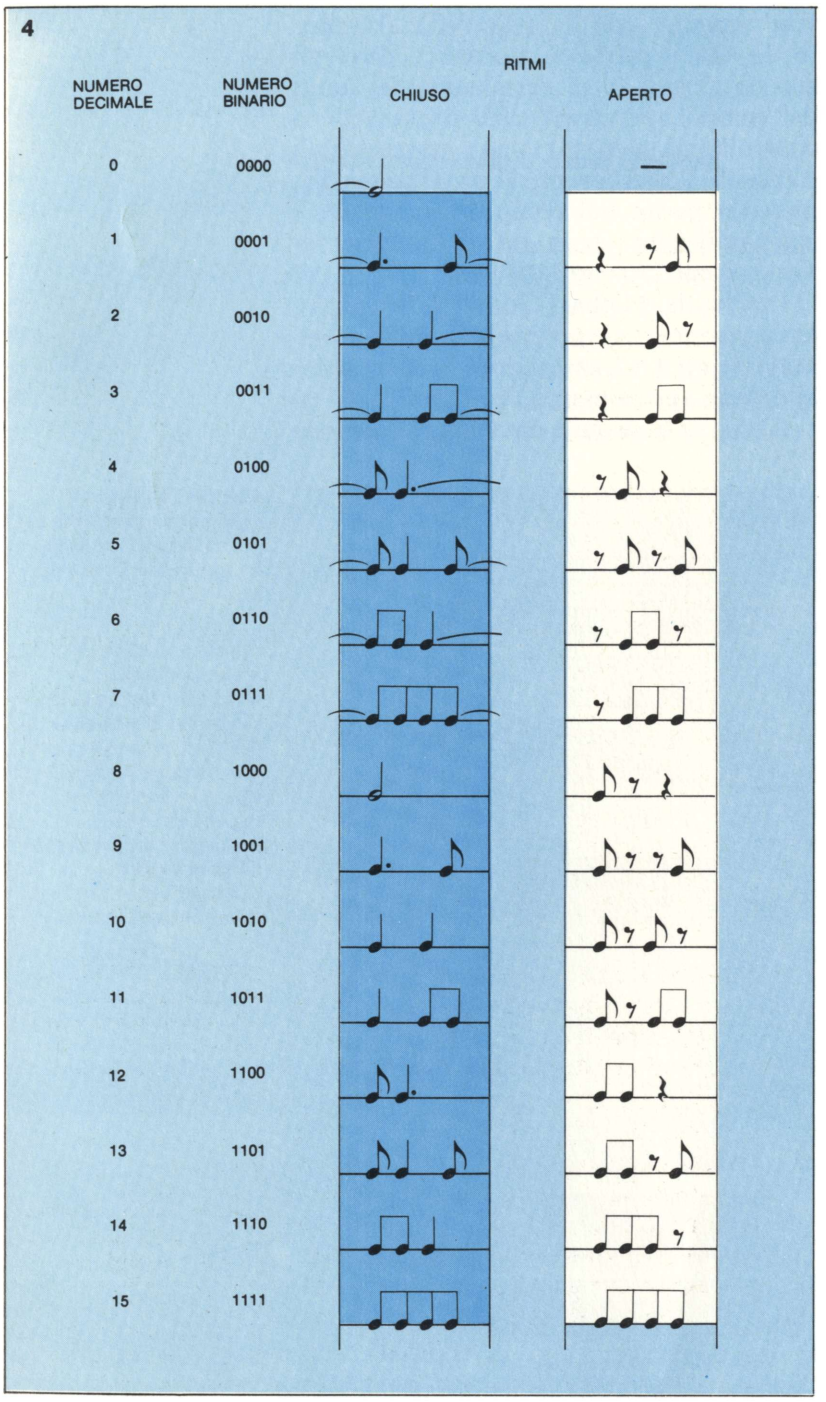
Già con la musica elettronica analogica, e più precisamente con il procedimento del controllo in tensione (Voltage Control) di cui la modulazione di frequenza è una speciale applicazione, era stato possibile produrre intere strutture sonore. Il *controllo in tensione*, come abbiamo già visto, è infatti il principio con il quale le caratteristiche operative delle varie unità di generazione, trasformazione e controllo dei segnali possono essere determinate da un segnale esterno. I vari parametri quindi possono essere controllati dinamicamente e variati senza che si debba intervenire manualmente facendo sì che la versatilità compositiva del sistema venga ad aumentare grandemente.

Ma è possibile far comporre ad un elaboratore una sinfonia o un qualsiasi altro brano musicale? Certamente, se si considera la composizione come un processo che implichi un lavoro preliminare, da parte del compositore, di scelta degli strumenti, valori di altezza, dinamici e di durata, l'uso dell'elaboratore appare perlomeno giustificato. D'altra parte, se l'acustica ha permesso una conoscenza oggettiva dei fenomeni sonori nella loro generazione e trasmissione, il modo come questi elementi si mettono in relazione tra loro rimane, soprattutto nel pensiero musicale contemporaneo, un dato difficilmente oggettivizzabile in una grammatica comune, sia pur solo nei limiti della cultura occidentale.

Per cercare di spiegare gli aspetti proce-

Figura 4. Così come le note, anche il ritmo può essere definito nell'elaboratore in forma numerica. In particolare, la rappresentazione binaria consistente nella permutazione di 1 e 0, offre una serie di simboli adatti allo scopo. Se indichiamo con "1" il suono o l'attacco di una nota, e con "0" la pausa o, alternativamente, la legatura di una nota suonata in precedenza, si può descrivere una sequenza di note. Ogni simbolo rappresenta un'unità di tempo scelta arbitrariamente.

4



durali compositivi, una branca della matematica applicata, conosciuta come *Teoria dell'informazione* (Shannon e Weaver), ha fornito notevoli mezzi di indagine. Secondo questa teoria, la quantità di informazione contenuta in una sequenza di simboli (siano essi lettere dell'alfabeto o note musicali) è in relazione con il numero delle scelte possibili che si possono operare tra i simboli a disposizione. Più una sequenza è casuale, più alto è il suo contenuto di informazione, mentre una sequenza con un minor grado di casualità ne possiede meno o, come si dice, è ridondante.

La musica, secondo i teorici dell'informazione, è una sorta di disordine ordinato, qualcosa che sta tra la completa casualità e la ridondanza. Da questo punto di vista possiamo considerare tutte le composizioni musicali come aventi, al loro interno, una fluttuazione tra momenti ridondanti, o prevedibili, e momenti in cui l'aspettazione di chi ascolta viene continuamente deviata. Con modelli come questo è possibile, almeno in teoria, costruire delle tabelle di probabilità che rappresentino un determinato stile musicale in modo da poterlo poi riprodurre fedelmente.

In questo senso i primi esempi di un certo rilievo risalgono al 1955, quando Lejaren Hiller e Leonard Isaacson iniziarono degli esperimenti con ILLIAC, un potente e veloce elaboratore digitale dell'Università dell'Illinois da cui risultò la "ILLIAC Suite per quartetto d'archi" del 1957. Scopo degli Autori era quello di far comporre all'elaboratore secondo regole contrappuntistiche di tipo tradizionale. Il primo movimento dalla Suite prevedeva la generazione di semplici melodie diatoniche con una polifonia a due e a quattro parti, nel secondo si realizzò un contrappunto di prima specie (si definiscono con il termine *specie* le differenti relazioni ritmiche tra le diverse voci che costituiscono il contrappunto) a quattro parti, per il terzo fu scelto il linguagg o cromatico, mentre il quarto riguardava la produzione di sequenze sonore secondo la catena di Markoff (Figura 4).

In quest'ultimo esperimento, la scelta di ogni nuovo evento è dipendente dall'evento precedente o se vogliamo, in termini musicali, la scelta di ogni nuova nota o intervallo in una data linea melodica, dipende dalle note o dagli intervalli precedenti.

Secondo questo principio molto semplice, vennero scritti dei programmi che potessero generare una serie di esempi di ciò che potrebbe essere chiamata musica marcoviana (Markoff chain music).

Tutto questo avveniva mediante un processo che può essere descritto secondo tre fasi distinte: *inizializzazione*, *generazione* e *verifica* (Figura 5).

Nella prima viene impiegata una tabella

di regole o condizioni che stabiliscono quali combinazioni di note sono ritenute "legali"; nella seconda fase si genera una nota a caso mentre nella fase della verifica si controlla se tale nota è accettabile in base alle regole definite in precedenza.

Alla conclusione delle operazioni, la composizione viene stampata dall'elaboratore in termini alfanumerici che vengono poi trascritti dal compositore in notazione tradizionale da affidare poi a strumenti musicali. Viene pertanto esclusa qualsiasi attività di produzione del suono da parte dell'elaboratore.

vori composti con l'ausilio dell'elaboratore, fa suo il processo stocastico dove gli aspetti globali (o di definizione dei limiti del campo operativo) sono prevedibili, o controllabili, mentre restano imprevedibili o casuali, i microeventi. Il programma ST, messo a punto dal compositore stesso, è stato utilizzato per la stesura di diversi lavori tra cui "Atrees" del 1962.

In Olanda, Michael Gottfried Koenig intende, invece, nei suoi programmi denominati Project 1 e 2, estendere la tecnica seriale diffusa specialmente negli anni '50.

L'idea di base qui è data dalla variazione

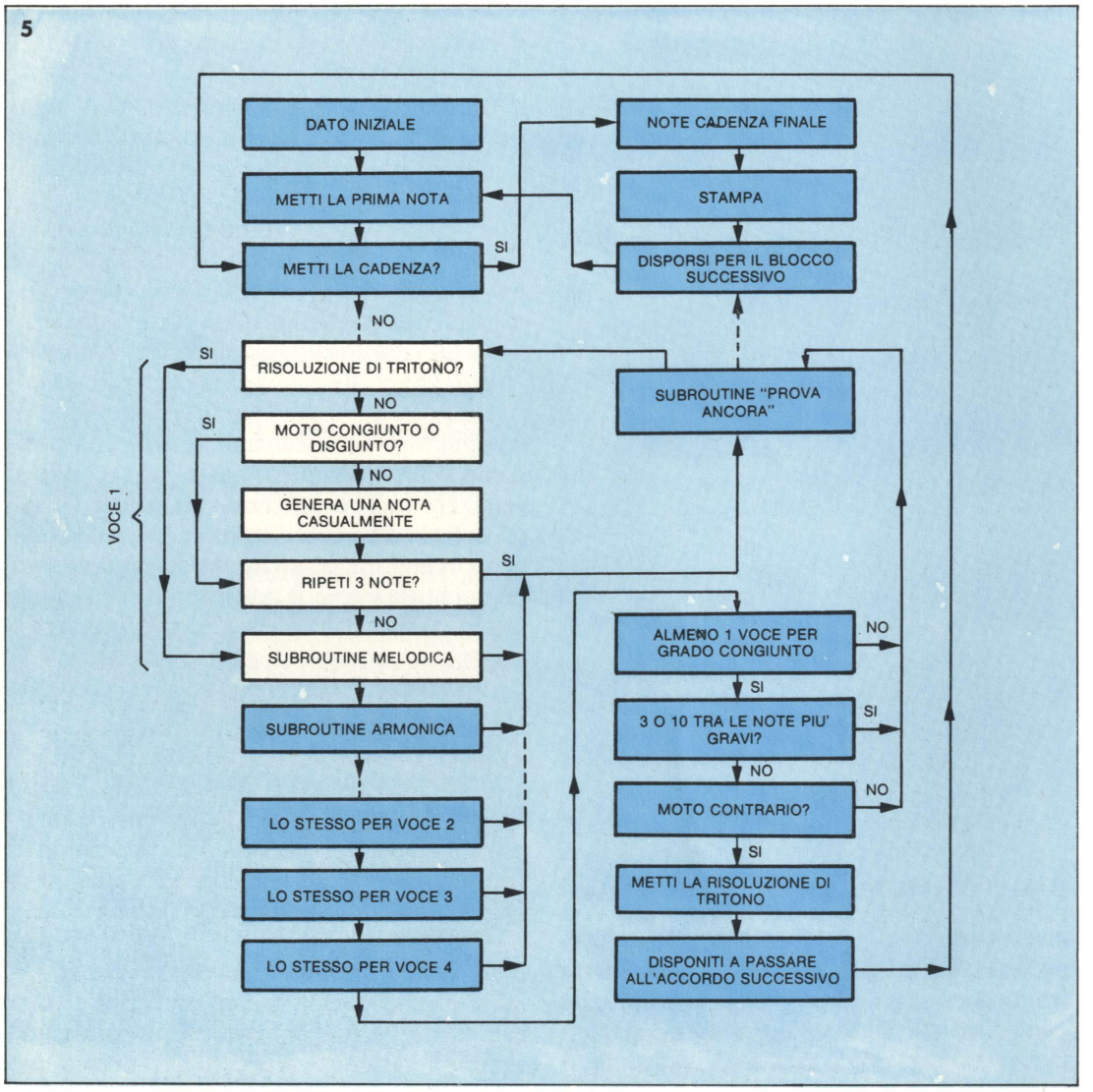


Figura 5. Schema di flusso di un programma, per la definizione di un contrappunto stretto di prima specie.

Figura 6. Catena di trasduzioni: un microfono raccoglie le variazioni di pressione dell'aria, provocate da una sorgente sonora, trasformandole in un segnale elettrico (voltaggio) proporzionale all'onda sonora stessa. L'altoparlante opera poi la trasduzione inversa.

Vale la pena ricordare, se pure brevemente, altri esempi in questo campo di applicazione musicale: in Francia, Iannis Xenakis nella realizzazione di alcuni suoi la-

tra periodicità e aperiodicità applicata a ciascun parametro musicale.

Tra le sue molte composizioni realizzate con questi programmi, ricordiamo, ad

esempio, "Übung für Klavier" del 1969.

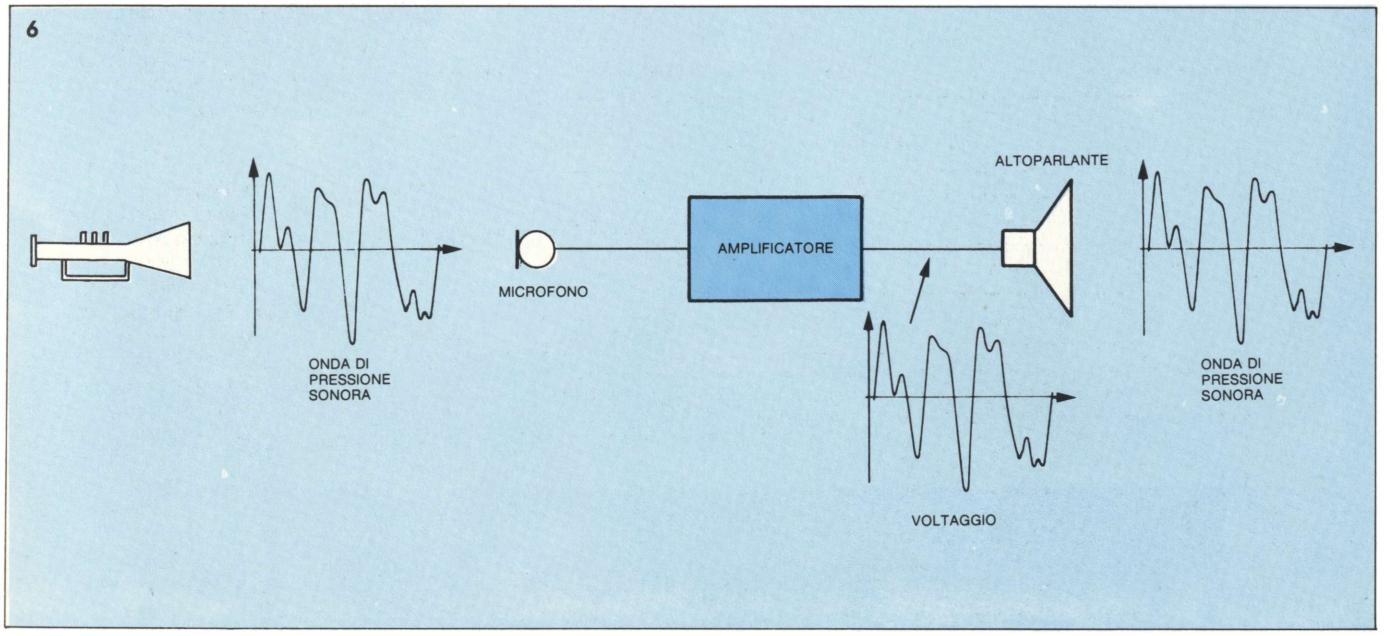
Introduzione alla sintesi digitale del suono

Si può dire che la creazione di un segnale elettrico è il compito principale nel processo di produzione o sintesi, del suono. In questa applicazione, alla configurazione tipica di un computer (unità centrale, memorie, dispositivi di ingresso e uscita dati), vengono aggiunti dei dispositivi di conversione digitale/analogica o analogica/digitale e dei normali altoparlanti per la verifica acustica dei segnali così sintetizzati.

Gli elaboratori presentano molti vantaggi rispetto ai sistemi convenzionali di generazione del suono che si possono ritrovare in uno studio di musica elettronica. Più in particolare, l'elaboratore possiede una capacità di memoria e di calcolo che rende possibile la simulazione di modelli acustici anche molto complessi; senza contare la precisione di definizione delle grandezze volute, e la stabilità di questo sistema che non risente delle approssimazioni, a volte molto grandi, riscontrabili tra gli oscillatori analogici o i sintetizzatori in commercio.

Cercheremo ora di fornire gli elementi essenziali secondo i quali viene operata la sintesi del suono.

È possibile definire il suono come una sensazione provocata dalla variazione di pressione delle molecole dell'aria che raggiunge la membrana del timpano. Tale perturbamento è originato dalle vibrazioni di un corpo elastico (corda, colonna d'aria, membrana di un altoparlante, ecc.). Abbiamo visto come sia possibile tracciare un grafico lungo l'asse delle ascisse (tempo) e delle ordinate (ampiezza) dell'andamento di un'oscillazione che corrisponde, allo stesso tempo, al mutamento di pressione che avviene nell'aria. Parliamo in questo caso di segnale *analogico* (Figura 5).

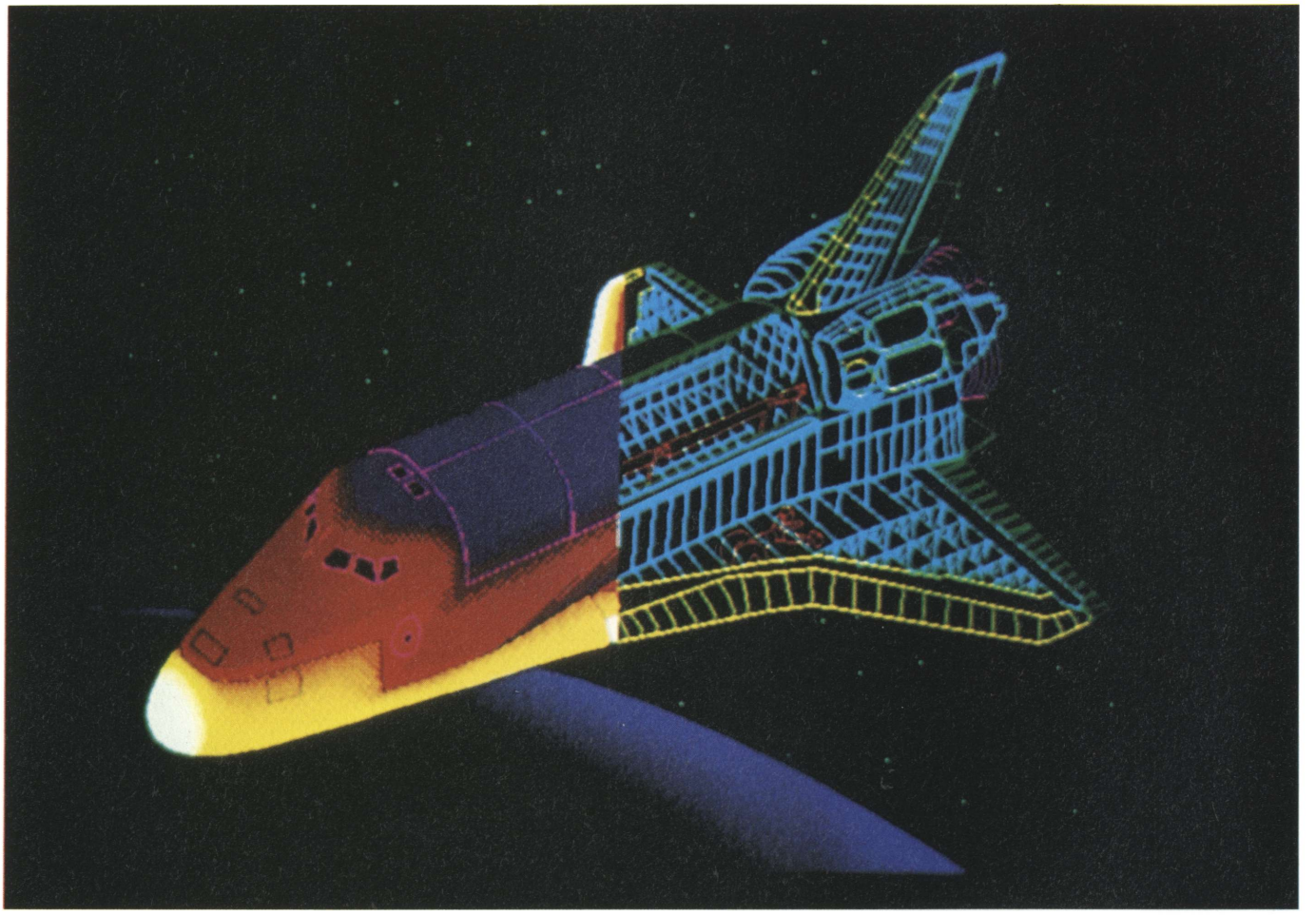


Dato che gli elaboratori lavorano solo con numeri discreti, per poter far generare dei suoni ad un elaboratore, dobbiamo trovare un metodo per rappresentare un'onda sonora con una serie di numeri. Per far questo un suono viene "misurato" o se vogliamo *campionato*. Campionare un segnale significa, più precisamente, prendere l'ampiezza istantanea del segnale ad intervalli di tempo uguali e successivi. Le ampiezze così ottenute vengono chiamate *campioni* (samples), mentre il numero di campioni in cui viene definito un secondo di suono, viene detto *frequenza di campionamento* (sampling rate). In questa forma il suono viene detto *digitale*, in quanto definito da una serie di numeri o "digits", parola inglese che significa "cifra" (Figura 6).

Il numero minimo di campioni occorren-

ti per definire una vibrazione di n al secondo è 2n; perciò per una rappresentazione di un suono di 15.000 Hz, occorre una frequenza di campionamento di almeno 30.000 campioni al secondo.

Da ultimo troviamo un altoparlante che può essere considerato anch'esso un convertitore in quanto converte la tensione elettrica in energia meccanica, in variazioni cioè di pressione dell'aria.



Un'eccezionale immagine ottenuta grazie ai fantastici sviluppi della computer grafica.

I dati numerici relativi al segnale così campionato vengono ordinati e memorizzati. Perchè questi possano poi essere trasformati in suono occorre un sistema di lettura che invii la sequenza di numeri ad una speciale unità, il convertitore digitale-/analogico (D/A converter) che trasforma ognuno di questi impulsi elettrici. Essi vengono forniti ad intervalli di tempo uguale, ognuno con ampiezza diversa che si riferisce, in definitiva, alla variazione istantanea di pressione dell'aria, nel tempo, del segnale. Il convertitore manda, a sua volta, la sequenza di impulsi ad un filtro che, diciamo così, smussa gli angoli, fornendo in uscita un profilo continuo di una tensione elettrica che è uguale alla forma d'onda voluta.

Abbiamo descritto così la tecnica classica di sintesi del suono sviluppata per la prima volta da Max Mathews dei Bell Laboratories e impiegata, ad esempio, nei programmi MUSIC 4 e 5 e loro derivati e nel MUSIC 360 (Barry Vercoe).

Esistono comunque vari tipi di sintesi; la prima ad essere studiata, e la più comunemente usata è la *sintesi additiva*, che si basa sul presupposto formulato da Fourier nel suo Teorema per cui è possibile generare qualsiasi forma d'onda sommando delle componenti semplici di cui siano stabilite, in modo autonomo, la frequenza, l'ampiezza e la fase. A questo scopo i campioni d'ampiezza della forma d'onda sinusoidale vengono memorizzati su una tabella (table look-up) e da questa prelevati o letti in

sequenza anzichè essere calcolati ogni volta. È evidente come questa procedura sia molto efficace ai fini di un risparmio di memoria e di tempo di calcolo.

Al contrario, la *sintesi sottrattiva* è ottenuta filtrando un segnale molto complesso come può essere un treno d'impulsi o il rumore bianco. Essa trova particolare applicazione nella sintesi digitale del parlato, nella simulazione di strumenti tradizionali, oltre che nella creazione di suoni originali.

I concetti fondamentali della *sintesi per distorsione non-lineare* sono stati enunciati da Schaefer nel 1970 e successivamente introdotti per la sintesi digitale da Le Brun nel 1977. Essenzialmente è possibile ottenere spettri molto complessi controllando una distorsione che abbia un andamento non lineare. Si applica cioè una distorsione regolare ad una forma d'onda, diciamo una sinusoide, in modo da ottenere dei parziali. A seconda di quanto quest'onda viene distorta nel tempo, in ampiezza e frequenza, si ottengono risultati diversi. Se la distorsione si ripete alla medesima frequenza del segnale che viene distorto, il risultato sarà costituito da uno spettro armonico, uno spettro avente cioè le componenti sinusoidali in rapporto frequenziale di numero intero. Ovviamente più il segnale viene distorto più complesso diventerà lo spettro.

Un'aspetto particolare della sintesi per distorsione non-lineare è rappresentato dalla *sintesi per modulazione di frequenza* (FM synthesis). Il noto processo della modulazione di frequenza adottato nella tecnica di trasmissione e ricezione radiofonica, risulta essere, in questa nuova applicazione studiata e realizzata da John Chowning all'Università di Stanford, di notevole utilità per la sintesi e il controllo degli spettri sonori. Essa si basa sulla modulazione di un'onda portante o modulata (carrier frequency) dove, contrariamente a quanto avviene per la ricetrasmissione radiofonica, sia la portante che la modulante (modula-

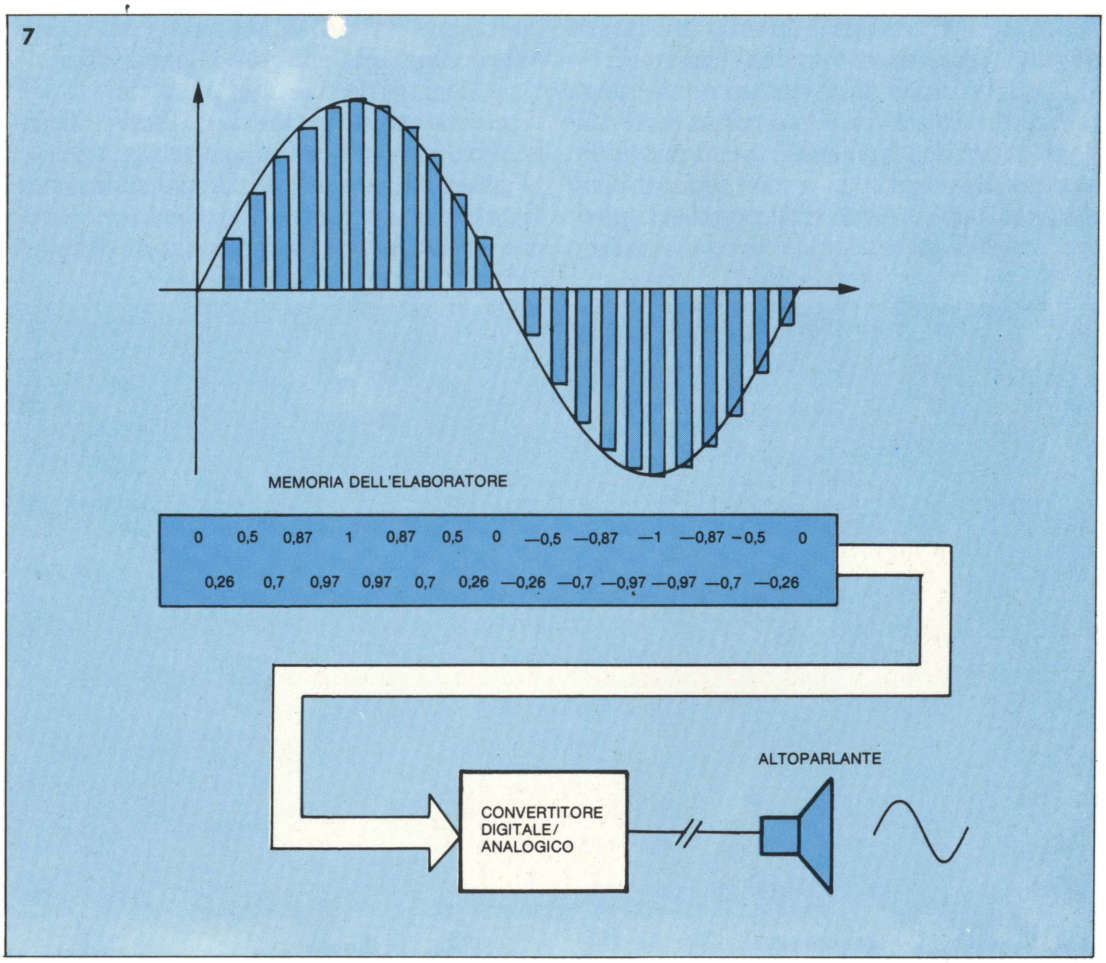


Figura 7. Una forma d'onda analogica (in questo caso una sinusoide) viene misurata ("campionata") molte volte al secondo al fine di ottenere una serie di numeri corrispondenti all'ampiezza istantanea di ogni singolo campione nel tempo. Questi numeri vengono immagazzinati in una memoria per essere successivamente elaborati dal computer.

ting frequency) rientrano nella banda udibile (16 Hz — 16000 Hz circa). Quando il rapporto tra la frequenza dell'onda modulata e quella della modulante sono multipli razionali o interi, le componenti lo spettro sonoro così risultante formano una serie armonica. Al contrario, quando sono irrazionali, si ottiene uno spettro inarmonico. Ma la definizione dello spettro non è l'unico parametro controllabile con la modulazione di frequenza, infatti è anche possibile stabilire il numero delle componenti parziali per ciascuno spettro (e quindi timbri differenti). La quantità dei parziali è determinata dalla deviazione di frequenza dell'onda modulata intorno al suo valore medio in modo tale che se questa deviazione aumenta avremo un numero maggiore di componenti. Questa deviazione è però proporzionale all'ampiezza dell'onda modulante per cui possiamo dire, in definitiva, che la larghezza di banda dipende dall'ampiezza dell'onda modulante (Figure 7 e 8).

Non sempre però il calcolatore svolge le operazioni riguardanti la sintesi del suono autonomamente. Esistono infatti altri sistemi digitali per la sintesi del suono, dove il calcolatore svolge una funzione essenziale di calcolo, ma dove la parte riguardante la generazione viene affidata ad altre unità. È questo il caso dei cosiddetti *sistemi ibridi* che si basano sulla combinazione di unità analogiche e digitali. Più esattamente si possono programmare con il calcolatore delle funzioni, sotto forma di sequenze diverse di numeri che inviate a dei convertito-

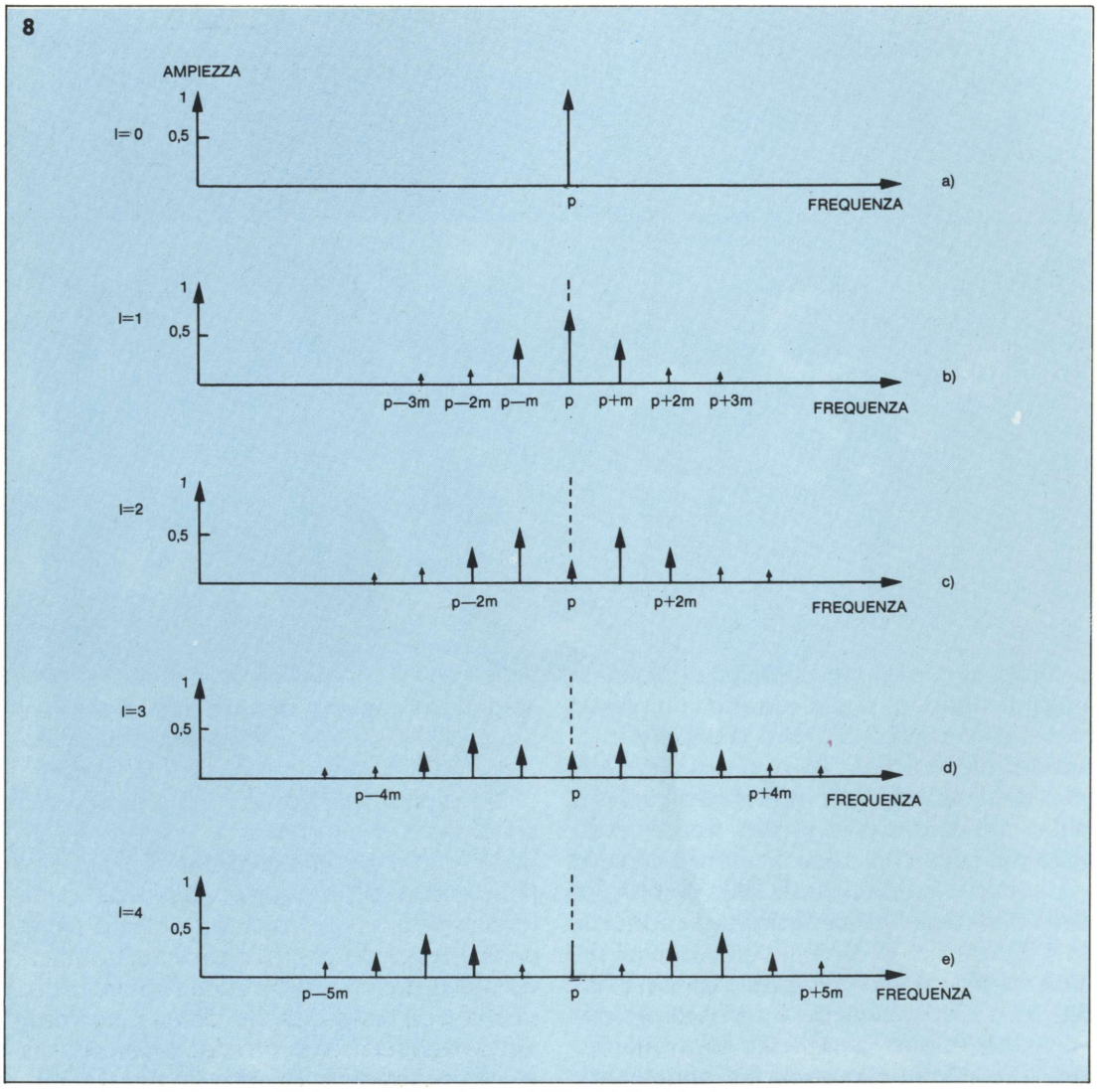
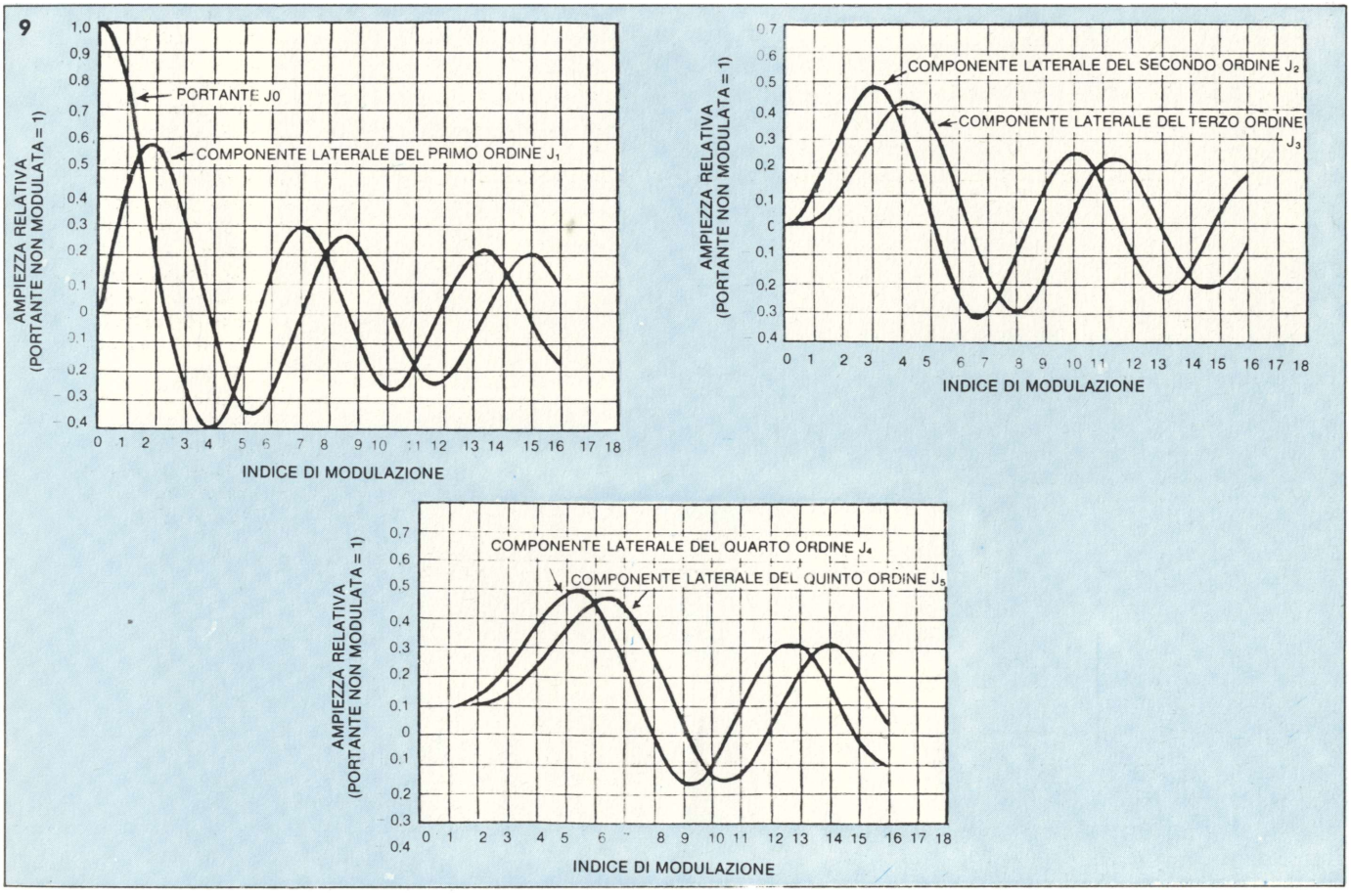


Figura 8. Il grafico mostra come l'aumentare dell'indice di modulazione I aumenta la larghezza di banda dello spettro. Le componenti laterali superiori e inferiori, distano ciascuna dalla precedente di una frequenza m (frequenza modulante) e quelle di ordine corrispondente sono simmetriche rispetto alla portante p.

Figura 9. Funzioni di Bessel da cui è possibile dedurre l'ampiezza delle componenti laterali considerate fino al quinto ordine.

ri digitali/analogici, controllano in tensione, nel tempo, tutte le variabili o parametri di apparecchiature analogiche. Particolarità dei sistemi ibridi è che all'elaboratore non viene richiesta nessuna speciale prestazione di velocità in quanto circa 100 campioni al secondo sono sufficienti a controllare ogni singola variabile analogica.

Tuttavia essi presentano alcuni inconvenienti: mentre la qualità del suono emesso dal dispositivo analogico controllato può essere piuttosto alta, la sua stabilità e precisione invece non può essere paragonata in alcun modo a quella di un sistema di sintesi



interamente digitale. Al contrario, nei *sistemi digitali misti* l'elaboratore viene impiegato per controllare un sintetizzatore, anch'esso digitale, che viene a costituire una vera e propria estensione dell'elaboratore stesso.

Questi ultimi costituiscono, nella situazione attuale della ricerca tecnologica applicata alla musica, la fase più avanzata e il mezzo più promettente per il futuro. Tralasciando l'elaboratore che svolge qui esclusivamente le operazioni di controllo, vediamo invece l'aspetto che riguarda più propriamente il sintetizzatore digitale. Le funzioni, in questo sintetizzatore, invece di essere svolte virtualmente secondo algoritmi specifici o, come si dice, in *software*, vengono realizzati in *hardware*, fisicamente cioè, in speciali memorie ad accesso random (RAM, Random Access Memories). Vale a dire che se nel primo caso l'elaboratore deve impiegare un certo tempo per elaborare una funzione ora, essendo la funzione già predisposta, il tempo di elaborazione viene ridotto in modo drastico permettendo così la sintesi del suono in tempo reale; senza cioè nessun tempo intermedio che intercorre tra l'elaborazione dei dati immessi e la loro realizzazione acustica. A questo livello i sistemi digitali misti riuniscono i vantaggi delle apparecchiature analogiche e di quelle digitali. Hanno cioè la velocità di un sistema analogico combinato con la precisione e stabilità di uno digitale.

FAIRLIGHT
FAIRLIGHT

4 L'intelligenza artificiale

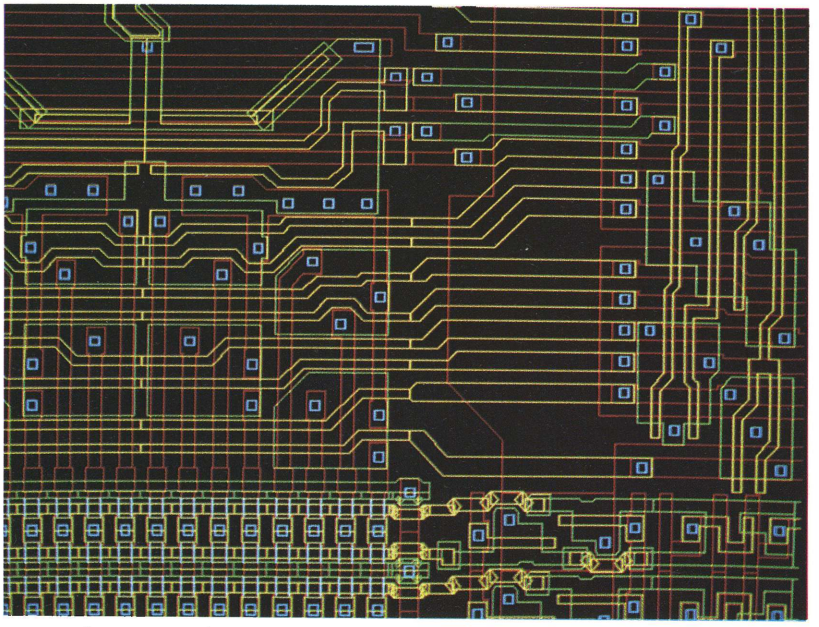
Lo scopo di queste pagine è quello di presentare in maniera critica, gli argomenti più importanti e le direzioni di ricerca seguite negli ultimi venti anni, nel campo dell'Intelligenza Artificiale.

Inoltre descriveremo brevemente l'area della Robotica Industriale e le prospettive future offerte dalle ricerche in atto.

L'intelligenza artificiale appartiene alla più generale area dell'Informatica (ovvero Scienza dei Calcolatori) intesa come quella disciplina unitaria che studia tutti i problemi connessi con l'esistenza del calcolatore.

L'informatica può essere organizzata nelle seguenti tre aree, tra cui esiste una stretta interazione:

— *Fondamenti dell'informatica*: le nozioni di base e le metodologie principali;
— *Sistemi di Elaborazione dell'informazione*: il progetto degli elaboratori elettronici, sia sul piano materiale (hardware), sia su quello logicale (software);
— *Applicazioni dell'Informatica*: le applicazioni centrali del calcolatore, in cui i metodi indotti dall'esigenza di risolvere concreti problemi applicativi, presentano un interesse generale che trascende l'ambito ristretto del problema specifico.



La progettazione elettronica trarrà enormi vantaggi dall'intelligenza artificiale. (Foto gentilmente fornita dalla SGS).

La rapidità e l'estensione del progresso tecnologico ha prodotto uno sviluppo dell'informatica alquanto tumultuoso e malamente organizzato; nello stato attuale, infatti, manca ancora una comprensione ben strutturata delle nozioni fondamentali su cui si basa l'informatica.

Tra i campi principali dell'informatica, l'intelligenza artificiale si è sviluppata, a partire dall'anno 1950, come quella disciplina che studia i fondamenti teorici, le metodologie principali, i criteri di progetto e la costruzione di programmi che permettono al calcolatore di realizzare dei meccanismi e di compiere delle attività che sono comunemente considerati come esclusivamente riservati all'intelligenza umana.

Perciò l'intelligenza artificiale appare essere collegata sia ai Fondamenti dell'informatica, sia alle Applicazioni dell'informatica.

Nel primo campo l'intelligenza artificiale tende ad investigare ed a sviluppare teorie di base, sia già esistenti (ad esempio, la classica logica matematica, ecc.), sia del tutto nuove ed appositamente inventate (ad esempio la teoria matematica del calcolo automatico, la teoria dei problemi, ecc.). Questa attività teorica è svolta al fine di fornire degli strumenti disponibili che sono utili per conseguire gli obiettivi perseguiti dalla ricerca in intelligenza artificiale.

Nel campo delle Applicazioni dell'informatica, l'intelligenza artificiale rappresenta una disciplina sperimentale che si propone di aumentare e rafforzare la potenzialità delle applicazioni non numeriche (cioè non convenzionali) dell'informatica.

Ancora più recentemente, l'attività di ricerca sviluppata in generale nell'ambito dell'intelligenza artificiale, è stata, in parte, focalizzata con intensità sul tema specifico della Risoluzione Automatica di Problemi (RAP).

In tal modo si è destato l'interesse e l'esigenza per un nuovo sforzo teorico centrato sulla nozione di "problema" che, sempre più, appare rivestire un ruolo di centrale importanza nell'ambito dell'Informatica.

L'obiettivo fondamentale della *RAP* è quello di dotare il calcolatore di metodi generali e di programmi efficienti atti a permettergli di costruire, secondo un processo completamente automatico oppure interattivo, la soluzione di un problema (se tale soluzione esiste), che è stato descritto al calcolatore in modo opportuno.

Illustreremo quindi, le diverse aree in cui si può articolare l'intelligenza artificiale e successivamente, in dettaglio, i temi centrali ponendo in evidenza l'evoluzione storica dei risultati conseguiti.

L'intelligenza artificiale

Presentiamo l'organizzazione logica dell'area di ricerca dell'intelligenza artificiale, così come essa si è venuta delineando negli ultimi venti anni.

La trattazione esposta si propone inoltre di interpretare in modo unitario i vari filoni oggetto di studio, alla luce delle più note valutazioni critiche riguardanti questa disciplina.

L'intelligenza artificiale per quanto già detto in precedenza, può essere definita appropriatamente come la scienza della conoscenza che affronta, in particolare, il problema di come rappresentare, manipolare e costruire conoscenze circa fatti, azioni e leggi di casualità.

Questi progetti perseguono, al tempo stesso, due scopi. Il primo è quello di realizzare le condizioni più adatte per scoprire e chiarire i meccanismi di base dell'intelligenza.

Il secondo è quello di fornire delle opportunità non banali per l'applicazione e la verifica sperimentale di quei meccanismi intellettuali che sono già noti.

Questi progetti verranno denominati come applicazioni di primo livello dell'intelligenza artificiale raggruppate, nella Figura 1, in otto argomenti che sono stati disposti lungo una semicirconferenza.

Queste tematiche vengono individuate come essere quelle che più hanno contribuito alla comprensione dell'intelligenza.

Ciascuna di esse presenta delle strette

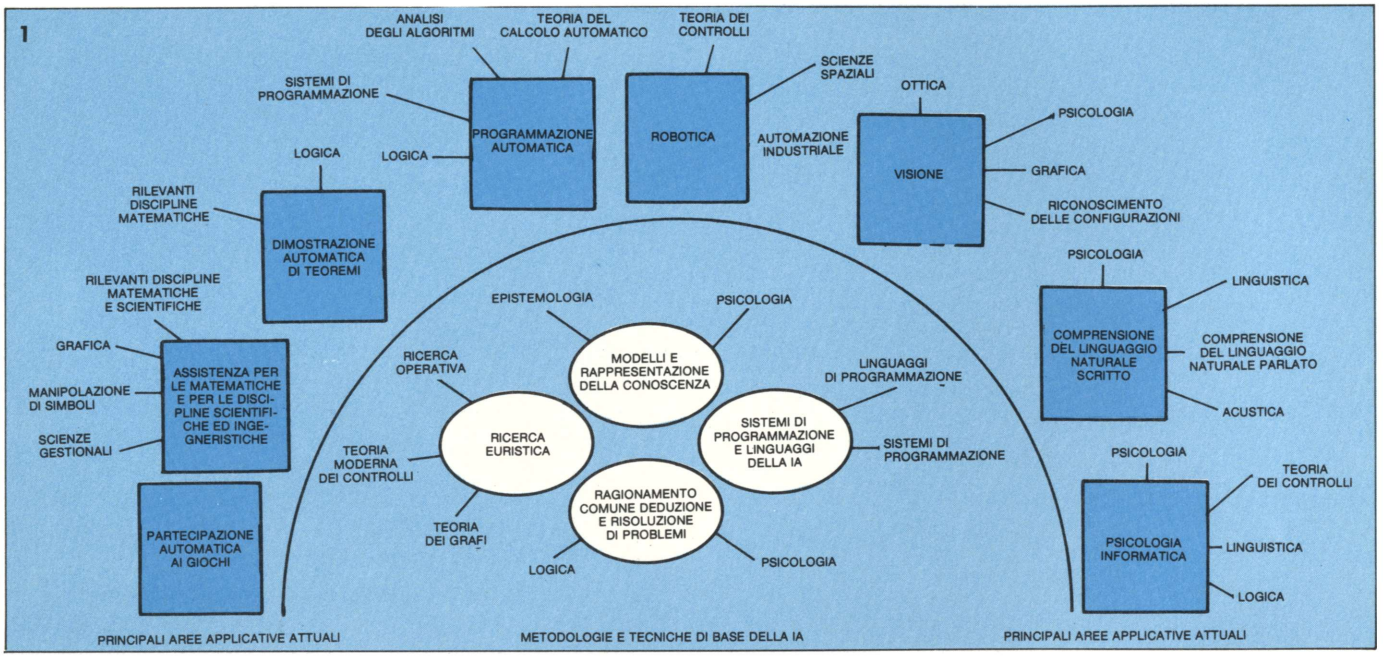


Figura 1. Principali suddivisioni dell'IA.

Da un punto di vista storico, seguendo una tattica di tentativo di spiegazione dei principi basilari dell'intelligenza, i ricercatori di intelligenza artificiale hanno proposto a se stessi l'obiettivo preliminare di costruire dei programmi per il calcolatore che realizzino diverse attività intellettuali che l'uomo può compiere.

Esistono, al momento attuale, dei progetti di ricerca importanti, i cui obiettivi sono la comprensione del linguaggio naturale (sia scritto che parlato), il giocare a scacchi, la dimostrazione di teoremi matematici non banali, la scrittura automatica di programmi per il calcolatore, e così via.

interazioni con altri campi (esterni all'intelligenza artificiale), e così pue con se stesse.

Nella Figura 1, le frecce indicano, per l'appunto, queste relazioni.

Vengono invece chiamati come temi centrali quei meccanismi intellettuali di base e quelle tecniche di realizzazione che sono comuni a diverse applicazioni. Questo nucleo centrale può essere utilmente suddiviso nelle seguenti quattro aree:

— Ragionamento Comune, Deduzione e Risoluzione di Problemi;
— Modelli e Rappresentazione della Conoscenza;
— Ricerca Euristica;

— Sistemi di Programmazione e Linguaggi dell'intelligenza artificiale.

Queste quattro aree sono mostrate al centro della Figura 1. Anche in questo caso, sono state indicate con delle frecce le relazioni tra i temi centrali ed altri argomenti collegati.

Occorre sottolineare che la maggior parte dell'attività di ricerca in intelligenza artificiale è relativa alle applicazioni di primo livello, anche se il loro obiettivo primario è quello di contribuire ai più astratti temi centrali.

Se un'applicazione consegue un successo particolare, essa solleva l'interesse degli specialisti dell'area applicativa e può da essi venire sviluppata come un prodotto utile ed economicamente conveniente.

I temi centrali

Illustriamo ora le caratteristiche principali dei temi centrali che sono stati introdotti in precedenza. A tale scopo utilizziamo per ogni tema centrale, delle figure che pemettono di organizzare in senso cronologico i risultati conseguiti nel settore, evidenziando sia gli argomenti oggetti di investigazione, sia gli autori delle ricerche, sia gli anni in cui la loro attività si è svolta.

In tal modo viene anche proposta una struttura logica al lavoro svolto in tale campo.

Per ogni figura, è presentato un breve commento, che lascia alla figura stessa il ruolo di fornire una prima immediata idea, precisa storicamente ed abbastanza esau-

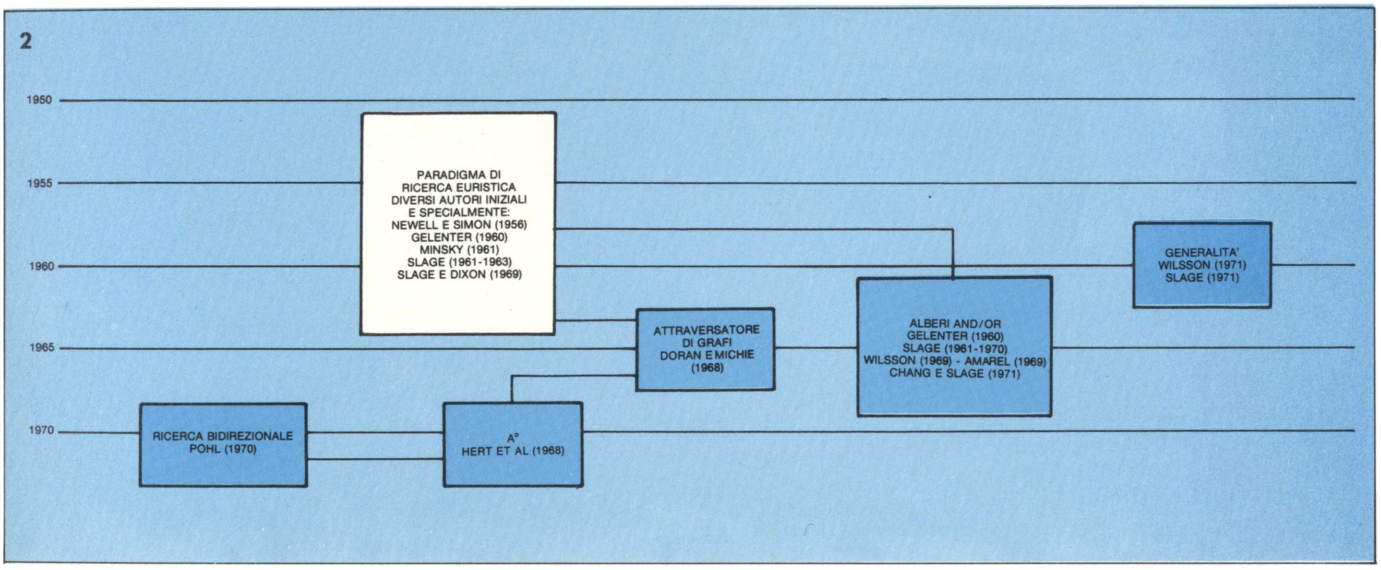


Figura 2. Ragionamento comune, deduzione e risoluzione di problemi.

Queste applicazioni vengono chiamate come applicazioni di secondo livello per distinguerle dalle applicazioni di primo livello, i cui progetti di ricerca vengono realizzati direttamente dai ricercatori in intelligenza artificiale.

Non esamineremo le applicazioni di secondo livello, che non interessano direttamente i ricercatori in intelligenza artificiale, come pure verrà omessa una trattazione dettagliata delle diverse applicazioni di primo livello, poichè ciò è considerato come di importanza secondaria nella presentazione, qui illustrata, dell'intelligenza artificiale.

Presentiamo invece, un esame dettagliato dei temi centrali precedentemente menzionati.

riente. Naturalmente, per un ulteriore approfondimento, il lettore è rimandato alla letteratura più specializzata. (Bibliografia del Volume).

Ragionamento comune, deduzione e risoluzione di problemi

Nella Figura 2, è illustrato il tema centrale del *ragionamento comune, deduzione e risoluzione di problemi*. Con questo si intendono i principali processi mentali che riguardano l'uso della conoscenza: per effettuare delle inferenze induttive o deduttive. Il termine *inferenza* sta ad indicare l'attività di costruzione di nuova informazione sulla base di informazione precedentemente ac-

quisita, per mezzo di un procedimento sia ascendente, che dal particolare sale al generale (inferenza induttiva o induzione), sia discendente, che dal generale scende al particolare (inferenza deduttiva o deduzione); l'inferenza è finalizzata a costruire delle previsioni, a concepire dei piani, a rispondere a domande e ad ottenere conoscenza addizionale.

Trattandosi di un tema centrale, ci si riferisce principalmente a ragionamenti impiegati ogni giorno e riguardanti argomenti comuni (da cui il termine "ragionamento comune"). Ciò poichè questi ragionamenti sono fondamentali e poichè si vuole anche evitare il possibile inganno insisto nello sviluppare delle tecniche che siano applicabili solamente a qualche argomento specifico.

In ogni modo, i contributi a questo approccio circa l'uso della conoscenza sono stati originati da tutte le aree applicative.

Si sono investigati tre argomenti, relativi a questo tema centrale, che si possono così denotare: *risoluzione di rompicapi, sistemi di domanda-risposta, ragionamento comune.*

Risoluzione di rompicapi

I primi lavori relativi al ragionamento si sono concentrati sulla scrittura di programmi per il calcolatore che fornissero la soluzione di semplici rompicapi (il Rompicapo della Torre di Hanoi, il Rompicapo dei Missionari e dei Cannibali, Problemi di Logica, ecc.).

Il Logic Theorist ed il GPS ne sono due tipici esempi.

A partire da questi lavori, si sono potuti sviluppare e chiarire, in modo abbastanza organico, alcuni concetti relativi alla risoluzione di problemi.

Tra essi, si ricordano i seguenti concetti: ricerca euristica, spazio e stato di un problema, operatore (che trasforma uno stato di un problema in un altro), stato obbiettivo, ragionamento inverso.

Il fatto che queste nozioni siano oggi così familiari nella ricerca in intelligenza artificiale, certifica la validità di queste prime ricerche. Al contrario, l'estrema semplicità dei rompicapi, intesi come problemi facilmente descrivibili senza confusione, permi-

Oggi è quasi impossibile prevedere l'impatto che l'intelligenza artificiale avrà sull'office automation. (Foto gentilmente fornita dalla Data General).

se ai ricercatori di evitare il confronto con quello che, successivamente, risultò essere il problema cruciale, e cioè l'elaborazione ed il trattamento di enormi quantità di conoscenza, diversificata, disordinata ed incorrelata.

Riportiamo ora una descrizione particolareggiata dei due semplici rompicapi citati in precedenza, nonchè dei concetti relativi alla risoluzione di problemi che sono stati elencati.

Rompicapo della Torre di Hanoi

Esistono tre dischi A, B, C, di diametro decrescente da A verso C; ogni disco ha un foro centrale, e può essere infilato in uno qualunque di tre pioli 1, 2, 3. All'inizio, i tre dischi sono infilati nello stesso piolo (ad esempio 1) nell'ordine A, B, C a partire dal basso. Si desidera, con un certo numero di mosse legali, trasferire i tre dischi dal piolo di partenza ad un altro (ad esempio 3) lasciandoli alla fine ancora infilati nello stesso ordine A, B, C a partire dal basso.

Una mossa legale consiste nello spostare un solo disco da un piolo ad un'altro; se più dischi sono infilati nello stesso piolo, si può muovere solo quello posto più alto; non è possibile infilare, in qualunque piolo un disco più grande sopra un disco più piccolo.

Telematica ed intelligenza artificiale saranno in stretto rapporto con il diffondersi dall'utenza. Nella foto, terminale affari Videotex. (Gentilmente fornita dalla Philips).

Rompicapo dei Missionari e dei Cannibali

Tre missionari e tre cannibali, giunti su una riva di un fiume, devono passare sull'altra riva, utilizzando solamente una barca a remi che può portare due sole persone.

Si desidera effettuare il passaggio mediante l'impiego della barca, un certo numero di volte, avanti e indietro.

Occorre però che in nessun momento, su ciascuna delle due sponde, vi possa mai essere un maggior numero di cannibali rispetto ai cristiani ... al fine di evitare spiacevoli conseguenze.

Concetti relativi alla risoluzione di problemi

Ricerca euristica: è un metodo (ovvero algoritmo) adatto a determinare un cammino tra due nodi qualsiasi in un grafo, che utilizza un'informazione aggiuntiva (chiamata informazione euristica) rispetto a quella contenuta nel grafo, al fine di aumentare la propria efficienza, e cioè diminuire il numero di tentativi da fare per ottenere la costruzione del cammino.

Spazio di un problema: è l'insieme delle diverse configurazioni che si possono ottenere, in un certo problema, quando vengono compiute tutte le trasformazioni legalmente ammesse, tra coppie di diverse configurazioni. È rappesentato algebricamente da un insieme S di elementi. Esempio (Torre di Hanoi): l'insieme dei diversi modi di infilare i dischi A, B, C nei pioli 1, 2, 3.

Stato di un problema: è una delle configurazioni diverse che, in un problema, si possono ottenere. È rappresentato algebricamente da un elemento s dell'insieme S. Esempio (Torre di Hanoi): una generica disposizione dei dischi A, B, C infilati nei pioli 1, 2, 3.

Operatore di un problema: è una delle trasformazioni, legalmente ammesse, tra coppie di diverse configurazioni. È rappresentato algebricamente da una funzione definita su S, che fa corrispondere ad uno stato s' un nuovo stato ss". Esempio (Torre di Hanoi): una mossa legale di spostamenti di un disco da un piolo ad un altro.

Stato obiettivo: è l'elemento s che corrisponde alla configurazione finale del problema cui si vuole giungere. Esempio (Mis-

sionari e Cannibali): passaggio avvenuto, dei tre missionari e dei cannibali, sull'altra sponda.

Stati sottoobiettivi: sono particolari elementi dell'insieme S, corrispondenti a configurazioni opportune, cui occorre giungere prima di pervenire alla configurazione finale.

Esempio (Torre di Hanoi): configurazioni in cui il disco A si trova, da solo, infilato sul piolo finale di arrivo.

Analisi orientata dall'obiettivo: metodo di costruzione del cammino (nel grafo corrispondente allo spazio del problema), tra lo stato iniziale e lo stato obiettivo, che tiene conto della misura della distanza tra un generico stato e lo stato obiettivo, al fine di fornire un ordine di priorità tra i tentativi da compiere nella costruzione del cammino.

Ragionamento inverso: metodo di costruzione del cammino (nel grafo corrispondente allo spazio del problema), tra lo stato iniziale e lo stato obiettivo, che determina la sequenza dei tentativi da compiere, partendo dallo stato obiettivo e procedendo, all'indietro verso lo stato iniziale.

Sistemi di domanda-risposta

Come passo successivo, nell'affrontare il problema di elaborare la conosenza, molti ricercatori si sono concentrati sulla costruzione di sistemi inferenziali di domanda-risposta. Questi sistemi dovevano essere capaci di immagazzinare una grande quantità di fatti e dovevano essere in grado di rispondere a delle domande ragionevoli le cui risposte dovevano potersi dedurre da questi fatti.

Perciò questi sistemi richiedevano dei meccanismi per realizzare delle attività inferenziali di tipo logico.

Essi, quindi, portarono i ricercatori in intelligenza artificiale ad investigare i temi della logica in generale, ed il Principio di Risoluzione di Robinson, in particolare, inteso come il nucleo di una procedura inferenziale nell'ambito della logica dei predicati del primo ordine. Questa linea di ricerca ha permesso di chiarire le nozioni relative all'applicazione di tecniche inferenziali al ragionamento comune, ed hanno portato al concepimento di diversi schemi adatti a realizzare la ricerca associativa di dati memorizzati.

Inoltre è stato possibile comprendere che, nel caso di grandi sistemi di domanda-risposta, il problema di quando applicare i metodi inferenziali era molto più importante della natura stessa del meccanismo inferenziale adottato.

Si è perciò capito che era necessario includere in tali sistemi una grande quantità di conoscenza secondaria circa il come e quando utilizzare la conoscenza primaria dei fatti da elaborare.

Riportiamo ora una descrizione particolareggiata del Principio di Risoluzione di Robinson citato in precedenza.

Principio di Risoluzione di Robinson

Nel 1965, in un famoso articolo apparso sul Journal of the Association of Computing Machinery, il logico J.A. Robinson ha proposto una tecnica adatta a realizzare la dimostrazione di teoremi del calcolo dei predicati del primo ordine. È questo calcolo, una teoria logica di notevole importanza per la semplicità con cui si possono rappresentare in essa problemi da risolvere.

L'intelligenza artificiale servirà anche per incrementare la potenza di sistemi di controllo industriale. Nella foto, controllori programmabili. (Gentilmente fornita dalla Telemacanique).

La costruzione della soluzione di un problema rappresentato in tale logica, viene perciò ottenuta mediante la costruzione della prova di un teorema. La *prova di un teorema* è una sequenza di espressioni logiche che è composta o da alcune espressioni di base (chiamate assiomi) o da altre espressioni derivate, da espressioni precedenti nella sequenza stessa, mediante opportuni meccanismi (chiamati regole di inferenza).

La tecnica proposta da Robinson è particolarmente adatta a meccanizzare (ed a rendere perciò concepibile la realizzazione mediante calcolatore) la dimostrazione di un teorema (cioè la costruzione della sua prova e, quindi, della soluzione di un problema), in quanto si basa sulla iterazione di un unico e semplice procedimento inferenziale di nuove espressioni logiche da precedenti, detto Metodo ovvero Principio di Risoluzione.

Ragionamento comune

Problemi relativi ad argomenti di questo tipo non sono chiaramente così semplici e precisamente definiti come avviene nel caso dei rompicapi.

Essi richiedono l'uso di grandi quantità di conoscenza; eppure questi problemi hanno in comune con i rompicapo la caratteristica di dovere pianificare una sequenza di azioni, detta piano, al fine di conseguire un determinato obiettivo.

La ricerca di Robotica ha probabilmente contribuito al massimo alla nostra conoscenza circa il modo di generare dei piani basati su una grande quantità di ragionamento comune.

Si è sempre potuto osservare un notevole ed utile dibattito interno, circa il modo di costruire dei sistemi capaci di ragionare, e circa quali fossero le migliori direzioni di ricerca da seguire.

Per un poco, alcune tendenze di ricerca furono impostate sulla fiducia nel poter sviluppare dei sistemi universali (basati, per esempio, come il QA3 sul principio di risoluzione di Robinson) che fossero utilizzabili per tutti i compiti diversi che sono stati citati fino a questo punto: risoluzione di rompicapi, sistemi di domanda-risposta, ragionamento comune.

I primi tentativi per costruire questi sistemi universali non ebbero successo nel permettere l'inserzione e l'efficiente impiego delle conoscenze e delle tecniche specifiche e relative al particolare argomento trattato.

La posizione opposta, in questa controversia, è invece assunta da coloro che ritengono che ogni compito specifico dovrebbe semplicemente essere programmato nel proprio ambito, impiegando qualunque accorgimento particolare che si dimostrasse necessario.

Non vi è dubbio che questo genere di opportunismo sia salutare in un'area di ricerca in crescita, come è l'intelligenza artificiale, che è tuttora alla ricerca della migliore individuazione e descrizione dei propri principi generali. Nondimeno, contro questa filosofia sembra opportuno formulare la seguente considerazione.

Uno dei compiti fondamentali del progresso scientifico è quello di scoprire quei concetti che siano importanti.

È necessario perciò sviluppare un comportamento intelligente che sia al di sopra di quei sistemi che si limitano ad effettuare soltanto le diverse combinazioni tra i possibili tentativi di combinare tra loro concetti elementari.

Gli insuccessi incontrati ci suggeriscono dove le attuali nozioni possedute sono deboli, e forniscono dei suggerimenti circa le nuove esigenze che si deve cercare di soddisfare.

Infatti, non si cessa mai di imparare abbastanza là dove i concetti sono deboli.

Un'altra controversia riguarda l'entità della conoscenza che si debba fornire ad un programma capace di fornire delle risposte a delle domande.

Ad un estremo stanno coloro che affermano che nel programma dovrebbe essere inserita solamente qualche premessa di base, dalla quale il programma stesso debba essere in grado di derivare ogni conoscenza intermedia che sia necessaria per arrivare ad una risposta.

Ad un altro (ed impossibile) estremo, stanno coloro che vorrebbero inserire nel programma, in modo implicito, le risposte a tutti i problemi.

Vi sono coloro, comunque, che ritengono semplicemente che la derivazione delle risposte finirà alla lunga col giocare un ruolo fondamentale nei sistemi intelligenti. Essi perciò ritengono utile concentrare ora la loro attenzione nello sviluppare tecniche di

derivazione di risposte. *Derivare una risposta*, significa considerare l'informazione contenuta nella risposta come ottenuta mediante un'attività inferenziale di tipo deduttivo svolta sull'informazione già posseduta dal sistema cui viene posta la domanda.

Per sviluppare l'importanza e la necessità di tali derivazioni, essi tendono ad operare con sistemi che volutamente operano su di una conoscenza ridotta.

L'accordo comune, che sta proprio ora emergendo da questa controversia, è che un sistema intelligente dovrà essere in grado di eseguire, ad ogni passo, solo quelle derivazioni che sono essenziali per formulare una nuova risposta ad una nuova domanda; ciò permetterebbe di evitare così la cosiddetta esplosione combinatoriale, ovvero l'enorme quantità di diversi tentativi che si dovrebbero fare che si volessero tentare tutte le combinazioni possibili, di derivazioni elementari, anche se non ragionevoli.

Perciò, quando si voglia trattare con un argomento molto vasto, un sistema di questo tipo dovrebbe iniziare ad operare su una vasta struttura essenziale di conoscenza primaria basilare circa l'argomento e di conoscenza secondaria circa la modalità di impiego di tale conoscenza primaria.

Ogni passaggio dalla conoscenza nota (cioè esplicitamente rappresentata) a quella ignota (cioè ottenuta mediante derivazione) potrebbe quindi essere guidato bene (cioè in modo pratico) persino nel caso in cui il volume della parte ignota della conoscenza possa essere estremamente grande.

Sarebbe infatti insensato affermare che un sistema intelligente, al fine di rispondere ad una singola domanda, debba ripercorrere il faticoso cammino evolutivo, fatto di successi e di insuccessi, che sta alla base di una grande parte del nostro patrimonio culturale e scientifico.

Ancora più assurdo sarebbe infine ripetere lo stesso processo evolutivo biologico.

Modelli e rappresentazione della conoscenza

Nella Figura 3 è illustrato il tema centrale dei modelli e rappresentazione della conoscenza.

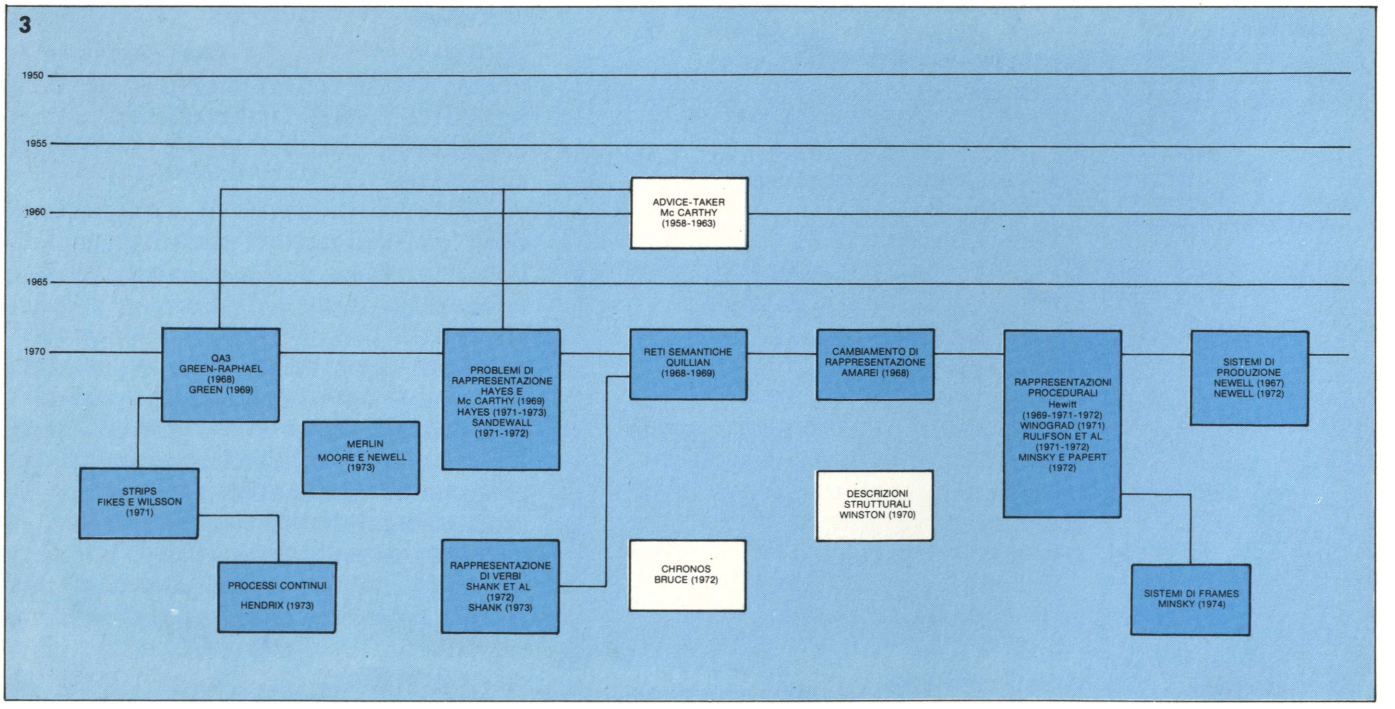


Figura 3. Modelli e rappresentazione della conoscenza.

L'intelligenza artificiale, come nuova possibilità per la definizione di strumenti decisionali aziendali. (Foto gentilmente fornita dalla Prime).

Le nostre idee circa il modo di rappresentare la conoscenza sono state originate da diverse aree applicative.

È fin troppo ovvio che ogni programma di intelligenza artificiale usa uno schema di rappresentazione.

I ricercatori nei campi della visione e percezione artificiale e della comprensione del linguaggio naturale, sono stati forse i primi che hanno compreso quanto grande

dovesse essere la quantità di informazione che è necessario attribuire a programmi capaci di svolgere prestazioni qualitativamente avanzate.

Queste sono le due aree applicative che hanno probabilmente contribuito in maggior modo allo sviluppo del nostro repertorio di tecniche di rappresentazione. Per un

certo periodo di tempo si è sviluppata una controversia circa la convenienza di rappresentare la conoscenza mediante asserzioni oppure mediante procedure.

Come caso limite, in questa disputa, si può considerare il modo di rappresentare una spirale, sia in modo esplicito, mediante la lista dei punti nel piano per cui essa passa, sia in modo procedurale, mediante un programma che permette di disegnarla.

Per un certo periodo, la cosiddetta tesi della comprensione procedurale della conoscenza sembrò monopolizzare i consensi.

Tuttavia, ora, questa controversia sembra essere composta nell'accettazione del valore di una combinazione della rappresentazione della conoscenza mediante asserzioni e procedure.

Un'altra preoccupazione, che trova dei precedenti nella disciplina della logica matematica, risiede nel come rappresentare certi concetti modali che riguardano il tempo, la necessità, la possibilità, e così via.

McCarthy ed Hayes hanno analizzato alcune delle difficoltà che si incontrano nel formalizzare questi concetti; essi hanno anche discusso due fondamentali problemi riguardanti la rappresentazione ed il ragionamento.

Il primo, chiamato problema di struttura, riguarda alcune difficoltà relative al mantenimento di un modello. Ci si chiede, infatti, come si debba procedere quando si utilizzi una rappresentazione del mondo ad un determinato istante (basata sia su osservazioni, sia su conoscenza già nota) e si desideri rappresentare ed impiegare le leggi della fisica al fine di aggiornare il modello, così che esso continui a rappresentare il mondo (in modo ragionevolmente accurato) così come esso diverrà in qualche istante futuro. Ad esempio, ci si può chiedere se, quando un robot toglie un libro da uno scaffale, si possa assumere che una porta della stanza sia rimasta aperta, senza nè derivare questo fatto, nè osservarlo una seconda volta.

Il secondo, chiamato *problema di qualificazione*, riguarda un sistema che voglia usare la sua rappresentazione per provare, ad esempio, che un certo piano riuscirà a conseguire un determinato obiettivo. In tal caso, ci si chiede come si debbano affrontare certe difficoltà che sorgono quando si riceva della nuova informazione, prima di ese-

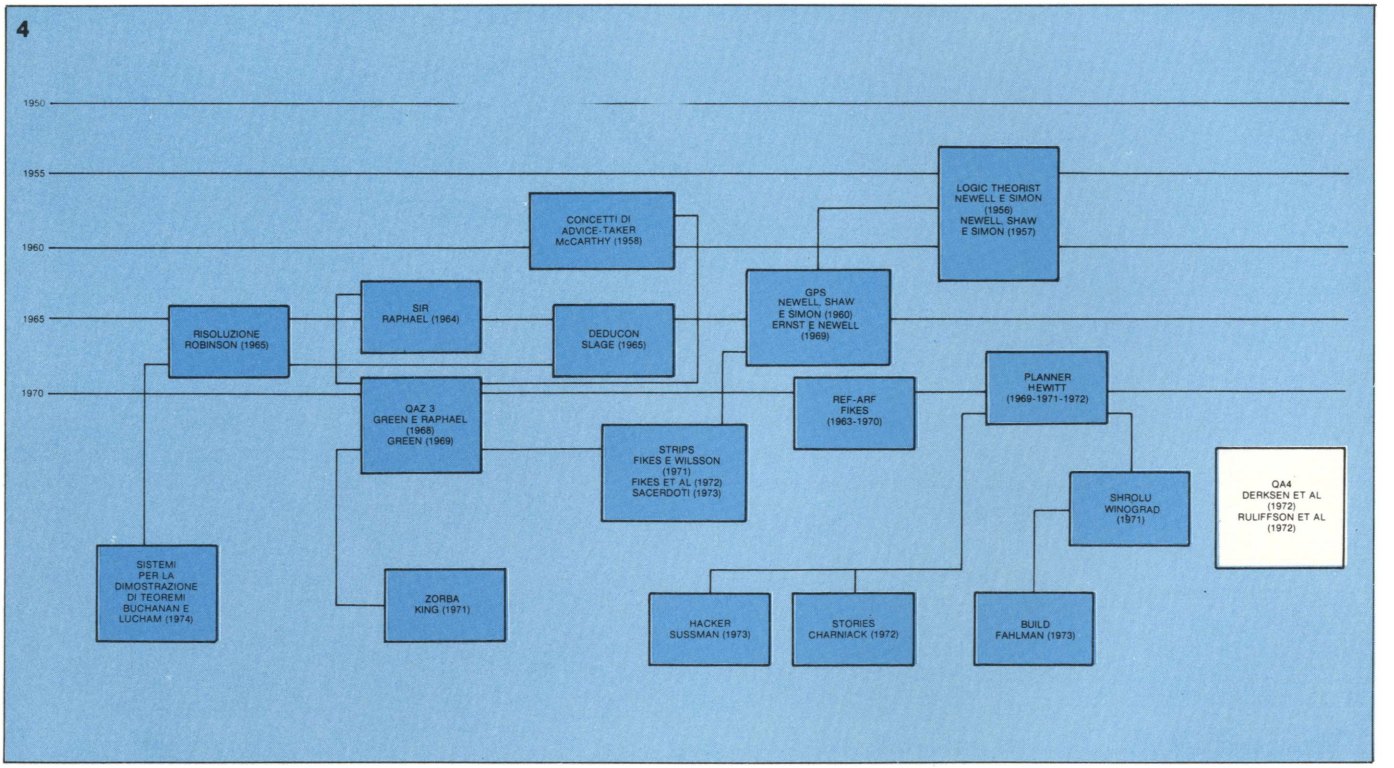


Figura 4. Ricerca euristica.

guire il piano (ad esempio, quando ciò renda non più valida la prova effettuata, anche se tutta l'informazione, su cui la vecchia prova si basava, sia tuttora presente).

È stata chiarita la natura di questa violazione della proprietà di estensione, sulla base del legame esistente tra il problema di struttura ed il problema di qualificazione.

Ricerca euristica

Nella Figura 4 è illustrato il tema centrale della ricerca euristica.

Uno dei primi risultati è stato lo sviluppo di un punto di vista nei confronti della risoluzione di problemi, che è stato qualche volta chiamato paradigma di ricerca euristica.

Ci sono due versioni, strettamente collegate, di questo paradigma.

Nella prima, un problema è trasformato nel problema canonico di trovare un cammino, all'interno di uno spazio di stati del problema, da uno stato iniziale ad uno obiettivo o stato finale (cioè ad uno stato risolutivo).

Nella seconda, un problema è ridotto a diversi sottoproblemi che, a loro volta, sono ancora ridotti (e così via) fin tanto che, alla fine, si ottengono dei sottoproblemi che hanno soluzioni sia note, sia banali.

Ognuna di queste due versioni rappesenta semplicemente un modo di pensare, leggermente differenziato, che riguarda basicamente il medesimo procedimento di risoluzione di problemi.

In ogni versione, il procedimento consiste nella generazione di cammini alternativi che portano alla risoluzione del problema, nel concepimento di un certo numero di stati.

In ciascuna versione del paradigma della ricerca euristica, il procedimento di ricerca richiede la generazione alternativa di cammini capaci di raggiungere la soluzione.

Durante l'attività di costruzione di questi cammini, è opportuno stabilire un certo numero di stati di passaggio obbligatorio il che equivale a stabilire un certo numero di sottoproblemi.

Inoltre si richiede di gestire saggiamente le risorse disponibili per la ricerca al fine di ottenere delle soluzioni accettabili.

La parola euristica viene usata poichè queste tecniche pongono l'enfasi sull'impiego di una particolare conoscenza, ottenibile dal dominio del problema, che aiuta nel ritrovamento della soluzione per mezzo di una drastica riduzione della quantità di ricerca che sarebbe altrimenti necessario compiere.

Spesso questo tipo di conoscenza assume la forma di una regola del tipo testa o croce, in quanto aiuta a scegliere la direzione della ricerca ed a limitarne l'estensione.

Inoltre, a volte si dispone di relazioni di vincolo, che sono pure utili per limitare l'entità della ricerca.

Sono già state citate alcune delle tipiche nozioni relative al paradigma della ricerca euristica, quali sottoobiettivo, ragionamento inverso, e così via, che sono considerate di base per il ragionamento comune, per la deduzione, e per la soluzione di problemi.

Qui desideriamo principalmente esaminare quegli aspetti della ricerca.

Sorge a questo punto il quesito di come si possa determinare, in modo efficiente, una soluzione, una volta che il problema sia stato rappresentato in termini di ricerca di un cammino.

Questa ricerca deve essere compiuta in una struttura a grafo (o ad albero) di tipo ordinario oppure di tipo AND/OR.

Ciò accade a seconda nel modo di considerare il problema come ricondotto rispettivamente alla determinazione di un cammino ad uno stato obbiettivo oppure alla sua riduzione ad un insieme di sottoproblemi elementari e risolubili.

Le tecniche di ricerca che sono state sviluppate (dà autori di intelligenza artificiale, di teoria dei controlli, e di ricerca operativa) sono ora comunemente adottate, sia da molti programmi per calcolatori nell'ambito dell'intelligenza artificiale, sia per molte altre applicazioni.

La maggior parte di queste tecniche utilizzano delle funzioni di valutazione, basate su nozioni euristiche, che servono per formulare un ordinamento di priorità tra i nodi ancora inesporati del grafo e che, di conseguenza, permettono di indicare la direzione in cui continuare la ricerca in modo efficiente.

Il problema di come effettuare in modo efficiente la ricerca di un grafo è già stato essenzialmente risolto e, perciò, non interessa più, da tempo, i ricercatori di intelligenza artificiale.

Sistemi di programmazione e linguaggi dell'intelligenza artificiale

Nella Figura 5 è illustrato il tema centrale dei sistemi di programmazione e linguaggi dell'intelligenza artificiale.

I linguaggi di programmazione sviluppati ed impiegati dai ricercatori di intelligenza artificiale sono inclusi tra i temi centrali poichè essi inglobano le idee più utili tra quelle presenti nei temi centrali già esaminati. I primi ricercatori di intelligenza artificiale concepirono l'esigenza di disporre di programmi che fossero in grado di poter memorizzare, manipolare ed accedere a liste di informazioni simboliche (cioè non numeriche). I meccanismi adatti a conseguire queste operazioni ed altre ancora, furono effettivamente realizzati per mezzo di linguaggi adatti a compiere elaborazioni su liste, quali lo IPL V ed il LISP.

Dopo alcuni anni di ricerca compiuta sulla base dell'impiego di questi linguaggi, fu del tutto evidente che i sistemi di programmi per l'intelligenza artificiale avevano una comune e ricorrente esigenza di operazioni di ricerca, di ritrovamento di espressioni, e di ricerca associativa.

Il passo successivo fu perciò quello di costruire queste operazioni all'interno degli stessi linguaggi.

Fu così che, a partire dalla fine degli anni 1960, una nuova generazione di linguaggi per l'intelligenza artificiale, detti linguaggi orientati ad obiettivi, fu sviluppata; tra di essi ricordiamo il QA4 ed il PLANNER.

Una volta Edward Feigenbaum caratterizzò il progresso nell'intelligenza artificiale come essenzialmente legato al progresso dei linguaggi di programmazione, nel percorrere un intervallo compreso tra il come ed il che cosa.

All'estremità dell'intervallo relativo al come si possono considerare i linguaggi di programmazione di tipo macchina, che sono quei linguaggi che i programmatori impiegano quando essi devono fornire al calcolatore le istruzioni più dettagliate.

Man mano che si procede nella direzione dell'estremità relativa al che cosa, il programmatore lascia sempre più all'attività svolta dal linguaggio e dal suo traduttore la responsabilità di decidere i dettagli del come le singole operazioni debbano essere eseguite; egli può così concentrarsi sempre più sul che cosa debba essere fatto.

I linguaggi dell'intelligenza artificiale sono oggi discretamente spostati nella direzione relativa all'estremo che cosa dell'intervallo, e l'obiettivo più coerente della ricerca nell'intelligenza artificiale (in accordo con questo modo di vedere il progresso) consiste nell'ideare dei linguaggi che siano ancora più vicini a questa estremità.

Potrà perciò accadere pure che, in ultima analisi, il campo di ricerca dell'intelligenza artificiale sarà principalmente concentrato nello sviluppo di linguaggi di programmazione sempre più potenti.

In tale ottica, il miglior modo di valutare il progresso dell'intelligenza artificiale consisterà perciò nel considerare la potenza dei linguaggi dell'intelligenza artificiale.

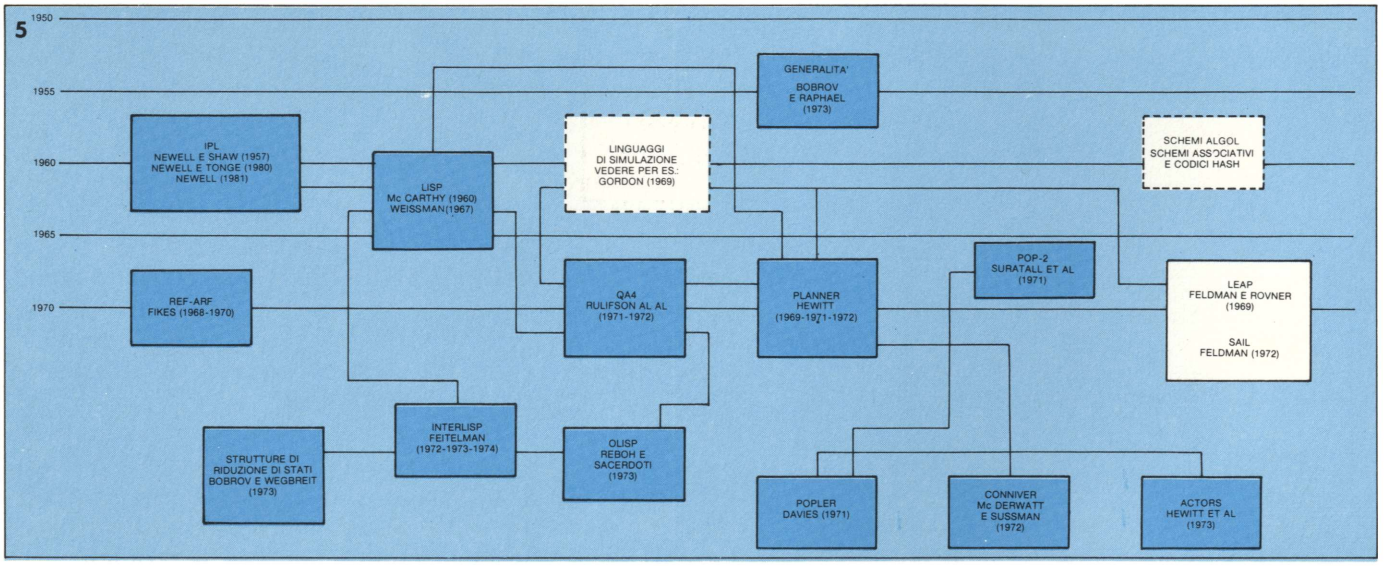


Figura 5. Sistemi di programmazione e linguaggi dell'IA.

5 Computer e istruzione

L'informatica è ormai penetrata in profondità in molti settori della vita civile influenzando profondamente strutture, attività, servizi e condizioni di vita e di lavoro.

Anche il settore dell'educazione si sta gradualmente aprendo alla penetrazione dell'Informatica, sia pur con un certo ritardo. Mentre nelle attività produttive e negli uffici i metodi e gli strumenti informatici sono ormai una condizione essenziale di lavoro, nel mondo dell'educazione l'Informatica sta appena uscendo dal campo della sperimentazione. Esistono tuttavia le premesse perché possa avere sulle attività educative, una influenza altrettanto profonda che nei settori in cui si è già affermata. Infatti la progressiva riduzione dei costi dei mezzi di calcolo, la crescente consapevolezza delle potenzialità didattiche dell'informatica, i nuovi problemi della formazione e dell'addestramento e, non ultima, la pressione difficilmente resistibile del mercato, sono tutti fattori che porteranno sempre più a moltiplicare e diffondere le applicazioni dell'Informatica nella didattica.

Alcuni autori hanno persino paragonato l'invenzione dell'elaboratore a quella della stampa per quanto riguarda il loro influsso nel campo dell'educazione.

Parlando di Informatica ed Educazione si intende un contesto assai ampio. Per chiarezza è opportuno distinguere quattro aspetti fondamentali, schematizzati in Figura 1, ciascuno dei quali sarà analizzato in dettaglio nel seguito.

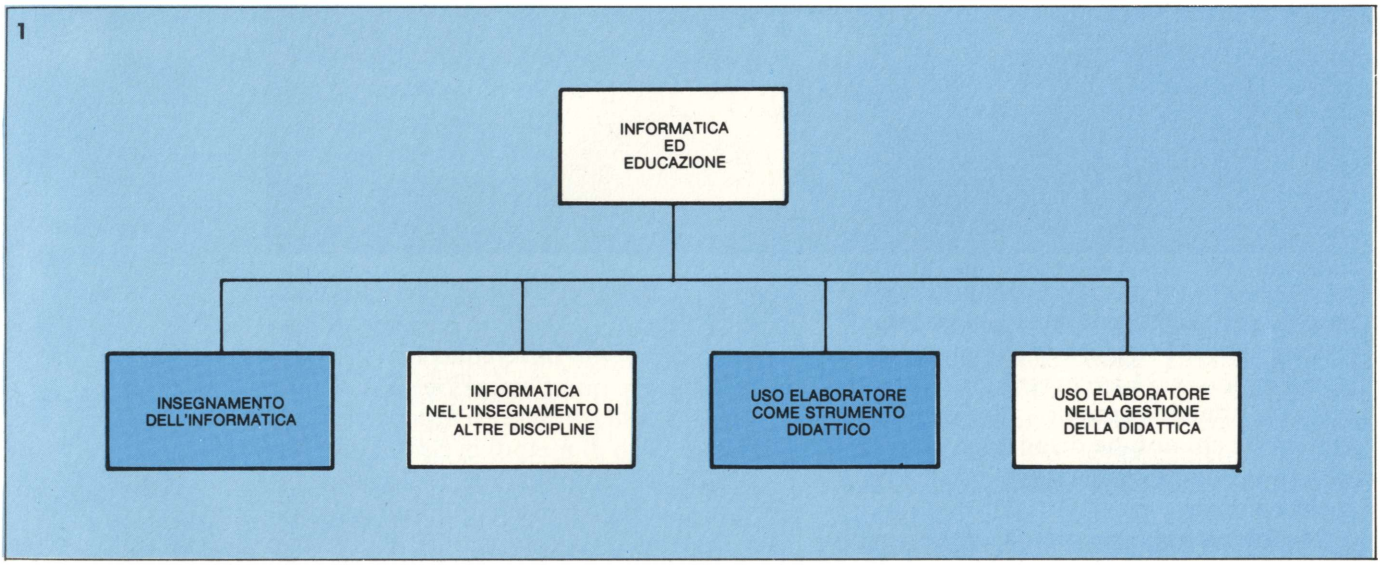


Figura 1. I quattro aspetti fondamentali del rapporto tra informatica ed educazione.

Insegnamento dell'Informatica

Se l'Informatica fosse soltanto una disciplina specialistica confinata negli Istituti Tecnici o nelle facoltà scientifiche delle Università, probabilmente non varrebbe neppure la pena di menzionare questo aspetto. Invece, da qualche anno, l'Informatica tende sempre più a diventare oggetto dell'educazione e della cultura di base. Ciò avviene non soltanto perché la società è pervasa in modo sempre più capillare dalla tecnologia informatica, ma anche, o forse soprattutto, perché è riconosciuto sempre più all'Informatica un profondo valore informativo.

I metodi dell'Informatica non sono soltanto metodi per far funzionare delle macchine ma sono soprattutto metodi per comunicare il pensiero tra uomo e macchina e tra uomo e uomo; e prima ancora, metodi con cui il pensiero si sviluppa e si precisa.

In Italia e all'estero l'insegnamento dell'informatica nelle scuole tende ad essere sempre più diffuso ed a spostarsi verso livelli scolari sempre più precoci. Il progetto italiano di riforma della scuola media superiore prevede l'insegnamento dell'informatica nella cosiddetta "area comune". Per la scuola media ed elementare esistono già numerose sperimentazioni che hanno studiato la possibilità e l'utilità di introdurre concetti e capacità operative di tipo informatico anche nei primi livelli della formazione.

È interessante ricordare che, in Inghilterra, i programmi del Ministero dell'Educazione prevedono di introdurre l'elaboratore in tutte le scuole elementari entro il 1985.

Per sottolineare l'importanza di disporre di conoscenze di base in informatica, è stato creato nel mondo anglosassone il termi-

Figura 2. Uso dell'elaboratore come strumento didattico: lo studente interagisce con l'elaboratore attraverso il video e la tastiera. (Foto gentilmente fornita dalla PR1ME).

ne *computer literacy*, che potremmo tradurre con "alfabetizzazione in Informatica". Questo termine suggerisce che, in un futuro non lontano, sarà necessaria per tutti una seconda alfabetizzazione - quella in Informatica - e chi non ne disporrà si troverà in una situazione di svantaggio e di disinserimento sociale.

Numerose saranno quindi le implicazioni di ordine psicologico, pedagogico ed epistemologico che ne deriveranno, e ciascuna di esse meriterebbe un'attenta e ponderosa discussione.

Informatica nell'insegnamento di altre discipline

L'elaboratore, in quanto strumento per risolvere problemi, ha aperto nuove possibilità anche nell'insegnamento di discipline non informatiche, soprattutto in quelle di natura scientifica. Il computer, infatti, consente di trattare agevolmente in modo numerico, fenomeni o modelli di realtà governati da leggi matematiche anche complesse.

In tal modo anche allievi privi di adeguati prerequisiti matematici, possono affrontare lo studio di leggi fisiche fondamentali, che altrimenti non sarebbe possibile capire in modo approfondito. Basta pensare per esempio, alla legge fondamentale della dinamica, la classica "f = ma", che è studiata in tutti i corsi di fisica: in assenza di prerequisiti di calcolo differenziale, non è possibile risolvere quest'equazione e ci si deve accontentare di studiare esempi particolari. Mediante l'uso di metodi di risoluzione numerica di questa equazione, realizzabili anche con calcolatori molto modesti (calcolatrici tascabili programmabili), è possibile comprendere appieno il significato di questa legge e trovare le traiettorie del moto di corpi su cui agiscono forze di vario tipo.

Anche per quanto riguarda l'insegnamento della matematica, il computer apre nuovi spazi estremamente interessanti, sia perché porta all'introduzione di contenuti disciplinari nuovi, sia perché consente di rinnovare metodologicamente l'insegnamento della matematica rendendola più concreta e motivante e contribuendo a colmare la distanza fra il simbolo matematico e l'immagine intuitiva che lo studente ne ha.

Val la pena ricordare che anche l'inse-

gnamento di discipline appartenenti al settore umanistico, prima fra tutte la linguistica, si sta oggi aprendo all'informatica e all'uso del calcolatore. Anche qui, questo processo, forse più che in campo scientifico, non è solo fonte di rinnovamento metodologico ma anche uno stimolo al rinnovamento dei contenuti.

Non è possibile qui entrare nel dettaglio di tutte le modalità in cui l'elaboratore, usato come mezzo di calcolo programmato può aprire nuovi spazi alla didattica delle diverse discipline. L'elenco, inoltre, non sarebbe certamente esaustivo data la molteplicità delle applicazioni didattiche che possono essere sviluppate nelle diverse discipline.

Uso del calcolatore come strumento didattico

Questa categoria di applicazioni è forse la più interessante ed innovativa e comunque quella destinata ad introdurre i maggiori mutamenti nel campo dell'educazione. Qui il calcolatore e l'allievo interagiscono direttamente fra loro in modo che fra i due si stabilisce un vero e proprio "dialogo didattico".

La comunicazione avviene tipicamente mediante un video ed una tastiera che consentono all'allievo di scambiare informazioni con l'elaboratore (Figura 2). Tuttavia con lo sviluppo della tecnologia, le modalità della comunicazione con il computer tendono ad arricchirsi sempre più. Nei programmi didattici più moderni, l'elaboratore non si limita a presentare all'allievo testi costituiti da caratteri alfabetici ma fa ampio uso di grafica, spesso a colori; in qualche caso vengono anche utilizzati messaggi audio che l'elaboratore può costruire tramite opportuni sintetizzatori di voce.

Per quanto riguarda la comunicazione verso l'elaboratore esistono, oltre alla tastiera, numerosi dispositivi (penna ottica, joystick etc.) che consentono all'allievo di comunicare in modo grafico indicando all'elaboratore i punti del video, oppure, ancora, puntando semplicemente con un dito una data posizione del video. Stanno gradualmente uscendo dall'ambito sperimentale, inoltre, gli *speech-recognizers*, ossia dispositivi che permettono di comunicare con il calcolatore utilizzando la voce umana. Anche se alcune delle possibilità a cui abbiamo accennato sono ancora a livello sperimentale, è tuttavia chiaro che la comunicazione con il computer, non soltanto quella orientata ad applicazioni didattiche, tenderà a svolgersi in modo sempre più naturale ed immediato.

È doveroso osservare che questa categoria di applicazioni differisce sostanzialmente dalla precedente per la modalità d'uso dell'elaboratore. Infatti, nel caso precedente l'allievo utilizza il calcolatore come strumento per risolvere problemi, programmandolo egli stesso in modo più o meno autonomo. Qui invece esiste un "autore" che costituisce un dato programma didattico con cui, successivamente, l'allievo interagisce.

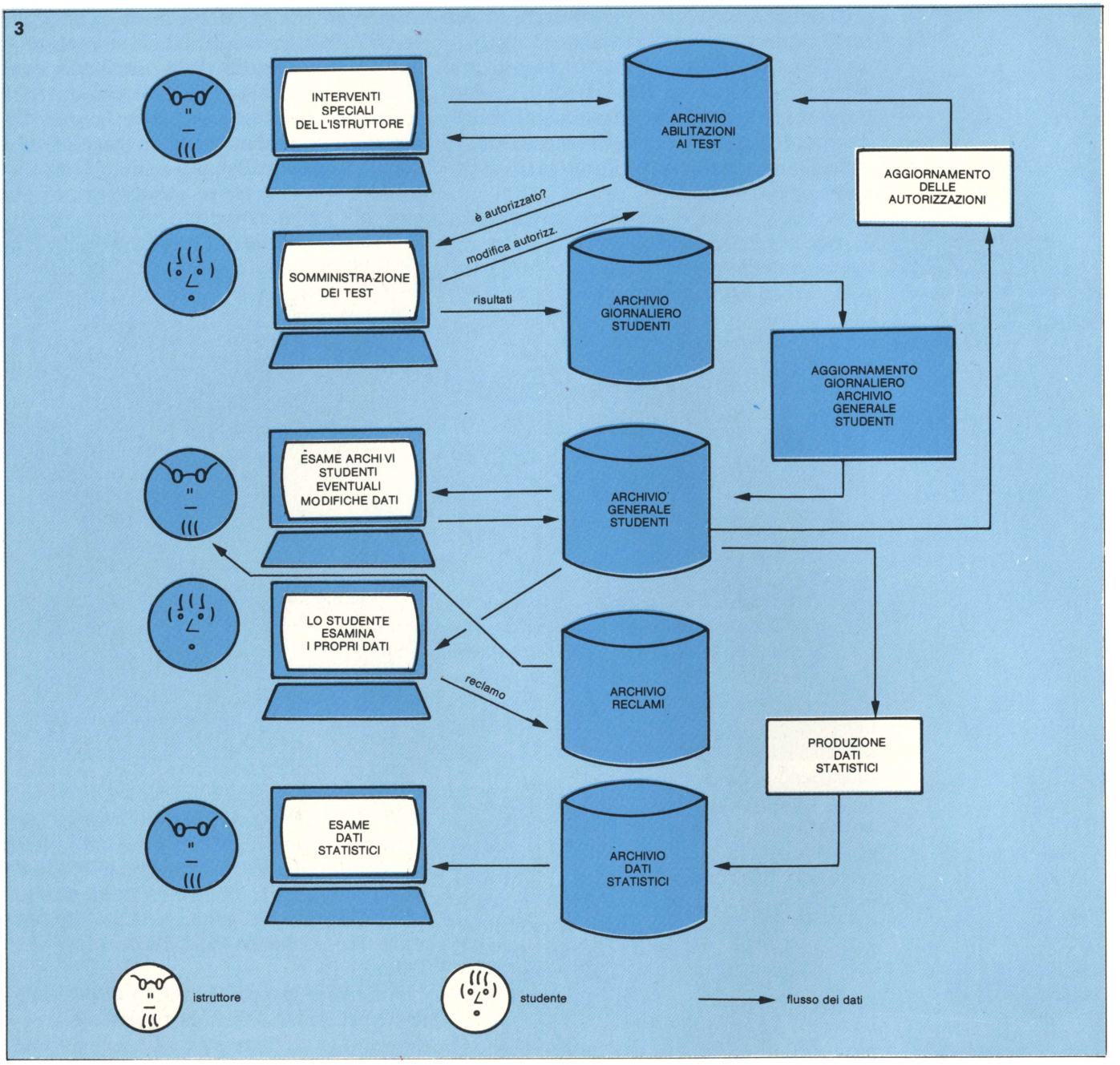
Il termine "autore" tende a sottolineare l'analogia tra la costruzione di un programma didattico e la scrittura di un libro. Il libro e l'elaboratore sono due strutture molto diverse per quanto riguarda la complessità; possono tuttavia ospitare entrambi programmi didattici, i quali naturalmente saranno differenti per natura, possibilità didattiche e modalità di utilizzazione.

Vale la pena di ricordare che a questa classe di applicazioni sono state associate una quantità di sigle differenti. Le più note sono *CAI* (Computer Assisted Instruction), *CAL* (Computer Aided Learning), *CBL* (Computer Based Learning) e *CBI* (Computer Based Instruction). In Italia si tende ad utilizzare più genericamente la sigla *AED* (Applicazioni degli Elaboratori nella Didattica).

Alle AED, proprio perché viene ritenuto il settore più interessante e innovativo, è dedicata la seconda parte di questa monografia.

Uso del calcolatore nella gestione della didattica

Nel tipo di applicazione descritto nel paragrafo precedente, il computer agisce come vero e proprio agente istruzionale che dialoga direttamente con l'allievo. In questo caso, invece, l'elaboratore interviene soprattutto nella gestione della didattica. Esso non fornisce informazione didattica,



ma gestisce e controlla l'apprendimento dell'allievo che tipicamente avviene attraverso diverse modalità (lezioni, resti autoistruzionali, autodivisori etc.).

Tipiche funzioni proprie di questa applicazione sono: controllare l'apprendimento, abilitare lo studente a procedere ad un nuovo argomento di studio, fornire informazione al docente sullo stato di avanzamento degli allievi, individuare casi singoli che necessitano particolare attenzione e segnalarli al docente, etc.

Questo tipo di applicazioni è generalmente designato con la sigla *CMI* (Computer Managed Instruction).

Con strumenti di tipo CMI un docente può gestire gruppi di allievi anche assai numerosi con un buon livello di individualizzazione dell'apprendimento. In Figura 3 è schematizzato un esempio di gestione di un corso assistito da calcolatore: "Introduction to Phisics" svolto presso il Department of Phisics, University of California, Irvine.

Figura 3. Schema del Corso "Introduction to Phisic" gestito dal calcolatore.

Lo studio avviene in modo autodidattico. Gli studenti possono scegliere la velocità con cui procedere nello studio e gli argomenti da studiare; essi possono scegliere argomenti differenti in base agli interessi individuali e possono studiare uno stesso argomento in tempi differenti. L'avanzamento degli studenti è regolato mediante test di apprendimento gestiti da calcolatore.

Oltre che per la gestione dei test, il calcolatore è necessario perché il controllo del corso risulta assai complesso: in un dato momento del corso gli studenti possono essere distribuiti su molte unità di studio differenti e, poiché gli studenti devono spesso affrontare uno stesso test più volte, è necessario disporre di versioni multiple di ciascun test.

La Figura 3 illustra l'impiego dell'elaboratore nella gestione del corso. Lo studente può accedere all'elaboratore sia per sostenere i test di avanzamento sia per esaminare i dati relativi alle proprie prestazioni e al proprio punto di avanzamento.

Il sistema contiene 5 archivi differenti:

- l'Archivio Generale Studenti che contiene tutti i dati relativi agli studenti;
- l'Archivio Giornaliero Studenti dove vengono raccolti giorno per giorno i risultati dei test sostenuti dagli studenti. A fine giornata questi dati vengono automaticamente riversati nell'Archivio Generale Studenti;
- l'Archivio Abilitazione ai Test che contiene le informazioni circa i test che ciascuno studente nel suo stato attuale è abilitato a sostenere. Tale archivio viene aggiornato automaticamente sulla base sia dei risultati desunti dall'Archivio Generale Studenti sia della data in cui viene sostenuto il test (è previsto un intervallo minimo di tempo tra due test successivi); questo archivio può inoltre essere consultato e, in casi particolari, alterato dall'istruttore;
- l'Archivio Reclami dove sono raccolti i reclami degli studenti che consultando i propri dati vi trovano inesattezze o discrepanze;
- l'Archivio Dati Statistici che viene prodotto automaticamente da opportuni programmi di analisi statistica e può essere consultato interattivamente dall'istruttore.

La gestione dell'istruzione da parte del calcolatore si presta particolarmente ad essere utilizzata in strutture educative diverse da quelle tradizionali. Tipiche strutture di questo tipo sono le cosiddette Università aperte che stanno iniziando a nascere in diversi paesi (ad esempio l'Open University in Gran Bretagna, la Telesecundaria in Messico, etc.).

In queste strutture non esistono più i concetti di "lezione" e di "frequenza". Lo studente può studiare quando e dove vuole, utilizzando materiale autodidattico appositamente predisposto, ed interagisce con la struttura educativa soltanto per quanto riguarda funzioni di controllo e richieste di aiuto individualizzato. Poiché strutture educative di questo tipo possono avere un numero di studenti anche molto elevato (80.000 studenti/anno per la sola Open University) è evidente la funzione insostituibile di sistemi di gestione dell'apprendimento che consentono di automatizzare tutte le funzioni di tipo più routinario e ripetitivo, riservando agli istruttori la gestione dei casi individuali, difficilmente trattabili in modo automatizzato.

AED - Applicazioni degli Elaboratori nella didattica

Le prime sperimentazioni sull'uso del computer come strumento didattico o, in termini più tecnici, come agente istruzionale nei processi di apprendimento-insegnamento, risalgono alla seconda metà degli anni '50. Nonostante alcune sporadiche reazioni di rifiuto, all'ingresso di questa tecnologia nel campo dell'educazione, l'interesse fu assai ampio fin dall'inizio, in relazione all'emergere di nuove possibilità per migliorare e rinnovare la didattica ed all'aprirsi di nuovi spazi di mercato. Numerose ricerche e sperimentazioni furono finanziate dai governi di vari paesi, in particolare gli USA, il Canada e la Gran Bretagna, ed alcune case costruttrici di calcolatori entrarono fin dall'inizio nel nuovo mercato.

È degli anni '60 la comparsa sul mercato del sistema IBM 1500 e il varo del famoso progetto PLATO (Figura 4), forse il nome più noto nel campo delle AED. *PLATO* nacque nel 1960 alla University of Illinois (Urbana) ed il suo sviluppo richiese ingenti

investimenti. Esso era basato, nelle sue versioni iniziali, su calcolatori commerciali di grande potenza e prevedeva la realizzazione di terminali specializzati, di un particolare hardware di comunicazione e di un software di base dedicato all'applicazione

Agli entusiasmi iniziali non seguì tuttavia una adeguata diffusione, al punto che, intorno agli anni '70, erano in molti a ritenere ormai conclusa la breve parabola delle applicazioni dell'elaboratore nella didattica.

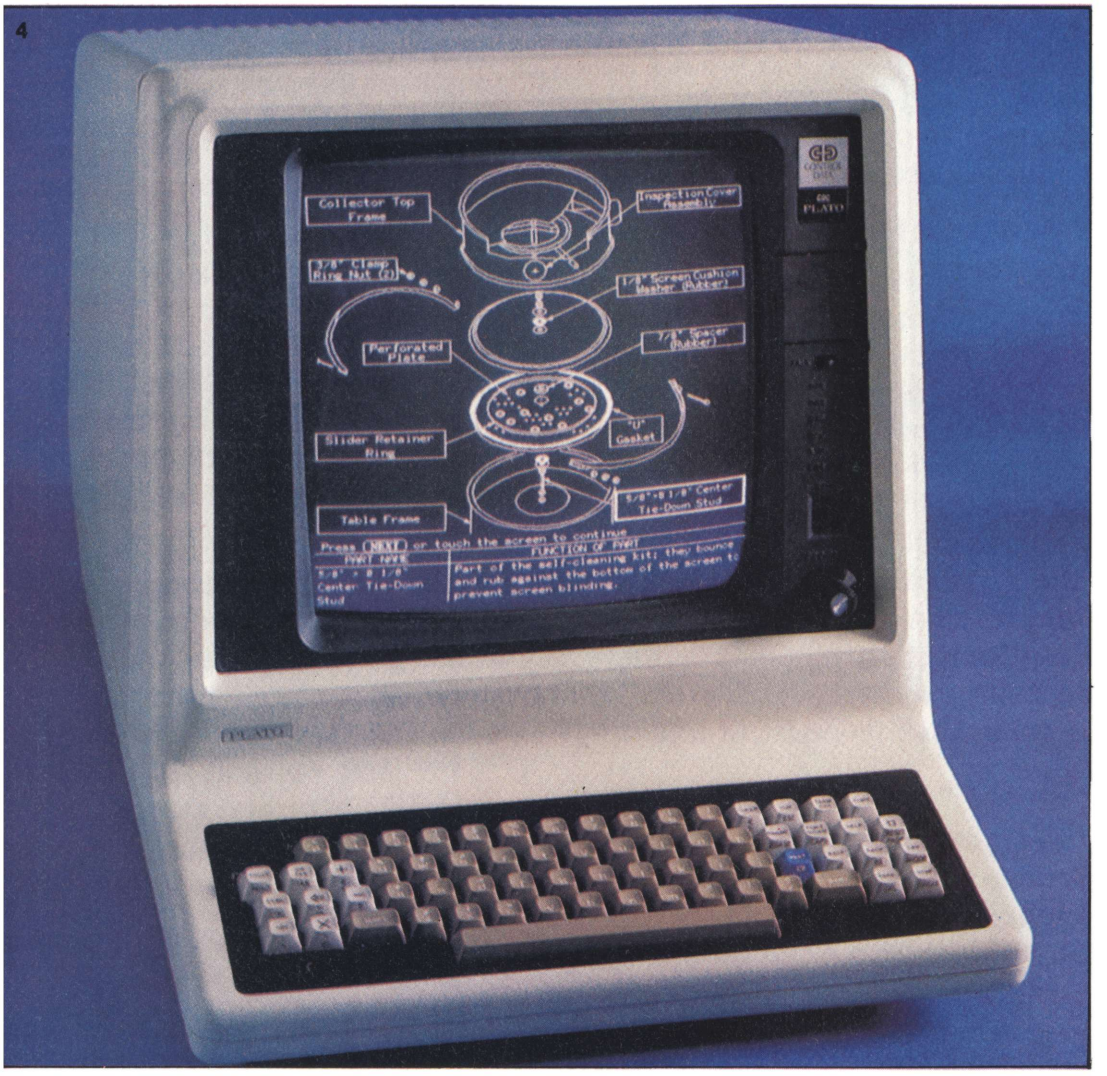


Figura 4. Terminale Plato. (Foto Gentilmente fornita dalla Control Data).

didattica. Particolarmente noto è il terminale PLATO basato su di un video a plasma che gli conferisce proprietà grafiche estremamente interessanti. Dopo la sua realizzazione come prototipo, il PLATO venne realizzato in versione commerciale e prodotto dalla Control Data Corporation (quest'ultima versione prevede un terminale differente basato sulla tecnologia CRT). Recentemente è apparsa sul mercato una versione di "MICROPLATO" consistente in una stazione-studente con capacità elaborative autonome.

Questo fatto non era dovuto soltanto all'immaturità della tecnologia ma anche a ragioni di ordine culturale: il mondo della formazione non era ancora pronto ad accettare l'utilizzazione della tecnologia informatica in un campo dominato da secoli da una tradizione "umanistica" che vedeva nel rapporto interpersonale e nel libro, gli strumenti di trasmissione della conoscenza.

Lo scenario cambiò radicalmente nella seconda metà degli anni '70 con la comparsa del microprocessore e con la crescente diffusione capillare dell'informatica in tutti

i settori della vita civile e produttiva. Oggi, anche se l'uso del calcolatore come strumento didattico non è ancora certamente di massa, specialmente in Italia, esiste tuttavia nei suoi confronti, da parte del mondo della formazione, un rinnovato interesse ed una domanda crescente.

Le innovazioni introdotte dal computer nella didattica

Il computer offre due sostanziali innovazioni che sono di estremo interesse per la didattica:

- la comunicazione bidirezionale con l'allievo;

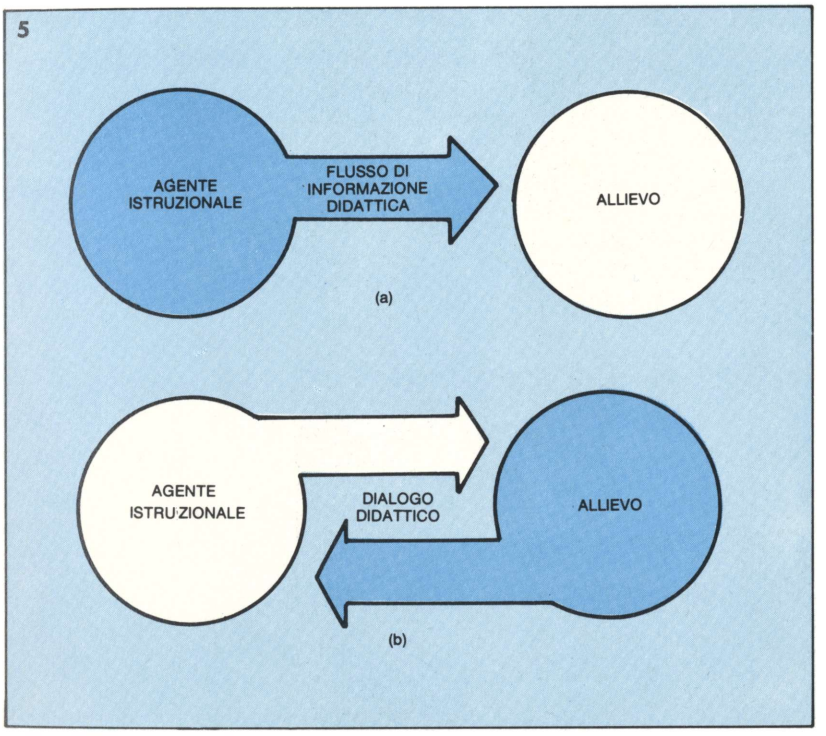


Figura 5. Modello di insegnamento ad "anello aperto" (a) e ad "anello chiuso" (b). Il modello (a) si riferisce a mezzi didattici tradizionali (mezzi audiovisivi, libri) in cui vi è soltanto un flusso di informazioni verso chi apprende. Il modello (b) si riferisce invece all'interazione individualizzata allievo-docente o allievo-elaboratore.

- la possibilità di sintetizzare "ambienti didattici".

Esaminiamo ora in dettaglio queste due possibilità.

Per quanto riguarda la *comunicazione bidirezionale* con l'allievo consideriamo la Figura 5a. Essa rappresenta la tipica situazione didattica che si verifica, per esempio, utilizzando un audiovisivo o leggendo un libro. Poiché vi è soltanto un flusso unidirezionale di informazione dell'"agente istruzionale" al discente, il processo di apprendimento si svolgerà in generale in modo rigido: non è possibile controllare se il discente sta apprendendo correttamente o meno e regolare di conseguenza il flusso di informazione. Non è possibile inoltre, rispondere a richieste specifiche del discente e adattare il messaggio didattico alle diverse caratteristiche individuali. La Figura 5b rappresenta una situazione di didattica personalizzata, per esempio la discussione tra un docente e un discente. In questo caso il flusso di informazione è bidirezionale: è possibile da parte del docente porre domande al discente e regolare il proprio comportamento in base alle risposte, è possibile al discente porre domande al docente e formulare richieste secondo le proprie esigenze.

Questo stesso modello è applicabile ai casi in cui il calcolatore viene utilizzato come strumento didattico: l'elaboratore può infatti sia presentare informazioni sia ricevere informazioni dal discente, elaborarle e, sulla base di tale elaborazione, adattare al discente il flusso di informazione. Quindi il calcolatore può approssimare, più di qualunque altro mezzo tecnologico, la situazione di insegnamento personalizzato che ha luogo nel rapporto individuale studente-docente.

A titolo di esempio, riportiamo in Figura 6 una battuta di "dialogo" studente-elaboratore in cui la comunicazione bidirezionale viene sfruttata per produrre un insegnamento individualizzato.

L'esempio è riferito ad un programma per imparare a leggere diagrammi cartesiani ed essendo il programma orientato ad allievi giovani e comunque senza particolari prerequisiti, gli esempi trattano semplici fatti della vita quotidiana.

Il diagramma in Figura 6 fa riferimento alle variazioni del livello dell'acqua in una vasca da bagno in conseguenza degli eventi: apertura del rubinetto, apertura dello scarico, entrata del sig. Rossi nella vasca da bagno, uscita del sig. Rossi dalla vasca da bagno.

Il programma presenta allo studente opportune domande per verificare la sua effettiva capacità di interpretazione dei diagrammi e, in caso di risposta errata, gli fornisce le necessarie spiegazioni volte a recuperare le sue specifiche carenze.

Il dialogo studente-elaboratore si svolge sempre in modo differente perché la logica

di dialogo risulta fortemente ramificata; tale logica prevede percorsi individualizzati differenti per studenti che si trovano in un diverso "stato di conoscenza" e che quindi rispondono in modo diverso alle varie domande.

Inoltre, l'andamento dei diagrammi cartesiani considerati, e le domande relative non risultano mai identiche in quanto vengono generate "casualmente" di volta in volta dal computer.

Abbiamo visto che l'altra possibilità innovativa dell'elaboratore è quella di poter essere programmato in modo da sintetizzare determinati *ambienti* con i quali lo studente interagisce per raggiungere determinate finalità didattiche.

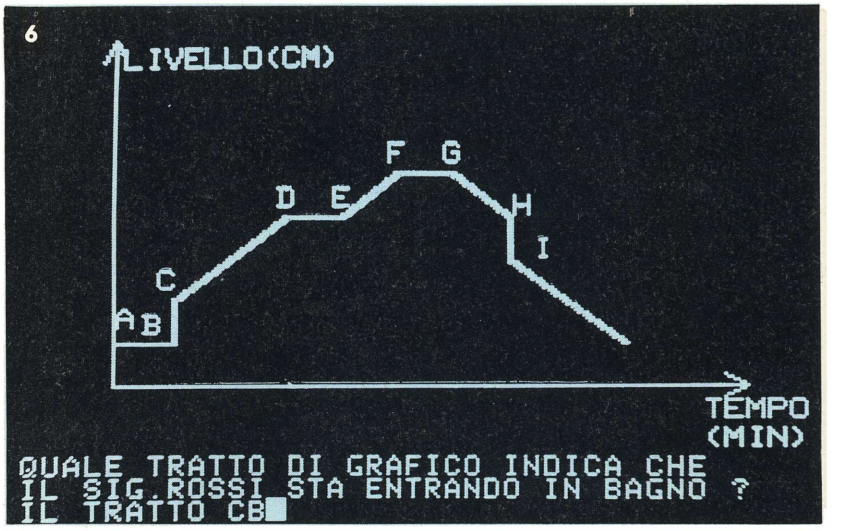
È noto che l'interazione con un ambiente è uno dei modi più naturali e più efficaci di apprendimento. L'elaboratore può agevolmente simulare ambienti fisici, esperienze di laboratorio o, più in generale, modelli che lo studente può esplorare liberamente o secondo un piano didattico prestabilito.

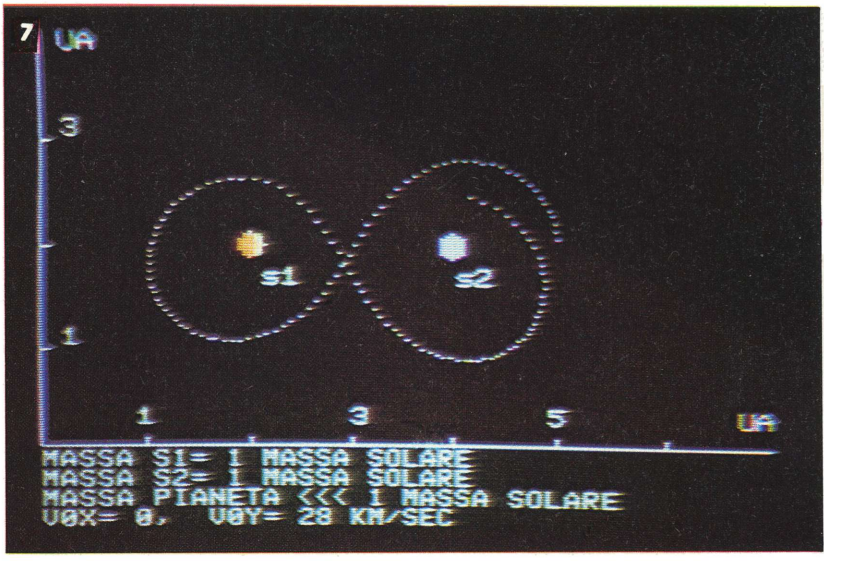
In Figura 7 ed 8 sono riportati esempi di ambienti didattici relativi all'apprendimento di leggi fisiche nel campo della meccanica o dell'elettromagnetismo.

Nella prima, lo studente può scegliere il numero dei "soli", cioè dei centri di forza, la loro massa e la velocità iniziali del "pianeta" in movimento. A seconda dei valori scelti, ci saranno traiettorie ed eventi di tipo diverso: caduta sui centri di forza, allontanamento indefinito, orbite chiuse o aperte intorno ai centri di forza.

In Figura 8, invece, lo studente può scegliere un circuito elettrico RLC, assegnare un valore all'alimentazione e ai componenti e chiedere al sistema la visualizzazione delle risposte del circuito. Dal punto di vista didattico, l'ambiente può essere utilizzato per l'introduzione di concetti attraverso esplorazioni guidate di un nuovo circuito, per favorire nello studente la formazione della sensibilità fisica nei confronti del comportamento dei circuiti al variare della loro topologia e del valore dei componenti, ed infine, quale strumento di verifica del trattamento analitico di un circuito.

Non sempre gli ambienti didattici programmati su di un elaboratore si riferiscono a fenomeni o situazioni reali con il cui comportamento lo studente si deve familiarizzare. Spesso si tratta di ambienti di fantasia con una opportuna struttura e con appropriate regole di operazione, veri e propri "meccani logici" che hanno come obiettivo lo sviluppo delle capacità logico-creative.





In Figura 9 viene presentato, a titolo di esempio, uno di questi ambienti orientato a familiarizzare lo studente con i metodi di risoluzione di problemi ed il pensiero algoritmico: il "mondo" di un robot. Il robot è rappresentato dal simbolo >. Ci sono strade (orizzontali), viali (verticali), muri impenetrabili al robot (*rappresentati dai segni celesti*), e negli incroci ci possono essere oggetti (rappresentati dal simbolo □). Con opportuni comandi è possibile far avanzare il robot, fargli cambiare direzione, raccogliere o posare oggetti etc.

Lo studente inizia a programmare il ro-

Figura 6. Frammento di un dialogo didattico.

Figura 7. Ambiente per l'esplorazione del moto di corpi immersi in campi centrali di forza.

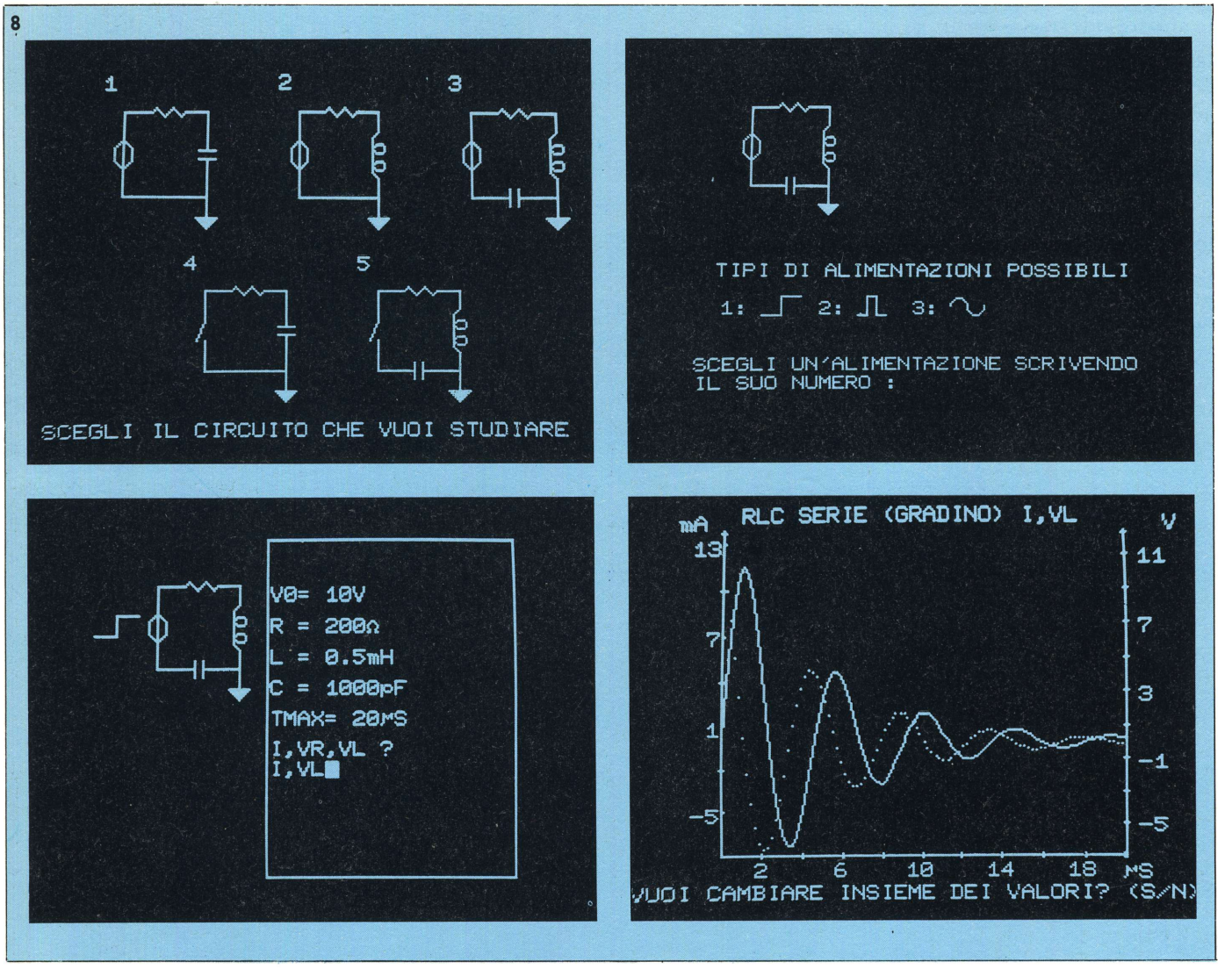
Figura 8. Un ambiente per esplorare il comportamento di circuiti elettrici passivi.

bot per fargli eseguire compiti da principio molto semplici e successivamente anche complessi, come per esempio raccogliere tutti gli oggetti in una stanza e portarli in un'altra stanza.

modo le due possibilità sopra illustrate. Nel passato è stato fatto il tentativo di classificare minutamente tutte queste modalità.

Fra le classi di applicazione individuate possiamo citare:

8



Osservate come l'aspetto ludico può giocare un ruolo fondamentale soprattutto per studenti in giovane età svolgendo una funzione motivante e rendendo possibile l'acquisizione di concetti e capacità cognitive di alto livello.

In questa linea di applicazioni può essere classificato LOGO, il notissimo linguaggio di programmazione inventato da Papert per accostare i bambini all'informatica e stimolarne le capacità logiche, creative ed espressive.

Tutte le differenti modalità di uso didattico dell'elaboratore sfruttano in qualche

- il *tutoriale*, consistente nella somministrazione di "quanti" di informazione alternati a domande di verifica dell'apprendimento o di attivazione. È la modalità d'uso più prossima all'istruzione programmata;
- le *esercitazioni guidate* (drill and practice), in cui l'elaboratore può generare e somministrare allo studente problemi individualizzati e guidarlo alla soluzione;
- la *simulazione*, in genere viene indicata con questo termine la simulazione numerica di modelli fisici o più general-

mente di "ambienti" con cui lo studente può interagire al fine di indagare le caratteristiche di un modello o di acquisire confidenza e capacità operative relativamente ad una data situazione;
- la *valutazione dell'apprendimento*, tipicamente si tratta di valutazione formativa, rivolta all'individuazione delle carenze dello studente ed al loro recupero selettivo;
- i *giochi*, rivolti al riconoscimento dell'esistenza di una strategia ed alla sua individuazione.

In realtà l'evoluzione nel settore AED tende a superare questa classificazione. Da una parte il materiale didattico tende sempre più ad integrare più modalità d'uso in uno stesso prodotto. Dall'altra stanno emergendo nuove possibilità anche in relazione all'uso di tecniche di intelligenza artificiale ed alla diffusione dei sistemi esperti.

È lecito supporre che le modalità tradizionali (tutorial, drill and practice, etc.) avranno un ruolo sempre meno rilevante e lasceranno progressivamente il posto a quello che viene chiamato dagli inglesi *imaginative software*, software cioè in cui prevale l'inventiva ed il talento didattico piuttosto che l'adesione a modelli prefissati.

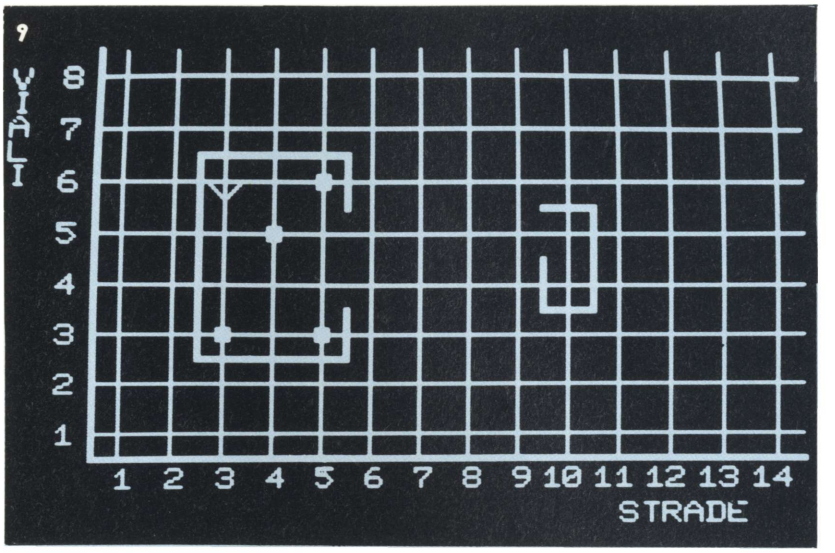
Le tecnologie del futuro

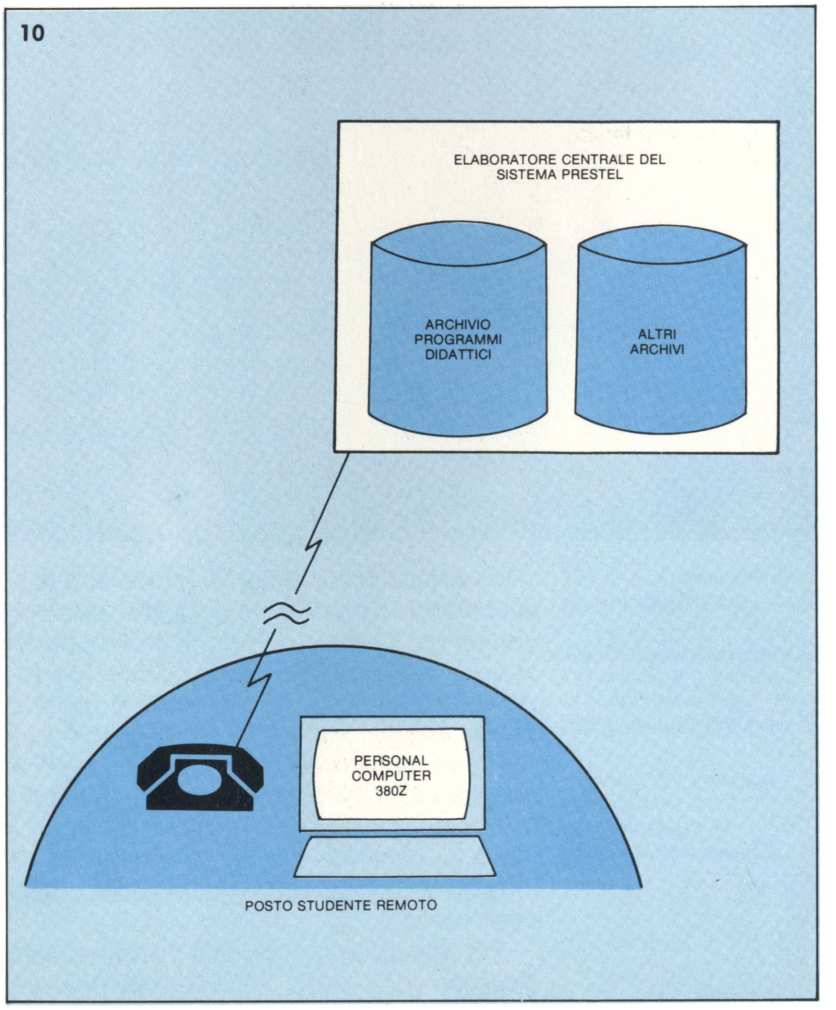
La qualità delle applicazioni AED e la loro diffusione, saranno profondamente influenzate dal progresso della tecnologia. Fra i fattori che avranno l'impatto più rilevante nel campo dell'educazione nei prossimi anni, possiamo citare l'aumento della potenza di calcolo dei personal computer (e la loro concomitante riduzione di costo), l'affermarsi della telematica e gli sviluppi della tecnologia del videodisco.

I personal computer di oggi, se pur adeguati per un gran numero di applicazioni didattiche, presentano tuttavia alcune importanti limitazioni.

Fra queste possiamo citare:
- l'impossibilità di disporre di "banche" centralizzate di materiale didattico;
- la difficoltà a raccogliere dati relativamente all'interazione studente-calcolatore;
- la difficoltà di realizzare interazioni didattiche di tipo sofisticato basate su tecniche di intelligenza artificiale;
- la difficoltà che si incontra nello sviluppo di materiale didattico avendo a disposizione le limitate risorse di un personal computer.

Figura 9. Esempio di ambiente didattico di "fantasia".





È possibile fin d'ora intravedere una soluzione a questi problemi. La configurazione hardware utilizzata dalle applicazioni AED di domani punterà probabilmente su archivi centralizzati di ampie dimensioni e su posti-studente a basso costo e con grande potenza di calcolo locale. Già oggi esistono esempi che approssimano questo tipo di configurazione. Da una parte vi è la possibilità di utilizzare archivi a disco rigido condivisi da più personal, e dall'altra si vanno diffondendo sempre più i sistemi a microelaboratore a più utenti. In particolare questi ultimi si prospettano assai interessanti per le applicazioni AED.

Il modello menzionato, che prevede la elaborazione distribuita e l'archiviazione centralizzata, è già stato adottato in una sperimentazione iniziata in Inghilterra negli anni '80.

Si tratta di una applicazione che va sotto il nome di *telesoftware* e che è basata su Prestel, il sistema nazionale inglese di teletex.

Nei sistemi teletex esistono archivi centralizzati di grandi dimensioni che contengono decine o centinaia di migliaia di "pagine" di informazione. A tali pagine l'utente può accedere in modo selettico utilizzando il telefono e il televisore domestico. Un tale servizio è già stato introdotto anche in Italia dalla SIP col nome di Videotel ed è attualmente in fase di sperimentazione. Il telesoftware, come illustrato in Figura 10, consente di utilizzare gli archivi centralizzati di Prestel per immagazzinare software didattico, e di utilizzare successivamente tale software su personal computer locali alla applicazione didattica.

L'utente, infatti, può collegarsi mediante il telefono al servizio Prestel e consultare le informazioni sul materiale didattico presente nell'"archivio programmi didattici".

In questa fase il personal computer 380Z presente nel posto studente opera come un comune televisore attrezzato per il servizio teletex.

Successivamente l'utente può chiedere di caricare un programma didattico di suo interesse nel proprio personal computer. In tal caso il software viene trasferito in pochi minuti dall'archivio di Prestel al personal

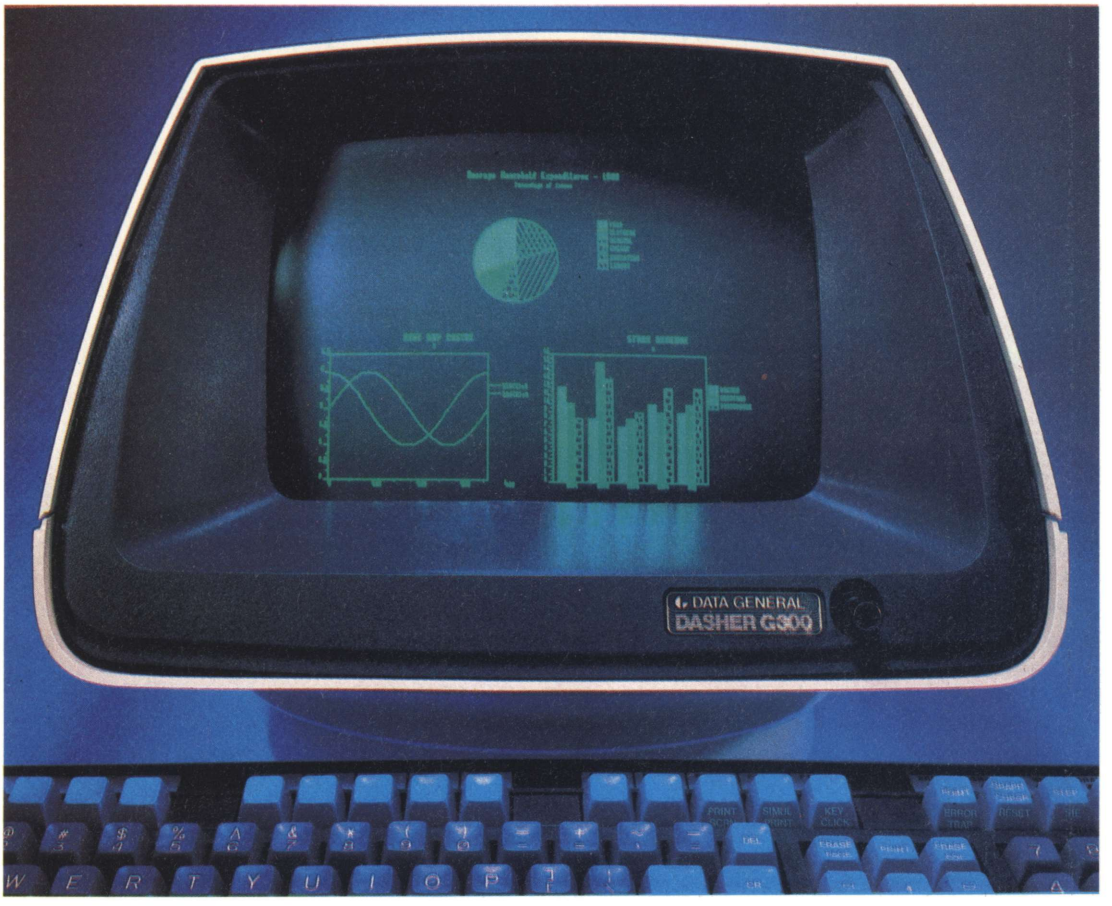


Figura 10. Sistema inglese di telesoftware su Prestel.

Nella foto, sistema DASHER G300. (Gentilmente fornita dalla Data General).

computer lungo la linea telefonica. Da questo momento in poi l'utente può interrompere il collegamento telefonico ed utilizzare localmente, nel proprio personal, il programma appena trasferito.

Si ottengono in questo modo tutti i vantaggi della archiviazione centralizzata e della elaborazione distribuita.

Val la pena ricordare che il personal computer 380Z utilizzato in questa applicazione è stato realizzato dall'industria nazionale inglese per il mondo della scuola su specifica del Ministero dell'Educazione.

Per concludere è necessario accennare all'utilizzazione del videodisco nella didattica.

Quella del *videodisco* è una tecnologia recente che consente di immagazzinare su di un disco di 30 cm di diametro fino a 108.000 immagini statiche o sequenze dinamiche per una durata complessiva di 30'. Il disco dispone di due canali audio utilizzabili quale commento alle sequenze dinamiche. Inoltre è in fase di sviluppo la possibilità di avere commenti audio anche sulle immagini statiche fino ad una durata massima di 20'. Tutto questo materiale è accessibile in modo casuale e può essere controllato direttamente dall'elaboratore.

Pur trattandosi di una tecnologia di tipo audiovisivo essa è legata in modo assai stretto con l'informatica. Infatti, la eccezionale quantità di materiale audiovisivo che può essere ospitata su di un videodisco non può essere gestita che con mezzi informatici: senza opportune tecniche di reperimento di informazione non è certamente possibile trovare l'immagine che ci interessa in mezzo ad altre 108.000 immagini!

Inoltre quando un riproduttore di videodisco è interfacciato con un microelaboratore, ne risulta una "stazione-studente" multimediale assai potente.

Il personal computer è dotato di una opportuna interfaccia che gli consente di controllare da programma, l'accesso alle singole immagini o alle sequenze dinamiche.

Sono stati realizzati sia sistemi che utilizzano uno schermo unico per visualizzare le immagini che provengono dal videodisco e dal computer, sia sistemi a schermi separati.

Pensate allo studio delle scienze, della medicina, dell'architettura, e in generale di tutte quelle discipline per cui è importante disporre di un "archivio storico" di immagini con un buon livello di dettaglio e possibilmente a colori. In tutti questi casi l'elaboratore può gestire la parte interattiva del dialogo con il discente e nei momenti opportuni richiamare le immagini residenti su videodisco.

È interessante menzionare a titolo di esempio la realizzazione da parte di alcune Università americane di eserciziari diagnostici per studenti in medicina basati su elaboratore e videodisco.

In queste applicazioni il videodisco è utilizzato come una banca di casi clinici reali per ciascuno dei quali sono stati immagazzinati su videodisco molte immagini relative all'aspetto chimico del paziente, ai risultati di esami di laboratorio etc.; il calcolatore controlla la presentazione dei casi stessi agli studenti e li guida, in modo interattivo, alla diagnosi.

Vantaggi e pericoli del calcolatore come strumento didattico

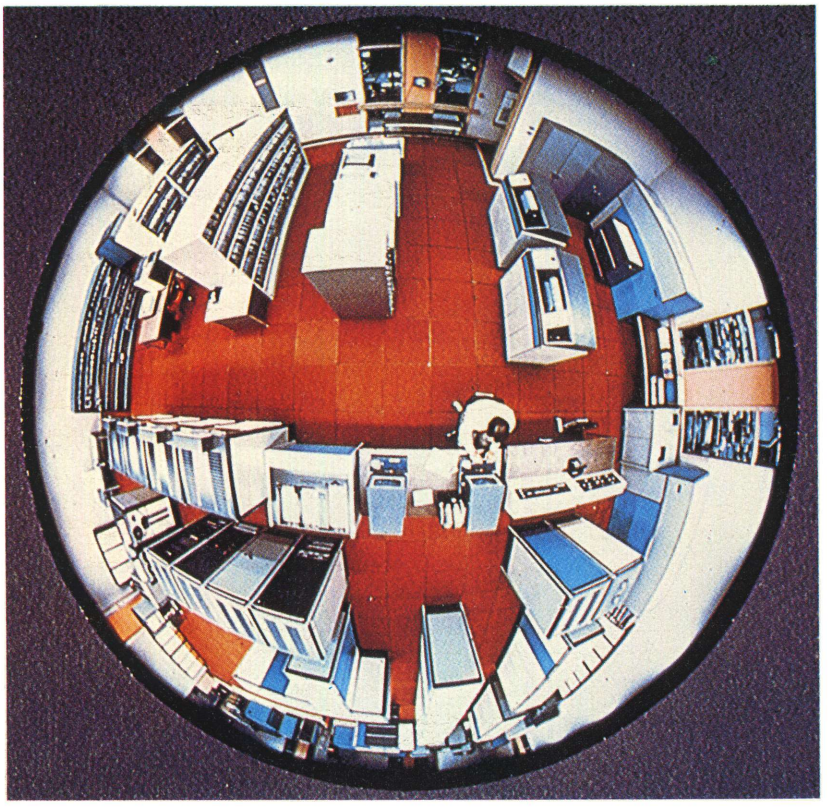
L'utilizzazione dell'elaboratore come strumento didattico presenta, come tutte le tecnologie, sia potenziali vantaggi che potenziali pericoli, è importante perciò imparare ad usarlo ricavandone tutti i vantaggi e minimizzando i pericoli.

Potremmo sintetizzare i vantaggi nei tre punti seguenti:

1. Possibilità di migliorare la qualità della formazione.

Le prime applicazioni di tipo AED negli anni '60 e '70 erano soprattutto orientate al recupero degli studenti più svantaggiati e meno dotati. È interessante ricordare come nella vasta sperimentazione finanziaria dal Governo Federale nell'area di Chicago, negli anni '70 una delle condizioni del finanziamento era che le scuole facessero accedere ai terminali solo studenti che fossero almeno due anni indietro nel loro corso di studi.

Oggi la prospettiva sta cambiando e sta gradualmente affermandosi la consapevolezza che le AED possano essere uno strumento per migliorare la qualità della formazione di tutti ed in particolare per pro-



Vista dall'alto di un centro di elaborazione dati.

muovere lo sviluppo di capacità cognitive di alto livello (intuizione, creatività, capacità di apprendimento indipendente, etc.).

2. Possibilità d'avere una maggiore flessibilità delle strutture formative.

Le strutture formative tradizionali sono basate su schemi piuttosto rigidi (anno scolastico o accademico, lezione-frequenza, esami in date prefissate etc.). L'uso della tecnologia, in particolare di quella informatica, può rendere le strutture formative più flessibili consentendo a chi lo desidera di studiare dove vuole e quando vuole, e di seguire le modalità di apprendimento che gli sono più appropriate. Si è già accennato a questo proposito all'esistenza di "università aperte".

3. Riduzione dei costi della formazione e dell'addestramento.

Non è detto che in generale l'uso delle tecnologie informatiche nella formazione comporti una riduzione di costi per mezzo della sostituzione di alcune funzionalità proprie del docente con opportune macchine. Vi sono tuttavia alcune situazioni, in particolare quelle relative all'addestramento nelle aziende, in cui l'uso del calcolatore come strumento didattico potrebbe effettivamente comportare una riduzione immediata di costi per la possibilità di utilizzare docenti meno specializzati, di non spostare le persone per la frequenza dei corsi, di ridurre i tempi di apprendimento etc.

Fra i pericoli possiamo citare il rischio di vedere di fatto affidata al mercato del software didattico la responsabilità della formazione. Ciò potrebbe significare la diffusione di posizioni culturalmente scorrette o, al limite, un vero e proprio processo di colonizzazione culturale da parte dei paesi più aggressivi nella produzione e distribuzione di hardware e di software didattico. Né si deve trascurare la tendenza del mercato a creare artificiamente dei bisogni nei consumatori: l'esperienza insegna che non sono infrequenti i casi di applicazioni AED in cui il fine non è più l'educazione ma l'uso dell'elaboratore.

È certamente difficile resistere alla pressione di un mercato aggressivo come quello dell'informatica, ed è prevedibile che la diffusione delle AED nei diversi contesti formativi diventerà sempre meno un fatto di scelta fra alternative possibili e sempre più un fatto di necessità, reso più impellente da pressioni esterne al mondo dell'educazione.

In questo contesto è quindi necessaria la diffusione, soprattutto fra i docenti, di capacità autonome di produzione, utilizzazione e valutazione di prodotti AED.

Già da diversi anni esistono in vari paesi, primi fra tutti l'Inghilterra e la Francia, piani nazionali nel settore, che stanno iniziando a dare frutti interessanti. In Italia non esiste, per il momento, nessuna iniziativa di questo tipo nonostante la forte domanda espressa dalla classe docente e le preoccupazioni espresse dagli esperti del settore. Le iniziative esistenti sono spesso circoscritte e scorrelate le une dalle altre, e gli sforzi di coordinamento delle attività scientifiche e di diffusione di informazione e di formazione sono spesso iniziative autonome di ricercatori del settore.

È auspicabile che a questa carenza venga quanto prima posto rimedio, eventualmente con la creazione di strutture pubbliche appropriate di cui non mancano esempi in altri paesi.

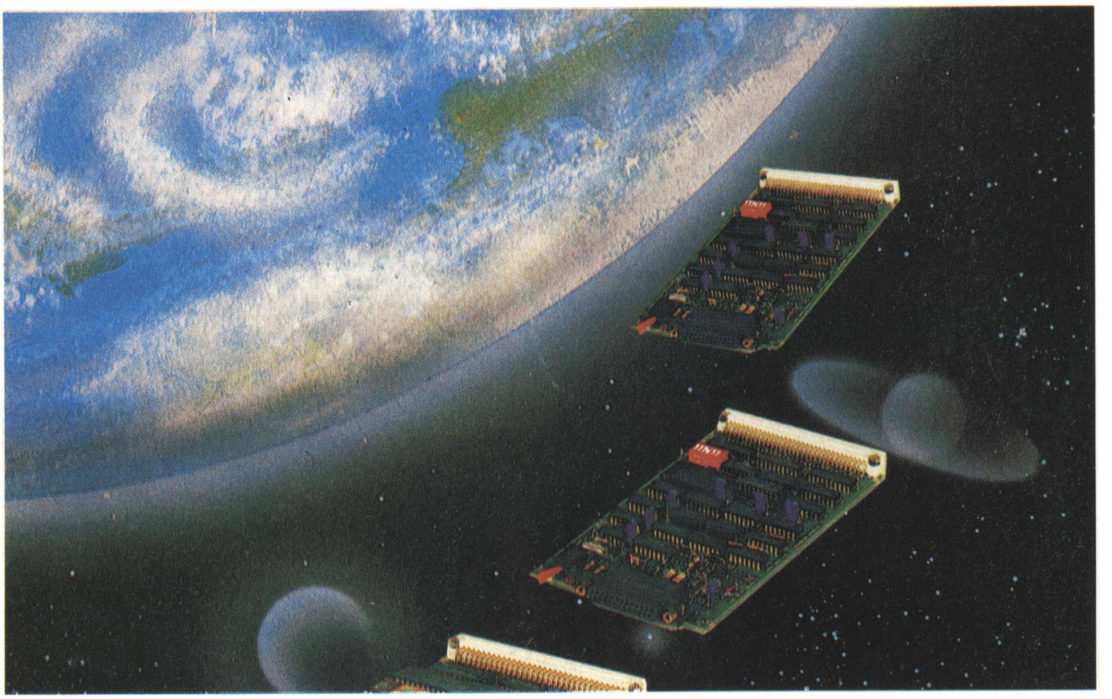
6 Il computer e la scienza

Il ventesimo secolo sarà ricordato nella storia dell'umanità come l'epoca dei primi passi che la ricerca scientifica è riuscita a fare nel mondo dell'infinitamente piccolo e nell'universo dell'infinitamente grande: le due maggiori conquiste scientifiche e tecnologiche sono infatti la raggiunta capacità, da una parte, di penetrare profondamente all'interno dei nuclei atomici e, dall'altra, di liberarsi dal legame della gravità terrestre per andare ad esplorare più da vicino altri mondi, anche lontanissimi. Tutto ciò è stato possibile grazie ai computer.

Un'epoca d'oro, a prima vista: continui passi avanti nella conoscenza della natura, uno stimolante inseguirsi di soluzioni trovate e di nuovi problemi da affrontare. Un'epoca di piombo, in realtà. Tutti i successi scientifici e tecnologici sono stati ottenuti o in transito verso, o come ricaduta di ricerche di interesse strategico; nel migliore dei casi, per assicurare la pace inseguendo un folle equilibrio di potenzialità distruttive. Con l'animo ancora colmo dell'angoscioso incubo di Hiroshima e Nagasaki e con l'incosciente consapevolezza della continua minaccia rappresentata dai satelliti, spia, o killer che siano, seguiamo dunque i progressi della fisica subnucleare e dell'esplorazione dello spazio. Non si deve però mai dimenticare che ogni passo avanti che fa la conoscenza scientifica implica anche un ulteriore pericolo.

I ritmi propri dell'uomo sono troppo lenti per essere in grado di governare apparecchiature veloci e complesse: abbiamo perciò costruito gli elaboratori, dei gregari automatici freddi e velocissimi che ci possono sostituire in tutto, tranne che nella decisione ultima che è ancora appannaggio dell'emotività di coloro che siedono nella stanza dei bottoni.

Queste righe possono sembrare pervase da un pessimismo eccessivo, ma vogliono soltanto essere vicine alla realtà che viviamo. Come molte cose dell'uomo, anche il progredire del suo pensiero è una medaglia a due facce: di solito guardiamo quella che ci spaventa di meno. Non dimentichiamo che esiste l'altra, perché anche il solo riconoscerla ci può difendere dalla sua generale negatività.



Schede di microcomputer a 16-Bit.

Il progresso e il computer

Nel lessico abituale le parole scienza e scientifico sono spesso associate al termine progresso. La ricerca è dunque proiettata nel futuro di chi la segue, e anche se si tratta di un lavoro come tutti gli altri, ha il pregio ed il difetto di avere per obiettivo quello di

raggiungere una meta principalmente per crearsene immediatamente una successiva.

Immaginazione e pensiero non hanno limiti, la realizzazione di quanto si immagina e si pensa ha però bisogno di strumenti tanto più potenti quanto più ampio è il quadro immaginato e più sofisticato il pensiero che lo razionalizza. Fare ricerca significa avere un'immaginazione ben educata, un pensiero libero ma coerente, e strumenti adeguati per verificare un'intuizione, inseguire una conseguenza, raggiungere uno dopo l'altro i traguardi parziali che via via ci si pone.

Lo strumento principale della ricerca scientifica è oggi il computer, che grazie alla prerogativa di essere un rapidissimo esecutore di ordini, fa risparmiare al ricercatore tempo ed energie che possono essere spese in operazioni mentali a più alto frutto, quali ulteriore immaginazione e formulazione di nuovi pensieri.

La velocità di esecuzione degli ordini di questo servitore elettronico è tale da consentire imprese di calcolo impensabili fino a ieri, e forse non completamente concepite oggi.

La fedeltà nell'eseguire gli ordini con l'unica contropartita di aver assicurate condizioni ambientali idonee al suo funzionamento, rende l'elaboratore un sostituto ideale dell'uomo, negli ambienti a lui ostili, come ad esempio lo spazio extraterrestre o il controllo di fenomeni naturali fuori della portata dei sensi.

La capacità del computer di memorizzare e gestire, in relativamente poco spazio, un'enorme mole di dati, garantisce la possibilità di un accesso rapido e diretto a banche di dati contenenti tutte quelle informazioni che possono rendersi necessarie nello svolgimento di un progetto di ricerca.

Il computer è un ammasso inerte di componenti elettroniche che è però pronto ad accogliere l'intelligenza e la cultura di chi lo utilizza per rendergli più agevole e veloce il lavoro: la ricerca moderna non ne può fare a meno.

Dall'abaco agli elaboratori

La velocità di esecuzione dei calcoli e la loro precisione, hanno da sempre rappresentato un limite da superare per acquisire nuove basi di indagine della natura. Le civiltà più antiche, ciascuna nel proprio ambito sociopolitico e geografico, hanno costruito sistemi numerici adeguati alle esigenze dello sviluppo economico e culturale che andavano realizzando. Troviamo così i sistemi sessagesimali in uso presso i sacerdoti-astronomi della Mesopotamia, i sistemi decimali mediterranei, quelli ventesimali dell'America centrale precolombiana. Ma qualunque fosse il riferimento del sistema (il numero di rivoluzioni del sole in un anno, le dita delle mani o insieme quelle delle mani e dei piedi), questo aveva rappresentato il primo strumento di calcolo, sulla base del quale sono state sviluppate delle abbreviazioni di procedura che sono le operazioni aritmetiche di base. Chi le conosce ha un mestiere assegnato, quello dello scriba, segretario contabile nelle corti e nelle più ricche case.

Dalle rovine di Ninive sono emerse a centinaia le tavolette di argilla in cui erano registrati i tributi pagati dai sudditi e i redditi dei possedimenti del sovrano: si tratta dei più antichi tabulati prodotti su base di calcoli. Lo scriba eseguiva le operazioni, seguendo regole codificate e ne registrava i risultati sui supporti di cui disponeva. Il calcolatore dell'antichità (finita ieri, in questo contesto), era dunque l'uomo, l'unica "macchina" dotata di unità centrale (cervello), memoria e unità periferiche (i sensi e le mani).

Ancora oggi troviamo, infatti, questa figura nei ruoli dell'organico degli Osservatori Astronomici, dove è prevista la presenza di un tecnico "calcolatore" che, nell'idea del legislatore ottocentesco, assicurava l'esecuzione dei calcoli necessari agli astronomi per effettuare osservazioni o ridurre dati.

Ai professionisti del numero venivano fornite dunque le istruzioni sulle procedure da seguire e tutti gli strumenti che potevano agevolare e sveltire il loro lavoro, che andavano raffinandosi col passare del tempo: abachi, tavole, strumenti meccanici, elettromeccanici, elettronici.

Accanto al calcolatore ecco dunque sorgere la figura dell'inventore degli strumenti di supporto: costui proveniva dal mondo della ricerca. Le esigenze che il voler approfondire i concetti di una scuola di pensiero facevano emergere, sono state soddisfatte quasi sempre da chi ne condivideva i princi-

pi, anche perché disponeva dei mezzi culturali più idonei alla soluzione dei problemi nati dall'ambiente che egli stesso, frequentandolo, andava formando.

Il primo strumento di calcolo che viene ancora oggi fornito a tutti è la tavola pitagorica, la quale, nel nome, celebra quella scuola della Magna Grecia che aveva teorizzato i numeri come simbolo di una perfezione divina: quante energie mentali sottointende l'insieme rappresentato dall'insieme di combinazioni della tabellina moltiplicativa!

L'invenzione dello zero da parte degli arabi ci ha fornito un altro strumento di inestimabile valore e senza il quale non era possibile matematizzare la natura.

I logaritmi hanno aperto immensi orizzonti alle possibilità del calcolo manuale e le loro tavole hanno rappresentato la base su cui costruire le effemeridi dei corpi celesti, fondamentali per la determinazione delle rotte dei naviganti, cioè allo sviluppo dell'economia terrestre a scala planetaria.

Dall'astrazione sempre più spinta della matematica moderna provengono, nell'algebra di Boole, le basi su cui si andrà edificando la scienza dei calcolatori attuali.

Ma oltre a questo continuo evolversi degli strumenti concettuali, attraverso la storia dell'umanità, e parallelamente allo sviluppo tecnologico via via raggiunto, troviamo gli inventori dei supporti materiali al calcolo.

Nell'abaco cinese, nell'insieme di corde annodate degli atzechi, nel pallottoliere della nostra infanzia, è contenuto il primo esempio di calcolatore analogico dotato di memoria e di registrazione del risultato.

La prima addizionatrice meccanica, mirabile gioiello ideato dal genio di Blaise Pascal, poté essere realizzato grazie alla raffinata tecnica sviluppata dagli orefici al servizio delle corti europee.

L'immediata possibilità di uso di questi strumenti sia per piccole aziende (gli abachi nei negozi e nei bazar d'oriente ancora combattono una battaglia comunque persa con le calcolatrici tascabili giapponesi), che per iniziative commerciali di più vasta portata (l'ausilio meccanico per la contabilità è stato quasi subito adottato nelle banche) hanno dato un notevole impulso allo sviluppo delle prime macchine da calcolo.

Il secolo scorso, l'era dell'elettromagnetismo, ha fornito la possibilità di applicare motori e servomeccanismi alle macchine rendendone più facile l'uso e più rapido il funzionamento.

L'avvento dell'elettronica ha modificato radicalmente la tecnologia di costruzione delle unità centrali delle macchine, il cui operato si basava non più su sequenze di movimenti meccanici di tamburi e leve, ma sull'elaborazione di segnali prodotti da circuiti elettrici.

I primi elaboratori elettronici a valvola (programmabili direttamente variando le caratteristiche del quadro comandi, spostando fisicamente le connessioni elettriche) per eseguire le operazioni analoghe a quelle di una calcolatrice tascabile a scheda con notazione scientifica, occupavano uno spazio pari a quello di un armadio a due ante. Poi i semiconduttori, gli integrati, la miniaturizzazione in genere con la successione di miracoli tecnologici che quotidianamente stiamo vivendo, ha portato alla nascita del dominatore dei nostri giorni: l'elaboratore elettronico.

Il quadro appena tracciato, dell'evoluzione dall'abaco al computer, è del tutto incompleto, ma non vuole dare altro che un'immagine, o meglio, un'impressione di come scienza e tecnologia si siano stimolate, corrette e vicendevolmente guidate nel percorrere il cammino che ha portato alla realtà odierna. Le motivazioni che hanno avviato questo sforzo comune, come si è detto dall'inizio, sono quasi sempre di tipo più crudo: strategia, economia, commercio, in una parola "potere". Non è da sottovalutare, però, il fatto che, sia pure in seconda battuta, la comunità scientifica che ha prodotto questi strumenti ne possa disporre per applicarli al suo proprio sviluppo.

Se i mezzi di calcolo sono stati per secoli un supporto prezioso a chi andava indagando e modellando la natura oggi, pur continuando ad essere soltanto degli strumenti, hanno raggiunto un livello tale di sofisticazione da poter influenzare il modo in cui la ricerca può essere condotta.

Il rapporto tra scienza e computer, realizzato col tramite della tecnologia, è un'uniforme dinamica che vive in uno scambio continuo. Dai laboratori di ricerca escono i prototipi di materiali e di componenti che la tecnologia applicherà alle nuove genera-

zioni dei computer. Dai computer, opportunamente programmati, provengono elaborazioni di fenomeni complessi in tempi sempre più brevi. Il modo di procedere, la filosofia di come porsi di fronte ad un problema da risolvere, sempre più spesso riguarda anche modalità che concernono la macchina che si usa: che precisione mi serve? Quanto costa una procedura di tale tipo?

La ricerca oltre che del supporto fisico offerto dai computer, ha avuto la necessità di dedicare la propria attenzione al modo di gestirne le potenzialità. È dunque nata una nuova scienza, l'informatica, che ha per obiettivo la comprensione ed il pieno impiego di queste potenzialità. A che punto siamo arrivati?

Nella foto, un programmatore al lavoro con il TI Professional Computer.

Il computer e la scienza

È difficile sopravvalutare il contributo che l'informatica fornisce oggi al progresso delle scienze. Se infatti in altri settori l'elaboratore viene utilizzato per accelerare le procedure, tagliare i costi di esercizio e rendere vantaggiosa l'erogazione di servizi troppo onerosi per le sole forze uomo, nel campo scientifico un sistema di calcolo può raggiungere la dignità di "amplificatore di intelligenza".

Ovviamente, quest'affermazione va accettata con cautela; l'elaboratore non è un "cervello elettronico", ed è anche bene non farsi balenare immagini di integrazioni fisiologiche tra uomo e macchina. L'esempio che segue cerca di chiarire il significato dell'affermazione e mostra come, in ultima analisi, il controllo assoluto della situazione rimanga nelle mani del ricercatore.

Il caso scelto è quello della ricerca nelle scienze teoriche. Molti dei fenomeni naturali conosciuti, possono essere descritti per mezzo di equazioni e sistemi di equazioni del tipo differenziale, per i quali la matematica non è in grado di fornire una *soluzione analitica*, e cioè una soluzione esatta esprimibile sotto l'aspetto di una formula anche molto complessa.

Anche supponendo di conoscere le leggi che governano la struttura e l'evoluzione di un sistema qualsiasi, le sue condizioni di partenza e le eventuali influenze esterne a cui esso è soggetto, è quindi praticamente impossibile dedurre l'evoluzione spazio-temporale di quel sistema, se si dispone solo di carta, matita e conoscenze matematiche.

Esiste comunque una scappatoia: se non si prende in esame il fenomeno nella sua globalità, ma ci si limita a considerarne un intervallo spazio-temporale molto ristretto, le leggi esatte che descrivono il sistema stesso possono, di solito, essere approssimate da altre leggi, più semplici e risolvibili analiticamente. In tal caso, frammentando opportunamente l'intero fenomeno in una grande quantità di piccoli intervalli ed applicando la formulazione approssimata a ciascuno di essi, è possibile giungere ugualmente ad una descrizione globale.

A parte i casi più elementari e di minor interesse, però, una procedura del genere non è applicabile a tavolino, vista l'enorme quantità di calcoli numerici che richiederebbe. Ma questo è appunto il campo di battaglia dell'elaboratore, visto che un moderno sistema di calcolo di dimensioni medio-grandi è in grado di eseguire, in un secondo, più operazioni aritmetiche di quante non potrebbe eseguirne un essere umano in tutta la vita e soprattutto, senza

commettere errori. In queste condizioni la strada della *soluzione approssimata*, detta *numerica* in contrapposizione a quella analitica, può divenire in molti casi percorribile. E notate che, parlando di approssimazione, non è affatto sottinteso che questa sia grossolana. Riducendo opportunamente l'ampiezza delle suddivisioni del fenomeno studiato, non c'è un limite teorico alla precisione con cui esso può essere descritto.

L'elaboratore, amplificatore di intelligenza

Il calcolatore, dunque, può essere applicato vantaggiosamente alla "modellistica" ed alla "simulazione" di sistemi e situazioni reali. Se le leggi della natura fossero conosciute in modo completo, questa capacità sarebbe sfruttabile solo per applicazioni tecnologiche, progettazioni e così via.

Di fatto, la scienza è ben lungi dall'aver raggiunto una descrizione completa della natura; perfino nei casi in cui si può supporre che le leggi che governano un fenomeno siano note con sufficiente precisione, il gran numero dei parametri che giocano nei casi non banali complica la descrizione dei fenomeni, ed aumenta la probabilità che, nella descrizione stessa, sia stato trascurato qualche aspetto, sia deliberatamente che per dimenticanza.

A volte, poi, si incontrano casi in cui le stesse leggi sono note in maniera ancora vaga, approssimativa ed imprecisa. La simulazione per mezzo dell'elaboratore può essere di notevole aiuto in questi casi. Il metodo è sempre quello di paragonare un risultato sperimentale con un modello teorico. Nel caso in cui è nota la teoria, la non concordanza tra esperimento e modello può significare che la teoria stessa non è stata applicata correttamente, o che qualcosa di importante è stato trascurato. Il ricercatore può rendersi conto rapidamente se la sua schematizzazione è valida o meno, traendo un valido aiuto dalla possibilità di ripetere la simulazione variando i parametri, ed aggiungendo alla descrizione nuovi aspetti teorici. Se poi sono proprio le leggi della natura ad essere ancora poco chiare, il ricercatore può variare entro certi limiti la formulazione delle leggi stesse per rendere ragione dei risultati sperimentali.

L'elaboratore, dunque, non interviene mai in prima persona nella costruzione di teorie; è piuttosto una "macchina sperimentale per teorie", che consente al ricercatore di valutare in modo più rapido ed efficiente la validità o meno delle sue intuizioni. È solo in questo senso che possiamo parlare di amplificazione di intelligenza: fornire al ricercatore un mezzo che gli faciliti il raggiungimento di una conoscenza più approfondita della realtà è equivalente, sotto alcuni aspetti, ad accrescere il suo quoziente di intelligenza per quanto riguarda le sue competenze professionali.

Si noti però che l'esempio che abbiamo portato è ancora limitativo. Oltre alla forza bruta (la capacità di addizionare numeri in tempi brevi) un sistema di elaborazione possiede l'abilità di acquisire, memorizzare, gestire in vario modo e restituire informazioni del genere più disparato.

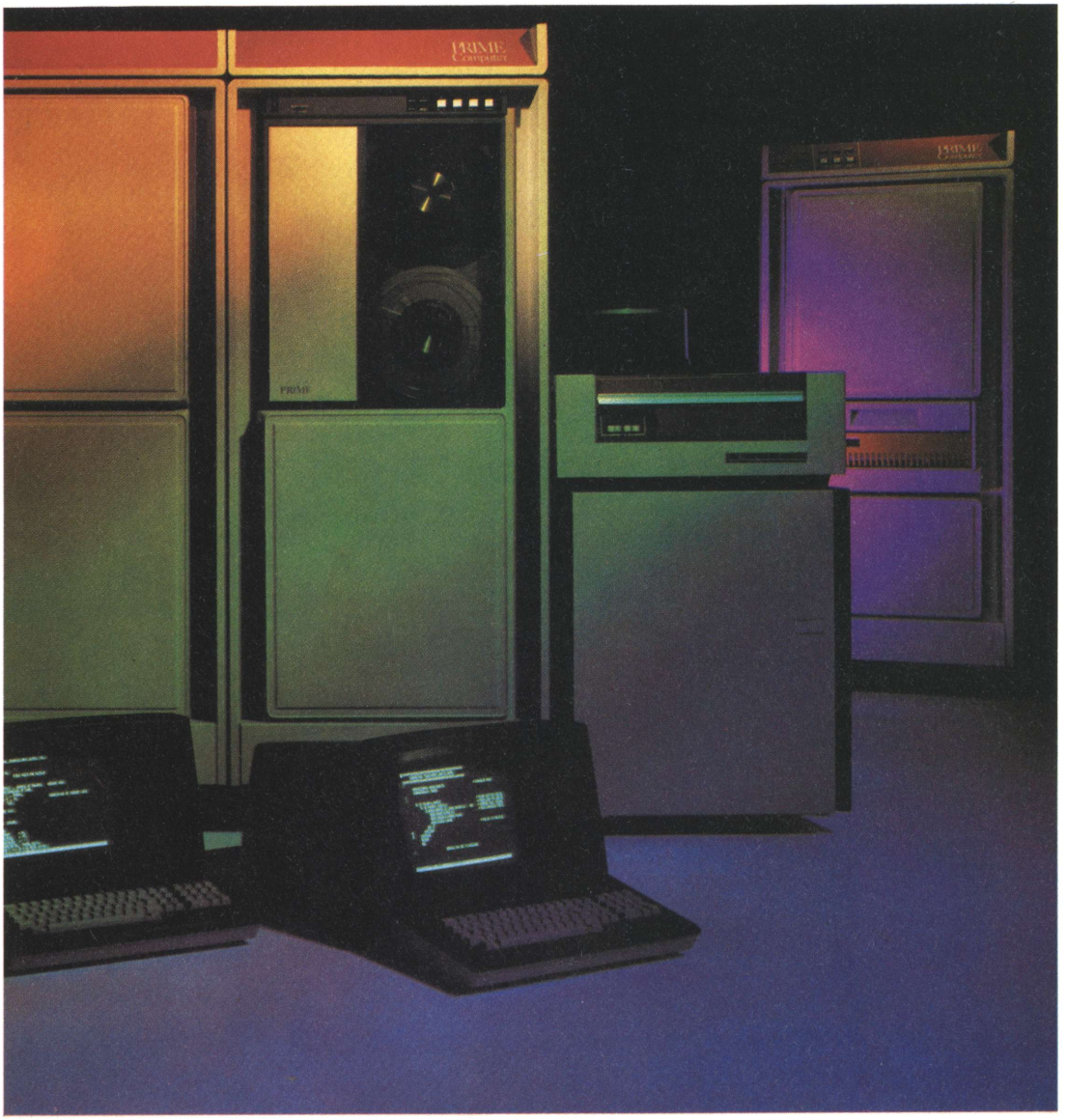
Come l'informatica influenza la scienza: esempi di applicazione

Spostandoci dalla ricerca teorica a quella sperimentale, l'accento viene posto proprio su questi aspetti di trattazione dell'informazione; si passa dalla sintesi di esperimenti teorici durante l'esecuzione dei quali l'interazione tra l'elaboratore e l'ambiente è praticamente nulla, all'analisi di esperimenti reali che vedono il sistema impegnato essenzialmente nello scambio di informazioni con l'ambiente. Un caso particolarmente semplice ed intuitivo di applicazioni di questo secondo tipo è quello del controllo di una grande apparecchiatura scientifica. Un moderno acceleratore di particelle, ad esempio, non potrebbe essere gestito manualmente. I soli problemi di tempificazione escludono che un operatore umano possa coordinare tutte le operazioni e verificarne l'esito in tempo utile. È per questo motivo che si diffondono sempre di più gli *elaboratori di processo*, ovvero piccoli sistemi informatici ritagliati su misura per un particolare tipo di applicazione. Ma il puro e semplice controllo di strumentazione scientifica è ancora un'attività di basso rango, per un sistema di elaborazione.

Allo scopo di introdurre un più ampio spettro di possibilità, immaginiamo una situazione complessa, in cui alcune tra le più interessanti capacità di gestione dell'informazione presenti in un sistema informatico

intervengono in maniera determinante. Si tratta di un esempio fortemente idealizzato, ed in una certa misura ancora al di fuori delle possibilità di realizzazione concreta di molte istituzioni scientifiche, anche se è vero che esperimenti pilota del genere già esistono.

Pensiamo dunque di avere una qualsiasi apparecchiatura sperimentale in fase di acquisizione di informazioni. Per rendere più immediato il discorso, specifichiamo che si tratta di un telescopio orbitante su una stazione spaziale, anche se la struttura del discorso che ne segue può essere adattata ad una gran varietà di esperimenti. Il telescopio raccoglie la luce proveniente da una certa stella e la convoglia su di un apparato spettroscopico, che a sua volta invia il risultato delle sue analisi ad un elaboratore di bordo. Questo elaboratore memorizza i dati sperimentali, ne esegue una pre-elaborazione elementare (ad esempio somma i numeri di fotoni ricevuti alle varie lunghezze d'onda) e, ad intervalli di tempo, trasmette a terra i risultati parziali che ha accumulato.

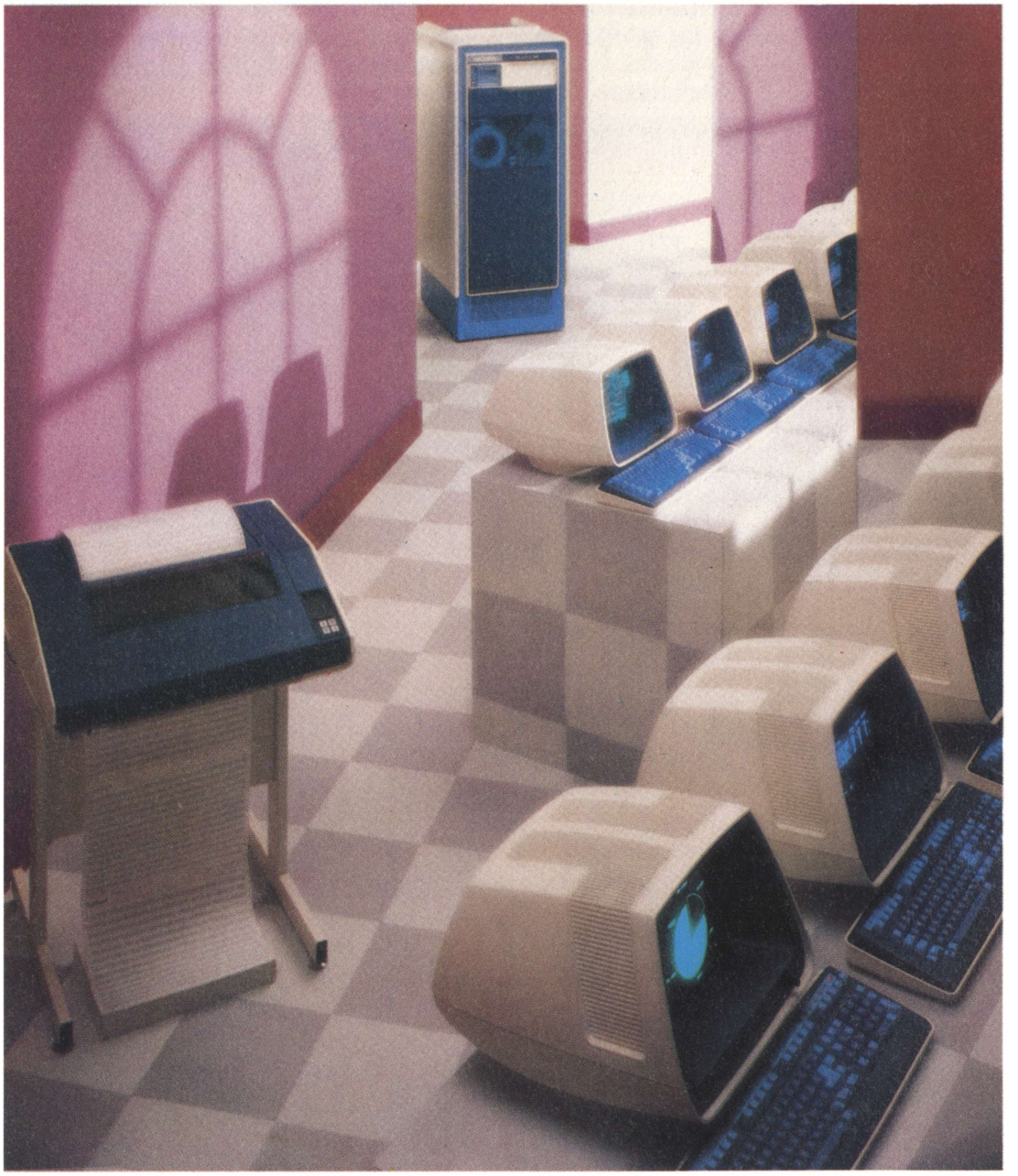


Nella foto computer della serie 50. (Gentilmente fornita dalla PR1ME).

Nella stazione ricevente di terra, un ricercatore si trova di fronte allo schermo di un terminale connesso al grosso sistema di elaborazione del locale Istituto Astronomico. Sullo schermo compare il grafico relativo allo spettro della stella sotto osservazione, aggiornato ogni volta che l'elaboratore di bordo invia un nuovo lotto di dati. Ad un certo punto, il ricercatore ritiene che i dati in suo possesso siano sufficienti e, battendo

un comando a tastiera, invia all'elaboratore di bordo il messaggio di interrompere la posa e di modificare l'assetto della stazione, di modo che il telescopio punti su una nuova stella. Per mezzo di un altro comando, sempre battuto a tastiera, l'elaboratore a terra inizia a lavorare sui dati spettroscopici così raccolti. Elimina le deformazioni geometriche dovute agli apparati ottici, e le altre deformazioni dell'immagine causate dalla non linearità degli strumenti di ricezione e dai disturbi di trasmissione. Fa quindi comparire sullo schermo le due immagini, quella iniziale e quella elaborata, in colori diversi. Il ricercatore invia un ulteriore comando, e l'elaboratore esegue una ricerca in una banca dati di spettri, per identificare quelli che presentano somiglianze con quello in esame, dopo di ché fornisce il risultato all'astronomo. Quest'ultimo, sempre a terminale, compone una breve nota scientifica, utilizzando anche un'altra banca dati per controllare alcune bibliografie.

L'elaboratore provvede all'impaginazione automatica del testo, ne manda in stampa una copia e ne invia un'altra al sistema informatico dell'editore.



Nella foto, computer Data General della serie CS200. (Gentilmente fornita dalla Data General).

Come la scienza influenza l'informatica

Dal punto di vista dell'utente finale, questa serie di procedure può apparire semplice ed ovvia. In raltà, le problematiche sfiorate nella descrizione precedente si trovano, oggi come oggi, al limite tra quello che è l'utilizzo dell'informatica per scopi scientifici, e l'utilizzo, invece, della scienza per l'ulteriore sviluppo dell'informatica. Per chiarire meglio il concetto, ripercorriamo l'esempio di cui sopra, guardandolo dal punto di vista del sistema informatico anziché da quello del ricercatore.

Partiamo dalla raccolta del dato, all'uscita dallo spettroscopio. Si tratta di trasformare un'informazione di tipo fisico (intensità della luce a varie lunghezze d'onda) in una di tipo numerico, direttamente gestibile dall'elaboratore. L'operazione prende il nome di *digitalizzazione*, e richiede non solo apparecchiature adatte (nel caso in esame potrebbe trattarsi di fotocellule) e variabili da caso a caso, ma anche trattamenti piuttosto sofisticati dei dati acquisiti, per essere certi che l'informazione sia tutta e solo quella desiderata. Così, in generale, per dotare un elaboratore della "vista", non sarà sufficiente collegarlo ad una telecamera, ma occorrerà metterlo in condizione di elaborare le immagini digitalizzate affinché possa riconoscere e classificare correttamente contorni, forme, colori e così via. In altri termini, non basta far memorizzare all'elaboratore l'informazione; bisogna anche insegnargli ad utilizzarla.

Analogo discorso vale ovviamente per quanto riguarda il riconoscimento dei suoni, e più in generale per ogni "organo sensoriale" di cui si voglia dotare la macchina. Su queste basi, se pensiamo ad esempio all'enorme varietà che si riscontra tra un individuo e l'altro per quanto riguarda timbro e tono di voce, pronuncia, velocità di locuzione e così via, non fa meraviglia che non esistano a tutt'oggi elaboratori in grado di interpretare in modo corretto una conversazione corrente. Il problema della digitalizzazione e conseguente trattazione dell'informazione è ancora, salvo casi particolari, completamente aperto.

Procedendo nell'esempio, l'elaboratore di bordo deve inviare a terra il dato numerico acquisito ed interpretato. Anche in questo caso, non si tratta solo di un problema tecnico risolvibile per mezzo di un apparato di trasmissione ed uno di ricezione. È infatti probabile che il dato ricevuto a terra risulti alterato per disturbi di qualsiasi origine. Si dovrà quindi procedere ad una "cosmesi" del dato al fine di riportarlo al suo aspetto iniziale, e tale operazione sarà molto facilitata se l'elaboratore di bordo non avrà trasmesso solo il dato nudo e crudo, ma avrà aggiunto una serie di "chiavi" o "codici" che possono essere visti come una specie di tracciato o maglia di riferimento per il dato stesso. Se l'elaboratore a terra riscontrerà irregolarità nella maglia, saprà anche che è probabile che il dato sia stato alterato.

Soffermiamoci ora sulle elaborazioni aritmetiche da eseguire sul dato. Può darsi che queste siano in quantità notevole, ed il ricercatore non abbia intenzione di attendere per la risposta ore ed ore; è quindi necessario accrescere la velocità di calcolo numerico dell'elaboratore. Un limite alla velocità è dato dal fatto che l'esecuzione di un'operazione aritmetica implica che un impulso elettrico abbia percorso un certo circuito all'interno dell'elaboratore, ma la velocità di propagazione dell'impulso non può essere superiore a quella della luce. Una soluzione potrebbe essere quella di costruire circuiti sempre più piccoli, di modo che il tempo necessario ad eseguire un'operazione corrisponda a percorsi sempre più brevi dell'impulso elettrico, ma qui ci si scontra con problemi di altro genere.

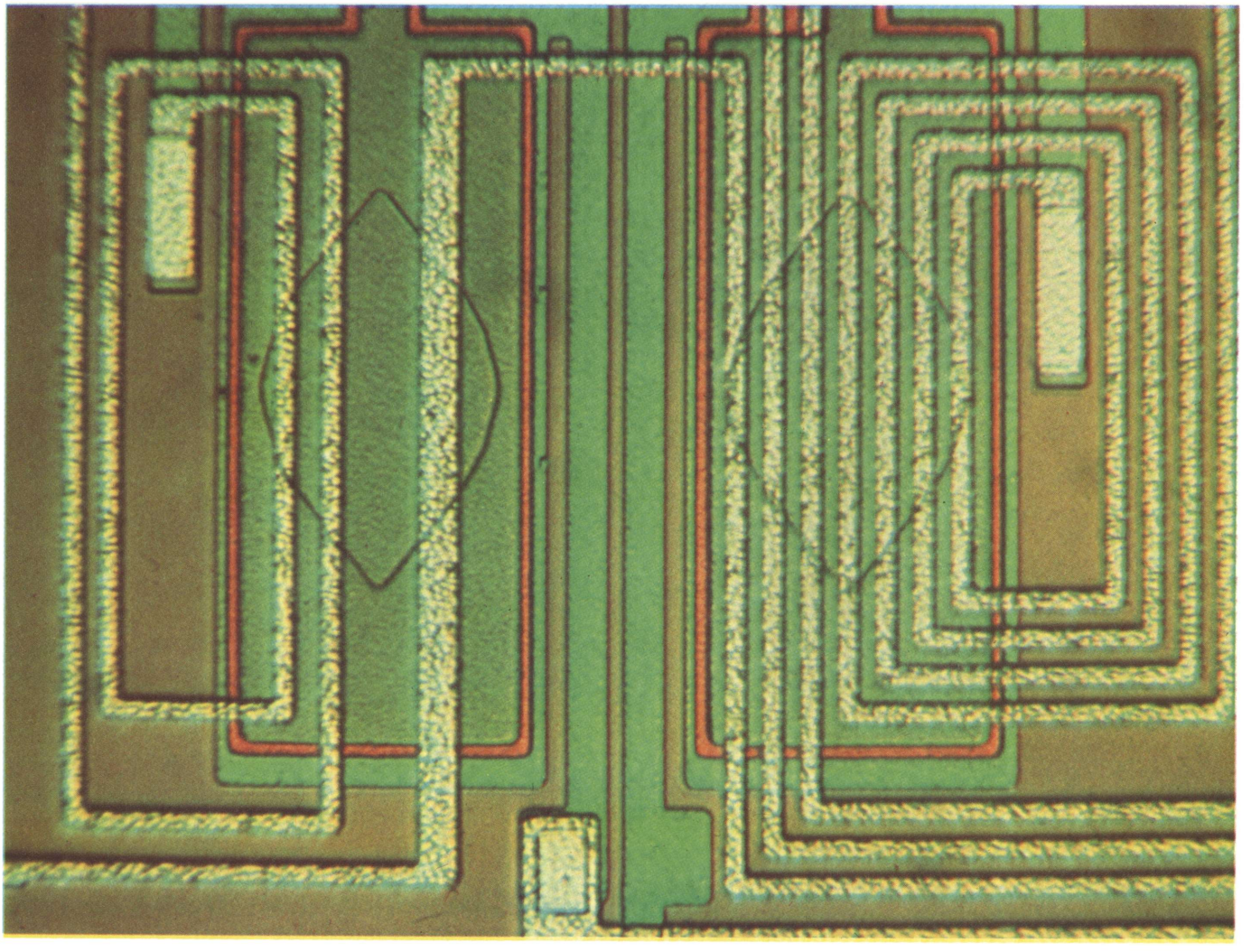
Infatti, le correnti elettriche producono calore per dissipazione (effetto Joule), e l'asportazione di questo calore in eccesso diventa sempre più difficile all'aumentare della compattezza del circuito; se le dimensioni del circuito scendono al disotto di un certo limite, la temperatura di lavoro del circuito diventa troppo elevata ed il circuito stesso si "brucia".

A questo problema esistono due linee di attacco: quella del calcolo parallelo e quella dei superconduttori. La linea del *calcolo parallelo* parte dalla constatazione che, in molti casi, le operazioni aritmetiche di una certa elaborazione non debbono necessariamente essere eseguite indipendentemente l'una dall'altra. Se è così, è sufficiente dotare un elaboratore di numerose unità di calcolo numerico indipendenti, che lavorano contemporaneamente. È come dover scavare una buca molto larga; se riescono a

lavorarci cento operai senza intralciarsi a vicenda, la buca sarà pronta in un tempo cento volte minore che se ci avesse lavorato un solo operaio. Ci sono però i casi in cui le operazioni numeriche debbono essere eseguite in sequenza, che è come dire: la buca non deve essere larga, ma stretta e profonda. In questo caso, anziché cento operai, ne occorre uno solo, molto veloce. È la linea dei superconduttori. Sfruttando il cosiddetto "effetto Josephson" si cerca di costruire dei circuiti che, lavorando a temperature prossime allo zero assoluto, si comportino come superconduttori, e quindi presentino una dissipazione di calore trascurabile. Le dimensioni di questi circuiti potrebbero essere veramente microscopiche, e in corrispondenza le velocità di calcolo aumenterebbero vertiginosamente.

Al di là di ulteriori esemplificazioni (banche dati con problemi di supporti di memorizzazione e metodi di accesso alle informazioni, trasmissione dati per mezzo di fibre ottiche, ecc.) il lettore si sarà reso conto che, nell'applicazione della scienza all'informatica, si incontrano sempre due ordini di problemi completamente diversi, anche se spesso correlati. Uno è quello ovvio dello sviluppo di nuove apparecchiature e che, tutto sommato, è ormai un problema più tecnologico che scientifico, dal momento che non implica l'acquisizione di nuove conoscenze fondamentali. L'altro è meno palpabile, ma altrettanto basilare, e presenta i connotati di una vera e propria ricerca scientifica: il problema della trattazione dell'informazione dal punto di vista teorico. Sotto che forma acquisire informazioni, come gestirle, modificarle, archiviarle e così via.

È un settore che ha ormai anche un suo nome ufficiale, *Scienza dell'Informazione*, e che farà sempre più parlare di sé nei prossimi anni.



Nella foto, rappresentazione della giunzione Josephson ottenuta per mezzo di un microscopio elettronico.

7 Il computer e la vita di ogni giorno

Se il 1946, anno di nascita dell'ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator), cioè del primo elaboratore interamente elettronico della storia, è di solito indicato come l'inizio dell'era dei computer, il 1975, anno in cui viene posto in vendita il primo personal, può ben essere considerato come l'avvio dell'informatizzazione di massa.

Da quel momento l'elaboratore elettronico tende a penetrare capillarmente in tutte le realtà sociali: ufficio, fabbrica, casa e scuola, dando vita a una serie di applicazioni dell'informatica, quali la telematica, la robotica, la burotica, eccetera, che stanno modificando radicalmente l'assetto sociale e la vita di ogni giorno.

In queste pagine, partendo da una breve rassegna storica, intendiamo illustrare l'impatto dell'informatica nei vari settori della società e accennare alle prospettive di sviluppo delle nuove tecnologie.

Verso l'informatica di massa

Nella storia evolutiva del computer, dal 1946 ad oggi, si solgono individuare quattro generazioni di macchine, ciascuna caratterizzata da una rivoluzione tecnologica che ne migliora le caratteristiche, ne riduce i costi di produzione e le dimensioni d'ingombro e, di conseguenza, ne allarga l'utilizzazione sociale.

La *prima generazione*, inaugurata dall'ENIAC, è contraddistinta da quelli che oggi ci appaiono i lenti, ingombranti e costosi computer a valvole. L'ENIAC, 30 tonnellate di peso, 30x3x1 metri di ingombro, funzionava con 18.000 tubi elettronici e altre decine di migliaia fra resistenze, condensatori e interruttori. Poteva svolgere esclusivamente problemi di carattere balistico per conto del Laboratorio militare di Aberdeen negli Stati Uniti perché il programma del calcolatore era rigido, costituito dalle connessioni fisiche fra i suoi componenti.

Soltanto qualche anno dopo, grazie agli studi di John Von Neumann, furono introdotti i programmi memorizzati, in modo da permettere a una stessa macchina di affrontare e risolvere problemi di diversa natura: non solo calcoli numerici, ma anche gestione ed elaborazione di informazioni in genere (di qui l'introduzione del termine omnicomprensivo di informatica).

La *seconda generazione* dei computer nacque nel 1957-58, dopo la scoperta dei semiconduttori. I primi computer interamente transistorizzati erano molto più compatti, veloci ed economici rispetto a quelli a valvole, ma rimanevano ancora macchine di grandi dimensioni che occupavano qualche decina di metri quadrati di spazio.

Nel corso degli anni '60 si diffusero sistemi dotati di grandi capacità di elaborazione, concentrati in un punto, per esempio una grande impresa commerciale, un ufficio pubblico, una università, e collegati attraverso linee telefoniche a terminali "stupidi", cioè non dotati di capacità elaborative autonome. Un certo numero di utenti periferici poteva in tal modo utilizzate l'elaboratore centrale con la cosiddetta tecnica della *ripartizione di tempo* (time sharing).

La *terza generazione* è caratterizzata dall'introduzione dei circuiti integrati dei computer, prese il via nel 1970: i componenti non erano più montati individualmente sui supporti isolanti, ma formavano un blocco compatto col supporto stesso, tipicamente costituito da un frammento di silicio di un centimetro quadrato. Fu un altro sostanziale passo avanti nella riduzione dell'ingombro, nell'aumento della velocità di calcolo e nel risparmio di potenza assorbita.

Con i circuiti integrati fecero la loro comparsa i minicomputer e iniziò un'inversione di tendenza rispetto alla concezione centralizzata dell'informatica. I minicomputer promossero, infatti, il decentramento dell'elaborazione, fungendo anche da terminali periferici intelligenti in connessione con un sistema di elaborazione centrale. Grazie al loro impiego esaltato dall'integrazione con la rete di telecomunicazioni, cominciò la penetrazione del computer nell'industria, nell'ufficio e nell'abitazione.

La *quarta generazione* dei computer è figlia di un altro balzo in avanti dell'elettronica: dal circuito integrato al microprocessore. Questa volta il frammento di silicio diventa un chip, un "coriandolo" di appena qualche millimetro in grado di contenere tutte le funzioni di elaborazione tipiche di un computer, da cui, anche, il nome di microprocessore dato a questa unità fondamentale.

Con i microprocessori (il primo fu realizzato nel 1971 dall'industria americana Intel Corporation), nacque anche il microcomputer, ormai universalmente noto come personal computer.

È notevole che questa macchina informatica a misura d'uomo non sia stata concepita nei laboratori di ricerca della grande industria ma da piccole società gestite da appassionati di elettronica che intendevano commercializzare prodotti riservati ad altri appassionati. Il primo personal della storia, di nome Altair 8.800, venne ideato nel 1975 dalla californiana MITS Inc. e fu posto in vendita sotto forma di scatola di montaggio per hobbisti a 395 dollari (già montato a 621 dollari).

È merito di questi pionieri l'aver dato il via, con l'era del personal, all'informatizzazione di massa. Il successo dell'iniziativa trasformerà la regione a Sud di San Francisco dove si è concetrato il nuovo business dell'elettronica nella mitica Silicon Valley.

La diffusione del computer

Qualche cifra servirà a rendere evidente il ritmo di espansione del computer nella società. Alla fine degli anni '60, quando i computer a semiconduttori (seconda generazione) erano giunti al massimo del loro sviluppo, il parco mondiale degli elaboratori contava circa 120.000 unità. Circa un quinquennio dopo, al culmine della diffusione dei minicomputer a circuiti integrati (terza generazione) si è passati a 2.500.000 unità installate.

È con l'introduzione del personal però, che il tasso di espansione del computer nella società subisce una vera e propria impennata: per la fine del decennio '80 le stime danno una presenza mondiale complessiva di circa 36.000.000 di computer di cui 32.000.000 personal.

I personal venduti in tutto il mondo nel 1980 furono 724.000; nel 1982 2.800.000, di cui 1.500.000 solo negli Stati Uniti. In Italia, all'inizio del 1983, il numero dei personal computer installati era stimato attorno alle 150.000 unità.

Interessante è anche vedere qual'è la penetrazione del personal computer nelle varie attività sociali. Un'analisi di questo tipo è stata compiuta negli Stati Uniti. Ecco i dati relativi a quattro grandi aree - gestionale, domestica, scientifica e didattica - in cui è possibile suddividere il mercato dei calcolatori personali.

a) Il *settore gestionale* è quello trainante con 385.000 unità vendute nel 1981 (pari al 55% del totale). Esso può contare su un mercato potenziale di 14 milioni di grandi e piccole aziende esistenti in tutto il territorio degli States. Gestione e controllo dei bilanci, andamento degli ordini e delle vendite, elaborazione dei testi (word processing), visualizzazioni grafiche, sono questi alcuni dei principali servizi grazie ai quali il personal si è conquistato uno spazio privilegiato sulla scrivania dei dirigenti d'azienda. Per il 1985 è previsto un incremento delle vendite dei personal nell'ambito del settore gestionale del 33%.

b) Il *settore domestico* sta al secondo posto con 175.000 unità vendute nel 1981 (25% del totale), ma è quello su cui l'industria elettronica concentra i suoi maggiori sforzi attraverso la progettazione di home computer a costi relativamente bassi e di facile

Personal computer ITT 3030 adatto per piccole applicazioni gestionali. (Foto gentilmente fornita dalla ITT).

impiego, dotati di programmi adatti alle varie esigenze domestiche. Attualmente l'impiego prevalente del personal nell'abitazione è nelle attività ricreative (videogames), nella gestione del bilancio familiare e nella memorizzazione di informazioni utili. Dal 1983 al 1985 è previsto un dimezzamento dei prezzi di vendita degli home computer: già oggi alcuni home sono venduti nei supermercati a meno di 200$. L'incremento delle vendite nel quinquennio 1981/1985 è previsto del 40%.

c) Il *settore scientifico* è al terzo posto con 105.000 personal computer venduti nel 1981 (il 15% del totale). Si tratta di macchine più sofisticate rispetto a quelle realizzate per i due settori precedenti, dotati di hardware e software specializzati per applicazioni scientifiche e tecniche particolari. Più modesto qui il tasso di crescita delle vendite che è previsto attorno al 31% tra il 1981 e il 1985.

d) Il *settore didattico* è al quarto posto con 105.000 unità vendute nel 1981 (5% del totale). L'impiego del personal computer per scopi didattici, in inglese *CAI*, (Computer Aid Instruction) comincia a diffondersi sia nelle scuole primarie che secondarie, ma è limitato dalla scarsa disponibilità di fondi di cui dispone l'istituzione pubblica. Tuttavia anche in questo settore sono in fase di sviluppo programmi che consentono l'apprendimento di varie discipline attraverso un'affascinante interazione con la macchina e con un impegno che l'alunno può graduare secondo i propri ritmi di apprendimento e le proprie necessità. L'incremento delle vendite dei computer didattici, sempre considerato nell'arco 1981-85, è previsto nei termini del 28%.

Una proiezione globale e prudenziale della presenza del personal computer nell'anno 2000 prevede la presenza di 300 milioni di unità in tutto il mondo con prevalente impiego gestionale e domestico: un incremento di 50 volte rispetto ad oggi. Tale incremento sarebbe reso possibile da quattro fattori determinanti: i costi di produzione dell'hardware che, a seconda dei componenti, si riducono del 25-40% ogni anno, la velocità di calcolo, che è cresciuta di un fattore 200 negli ultimi 25 anni, il consumo di energia e le dimensioni di ingombro che si sono ridotti di un fattore 10.000 negli ultimi 25 anni.

Questo miracolo, che non ha riscontro in nessun altro settore della decnologia moderna, ha ispirato un efficace sebbene paradossale paragone a due ricercatori del MIT (Massachussetts Institute of Technology): "Se l'evoluzione dell'industria aereonautica negli ultimi 25 anni fosse stta spettacolare come quella dei calcolatori, oggi un Boeing 767 costerebbe meno di un milione di lire e farebbe il giro del globo in 20 minuti, consumando una ventina di litri di combustibile.

Prestazioni di questo genere rappresenterebbero, grosso modo, l'equivalente della riduzione di costi, dell'aumento di velocità operativa e della diminuzione di consumi energetici dei calcolatori". (Hoo - min D. Tong, Amor Gupta, Personal Computer, Le Scienze, Feb. 1983, pag. 97).

Dobbiamo tuttavia rilevare che mentre i costi dell'hardware sono destinati a ridursi ulteriormente, quelli del software, a causa della crescente varietà e complessità dei programmi richiesti e della mancanza di operatori specializzati, tendono ad aumentare.

Computer e telecomunicazioni

Dopo avere ampliato le sue prestazioni dal solo trattamento dei calcoli alla gestione ed elaborazione dell'informazione in genere, il computer si è rivolto a tutti i mezzi di comunicazione esistenti - telefonia, televisione, satelliti artificiali, eccetera - per estendere la sua presenza in ogni direzione. Da questa fusione fra informatica e telecomunicazioni è nata la *telematica*: ad essa si deve la crescente presenza del computer nella vita di ogni giorno.

I servizi telematici già attivati, sebbene alcuni soltanto in forma sperimentale, sono molteplici e investono sia l'utenza affari che quella domestica che i servizi sociali. Ecco una succinta rassegna dei più promettenti.

La *videoinformazione*. Si tratta in genere, di tecniche che consentono l'accesso a grandi calcolatori che gestiscono banchedati. Esistono attualmente due tipi di servizi di videoinformazione attivati nei paesi tecnologicamente più avanzati; il teletext e il videotext. Entrambi presuppongono l'u-

so di un televisore adattato per la visualizzazione dei dati, ma differiscono in quanto il primo non è dotato di interattività utente-elaboratore, mentre il secondo sì, e può quindi rispondere alle richieste dell'utente offrendo prestazioni potenzialmente molto elevate e varie.

Col *teletext* l'informazione è canalizzata via etere sulle frequenze di un normale canale televisivo, sfruttando quella pausa che i tecnici chiamano *intervallo di linea*, cioè lo spazio esistente fra due successive immagini televisive.

I dati appaiono sotto forma di "pagina elettronica" o sovrapposti al normale programma che va in onda o escludendo quest'ultimo. L'utente può leggere le pagine preparate e inviate ciclicamente, le quali concernono informazioni di vario tipo (notizie dell'ultimora, bollettino meteorologico, calendario degli spettacoli televisivi, eccetera), ma non può interrogare l'elaboratore. In Italia il servizio teletext prende il nome di *televideo* ed è in funzione sperimentale dal 1980.

Col *videotext*, invece, l'informazione viaggia sul cavo telefonico e viene visualizzata, sempre attraverso un adattatore, sullo schermo televisivo. In questo caso, a differenza del teletext, utilizzando il telecomando o un'apposita tastiera, è possibile chiedere all'elaboratore prestazioni particolari. Il ventaglio di servizi resi è molto ampio: la scelta dell'informazione desiderata avviene con una *ricerca* detta *ad albero* che consiste nel selezionare il tipo di notizia attraverso la consultazione di indici via via più dettagliati.

Ma a parte un generico servizio di informazioni il sistema può offrire: l'accesso a zone particolari dell'elaboratore per affidargli l'esecuzione di calcoli o l'elaborazione di dati, il trasferimento di software dall'elaboratore centrale all'utente, l'accesso mediante codici particolari a informazioni riservate a una ristretta cerchia di utenti, l'esecuzione di servizi telematici particolari come il trasferimento elettronico di fondi e l'istruzione assistita (vedi più avanti). In Italia il servizio di videotext prende il nome

Il videotel è un servizio offerto dalle concessionarie SIP. Nella foto, il terminale utenze affari BIT 2. (Gentilmente fornita dalla Philips).

di *videotel* e viene gestito dal 1982 dalla Sip.

I *trasferimenti elettronici di fondi* sono servizi telematici che consentono il passaggio di valori tra banche, tra banca e cliente e viceversa, o tra cliente e cliente, in tempo reale attraverso una rete di elaboratori.

Questi servizi sono in fase avanzata di realizzazione in tutti i paesi più avanzati attraverso l'automazione della compensazione interbancaria, la creazione di sportelli automatici collegati via telefono all'elaboratore centrale della sede bancaria e dislocati in zone non servite dalle succursali (l'accesso agli sportelli è possibile, ovviamente, grazie a una carta di riconoscimento, mentre l'operazione viene eseguita su una tastiera), l'installazione di "terminali punto vendita" presso gli esercizi commerciali costituiti dal solito terminale a tastiera collegato all'elaboratore bancario che permette di trasferire la somma dovuta dal conto del cliente a quello del commerciante.

Con un'ulteriore estensione delle prestazioni videotext, quasi tutte le operazioni che prima richiedevano la presenza del cliente in banca potranno essere fatte da casa; così, sempre da casa, potremo provvedere, attraverso gli esercizi commerciali convenzionati, a forme di teleacquisto ovvero all'acquisto per corrispondenza elettronica.

Anche in campo sanitario la telematica assolve a molti compiti di controllo e sorveglianza dello stato di salute dei pazienti e promette radicali trasformazioni metodologiche e organizzative nell'ambito della medicina tradizionale: *telemedicina*. Il prodotto forse più emblematico è rappresentato da quella valigetta cardiotelefono che occupa ormai un posto obbligato nelle mostre di informatica e che consente al paziente cardiopatico di trasmettere via telefono un elettrocardiogramma al centro ospedaliero di controllo in modo da realizzare una sorveglianza continua del proprio stato di salute in qualunque parte del mondo egli si trovi.

L'applicazione socialmente più rilevante però, è quella della *telesorveglianza* di pazienti ospedalizzati nel proprio domicilio e del *teleconsulto* fra specialisti residenti in sedi lontane. Nel primo caso tutti i dati biomedici rilevati da appositi sensori sul paziente vengono convogliati, sempre via rete telefonica, a un computer ospedaliero per il trattamento e la memorizzazione. Il medico prende visione dell'elaborato, conferma o apporta modifiche alla terapia, interviene direttamente nell'abitazione del paziente solo se l'elaboratore segnala uno stato di emergenza. L'alleggerimento dell'impegno del personale medico e il risparmio dei costi di ospedalizzazione è evidente.

Una concezione più evoluta affida al computer ospedaliero, che dialoga col paziente attraverso un terminale, funzioni mediche di routine quali consigli sul tipo e le dosi dei medicinali da assumere e altri suggerimenti terapeutici. D'altra parte lo stesso computer, disponendo di un software opportuno, può individuare una serie di patologie a partire da analisi biomediche, trasformandosi così in un valido strumento di assistenza diagnostica per lo stesso medico. Applicazioni di questo tipo sono in fase avanzata di sperimentazione negli Stati Uniti e in Francia.

L'*educazione assistita*. Senza entrare nei dettagli delle applicazioni del computer al

Nella foto, sistema computerizzato che raccoglie ed elabora dati quali: orario del personale in azienda, orari flessibili, turni, calcolo degli stipendi. (Gentilmente fornita dalla Siemens).

campo dell'istruzione, peraltro già approfonditi in una voce a parte di questo volume (Computer e istruzione), sottolineiamo le notevoli possibilità che un servizio telematico come il *videotel* potrebbe svolgere in questo settore. L'offerta di corsi interattivi in ogni campo dello scibile risolverebbe problemi annosi e finora solo parzialmente affrontati dalle istituzioni scolastiche statali, quali l'educazione permanente degli adulti, corsi di aggiornamento professionale, corsi del tipo Open University per lavoratori, eccetera.

La fruizione potrebbe avvenire in appositi centri specializzati ovvero, disponendo degli appositi terminali, direttamente nell'abitazione.

Ciò consentirebbe, da parte del discente, la scelta del luogo, del momento e dei ritmi di apprendimento, allargando enormemente l'accesso all'istruzione da parte di categorie sociali prima escluse. Più limitata appare, per ora, la diffusione di programmi educativi individuali da inserire nel proprio personal computer a causa degli elevati costi del software.

Il connubio fra l'informatica e le telecomunicazioni ha posto il problema di una radicale trasformazione della rete telefonica. Nata per trasportare e smistare soltanto la voce umana, caratterizzata da centraline meccaniche e da terminali "stupidi", anche la rete telefonica si sta ora piegando alle esigenze del computer. Le centrali elettroniche vanno sostituendo quelle a parti mobili, i vecchi sistemi analogici lasciano il posto a quelli digitali. Il computer, insomma, sta diventando un tutt'uno con le nuove reti di comunicazione integrate nelle tecniche e nei servizi.

Sistema computerizzato per il controllo dell'irrigazione di vaste aree agricole. (Foto gentilmente fornita dalla Motorola).

Computer e automazione

Robotica: ecco il nome di un'applicazione informatica la cui etimologia è legata alla fantascienza. Il termine robot, infatti, fu usato per la prima volta nel 1917 dallo scrittore cèco Karel Capec nel suo racconto intitolato "R.U.R.", dalle iniziali di Rossum's Universal Robots in cui si narra di esseri artificiali costruiti apposta per sostituire l'uomo nei lavori più faticosi. (Robot, in lingua ceca sta, appunto, per lavoro duro, lavoro da schiavi).

Fedele al suo etimo la robotica si prefigge proprio lo scopo di sollevare l'uomo dai lavori più pesanti noiosi e ripetitivi quali, ad esempio, le attività nelle catene di montaggio delle fabbriche, oppure di operare in situazioni ambientali estreme, nelle quali l'uomo non potrebbe sopravvivere a lungo; le profondità degli oceani e quelle dello spazio extraterrestre.

Piuttosto che da androidi, come li immaginò Capec i robot sono oggi costituiti da macchine dotate di bracci meccanici che, grazie ai dati raccolti da una serie di sensori e al programma contenuto in un piccolo elaboratore elettronico, sono in grado di compiere operazioni prefissate: tipicamente una fase di una lavorazione in fabbrica.

Nelle catene di montaggio delle automobili Fiat, per esempio, mentre i componenti della carrozzeria scorrono lungo la gateline, sono i robot e non più gli operai a effettuare le operazioni di assemblaggio e saldatura dei vari pezzi, mentre tutto il sistema, detto robot-gate, viene guidato da un computer.

Nata per dare impulso al lavoro industriale l'automazione sta penetrando anche in un settore che, per tradizione, ha fatto ricorso a tecnologie povere, l'agricoltura, e viene definita con un neologismo che associa con stridente contrasto il vecchio e il nuovo: *agronica*. Un solo esempio valga per tanti. Entriamo in una moderna stalla per bovine da latte: l'automazione gestisce il piano di alimentazione degli animali, somministra il cibo necessario, tiene conto dei consumi, regola la mungitura e controlla lo stato di salute degli individui.

Nella stalla robotizzata ci sono le mangiatoie a somministrazione automatica di concentrato e, appeso al collo di ogni animale, un collare elettronico. Questo trasmette un impulso al computer ogni qual volta la bestia accede alla stazione di alimentazione (una decina di volte al giorno in media). Il computer tiene conto della quantità di cibo già assunto e dell'intervallo di tempo trascorso dall'ultimo pasto. Se il bovino ha diritto alla razione gli somministra, tramite la mangiatoia, una precisa quantità di cibo, altrimenti no. In questo modo viene ottimizzato il consumo del mangime e sono individuate le cosiddette "bovine in allarme", cioè quelle che assumono una quantità di cibo inferiore al 62%.

Anche le varie fasi della mungitura (dall'aspirazione sotto vuoto, ai tempi di svuotamento, alla quantità di latte prodotta, all'analisi della sua qualità) possono essere gestiti da un sistema meccanico controllato dal computer, mentre lo stato di salute degli animali è rilevato continuativamente da sonde fisiologiche inserite sottopelle, analoghe a quelle impiegate per seguire le condizioni degli astronauti durante una missione spaziale.

La moderna stalla, insomma, è un sistema interamente robotizzato gestito da un elaboratore elettronico.

Le prospettive future

Anche se fare previsioni riguardanti il futuro di un settore così fortemente condizionato dalle problematiche economiche e sociali, come quello dell'informatica, è rischioso, esistono delle linee di tendenza che possono portarci a formulare una serie di ipotesi sull'ulteriore espansione del computer nella società.

Il numero complessivo degli addetti all'informazione ha subito in questo ultimo quarto di secolo una crescita esponenziale. Negli Stati Uniti si è passati dal 20 al 55% circa della popolazione attiva: ciò significa che più della metà della popolazione attiva è oggi impegnata a creare, trattare e diffondere informazioni.

In Italia attualmente la percentuale della popolazione addetta al settore è di circa il 31%; le previsioni indicano, per la fine del secolo, una crescita fino a coinvolgere il 60-70% della popolazione attiva.

Alcuni sociologi ed economisti parlano già di una transizione in atto dalla società

dei consumi a quella dell'informazione e prevedono, accanto al settore dei servizi o terziario, la formazione di un settore dell'informazione o quaternario.

Conviene aprire una breve parentesi. Alla società preindustriale e industriale poi i settori *primario* (agricoltura, industria estrattiva, sfruttamento delle risorse boschive...) e *secondario* (produzione di beni, industria manifatturiera...) è subentrata la società attuale, detta postindustriale. Tale società, in accordo con le idee e fli studi condotti da Bell che ne è stato uno dei primi teorici, è caratterizzata dallo sviluppo dei servizi intesi come settore economico e diversificati in *terziario* (trasporti, attrezzature,...), quaternario (commercio, finanza, assicurazioni, beni immobiliari) e quinario (salute pubblica, istruzione, ricerca, governo e tempo libero). Variando il settore economico assieme al tipo di società, sono state utilizzate differenti risorse per assicurare le trasformazioni necessarie alla produzione economica: dalle risorse naturali quali il vento, l'acqua, la forza animale e umana, si è passati (in epoca industriale) allo sfruttamento dell'elettricità, del petrolio e del combustibile nucleare, l'età postindustriale è caratterizzata dall'avere come risorsa per la trasformazione l'informazione trattata attarverso computer e sistemi di trasmissione dati.

La penetrazione sociale delle applicazioni informatiche porterà effetti sicuramente positivi, come la riduzione dei consumi energetici e il miglioramento della situazione ambientale; ma anche negativi, come la disoccupazione causata dalla scomparsa di attività interamente assorbite dalle nuove tecnologie. Si andrà incontro a un periodo di profonda ristrutturazione del mercato del lavoro, di riqualificazione di mestieri e professioni, e di inevitabili conflitti sociali.

Di pari passo con l'aumento degli addetti all'informatica e con la fruizione, a tutti i livelli, del computer, le macchine tenderanno a diventare più semplici e ad ampliare il loro spettro di interattività con l'uomo.

Si lavora già a un nuovo tipo di *computer universale*, in grado di comprendere la parola, di rispondere e di funzionare senza il ricorso a linguaggi specializzati.

Alan Kay, direttore del centro di ricerche informatiche di Palo Alto in California prevede entro questo decennio la messa a punto di calcolatori individuali della dimensione di un'agenda in grado di soddisfare le esigenze di lavoro, di svago, domestiche e di studio, sia degli adulti che dei bambini, e la cui capacità di calcolo e memoria sarà parecchie volte superiore a quella degli attuali microcalcolatori.

Alcune automobili di serie, equipaggiate con computer capaci della sintesi della voce e in grado di segnalare guasti o situazioni di emergenza e i primi sistemi integrati di elettrodomestici programmabili e ottimizzati per un consumo minimo, rappresentano le manifestazioni più precoci e rozze verso il computer universale.

D'altra parte gli studi sulla sintesi e il riconoscimento della voce umana da parte di elaboratori elettronici sono a uno stadio avanzato in molti paesi, fra cui l'Italia, e alcuni servizi telefonici finora svolti da impiegati, vengono già affiati a calcolatori parlanti.

Oltre a ciò una nuova rivoluzione tecnologica è alle porte che lascia prevedere un ennesimo salto di qualità nelle prestazioni di un computer con ulteriori aumenti della rapidità di calcolo della capacità di memoria e riduzioni dell'energia assorbita e delle dimensioni d'ingombro.

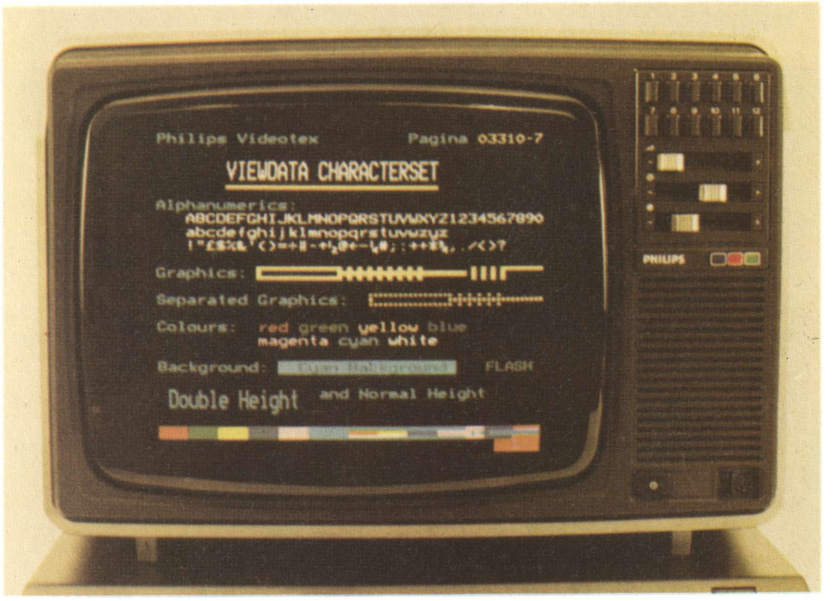
Questo nuovo salto dovrebbe verificarsi quando si potrà passare dall'elettronica dei semiconduttori, su cui si basano gli attuali chip, a quella dei superconduttori, cioè di metalli che mostrano proprietà fisiche particolari quando sono portati a temperature prossime allo zero assoluto (− 273°C). La base dei futuri computer superfreddi sarà la cosiddetta "giunzione Josephson", un anello superconduttore inizialmente usato per applicazioni militari (per esempio la rilevazione da parte di un satellite artificiale del debolissimo campo magnetico prodotto da un sommergibile) e ora trasferito alla tecnologia dei calcolatori.

Il futuro computer superfreddo, la cui sperimentazione è già iniziata nei laboratori di ricerca più avanzati, dovrebbe superare di un fattore 10 la velocità del più potente calcolatore odierno, il CRY-1, e segnerebbe l'inizio di una nuova generazione di macchine, la quinta. I computer della quinta generazione, secondo alcuni esperti giapponesi, dovrebbero essere in grado di elaborare non solo informazioni, ma conoscenza.

8 Il computer e il mercato delle informazioni

Gli annali storici ci hanno tramandato che la fortuna della famiglia Rothschild cominciò con una informazione ricevuta in anticipo, per mezzo di piccioni viaggiatori, sulla sconfitta di Napoleone che le consentì di prendere una rapida decisione sui titoli di Borsa. Questo sta a significare che già oltre un secolo fa la tempestività e la precisione delle informazioni erano importanti in campo economico.

È anche vero che un tempo era sufficiente fare il giro del mercato locale, per avere le informazioni volute, mentre ora sono necessari complessi sistemi di raccolta di trasmissione delle notizie per informare tempestivamente i clienti.



Il terminale Editing VSX 500 per il sistema Videotex ha essenzialmente lo scopo di immettere informazioni nelle Banche Dati di sistemi computerizzati.

L'informazione: una risorsa strategica

Non si tratta in fin dei conti di una novità, perchè è innegabile che il mondo sta cambiando in modo sempre più rapido, così come è innegabile che la nostra è la società dell'incertezza e, tanto maggiore è l'incertezza, tanto più grande è il fabbisogno di informazioni per scegliere con un minimo di razionalità. Dovremo infatti abituarci a convivere a lungo con l'inflazione, con gli alti tassi d'interesse, con la scarsità di energie, e più in generale di risorse, con l'instabilità economica e politica, con i problemi derivanti dal crescente coinvolgimento dei governi nelle vicende delle imprese, e con una maggiore rigidezza complessiva di vincoli nel mercato internazionale. A tutto ciò vanno aggiunti la crescente aggressività di una concorrenza che si fa sempre più sofisticata ed il rapidissimo aumento dei costi di gestione delle imprese.

I punti che maggiormente delineano questa situazione sono i seguenti:

- *La vista sociale diventa sempre più complessa.*
  I meccanismi decisionali non hanno paragone, in termini di complessità, con quelli degli anni che ci hanno preceduto. Vale per la vita familiare, aziendale, sociale, politica. Vi è una crisi dell'autorità, una messa in discussione sistematica delle decisioni, una maggiore possibilità di alternative.
- *Aumenta il fabbisogno di informazioni.*
  È la logica conseguenza del punto precedente. In una società statica si ha bisogno di poche informazioni e quasi sempre si hanno dei canali ai quali attingere (amici, conoscenti o parenti). In una società in rapido sviluppo, nella quale la persona è spesso sola o vive in una molteplicità di rapposti spesso specializzati e nella quale ci si deve muovere velocemente, il fabbisogno di informazioni cresce in modo notevole. La società dell'informazione è lo stadio successivo alla industrializzazione e alla terziarizzazione, verso la quale stiamo indirizzandoci.
- *Aumenta la produttività.*
  L'evoluzione tecnologica, dopo aver investito la fabbrica, si rivolge all'ufficio dove gli incrementi di produttività sono stati, fino ad oggi, piuttosto contenuti e dove si sta concentrando il grosso delle forze di lavoro.
- *Cambiano le abitudini, i comportamenti.*
  Non basta saper produrre in modo efficiente, bisogna saper interpretare i cambiamenti ed adeguarsi intelligentemente alle necessità del mercato.
- *La tecnologia abbatte le distanze.*
  Le abitudini, i conflitti, le idee si spostano velocemente da una parte all'altra del globo. Anche la concorrenza si fa più serrata, perchè i costi di trasporto non sono più un freno. In particolare, nel campo dell'informazione, le barriere sono pressochè inesistenti e la competizione è sempre più internazionale.

Le banche dati, insieme alla trasmissione dei dati, sono diventate, a questo punto, i componenti fondamentali della nuova era. Esse sono protagoniste, non in quanto tec-

niche di gestione più organica dei dati negli archivi, ma perchè consentono agli operatori economici, ai professionisti, agli universitari ed ai ricercatori in genere di accedere a gruppi selezionati di informazioni altrimenti disperse, disorganiche, inaccessibili.

All'introduzione delle banche dati all'interno di una organizzazione con lo scopo di averne un più efficace controllo associato ad una più efficiente utilizzazione degli impianti EDP, corrisponde dunque la diffusione di banche dati informative che consentono una conoscenza più tempestiva e più ampia dei fenomeni, dovunque essi si siano verificati o si verifichino, in grado di influenzare le scelte strategiche e quotidiane, di qualsiasi classe di utente.

stinte da tre aspetti che le differenziano da altri mezzi di informazione: la base informativa, lo strumento di consultazione, il veicolo di diffusione.

1. La *base informativa* consiste in un insieme di elementi informativi omogenei per struttura (articoli di riviste, riferimenti bibliografici, etc.) e per contenuto (scienze, economia, etc.).
2. Lo *strumento di consultazione* è l'insieme del computer e del complesso di istruzioni che permettono la consultazione della base informativa secondo le logiche desiderate.
3. Il *veicolo di diffusione* è costituito dalla rete di trasmissione, rappresentato in pratica dalla rete telefonica e dal terminale che si trova presso l'utente.

Con il teletex si possono spedire elettricamente documenti dattiloscritti da un terminale word processor ad un'altro. (Foto gentilmente fornita dalla Philips).

Che cos'è una "banca dati"

Con il termine *banca dati* si intende comunemente una collezione omogenea di informazioni memorizzate su un supporto magnetico ed accessibile mediante elaboratore. Le banche dati (o *base dati* come vengono talvolta denominate) sono contraddi-

Un esempio può chiarire meglio la questione.

A Parigi c'è OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Europeo) che raccoglie e codifica dati statistici memorizzati su supporti magnetici (base dati). Questi vengono successivamente inviati a distributori di vari paesi che sono dotati di

un proprio calcolatore (*host computer*), i quali commercializzano tali informazioni, mettendo a disposizione talvolta un proprio software più o meno versatile, che permette di selezionare le serie storiche, aggregandole o mettendole in correlazione fra loro. È inoltre possibile realizzare proiezioni previsionali e visualizzare i risultati in forma di tabelle, grafici o diagrammi di vario tipo. È evidente che, nonostante la diversa forma di rappresentazione che avviene nei diversi host computer, si tratta sempre degli stessi archivi di dati, cioè di una "banca dati".

All'inizio, e per molti anni, le banche dati erano essenzialmente di tipo bibliografico, con l'obiettivo di permettere ricerche di pubblicazioni tecnico-scientifiche su determinati argomenti. Verso la metà degli anni settanta incominciarono a venire offerte banche dati di tipo numerico e testuale, che permettevano il reperimento di informazioni direttamente utilizzabili. Come mostra la Figura 1 le banche dati si sono molto diversificate e possono essere classificate in base al loro contenuto in due grandi gruppi:

1. *Banche dati di informazioni primarie (source data bases).* Esse contengono informazioni direttamente utilizzabili e sono così suddivise:
   - *banche dati di testi completi* (full-text data bases), contenenti i testi completi o le parti fondamentali di un documento, ad esempio, di un articolo di rivista o giornale, o di una legge;
   - *banche dati numeriche* (numerical data bases), costituite da dati desunti da indagini o serie statiche, sovente presentate in forma di tabelle o di rappresentazioni grafiche, variamente aggregate e manipolate;
   - *banche dati numerico-testuali* (numerical-textual data bases), formate da una combinazione di informazioni miste di testi scritti e numeri;
   - *banche dati di dati tecnici* (properties data bases), che raggruppano i dati tecnici di materiali, processi e fenomeni (fisici, chimici o altro), in forma numerica o descrittiva.
2. *Banche dati di informazioni di riferimento (reference data bases)*, che forniscono solo riferimenti mediante i quali l'utente può localizzare la fonte completa informativa adatta a soddisfare le sue esigenze e individuare, per ulteriori dettagli o per il testo completo, un documento, un'organizzazione od un ricercatore. Queste banche dati sono suddivise in:
   - *banche dati bibliografiche* (bibliographic data bases), che contengono riferimenti bibliografici, eventualmente completi di riassunto, riguardanti articoli di riviste scientifiche e tecniche, rapporti, documenti brevettuali, tesi, atti di convegni, libri etc.
   - *banche dati di riferimenti* (referral data bases) che contengono riferimenti generici riguardanti progetti, istituzioni, attività etc.

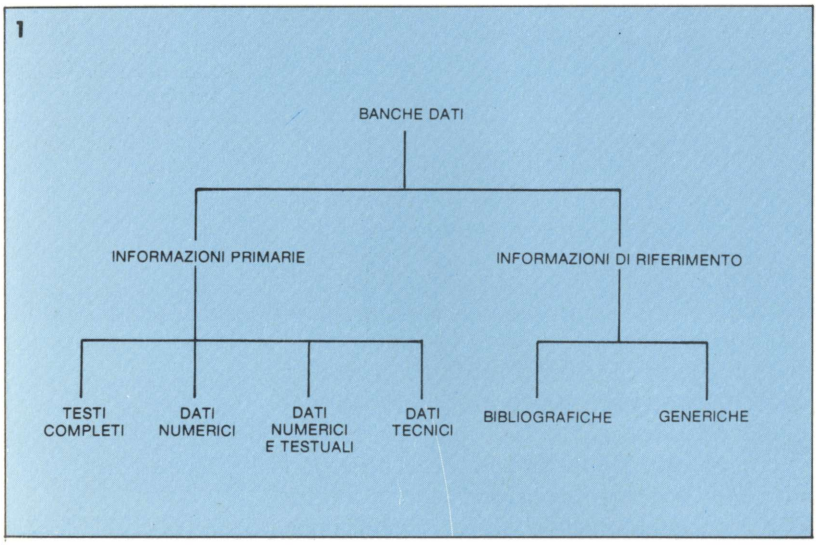


Figura 1. Tipologia delle banche dati.

I cinque protagonisti del mercato

Le organizzazioni coinvolte nell'industria dell'informazione distribuita con mezzi telematici sono migliaia, ed in taluni casi le loro funzioni si sovrappongono una all'altra. In linea di massima è possibile distinguere concettualmente cinque enti principali: gli editori delle banche dati, i distributori, i gestori delle reti, gli intermediari e gli utenti. Vediamoli.

Gli *editori delle banche dati* sono le organizzazioni che raccolgono le informazioni (prodotte internamente o acquisite dall'esterno), le organizzano e le predispongono nella forma adatta al calcolatore. L'editore può direttamente curare la memorizzazione delle informazioni su supporto magneti-

co o avvalersi di un servizio esterno per la sua esecuzione.

I *distributori di banche dati* ricevono dagli editori i supporti magnetici su cui sono memorizzate le banche dati che gestiscono nei loro elaboratori (host computer) per metterle a disposizione dei loro utenti. I loro compiti riguardano la gestione dell'accesso degli utenti alle banche dati, la fatturazione dei servizi e la corresponsione agli editori dei diritti dovuti dall'utilizzo dei dati.

Le *reti di trasmissione dati* sono i canali che collegano utente all'host computer. Questo collegamento è realizzato di solito mediante una comune rete telefonica e, affinchè il dialogo sia buono, soprattutto nel caso di banche dati numeriche, è necessario che esso sia il più possibile esente da disturbi di linea.

Per risolvere questo problema negli Stati Uniti da molti anni vi sono reti specializzate di trasmissione dati per il collegamento di terminali remoti ai calcolatori. Anche in Europa recentemente sono state realizzate reti pubbliche di trasmissione dati molto efficienti, quali la Transpac in Francia o la Datex in Germania. Nei paesi della Comunità Europea un ruolo notevole è rappresentato da Euronet che, inaugurata nel 1980, collega le capitali di dieci nazioni, con una propria rete di comunicazione.

In Italia è in fase di realizzazione una nuova rete nazionale specializzata di trasmissione dati ad alta velocità denominata ITAPAC, particolarmente adatta a risolvere i problemi di comunicazione tra terminali e calcolatori. La trasmissione avviene mediante la tecnica di commutazione di pacchetto, che permette di ridurre i costi e contemporaneamente di aumentare la velocità dei dati.

Per quanto riguarda specificatamente il tipo di collegamento, è necessario precisare che esso può avvenire su linea telefonica *commutata* o *dedicata*. Nel primo caso la connessione viene realizzata mediante una normale linea telefonica e l'utente stabilisce il collegamento selezionando con il disco combinatore del suo telefono il calcolatore con il quale vuole "dialogare", come se effettuasse una normale conversione in teleselezione. Nel secondo caso, invece, il collegamento è permanente, cioè il terminale ed il calcolatore sono sempre connessi e pronti al colloquio e la linea telefonica è riservata a questo collegamento. È evidente che, tenuto conto degli alti costi delle linee telefoniche, il secondo tipo di collegamento è giustificato solo nel caso di un alto volume di traffico.

Lo sviluppo delle moderne tecniche di telecomunicazione ha ampliato a dismisura le possibilità di collegamento di un utente a

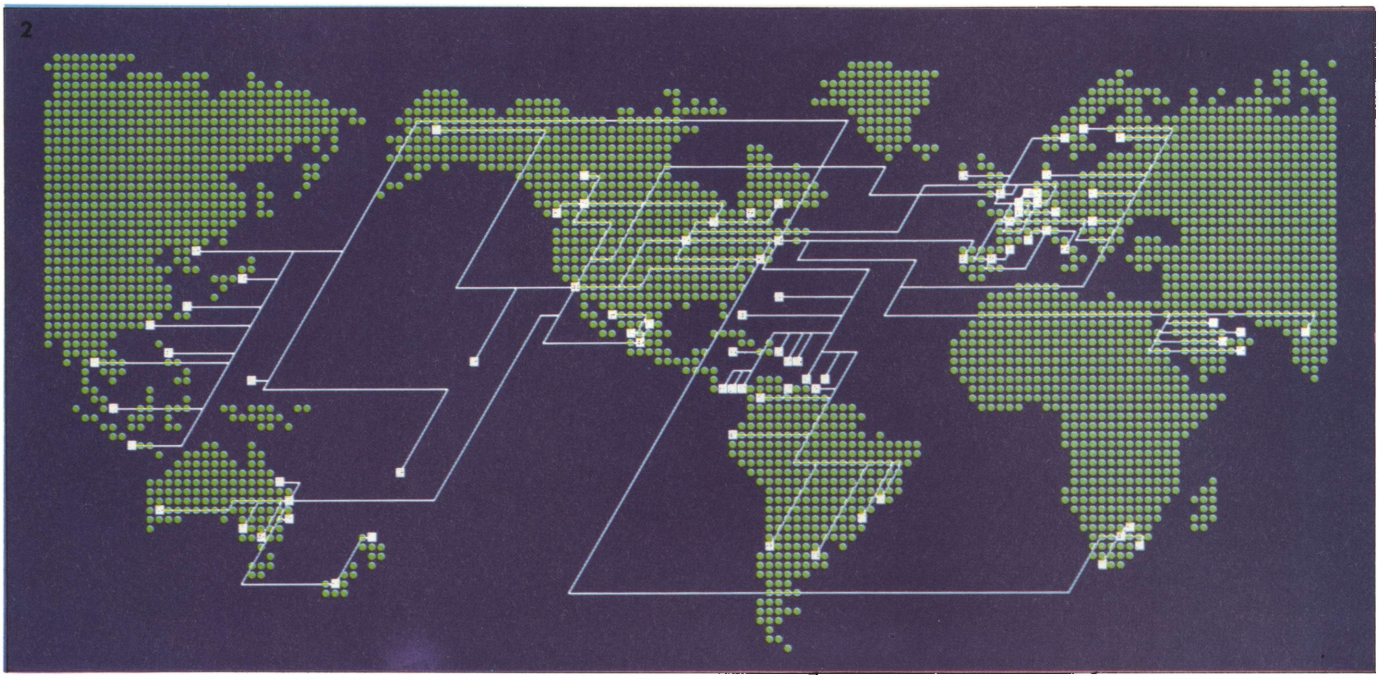
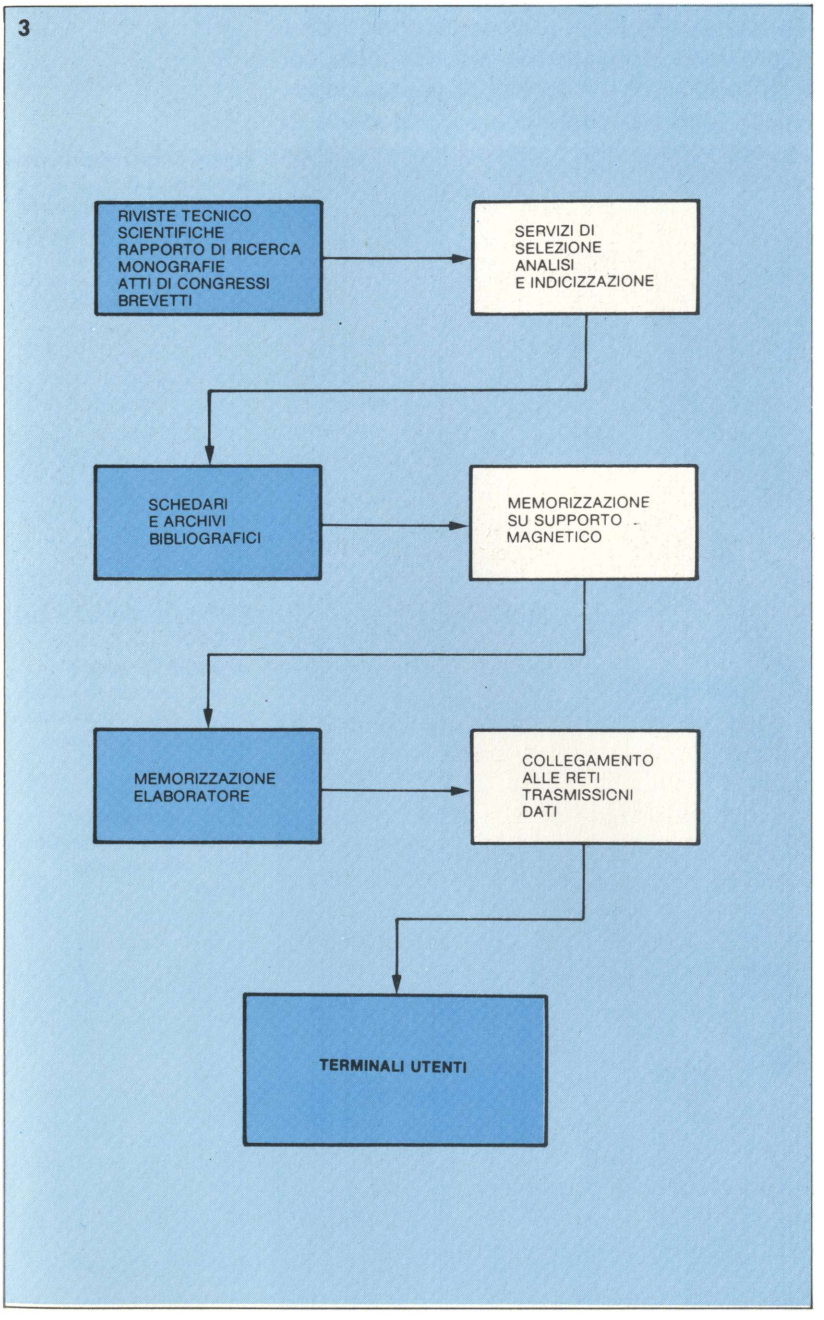


Figura 2. Lo schema mostra la rete intercontinentale INFONET di comunicazione fra calcolatori, connessi attraverso cavi coassiali e satelliti artificiali.

Figura 3. Meccanismo di costruzione e di funzionamento di una banca dati bibliografica.



banche dati lontanissime, situate anche su altri continenti, sia mediante reti private che reti pubbliche. A titolo d'esempio la Figura 2 mostra la rete dei collegamenti intercontinentali della società americana *INFONET* che può connettere un utente italiano con un qualsiasi calcolatore della propria organizzazione mediante una propria rete di comunicazione privata, sia per fornire servizi di tipo elaborativo che per dare accesso a banche dati. Altre aziende che offrono in Italia servizi di questo genere sono la ADP (Automatic Data Processing) e la GEIS (General Electric Information Services) con il sistema MARK III.

L'accesso alle banche dati degli Stati Uniti è possibile anche con le reti pubbliche attraverso il servizio *DARDO* (Direct Access to Remote Data bases Overseas) gestito dalla Italcable (Roma), che permette ad un utente italiano di accedere alle banche dati statunitensi collegate alle reti americane Tymnet e Telenet. L'utente può fruire del servizio connettendo il suo terminale ai due centri operativi Italcable, posti a Roma ed a Milano, mediante la rete telefonica commutata nazionale. I due nodi sono collegati, con la tecnica della commutazione di pacchetto ad una velocità di 4800 bit/sec, a quattro linee che rappresentano l'interfaccia Italcable con gli Stati Uniti. Apparecchiature con caratteristiche simili a quelle presenti in Italia gestiscono l'instradamento del traffico verso le reti a commutazione di pacchetto Tymnet e Telenet che, a loro volta, hanno il compito di instradare il traffico verso le banche dati richieste dall'utenza. Le 400 banche dati disponibili riguardano dati scientifici, calcolatori, dati finanziari, riferimenti bibliografici, arte etc.

Gli *intermediari dell'informazione (information brokers)* sono professionisti dell'informazione, in specifici settori, che conducono su commissione ricerche specializzate per conto dei loro clienti. Questa attività è molto sviluppata negli Stati Uniti, dove circa il 90% delle ricerche è condotta da intermediari specializzati.

La ricerca di informazioni altamente specializzate non è così agevole come potrebbe sembrare, specie quando è necessario consultare banche dati differenti. A prescindere dai problemi di "linguaggio" per la interrogazione della banca dati (ogni banca dati ha un proprio "software" che traduce la procedura di una ricerca in comandi al calcolatore), lo sviluppo e la crescita numerica delle banche dati nel mondo è talmente rapida che è necessario un permanente aggiornamento su tutto quanto è disponibile. Nel caso di ricerche molto specialistiche questo rende molto complesso per l'utente occasionale l'accesso diretto alle banche dati e giustifica il ricorso agli "information brokers".

Infine vi è *utente*. Si tratta dell'utente che, mediante un adeguato terminale, si

collega al calcolatore ed utilizza i dati. Il terminale, in particolare, può essere un video, o una apparecchiatura scrivente o tutte e due insieme.

La sequenza delle varie fasi di creazione e le modalità di accesso ad una banca dati sono schematizzate nella Figura 3 per il caso particolare di dati bibliografici. La Figura 4 mostra invece l'operatività di un terminale di tipo scrivente.

Una più recente modalità di accesso ad una banca dati è quella offerta dalla telematica mediante il *videotex*. Come è noto questo sistema, non solo permette all'utente, mediante un semplice televisore domestico, di consultare le informazioni memorizzate nel calcolatore del centro videotex, ma anche di accedere a quelle disponibili in un'altra banca dati di un host computer, collegato mediante un "gateway" a tale centro. Questa possibilità costituisce veramente il mezzo telematico più semplice per la diffusione di informazioni di ogni tipo con mezzi elettronici.

Figura 4. Interrogazione di un banca dati. Il collegamento fra utente e calcolatore è realizzato mediante il telefono; l'invio della richiesta e la ricezione delle risposte avviene su terminale scrivente o su video.

Come scegliere ciò che serve

Ogni operazione di ricerca parte da una interrogazione composta dai cosiddetti *descrittori*, cioè chiavi di ricerca. La domanda viene formulata con una sequenza di "descrittori" (per es. attività: ingegnere, settore: edilizia), in modo da precisare l'oggetto, senza lasciare spazio a equivoci, attraverso un abile gioco della logica di Boole che sfrutta le possibilità di raggruppamento e di scelta che il calcolatore sa rapidamente operare sull'intero archivio.

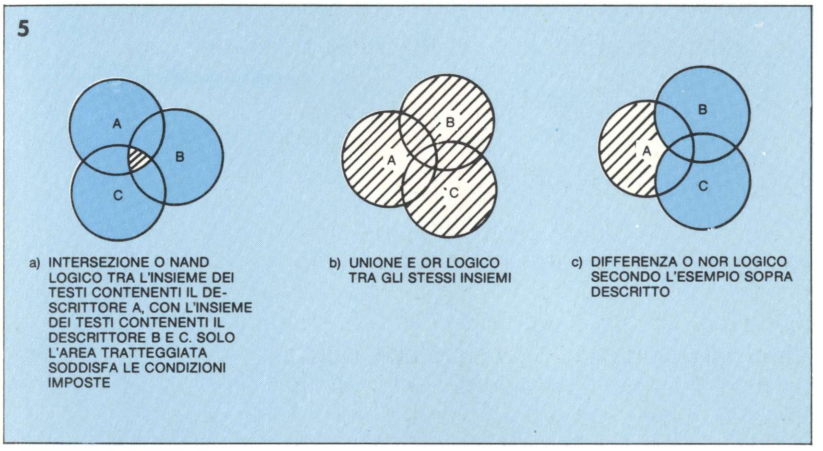


Figura 5. Strategia logica di ricerca. L'area interessata dalla ricerca è individuata dall'area tratteggiata.

La ricerca può essere condotta sulla base delle seguenti combinazioni logiche di descrittori, che sono illustrati graficamente nella Figura 5:

— l'intersezione: si desidera un testo nel quale siano contenuti i descrittori A, B e C;
— l'unione: si desidera ottenere un testo che contenga almeno uno dei descrittori A o B o C;
— la differenza: il testo che si ricerca deve contenere il descrittore A e non i descrittori B e C.

La Figura 6 riporta un esempio di dialogo per l'accesso ad una banca dati bibliografica IRS, gestita su un calcolatore che ha sede a Frascati, effettuato con terminale scrivente ed il linguaggio ESA-REQUEST.

L'esempio in questione prevede sei fasi distinte che sono descritte qui di seguito:

a) *Procedura di collegamento all'host computer.*
Su richiesta del calcolatore è introdotta la chiave di identificazione dell'utente e viene ricevuta la conferma dell'avvenuto collegamento.

b) *Selezione della banca dati richiesta.*
L'utente richiede l'accesso alla banca

Nella foto, controllo dell'enorme e complesso sistema della borsa valori.

dati 30 con il comando "Begin" ed il sistema risponde segnalando l'ora d'inizio del collegamento e parte della password. Comunica inoltre l'ammontare dell'addebito per la selezione della banda dati già effettuata e per l'occupazione della linea telefonica, espresso in *Accounting Units* (unità di addebito).

c) *Selezione preliminare.*
L'utente imposta la richiesta, che nel caso specifico si riferisce al descrittore "Advertising", e il sistema risponde comunicando il numero di testi disponibili nella banca dati, associati al termine richiesto e a quelli similari.

d) *Selezione ristretta.*
Viene segnalato il descrittore "Advertising", corrispondente al riferimento E6, ed il sistema risponde segnalando il numero di testi selezionati. Poi viene fatta una ulteriore selezione su "Italy" e poi su "Germany". Successivamente è stato fatto con "Combine" (cioè un "And" logico) una selezione dei testi contenuti "Italy e Germany", ottenendo 224 testi aventi entrambi i descrittori. Infine è stato fatto un nuovo "Combine" dei termini "Advertising" And "Italy" And "Germany" ottenendo 10 testi.

e) *Risposta alla ricerca.*
Il sistema segnala e stampa i 10 testi disponibili con i relativi riferimenti bibliografici.

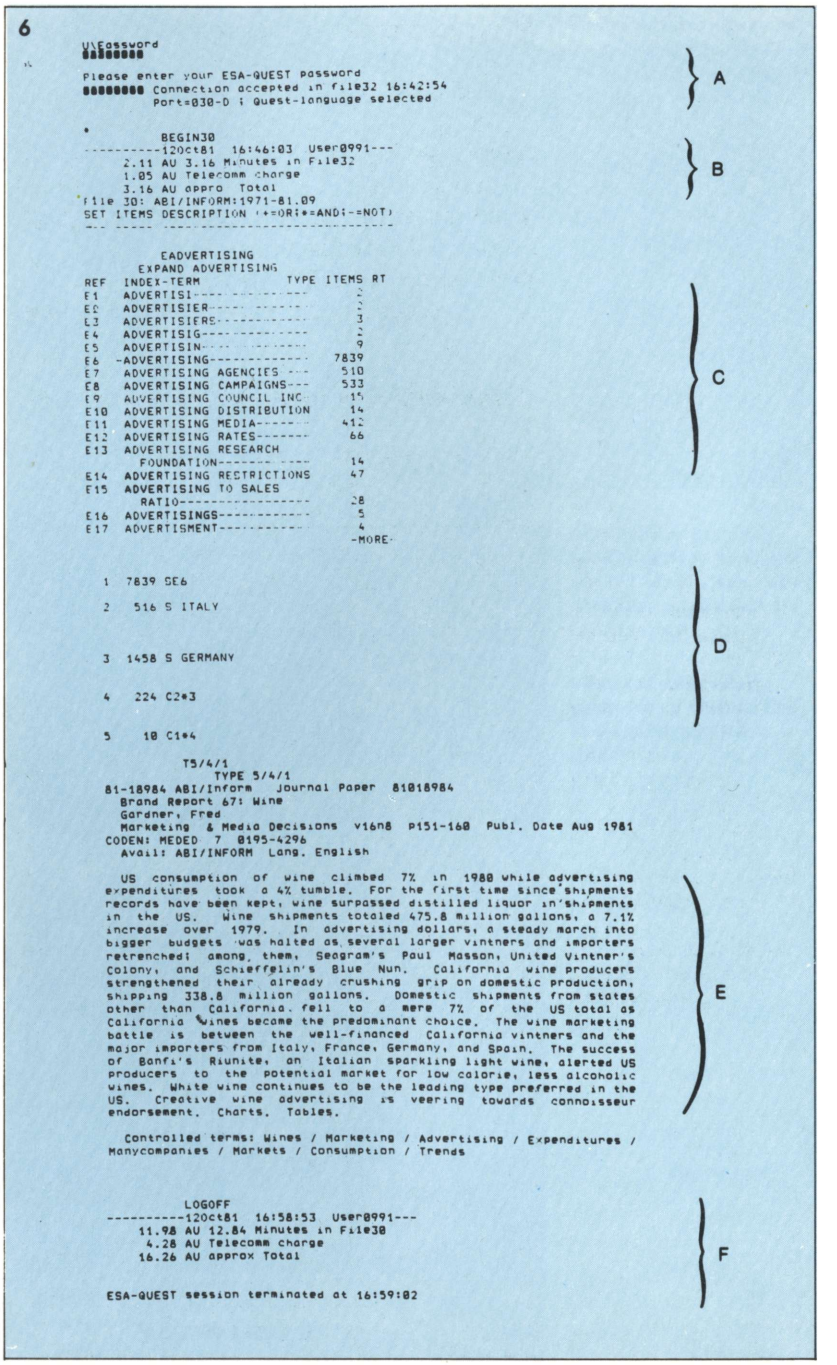
f) *Sconnessione dell'host computer.*
Il sistema segnala l'addebito dall'ultima segnalazione effettuata con data e ora.

Come si chiedono le informazioni

Come abbiamo detto, le reti internazionali di trasmissione dati permettono di consultare banche dati su elaboratori lontanissimi, anche in un altro continente. Un qualsiasi utente che dispone di un terminale e di un telefono può accedere alla banca dati desiderata. È sufficiente infatti formare un numero telefonico, commutare la linea su un *modem* (apparecchiatura di conversione dei segnali) e, con l'eventuale tramite di un satellite per telecomunicazioni, stabilire un collegamento con un host computer e chiedere di iniziare il dialogo con la banca dati. Questo può avvenire senza alcuna conoscenza delle tecniche di programmazione del calcolatore. Tra uomo e macchina inizia così un dialogo bidirezionale, utilizzando il particolare linguaggio di interrogazione dell'elaboratore e la lingua in cui sono redatte le informazioni (per la maggior parte dei casi in inglese).

In tutte queste attività indubbiamente la fase più critica riguarda l'apprendimento dei linguaggi di interrogazione e la conoscenza approfondita del contenuto delle singole banche dati. Per superare queste difficoltà, mano a mano che il mercato del-

Figura 6. Esempio di ricerca condotta su una banca dati. Esso mostra i diversi passi della ricerca.



le informazioni si allarga, gli editori organizzano, anche in Italia, seminari in cui vengono descritte le caratteristiche ed i contenuti delle banche dati che vengono messe a disposizione.

Per collegarsi con una banca dati on-line è necessario in pratica:

- un contratto SIP per l'abilitazione della linea telefonica commutata oppure dedicata e l'affitto del modem;
- un contratto con l'editore della banca dati;
- un terminale di interrogazione e risposta;
- conoscenza della struttura della banca dati;
- conoscenza del sistema che ospita la banca dati;
- conoscenza del linguaggio di interrogazione da terminale;
- conoscenza della strategia di ricerca;
- conoscenza dell'argomento da ricercare.

Disponibilità e costi delle banche dati

Quando ci si chiede cosa è possibile aspettarsi da una banca dati, sarebbe possibile rispondere "niente", o semplicemente "tutto". È evidente che non esiste una banca dati miracolistica per cui, premuto un pulsante, è possibile ricevere l'informazione già confezionata sulla base delle esigenze dell'utente. Le banche dati sono una miniera inesauribile di informazioni destinate sia alla grande organizzazione che al piccolo utente, che è ora in grado di ottenere lo stesso tipo di informazione (o quasi) che tempo addietro era alla portata solo delle grandi aziende.

In giro per il mondo vi sono circa 200 host computer che offrono attualmente la possibilità di accedere direttamente a 1200 banche dati differenti per finalità, tipo di informazioni, argomento, area geografica, frequenza di aggiornamento, etc. Gran parte di queste banche dati sono accessibili, mediante le connessioni internazionali transoceaniche, anche all'utente italiano.

La Figura 7 mostra la ripartizione in valore del mercato delle banche dati nell'Europa Occidentale e negli USA, riferita alla situazione del 1983 ed alle previsioni del 1985 e del 1990, elaborate su dati forniti da INPUT, una importante società di ricerche di mercato.

È agevole constatare immediatamente

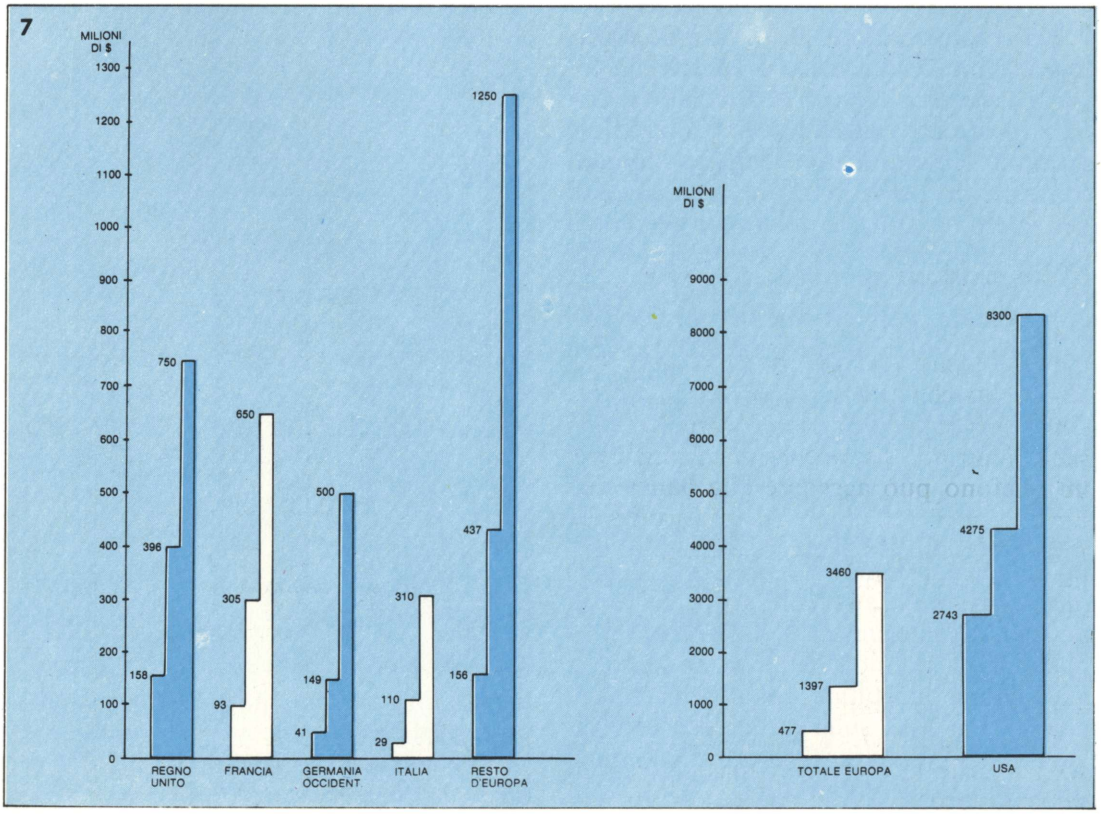


Figura 7. Dimensioni del mercato delle informazioni su banche dati on-line (dati del 1983, previsti per il 1985 e proiettati per il 1990) espressi in milioni di dollari. Il grafico di sinistra confronta fra loro i Paesi Europei e quello di destra L'Europa con l'USA. Si notino nel primo il trend di crescita nei diversi Paesi Europei e nel secondo le dimensioni del mercato statunitense rispetto a quello europeo.

l'importanza del mercato delle banche dati negli USA rispetto all'Europa (nel 1983 è stato 5 volte superiore in valore), ma si prevede che il mercato europeo cresca di oltre 8 volte dal 1983 al 1990, mentre quello statunitense solo di 3 volte. L'alto tasso di sviluppo previsto mostra l'importanza che le banche dati avranno in futuro per la diffusione in tutto il mondo delle informazioni.

La Figura 8 mostra invece la tipologia delle diverse banche dati disponibili nelle nazioni europee e negli Stati Uniti nel 1985.

Le banche dati pubbliche gestite da organizzazioni totalmente italiane sono in numero relativamente limitato, ma già ampiamente sufficiente a spaziare su un arco di dati a carattere nazionale. Le principali banche dati, che sono di primario interesse per gli operatori economici che lavorano in Italia, sono elencate nella Tabella 1.

Per quanto riguarda il costo per l'accesso alle banche dati, esso è formato da diversi componenti. Il terminale ha un costo che è, in molti casi, inferiore a quello di una buona macchina da scrivere elettrica. I modem e gli accessori costano un centinaio di migliaia di lire al trimestre; la linea telefonica, se commutata, ha la tariffa della normale teleselezione.

Per le informazioni vere e proprie esiste, invece, una vasta gamma di offerte di contratti a seconda del tipo di calcolatore. Generalmente per i sistemi che offrono informazioni bibliografiche vengono stipulati contratti che prevedono solo il pagamento dell'effettivo utilizzo, mentre i gestori di servizi informativi più strategici (informazioni commerciali ed economici) esigono abbonamenti annuali con canoni che possono ammontare anche a parecchi milioni di lire.

A titolo di esempio l'utilizzo di una tipica banca dati bibliografica può essere fatturata su base oraria con costi che si aggirano in media sugli 80-90 dollari/ora (moneta usuale dell'informatica) per il collegamento, e a parte vengono addebitate le singole informazioni estratte, con tariffe che variano tra i 10 centesimi e i 50 dollari per informazione, a seconda dell'host computer e delle risorse consultate. Un altro sistema di addebito si basa sulla durata del collegamento e sul numero di caratteri scambiati tra terminali ed elaboratore.

Scenario economico-sociale di sviluppo delle banche dati

Le banche dati e le reti di teletrasmissione internazionali permettono a chiunque, indipendentemente dal luogo, e purchè disponga di un telefono, di interrogare per mezzo di un terminale milioni di articoli, miliardi di dati numerici o testi. È possibile modificare la propria ricerca in funzione delle prime risposte ricevute ed ottenere in pochi minuti l'informazione desiderata. Questa rivoluzione della documentazione ha alcuni aspetti che è interessante prendere brevemente in considerazione per conoscere il vero scenario in cui essa si sta sviluppando. Negli anni passati l'informazione, dispersa e di difficile accesso, si presentava in forma rozza, ma per lo più gratuita, e i servizi pubblici ne assicuravano la raccolta e la classificazione nelle biblioteche e nei centri di documentazione.

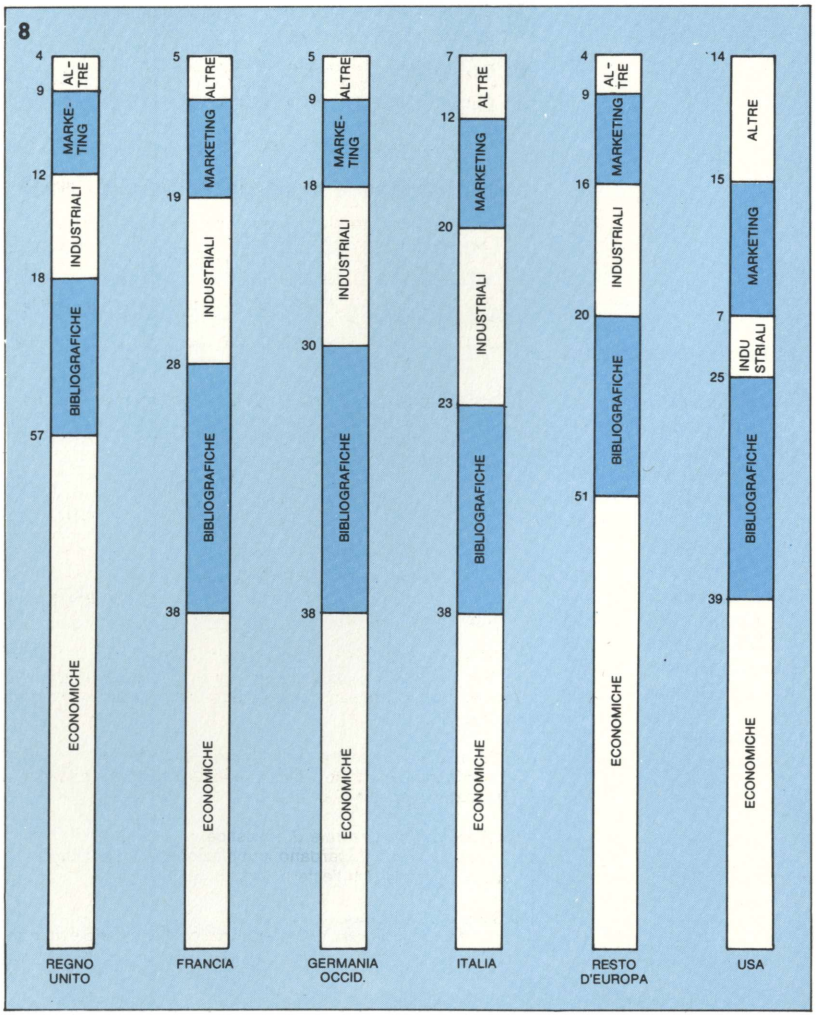


Figura 8. Previsioni di sviluppo nel 1985 (in percento) delle banche dati per i diversi tipi di informazioni nei vari paesi.

Ora, invece, la situazione è cambiata, perchè le informazioni, divenute merce, sono gestite dall'industria dell'informazione e sono regolate dalla legge del profitto. Con questo la documentazione, che è stata considerata per lungo tempo come un servizio accessorio, ha subito un cambiamento di ruolo sostanziale, in quanto la sua raccolta e la sua memorizzazione sono comparabili alla estrazione ed alla trasformazione di una materia prima. L'accesso al sapere, quindi, si vende come un qualunque altro prodotto industriale e gli imperativi della redditività e della concorrenza fanno prevedere una guerra commerciale, dove rischiano di essere annientate le nozioni di servizio pubblico.

Tabella 1. *Principali gestori di banche dati in Italia e tipologia delle informazioni disponibili.*

- ANSA (Agenzia Nazionale Stampa Associata)
  Le informazioni memorizzate sono destinate a redazioni, agenzie di stampa, case editrici.
- Camera dei Deputati (servizio per la Documentazione Automatica)
  Le informazioni riguardano l'attività legislativa dei deputati.
- CED (Centro Elettronico di documentazione della Corte Suprema di Cassazione)
  Le informazioni sono destinate a magistrati, notai, avvocati.
- CERVED (Centri Elettronici Reteconnessi Valutazione Elaborazione Dati)
  Le informazioni riguardano le attività economiche italiane e indicazioni di mercato.
- CILEA (Consorzio Interuniversitario Lombardo per l'Elaborazione Automatica)
  Le informazioni sono di tipo bibliografico con riferimento alla stampa pubblicata in Italia.
- CNUCE (Istituto del Centro Nazionale Ricerche - CNR)
  Le informazioni sono di tipo bibliografico sulla letteratura tecnica.
- ESRIN (European Space Research Institute)
  Le informazioni numeriche e testuali riguardano varie discipline tecniche e dati tecnici di materiali.
- GIANO (Sistema Informatico della Confindustria)
  Le informazioni riguardano dati di congiuntura, statistiche economiche, comercio, attività legislativa, lavoro, contrattazione.
- ICE (Istituto Nazionale per il Commercio Estero)
  Le informazioni danno dati quantitativi delle esportazioni, indicatori economici e prezzi.
- ISTAT (Istituto Centrale di Statistica)
  Le informazioni riguardano: popolazione, indicatori statistici, commercio con l'estero, prezzi.
- SIPE OPTIMATION
  Le informazioni sono di tipo economico-finanziario e riferite a dati di politica interna e internazionale, di economia, di cultura.
- SIRIO (Sistema Integrato Regionale di Informazioni Organizzate)
  Le informazioni riguardano le imprese industriali lombarde, il materiale disponibile presso biblioteche e le Associazioni Industriali, sentenze interessanti i rapporti di lavoro, dati statistici utili agli imprenditori.

La commercializzazione dei dati, stimolata dalla concorrenza fra i centri, sta avendo come effetto quello di migliorare le prestazioni, di aumentare la facilità di interrogazione delle banche dati e di ampliare sempre più la clientela. Proliferano gli studi di mercato per raggiungere gli utenti potenziali e nascono nuove società private per la gestione commerciale e tecnica delle informazioni, con il risultato che questo dinamismo mette evidentemente in seria difficoltà i servizi di documentazione pubblici che non riescono a stare al passo. Da questo consegue che, se il trasferimento delle conoscenze umane è retto dalle leggi del profitto, perchè bisogna ammortizzare gli alti costi di ricerca, è evidente che alle banche dati possono accedere solo coloro che hanno i mezzi finanziari per farlo. Ciò tende a creare una casta privilegiata del sapere, che può allargare sempre più le proprie conoscenze, e la tendenza generale ad immagazzinare preferibilmente dati utili ai paesi ricchi, piuttosto che a quelli poveri.

Nell'industria dell'informazione la supremazia americana è indiscussa, quando si considera che il 90% delle banche dati on line si trovano o hanno origine negli Stati Uniti e che il mercato mondiale dei calcolatori è dominato dalla tecnologia statunitense. La ricchezza dei giacimenti di informazioni è evidentemente una conseguenza della supremazia economica e scientifica degli Stati Uniti e del suo dinamismo imprenditoriale. Questa affermazione è dimostrata se si prende in considerazione il numero di interrogazioni fatte da utenti europei su sistemi che hanno base negli Stati Uniti: nel 1977 sono state 300 mila su totale di 1,5 milioni (l'Europa rappresentava il 20% del mercato americano), nel 1978 sono state 700 mila e per il 1985 sono previste 2,3 milioni. L'informatica e lo sviluppo delle telecomunicazioni aumentano le possibilità di accesso alle fonti del pensiero e rappresentano una grande opportunità per il genere umano.

Contemporaneamente, però, aprono un nuovo fronte nella guerra economica tra est e ovest, fra Europa e Stati Uniti, fra paesi ricchi e paesi poveri. Lo scarto dei livelli di conoscenza tra paesi ben informati (*data rich*) e nazionali sotto-informate (*data poor*) è certamente maggiore dello scarto dei livelli di vita tra ricchi e poveri.

Un'applicazione nella gestione del credito

Le banche dati che negli ultimi anni hanno avuto notevole sviluppo in termini informativi e di importanza sono quelle collegate ad attività di tipo commerciale. Si tratta di informazioni utili per allargare il giro d'affari per diversificare le aree di rischio, per individuare nuovi mercati o per migliorare la penetrazione in altri già esistenti. L'ultilità di disporre di simili banche dati è fondamentale per le piccole e medie aziende, che nella gran parte dei casi non possiedono strutture interne specializzate ed anche per quelle di maggiori dimensioni, che devono cercare fonti di informazioni attendibili ed aggiornate. A titolo d'esempio si vuole accennare al servizio di consultazione dell'Archivio Nazionale dei Protesti gestito dal CERVED.

L'Archivio Nazionale dei Protesti contiene 20 milioni di protesti di tutto il territorio nazionale. Questa gigantesca banca dati costituisce lo strumento principale per il controllo del credito e l'aggiornamento, basato sui bollettini dei protesti pubblicati per legge da tutte le Camere di Commercio, è quindicinale e garantisce quindi l'attualità dell'informazione.

Il servizio del CERVED è un sistema informativo che fornisce il tempo reale i dati sui protesti attuali e storici rilevati nei confronti di persone ed imprese. L'Archivio Nazionale dei Protesti contiene informazioni riguardanti 5 anni; le modalità di integrazione, semplici ma potenti, permettono di arrivare alla esatta definizione del nominativo che si vuole controllare.

La modalità di utilizzo più frequente è quella che permette il controllo immediato di un nominativo, ad esempio di un cliente di cui l'utente vuole controllare la posizione al momento di procedere alla concessione di un fido o allo stabilire delle regole contrattuali.

Può anche servire a scandagliare in maniera preventiva una certa zona. È infatti possibile ottenere su richiesta elenchi di protesti ordinati con le modalità più diverse: per comune, in ordine alfabetico, al di sopra di una certa cifra, relativi all'ultimo anno e mezzo e così via.

È quindi uno dei modi, insieme naturalmente ad altri, per valutare il rischio che può essere connesso ad un qualunque rapporto commerciale.

La Figura 9 mostra un tipo di consultazione. La ricerca sull'archivio viene fatta utilizzando fondamentalmente una sola maschera. Su questa si impostano il nome (o, cosa spesso più produttiva, la radice del nome stesso), la provincia ed eventualmente il comando che estende la ricerca geografica alla regione. Una volta ottenuto il o i nominativi si può chiedere la sintesi che fornisce tutti i protesti con data ed importo presenti in archivio o legati al nominativo individuato.

Altra possibilità utile è quella che permette di limitare temporalmente la ricerca, impostando data e anno da cui partire.

La struttura del sistema è tale che l'utente riesce ad arrivare all'individuazione precisa del protesto anche da un dato iniziale molto scarno.

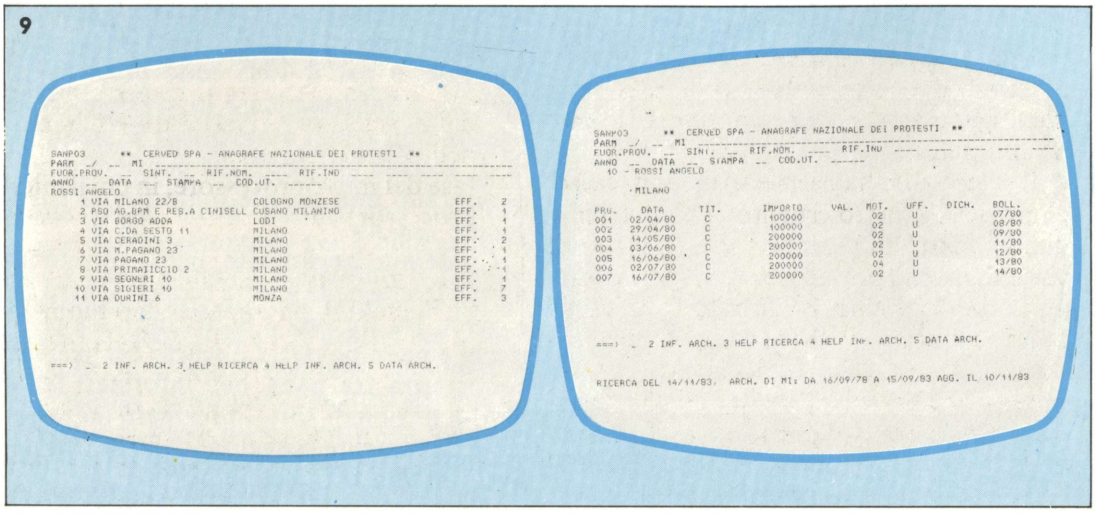


Figura 9. Esempio di una ricerca; a sinistra, la ricerca inizia con l'introduzione dei parametri di selezione: provincia MILANO, nominativo ROSSI ANGELO. Il sistema elenca gli 11 nominativi con indirizzi anagrafici che soddisfano a quelle condizioni; a destra, successivamente avendo specificato che il nominativo ricercato è alla riga 10, il sistema elenca i titoli protestati corrispondenti.

9 Il computer e la medicina

"Calcolatori e medicina: va bene, ma va bene a chi? Per la medicina o per i calcolatori?".

Iniziava così Guido A. Maccacaro un articolo, apparso il 19 novembre 1970 sul quotidiano "Il Giorno", per proseguire poi ... "quello cui stiamo assistendo e partecipando è lo sforzo della medicina di far suoi anche gli strumenti della più moderna e avanzata tecnologia o è lo sforzo dell'industria elettronica di aprirsi uno spazio nell'allettante mercato della medicina? Naturalmente non si tratta di un dilemma perchè l'una e l'altra cosa sono vere assieme ...".

Il 1970 era l'anno in cui apparve sul mercato il PDP11, simbolo non ancora tramontato dei minicalcolatori; ma a quella data il TAC, i cui primi prototipi già nel 1967 erano stati messi a punto nei laboratori dell'*EMI*, non era stato ancora ufficialmente annunciato da G.N. Hounsfield sul British Journal of Radiology nè il microprocessore INTEL 4004 era ancora apparso sul mercato.

È stato negli anni '70 che le interazioni tra medicina e calcolatore si sono evolute in modo straordinario e tumultuoso ma, forse più che allora, continua a rimanere valida la raccomandazione di Maccacaro "non distinguere nel loro intreccio le linee talvolta divergenti dei rispettivi interessi (della medicina e dell'industria elettronica) sarebbe pericoloso".

Questa premessa vuole essere un "caveat" sia per chi illustra le stupende realizzazioni ottenute in medicina grazie all'impiego dei calcolatori sia per il lettore cui tali rassegne sono dedicate. Esiste nella tecnologia sapientemente applicata alla gestione della salute dell'uomo una connotazione implicitamente positiva, difficilmente dimostrabile in altri settori applicativi, ove ideologie mercantili e/o consumistiche sono più palesi.

Il calcolatore ha permesso in molti casi di eliminare l'aspetto cruento di alcune indagini cliniche, ha permesso di migliorare le varie fasi della prevenzione, diagnosi, terapia e riabilitazione, ha fornito formidabili strumenti per la gestione delle strutture sanitarie. Tuttavia con il calcolatore l'aspetto "industriale" della gestione della salute dell'uomo è entrato prepotentemente nella medicina e si è venuto a sovrapporre all'aspetto "burocratico-amministrativo".

Anche sotto altri punti di vista, il calcolatore rivela caratteristiche contradditorie. Da una parte, il calcolatore è il principale componente di quel coacervo di apparecchiature che, permettendo di tenere in vita un organismo vivente al di fuori e al di sopra della sua volontà, sta ponendo problemi etici, conomici, sociali e politici difficilmente componibili nelle attuali strutture della società. D'altra parte, il calcolatore è alla base di molti strumenti in grado di eliminare (come detto) l'aspetto "cruento" in molte indagini effettuate sul corpo umano e/o di anticipare eventuali danni al momento della nascita. Quindi la "delfica ambiguità dell'informatica", così come viene definita dal sociologo Luciano Gallino, viene esportata anche nel settore sanitario esasperando contraddizioni difficilmente ricomponibili nella scala temporale imposta dall'evoluzione dei calcolatori.

In medicina il calcolatore ha assunto, essenzialmente, il ruolo tipico della "soluzione in cerca di problemi", favorito in ciò dal fatto che le applicazioni mediche hanno avuto un grosso ruolo promozionale per dimostrare anche la presenza di una conoscienza "buona" accanto a quella tipicamente militare e/o prevalentemente orientata al "business".

Quindi la storia delle applicazioni del calcolatore in medicina si evolve parallelamente all'evoluzione dell'informatica secondo alcune fasi che si possono approssimativamente riassumere così:

1. fase preliminare in cui il calcolatore era esclusivamente utilizzato per la ricerca biomedica;
2. fase dell'EDP, caratterizzata dalla gestione della cartella clinica, da applicazioni gestionali;
3. fase del minicalcolatore, caratterizzata dalla gestione di laboratori clinici, di neurofisiologia, etc.;
4. fase del microprocessore, in cui il microprocessore entra in quasi ogni strumento biomedico;
5. fase dell'immagine, in cui il calcolatore ha il ruolo di aggregare i dati biomedici più svariati in forme iconiche facilmente interfacciabili con l'operatore medico;
6. fase dell'intelligenza artificiale, in cui la messa a punto di sistemi esperti nel settore diagnostico potrebbe costituire un formidabile aiuto in un settore che sta

diventando sempre più complesso, articolato e difficilmente gestibile a livello dell'operatore medico al di fuori delle grandi istituzioni sanitarie;

7. fase della telematica, in cui i vantaggi della tecnologia cercano di essere distribuiti sul territorio attraverso quell'insieme di metodologie e tecniche che si riconoscono nel termine "telemedicina".

Come tutte le classificazioni anche questa è necessariamente approssimata; inoltre la classificazione basata sul parametro tempo, ovviamente, non è l'unica.

Tecnologie biomediche

La tematica "calcolatori e medicina" rientra nella più vasta tematica delle tecnologie biomediche. Sono argomenti che si intrecciano, si intersecano, e in cui i contorni delle discipline sfumano per interporsi tra loro, dando vita ad aggregazioni culturali le più diverse. Il Programma Italiano di ricerca nel settore delle tecnologie biomediche (preparato da un gruppo di lavoro coordinato da Luigi Donato e reso pubblico nel luglio 1982 dal Ministero per il coordinamento delle iniziative per la Ricerca Scientifica e Tecnologica), riporta una classificazione che può essere considerata in grado, come altre, di rispondere adeguatamente a opportuni criteri culturali-scientifici. Tuttavia, il fatto che esista un imprimatur governativo ne accentua le possibilità operative.

La classificazione citata struttura il settore delle tecnologie biomediche nelle seguenti aree, permeate, nella quasi totalità, della presenza del calcolatore:

1. *Bioimmagini*: insieme delle tecniche, procedure, metodologie sviluppate per acquisire, elaborare e presentare in modo opportuno immagini di strutture biologiche (Figura 1a e b): radiologia digitale, ultrasonografia, medicina nucleare, tomografia a raggi X, tomografia a emissione di positroni, tomografia a risonanza magnetico-nucleare, termografia, endoscopia etc..

2. *Valutazione funzionale*: insieme delle tecniche, procedure e metodologie volte ad acquisire, elaborare e presentare (sia come sequenze temporali, sia come distribuzione nello spazio, sia come distribuzioni nello spazio e nel tempo) segnali correlati a parametri fisiologici rilevabili nell'organismo e considerati rilevanti a fini diagnostici (elettrocardiografia, elettroencefalografia, elettromiografia, elettromappe cardiache, mappe dell'attività elettrica cerebrale, magnetografia, valutazione di pressioni, flussi etc.) Figura 2.

3. *Strumentazione per chimica e citopatologia*: strumentazione per chimica clinica (spettrofotometria, fluorimetria, radiometria, spettrometria di massa, risonanza magnetico-nucleare, gascromatografia) e strumentazione per indagini istologiche, citologiche e citopatologiche.

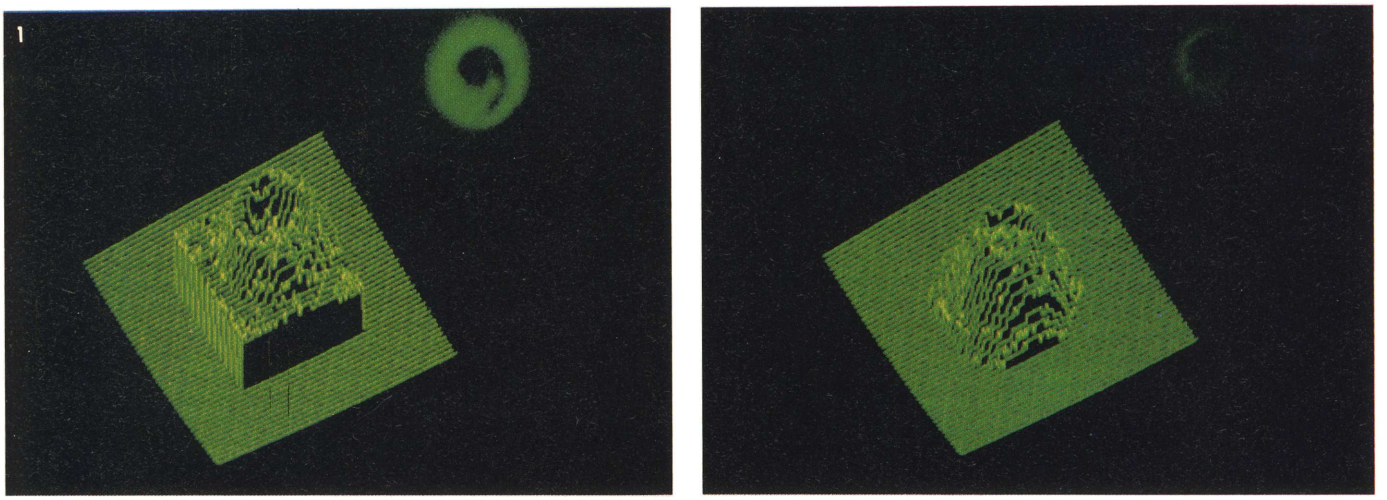
4. *Reattivi/Metodi diagnostici*: insieme dei reattivi e delle metodologie per misurare la concentrazione di composti circolanti e tessutali, e per riconoscere e tipizzare cellule o componenti subcellulari. Convergono in questo settore tecniche biochimiche e biologiche estremamente sofisticate, fino all'ingegneria genetica.

5. *Organi artificiali/protesi*: insieme delle tecnologie, strumenti, dispositivi che si propongono di sostituire in via transitoria o definitiva capacità funzionali danneggiate (stimolatori cardiaci, infusori - tra cui il pancreas artificiale - rene artificiale, protesi valvolari e vasali).

6. *Strumentazione di intervento terapeutico*: comprendono tecniche chirurgiche di riparazione, tecniche di sostituzione naturale (trapianti); tecniche di distruzione selettiva (raggi X, alte energie, sostanze radioattive trasportate da vettori specifici, impiego delle microonde, degli ultrasuoni, del laser etc.); tecniche di stimolazione palliativa e riparativa, (per attivare processi fisiologici mediante stimoli termici, meccanici, elettrici e magnetici nel trattamento del dolore, nella riparazione delle fratture etc.).

7. *Riabilitazione ed ausilii*: insieme degli interventi che si propongono il recupero funzionale degli handicappati e il miglioramento delle loro capacità di comunicazione, locomozione, controllo e in generale di incremento della autosufficienza (Figura 3).

Figura 1. a) In alto a destra, l'immagine di una cellula CHO-K1, in situazione vitale, così come appare all'occhio umano attraverso un normale microscopio ottico in contrasto di fase. La microscopia ottica "in contrasto di fase" è una tecnica inventata da F. Zenike (Nobel) negli anni '40 per consentire la visualizzazione di preparati biologici, normalmente trasparenti alla luce, senza necessità di colorazione.
Al centro, una visione assonometrica della stessa immagine ottenuta tramite calcolatore.
b) La stessa cellula con l'informazione quantitativa che può essere da essa "estratta" dopo elaborazione (con opportuno algoritmo che "modella" la reale situazione fisica dell'apparato di ripresa, cioè il microscopio) al calcolatore. Punto per punto, si può conoscere un numero che è in buona approssimazione proporzionale al numero di molecole presenti nella cellula.
La Figura a) è così un'immagine qualitativa mentre la Figura b) costituisce un'immagine quantitativa dello stesso oggetto, resa possibile dall'impiego dell'elaboratore elettronico.



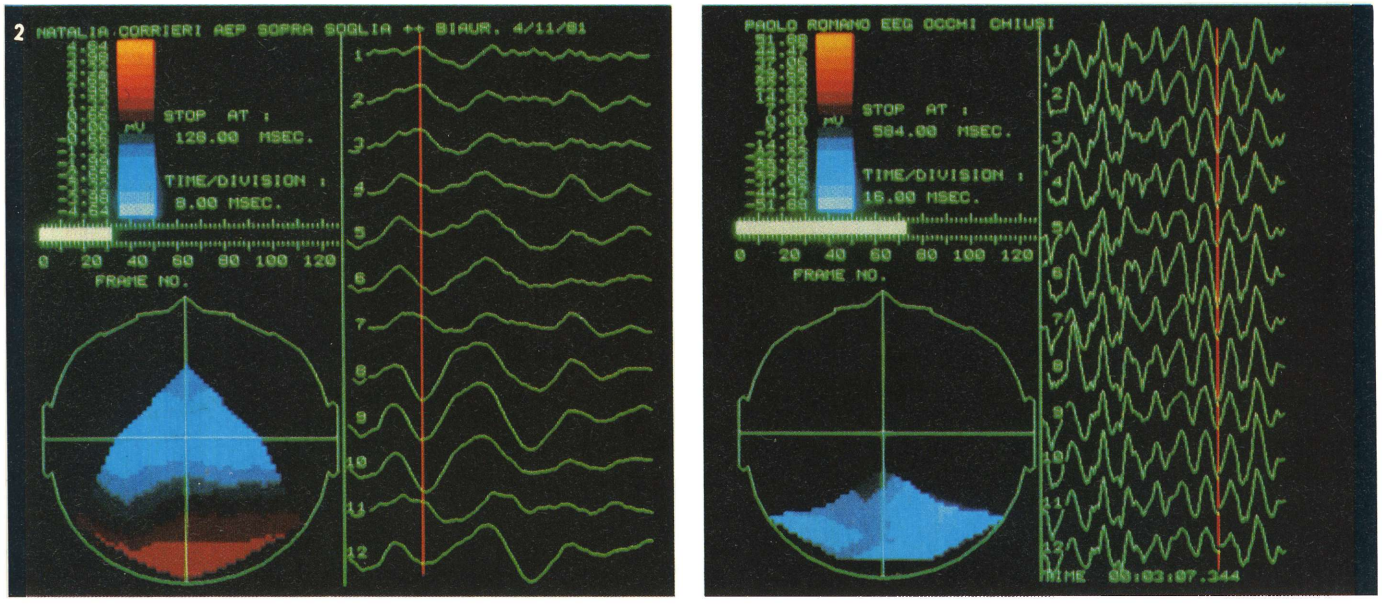


Figura 2. La rilevazione di attività elettrica cerebrale è basata sulla misura localizzata di tale attività per mezzo di elettrodi distribuiti sulla testa del paziente. Quindi, poichè il numero di elettrodi è, in genere, limitato, si effettua un campionamento spaziale della variabile analizzata: in questo caso, l'attività elettrica. Poichè, d'altra parte, tale attività è caratterizzata da una variazione nel tempo, l'analisi e la rappresentazione del fenomeno deve tenere in considerazione sia l'aspetto spaziale che quello temporale delle misure.
Nasce quindi il problema della rappresentazione spazio-temporale. In figura sono riportate immagini ottenute mediante metodologie elaborate con l'obiettivo di pervenire a un corretto "interfacciamento" immagine-medico.
a) Immagine tratta da una sequenza dinamica che rappresenta potenziali evocati acustici. Nella parte alta a sinistra abbiamo la corrispondenza tra valori di tensione e scale di colori. La barra orizzontale verde si muove dinamicamente, da sinistra a destra, via via che viene effettuata la presentazione delle varie immagini. Sulla destra sono indicate le tracce orizzontali relative ai codici potenziali evocati, prelevati dai rispettivi elettrodi. Sulla sinistra è presentata la rappresentazione iconica dei livelli di potenziale relativi ai valori indicati dalla linea rossa, posizionate sulle tracce di destra.
b) Tracciati elettroencefalografici.

Figura 3. La produzione di testi scritti sta entrando nell'ambito di competenza dei calcolatori di tipo personal. Rispetto alla tecnica tradizionale, basata su macchine da scrivere, il personal offre una vasta gamma di servizi che permettono di produrre ed elaborare testi in modo molto flessibile. Ma come può un disabile motorio, incapace di usare una macchina da scrivere, interagire con un dispositivo simile? La flessibilità e programmabilità del personal permettono di adattarlo al meglio alle residue capacità motorie del disabile anche nell'ipotesi che questi sia in grado di utilizzare soltanto uno o due macro-tasti. Nel caso del LOGOS, il disabile compone il testo premendo il tasto rosso quando la lettera che vuole selezionare si presenta al termine dell'"imbuto", colorandosi in rosso come la parola che sta componendo. LOGOS "versa" caratteri nell'"imbuto" cercando di prevedere quali sono i caratteri necessari per completare la parola: per esempio, se ho scritto "son" è probabile che il prossimo carattere sia o, n, e, a, i, mentre è molto improbabile che sia b, c, ... ecc.. I caratteri avanzano nell'imbuto ritmicamente e il loro moto può essere invertito (se un carattere è andato perduto) premendo il tasto nero. La forma dell'imbuto ha lo scopo di permettere al disabile di mantenere l'attenzione rivolta alla parola che sta componendo e, nello stesso tempo, di percepire (e riconoscere) i nuovi caratteri versati nell'imbuto anche con la visione periferica.
Il colore gioca un altro ruolo importante in quanto mette in evidenza i diversi campi funzionali: l'imbuto di caratteri (in azzurro), la parola in corso di composizione (in rosso), il testo composto (in bianco).

Informatica sanitaria

Informatica sanitaria, informatica medica. L'accostamento di aggettivi legati alla salute dell'uomo (sanitario, medico) al termine omnicomprensivo di informatica potrebbe far sorgere il ragionevole dubbio che il termine informatica sanitaria o informatica medica possa racchiudere al suo interno tutto ciò che, in ambito sanitario, al calcolatore fa riferimento. Eppure nel già citato programma nazionale di ricerca nel settore delle tecnologie biomediche, che fa ampio riferimento all'introduzione dell'informatica in molti aspetti della gestione della salute, il termine informatica sanitaria non compare.

Esso non compare esplicitamente neppure nel progetto finalizzato CNR di Informatica, avviato nel 1979, nè nel progetto finalizzato CNR di Tecnologie Biomediche e Sanitarie avvicinato nel 1982. Strano destino per un nome aggettivato che avrebbe voluto esprimere l'intersezione delle due aree: quella dell'informatica e quella della sanità. Tuttavia, se si analizza in una prospettiva storica il ruolo del calcolatore nella sanità, si può osservare che mentre all'inizio il calcolatore fu introdotto specialmente nell'area della ricerca biomedica, prevalentemente come strumento di calcolo, il suo uso divenne quantitativamente prevalente quando (negli anni '70) fu orientato a fini organizzativi e gestionali (come sottolinea nel 1975 Paola Manacorda). Pertanto, specie in Italia, "il calcolatore come supporto dell'attività organizzativa" all'interno degli ospedali, "l'automazione della cartella clinica", "il Sistema Informativo Ospedaliero", "l'automazione nei sistemi sanitari di area" si identificano generalmente con la tematica dell'informatica sanitaria.

La successiva adozione di tale terminologia da parte di amministratori e gestori della salute pubblica ne ha scolpito definitivamente i contorni identificando l'area dell'informatica sanitaria come quell'area (dell'informatica) in cui la specificità del settore sanitario non risulta talmente determinante da modificarne, in modo sostanziale, la caratterizzazione metodologica e/o tecnologica.

Molte aziende specializzate in software gestionale sono state in grado di produrre anche nell'ambito dell'informatica sanitaria in quanto le competenze acquisite in altri settori potevano essere adeguatamente trasferite a quelle della sanità. Tuttavia i risultati ottenuti, anche se a volte brillanti dal punto di vista tecnico scientifico, sono stati finora inferiori alle aspettative. Oltre alle difficoltà proprie dell'informatica in ambito sanitario (fatto già verificatosi nel settore aziendale), le implicazioni di carattere politico e burocratico hanno fatto sì che a massicci sforzi, in termini di investimento e di lavoro, non hanno finora corrisposto pienamente i risultati attesi.

Non bisogna inoltre dimenticare che gli anni '70 sono stati anche spettatori del passaggio dalla filosofia del mainframe, ossia dalla filosofia basata sul grosso calcolatore centrale (da EDP), a quella del personal computer, più decentralizzata. Qui non si tratta di stabilire quale dovrà essere la collocazione del più ragionevole compromesso tra queste due filosofie per ottenere il raggiungimento del rapporto costi/benefici ottimale; però, non si può sottovalutare il fatto che molte ingenuità, molti errori commessi specie nella automazione della cartella clinica e nella formulazione dei sistemi informativi ospedalieri, sono da attribuire a errate e aprioristiche scelte iniziali della particolare architettura informatica da adottare.

Anche i programmi messi a punto (anni fa) per raccogliere e memorizzare i dati relativi all'anamnesi, alla storia del paziente, "sembravano offrire in questa area grandi promesse", come ricorda Mousden S. Blois, "Ma in seguito il loro interesse sembre essere diminuito". Blois ritiene che la causa di questi insuccessi nella raccolta di dati storico-medici del singolo paziente non sia difficile da localizzare. "Al fine di porre al paziente domande significative, il medico usa il suo common sense e conoscenze mediche generali. Ma per essere significativo, un fatto deve essere significativo per qualcosa e questo qualcosa è ordinariamente una diagnosi. Non possiamo raccogliere dati significativi senza avere in mente una teoria o una diagnosi, anche se c'è chi pensa che la raccolta dei dati e la diagnosi possano aver luogo come attività distinte".

Anche per quanto concerne i sistemi informativi ospedalieri, Paola Manacorda ri-

tiene sia possibile pervenire ai motivi per cui in tale campo i risultati non hanno corrisposto alle aspettative iniziali. Scriveva la Manacorda: "Per poter produrre i suoi effetti, che si presumono positivi, un Sistema Informativo deve poter funzionare in un contesto decentemente organizzato; occorre cioè che le disfunzioni del sistema globale non inficino le possibilità di funzionamento della sua parte informativa. Ma, e qui sta il punto, il tessuto organizzativo del sistema globale non ci esaurisce in quello informativo, ma comprende una quantità di altri aspetti sui quali non è possibile incidere attraverso il solo controllo delle informazioni; essi riguardano, nel caso particolare dell'ospedale, la consistenza degli organici, e i rapporti esistenti tra le diverse componenti (mediche, ausiliarie, amministrative), problema questo più volte sottovalutato; riguardano ancora i rapporti tra l'ospedale e il suo bacino di utenza e quelli tra l'ospedale e le altre strutture sanitarie".

Queste parole furono scritte nel 1975 ma continuano ad essere valide. Tuttavia, ora, il personal computer sta aprendo orizzonti insperati. La sua introduzione nel bagaglio tecnico-culturale del medico di base potrebbe avere effetti positivi, attualmente non quantificabili. L'alleggerimento dei fardelli burocratico-amministrativi insieme alla possibilità di avere una facile accessibilità alla conoscenza di indicazioni farmacologiche, terapeutiche e diagnostiche in settori molto specialistici; un sapiente uso delle potenzialità della telemedicina potrebbe permettere al medico di base quella totale riapprovazione della medicina da cui proprio certe forme primitive di tecnologia e di organizzazione avevano cooperato ad allontanarlo.

Strumentazione biomedica

La struttura classica di uno strumento utilizzabile in campo biomedico è costituita da un *trasduttore* (il dispositivo che trasforma il segnale di interesse biomedico, che si vuole captare, evidenziare e/o misurare, in un segnale elettrico facilmente "gestibile") da un apparato di elaborazione del segnale elettrico ottenuto, attraverso il trasduttore, e da un sistema di visualizzazione e/o di presentazione all'operatore medico e paramedico.

In un apparecchio per registrare l'attività elettrica cardiaca, il trasduttore è costituito da un semplice elettrodo poichè il segnale da captare è già di tipo elettrico, in un apparecchio per fonocardiogrammi il trasduttore è dato da un microfono in grado di "trasdurre" un segnale acustico in un segnale elettrico. Il segnale elettrico ottenuto dall'elettrodo o dal trasduttore viene opportunamente filtrato, amplificato e infine inviato a un sistema di visualizzazione che può essere costituito da un nastro di carta che muovendosi a velocità costante genera una temporizzazione o da un piccolo oscilloscopio in cui tale temporizzazione è generata elettronicamente.

Ciò avveniva nella strumentazione classica fino agli inizi degli anni '70 e avviene, tuttora, nella strumentazione più economica. Tuttavia l'introduzione del microprocessore ha modificato la filosofia di progettazione in tutti i vari stadi precedentemente descritti.

Infatti il segnale elettrico, all'uscita dell'elettrodo e/o del trasduttore, può venire immediatamente campionato nel tempo e digitalizzato attraverso un opportuno convertitore analogico/digitale e da questo punto in poi, può essere gestito senza porre limiti alla fantasia del progettista e alle richieste della comunità medica.

Ben altre difficoltà incontrava il progettista, negli anni '60, quando doveva porsi come interfaccia tra le richieste del medico e le possibilità offerte dalla macchina elettronica, avendo a disposizione solo i primi amplificatori operazionali (realizzati su chip) e una manciata di resistenze e condensatori con cui costruire la rete elettrica più opportuna per costringere il circuito elettrico a effettuare sul segnale, in modo analogico, le operazioni desiderate! Erano i tempi in cui spesso il progettista elettronico doveva nascondere la sua impotenza progettuale dietro i concetti, astrusi per il medico, di derivata, integrale e così via, perchè non era in grado nemmeno di memorizzare in modo soddisfacente spezzoni di segnali elettrici della durata di un secondo.

Automazione del laboratorio di analisi

Il calcolatore nel laboratorio di analisi ha assunto un ruolo centrale, sia a livello della singola apparecchiatura, che a livello del sistema in grado di gestire automatica-

mente l'effettuazione delle analisi.

1. Per quanto concerne la singola apparecchiatura possiamo dire che il microprocessore ha provocato una rivoluzione nella progettazione della strumentazione impiegata in chimica-clinica, in microbiologia etc.. Il dato che si vuole misurare, sia esso concentrazione di calcio, o pH o altro, viene immediatamente digitalizzato (ridotto a numero), qualunque sia la tecnica o la metodica di misura adottata. A questo punto le operazioni di taratura si riducono a semplici operazioni numeriche, che non richiedono più i classici aggiustamenti (effettuati con dispositivi elettromeccanici, quali potenziometri e condensatori variabili), la cui filosofia era quella di procedere alla calibrazione dello strumento agendo direttamente sul segnale analogico o sulla misura vera e propria.

Lo strumento assolve alla funzione di stabilire una corelazione tra l'insieme dei possibili campioni da misurare e lo spazio dei valori numerici che a tali campioni possono venire associati. Solo successivamente a tali valori numerici vengono associati dei valori correlati a standard e/o campioni di riferimento che ne permettono il confronto e la comunicazione sia a livello del singolo laboratorio, sia a livello di normative nazionali e/o internazionali. In altre parole, è necessario che lo strumento riesca ad associare al valore di una certa grandezza, in modo univoco, un certo valore numerico; e deve fare questo con una buona sensibilità, una adeguata risoluzione e una sufficiente linearità. Poi ci penserà il microprocessore, purchè lo strumento si comporti in modo rigorosamente ripetitivo, a fare le dovute interpolazioni, a operare le necessarie linearizzazioni, a eseguire le opportune conversioni numeriche.

Il ruolo del calcolatore nell'automazione di alcune procedure di laboratorio è analogo a quello del calcolatore inserito nell'automazione di un qualsiasi processo produttivo. In questo settore l'evoluzione tecnologica negli anni '70 ha prodotto risultati impressionanti. Attualmente le architettura informatiche impiegate sono le più diverse: esistono sistemi basati su un calcolatore centrale, sistemi basati su reti di microprocessori e sistemi basati su architetture multiprocessore.

Per aumentare la flessibilità del sistema, svincolandosi da strutture molto rigide, che a stento permettono parziali sostituzioni, i singoli sottosistemi tendono a essere considerati come apparati a se stanti, aventi le caratteristiche di periferiche del sistema di automazione globale. Ossia non solo viene ridotto a una periferica, lo strumento di misura ma anche il sistema di manipolazione, gestione, lettura dei provini e quello di registrazione e memorizzazione dei risultati ottenuti.

Infatti una delle caratteristiche precipue del laboratorio di analisi cliniche è quello della manipolazione di un numero di campioni molto elevato da effettuare in tempi difficilmente pre-ordinabili, in quanto "dovrebbe" essere l'utenza, ossia l'insieme dei pazienti, a dettare il ritmo e i tempi delle analisi e delle procedure relative. Purtroppo, nel recente passato, l'immissione sul mercato di sistemi caratterizzati da "folli" prestazioni quantitative e da intollerabili rigidità hanno cooperato a indurre dannosi atteggiamenti di consumismo provocato dalla necessità di far funzionare macchine sovradimensionate a livelli di produttività tali da giustificarne l'investimento iniziale.

Ora però lo stesso concetto di flessibilità introdotto nei processi di produzione industriale (ad esempio le linee di saldatura e di assemblaggio adotatti alla FIAT) è stato esportato anche nell'automazione del laboratorio di analisi mediche. Così i robot di manipolazione delle provette cominciano ad essere introdotti accanto ai classici sistemi di movimentazione delle provette stesse; così primitivi sistemi di visione in grado di interpretare codici a barre, o semplici codifiche numeriche, cominciano a venire usati al fine di eliminare errori di identificazione delle provette stesse. In questo contesto il ruolo degli standard di interfacciamento digitale e i protocolli relativi a reti informatiche locali sono diventati fondamentali.

Il 1975, anno in cui lo standard HP-IB diventò il famoso Std. IEEE 488, è ormai diventato una data da ricordare, nella scala temporale della diffusione degli standard di interfacciamento. Ora, in certi sistemi, prima viene definita la rete, il protocollo di interfacciamento, poi si aggiunge il calcolatore o la particolare architettura informatica e poi via via tutto il resto del laboratorio di analisi.

Immagini in medicina

L'immagine in medicina è una rappresentazione, spazio-temporale (atta ad essere fruita dal sistema visivo dell'operatore medico), di elementi correlati in qualche modo alle caratteristiche, variabili nel tempo e nelle varie "disposizioni" topografiche, del segmento biologico in esame.

Quello che l'operatore vuole vedere come immagine è la distribuzione, geometricamente correlata al segmento in esame, di alcune proprietà il cui significato diagnostico consiste proprio nella distribuzione quantitativa di tali caratteristiche nelle varie locazioni spaziali. Ad esempio: superfici di separazione tra i vari organi (ultrasonografia), distribuzione delle densità radiologiche (radiologia), distribuzione dell'attività radioattiva (medicina nucleare).

Esistono metodiche in grado di fornire immagini anche senza l'ausilio del calcolatore: la radiologia e la medicina nucleare tradizionali, la fotografia del fondo oculare, la fotografia stereoscopica per medicina plastica, la fotografia a frange di interferenza usata in ortopedia etc.. Tuttavia attualmente quando ci riferiamo al settore definito, addirittura, col termine *bioimmagini*, molto spesso si sottointende ottenute con l'ausilio del calcolatore.

Tutto è iniziato con la Tomografia Assistita da Calcolatore, all'inizio degli anni '70. La *TAC* ha dimostrato, al di fuori dell'importanza del suo ruolo diagnostico, che l'informatica è in grado di fornire un prodotto fruibile direttamente dal clinico, senza alcun bisogno di ricorrere ad alienanti meta-simboli non esplicitamente legati a quello che il clinico stesso vorrebbe sempre ottenere da uno strumento biomedico: una precisa correlazione dell'indagine con la struttura anotomo-funzionale del paziente. Mediante la TAC si ottiene una matrice di numeri che rappresentano le densità radiologiche relative a un definito "*voxel*" (elemento di volume) in una certa "fetta" del segmento biologico esaminato. Ossia, mediante tecniche di elaborazione e visualizzazione di immagine, tali matrici di numeri possono venire rappresentate pixel per "pixel" (picture element: elemento di immagine) mediante opportune distribuzioni di tonalità di grigio e/o colore (Figura 4). La TAC è così in grado di offrire all'operatore medico una immagine atta a sfruttare l'enorme capacità di analisi del sistema visivo umano. L'immissione sul mercato della TAC ha sollecitato laboratori e ricercatori a sfruttare le potenzialità teoriche di vari sistemi di indagine al fine di ottenerne immagini articolate e pronte alla utilizzazione clinica, quindi gli anni '80 vedono, in un susseguirsi incalzante, apparire:

1. il *Ricostruttore Spaziale Dinamico* che consente l'analisi dinamica di certi segmenti corporei: in modo particolare il muscolo cardiaco;

2. la *Radiografia Digitale*, in cui, utilizzando la tecnologia dei rivelatori ed emettitori di raggi X (impiegata nella TAC), si ottengono le informazioni radiologiche direttamente in forma numerica (Figura 5);

3. la *Radioscopia Digitale*, nella quale l'immagine, proveniente dall'intensificatore di luminosità viene convertita in forma numerica previa trasformazione in un segnale video, da parte di una telecamera ad elevata risoluzione, controllata da microprocessore, e successivamente elaborata. Una interessante applicazione consiste nella sottrazione tra l'immagine "a vuoto" (prima dell'iniezione del mezzo di contrasto, la cosiddetta *maschera*) e l'immagine con contrasto, adottata nel modo più produttivo in quella che ormai è chiamata Angiografia Digitale (Figura 6);

4. nel settore degli *Ultrasuoni*, il calcolatore viene impiegato per migliorare la qualità delle immagini ottenute, mentre tecniche di tomografia a ultrasuoni sono ancora a livello di laboratorio;

5. la *Tomografia per Emissione Positronica* si basa sull'impiego di radionuclidi capaci di emettere positroni, la cui posizione può venire opportunamente rilevata. Alcuni risultati relativi alla visualizzazione dell'attività cerebrale correlata a stimazioni acustiche e visive hanno suscitato notevole interesse nella comunità scientifica;

6. la *Tomografia per Emissione di Fotone Singolo*, la *Risonanza Magnetica Nucleare* e la *Tomografia Compton* sono ulterio-

ri esempi del recupero di noti principi fisici, che hanno trovato nelle tecniche di tomografia con l'ausilio del calcolatore inimmaginabili sviluppi applicativi;

7. la *Termografia* permette di ottenere immagini correlate alla distribuzione di temperatura nella superficie cutanea, ma espressive dell'attività termogenetica delle strutture sottostanti;

8. la *Citometria Automatica*, che permette il riconoscimento di cellule patologiche, rispetto a cellule normali attraverso l'analisi della loro forma e/o densità ottica e il calcolo automatico della formula leucocitaria del sangue.

L'elenco, pur incompleto, vuole sottolineare che l'interazione tra operatore medico e immagini sta diventando sempre più complessa e ricca di informazioni; tanto che potremmo definire ormai i medici, che si interessano delle procedure per ottenere e interpretare tali immagini, col termine di "eidologi medici", ossia creatori e studiosi di immagini di interesse medico.

Nei film di fantascienza è ricorrente l'episodio (che è ormai un luogo comune cinematografico) delle procedure di tipo medico a cui viene sottoposto l'alieno (raccolto in cattive condizioni di salute nello spazio). Ebbene, l'alieno viene introdotto in una specie di tunnel e all'esterno l'operatore vede, su grandi schermi, la sua struttura anatomica, il funzionamento dinamico dei suoi organi, i processi metabolici in atto.

Peccato! Tra qualche anno, i frequentatori dei cineforum non troveranno niente di eccezionale in quelle sequenze cinematografiche, che per spettatori della nostra generazione erano così ricchie di pathos e di novità.

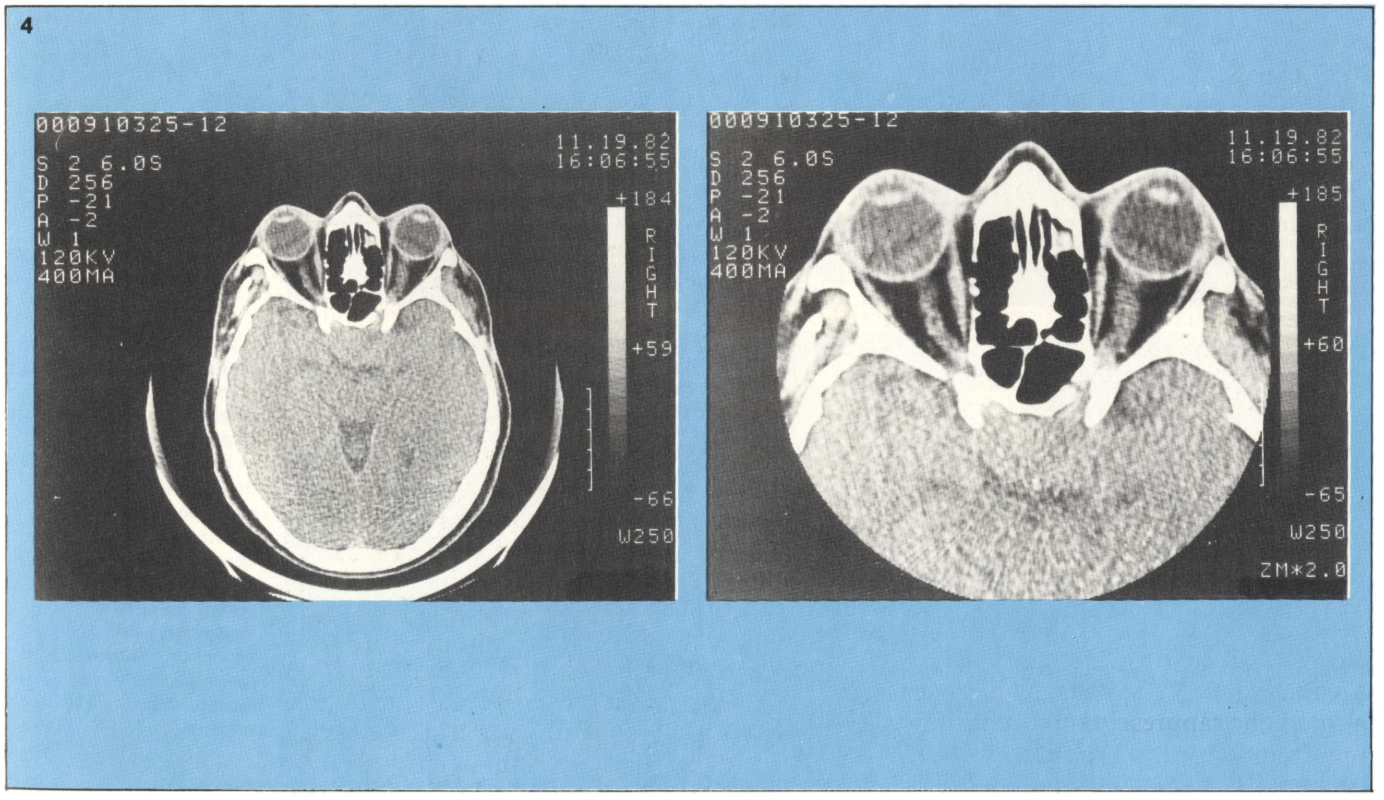


Figura 4. L'immagine riportata, ottenuta tramite la Tomografia Computerizzata a raggi X, costituisce ormai un "classico" della eidologia medica. Quindici anni fa sarebbe stato impensabile ottenere una immagine di tale tipo. Essa si riferisce a una sezione eseguita a livello del piano neuro-oculare; è come se si fosse "congelato" un cranio e lo si fosse "segato" a livello degli occhi per poi prenderne una fotografia molto contrastata in bianco e nero. Invece ciò è stato ottenuto tramite un TAC, utilizzando raggi X. L'immagine col suo dettaglio ingrandito ad alta risoluzione (vedi l'immagine a sinistra), anche per un profano, è stupenda: basti pensare che quei raggi X che ci avevano insegnato essere in grado di mettere in evidenza solo le strutture ossee, qui vengono utilizzati per indicare anche strutture "soft", quali i bulbi oculari, le sostanze grigia e bianca cerebrale. Addirittura si può osservare la presenza del cristallino, del nervo ottico e di alcuni muscoli oculari.

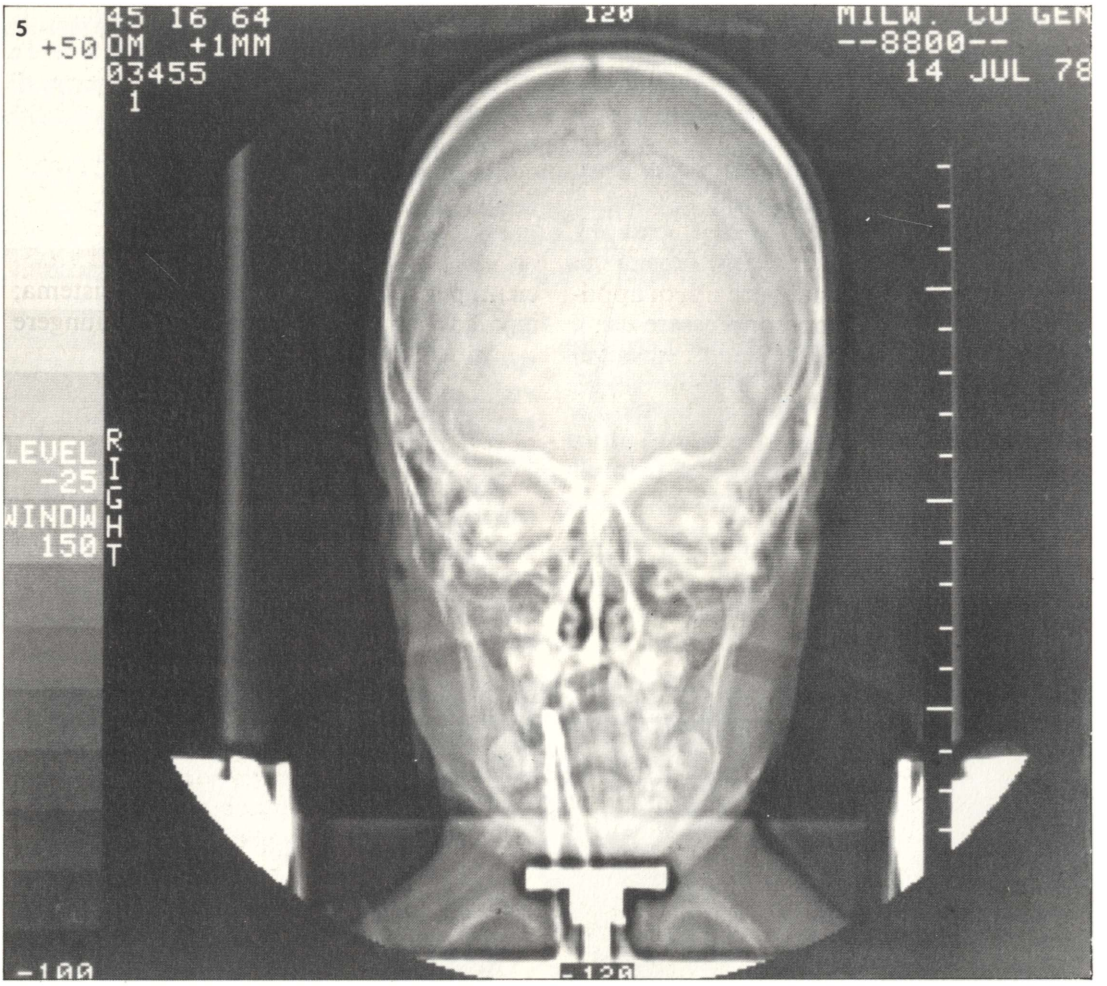


Figura 5. Immagine radiografica del cranio, visto di faccia, ottenuta per via puramente digitale, mediante un tomografo computerizzato a raggi X.
La pellicola fotografica è stata utilizzata solamente per riprodurre l'immagine visibile sul display elettronico. Questa immagine reca una buona parte dell'informazione presente sulla radiografia standard, peraltro sempre indispensabile ai fini diagnostici. È realizzata nella pratica soprattutto per consentire la scelta dello strato nel quale effettuare la scansione tomografica computerizzata.

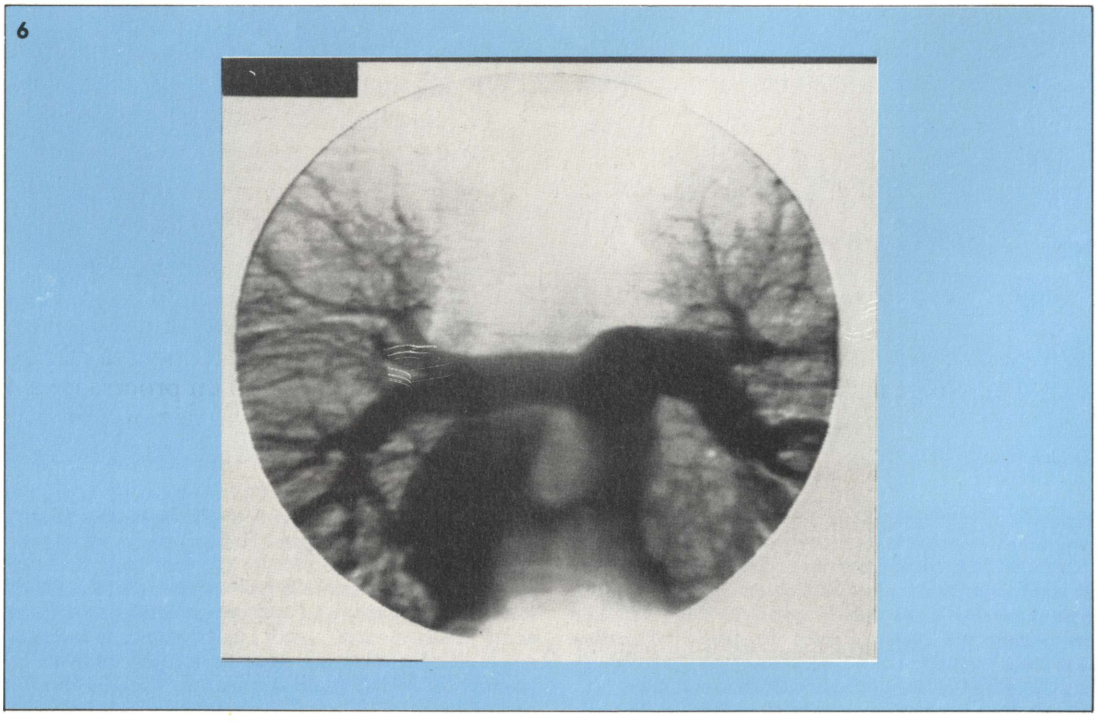


Figura 6. Angiografia digitale dell'arteria polmonare nel punto di origine del cuore (una parte del quale è visibile in basso, al centro) e delle sue diramazioni nel polmone destro e sinistro.
Questa immagine è stata ottenuta dopo una semplice iniezione endovenosa di mezzo di contrasto e sottrazione di immagine dalla maschera precedentemente ottenuta.

Tomografia Assistita dal Calcolatore

Attualmente la maggior parte dei tomografi computerizzati a raggi X usa un fascio di raggi X, emessi a ventaglio su un piano perpendicolare all'asse longitudinale del paziente, che può essere posizionato in un qualsiasi punto di tale asse e quindi corrispondere a una qualunque sezione trasversa del corpo del paziente stesso.

I raggi X dopo aver attraversato la sezione in esame vengono captati da rivelatori opportunamente disposti. Mentre il paziente rimane fermo, la sorgente di raggi X, e spesso anche il sistema di rivelazione, vengono fatti muovere al fine di ottenere un insieme di differenti "proiezioni" ottenute per differenti incidenze del fascio di radiazioni.

La ricostruzione della struttura interna di un oggetto mediante "proiezioni" è un argomento che ha assestate radici teoriche. Nel 1917 il matematico J. Radon aveva già scritto un fondamentale articolo sul tema della ricostruzione di una funzione a partire dai suoi integrali di linea. Pertanto cercare di spiegare il principio su cui si basa la ricostruzione per proiezioni in parole semplici banalizza una delle più belle pagine della storia della tecnologia, che vede il matematico Radon porsi un problema teorico e risolverlo. Cinquanta anni più tardi, ingegneri, fisici, matematici e medici, riusciranno, tutti insieme, a immettere questo sapere teorico in uno strumento, la TAC a raggi X, mirabile sintesi tecnologica dello sviluppo della scienza dei materiali (emettitori e rivelatori dei raggi X, allo stato solido) e di quella dei calcolatori.

Cerchiamo di fare un semplicissimo esempio. Analizzare un campione coi raggi X significa valutare l'attenuazione a cui sono soggetti i raggi X nell'attraversare una porzione del materiale esaminato.

Ebbene, supponiamo di avere una struttura formata da quattro cubi, ciascuno caratterizzato da un certo fattore di attenuazione ai raggi X: a_1, a_2, a_3, a_4. I quattro cubi sono adiacenti tra loro e formano un parallelepipedo a cui sono aggiunti altri parallelepipedi aventi base eguale (Figura 7).

Il tutto dà luogo a una colonna, ovviamente a base quadrata.

Il problema consiste nel determinare, facendo misure dall'esterno della colonna stessa, i valori delle attenuazioni incognite a_1, a_2, a_3, a_4 (4, 8, 3, 5) relative alla sezione indicata dalla colonna.

Se inviamo un fascio di raggi X lungo le direzioni indicate in Figura 7b, mediante un opportuno rilevatore, noi possiamo misurare:

lungo la direzione d_1, $a_1 + a_3 = 7$ (1)
lungo la direzione d_3, $a_1 + a_2 = 12$ (2)
lungo la direzione d_6, $a_2 + a_3 = 11$ (3)

Sottraendo membro a membro la relazione (1) dalla (2), abbiamo

$a_2 - a_3 = 5$ che insieme a
$a_2 + a_3 = 11$ permette di ottenere
$2a_2 = 16$, da cui $a_2 = 8$.

Conosciuto a_2 si ottiene, attraverso la misura lungo la direzione d, $a_2 + a_4 = 13$ il valore di $a_4 = 5$ e, via via, tutti gli altri valori di attenuazione incogniti.

Pur ammetendo la pericolosità di ricorrere ad esemplificazioni così banali a volte fuorvianti, si può osservare come le cosid-

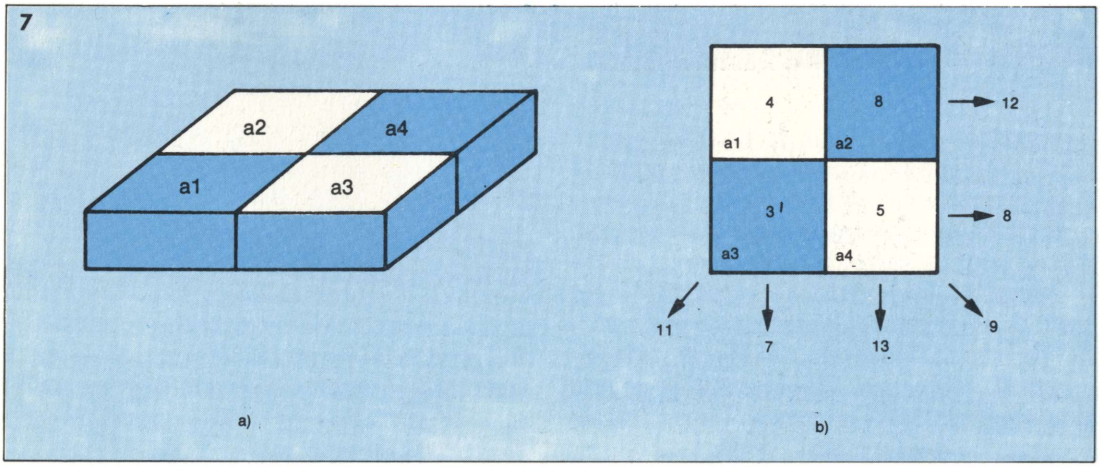


Figura 7. Mediante il metodo delle proiezioni è possibile ricostruire la struttura interna di un oggetto; nel nostro esempio un semplice parallelepipedo.

dette proiezioni corrispondono ai valori misurati, atti a ricostruire la distribuzione delle caratteristiche intere alla struttura. È come se gli attributi di alcuni particolari delle strutture venissero "proiettati" all'esterno, ovviamente senza una precisa caratterizzazione individuale in quanto "annegati" nel segnale a causa della contiguità degli elementi vicini. Le tecniche e le metodologie di ricostruzione da proiezioni permettono di estrarre da questa molteplicità di misure la distribuzione spaziale ordinata delle caratteristiche di nostro interesse che, nel caso specifico, sono i valori di *attenuazione alle radiazioni*. Questi valori sono una funzione relativamente semplice del numero atomico medio e della densità elettronica nel contesto del singolo elemento di volume (voxel).

Quindi l'obiettivo di questa metodologia di misure consiste:

1) nel suddividere idealmente la "fetta" di corpo umano che si vuole analizzare in tanti volumi elementari, di cui si vuole valutare l'attenuazione;
2) nel ricavare, attraverso le misure ottenute dalle varie proiezioni, una griglia di numeri, in cui al valore corrisponde l'assorbimento dell'acqua, ai valori negativi corrispondono sostanze meno assorbenti (all'aria è comunemente assegnato il valore − 1000) e ai valori positivi corrispondono sostanze più assorbenti (con un valore limite posto a + 1000).

È in questa seconda fase che il calcolatore riesce a esprimere la sua potenzialità in quanto è in grado di eseguire gli algoritmi di ricostruzione richiesti anche su masse di dati molto rilevanti, in tempi dello stesso ordine di grandezza di quelli di acquisizione dei dati.

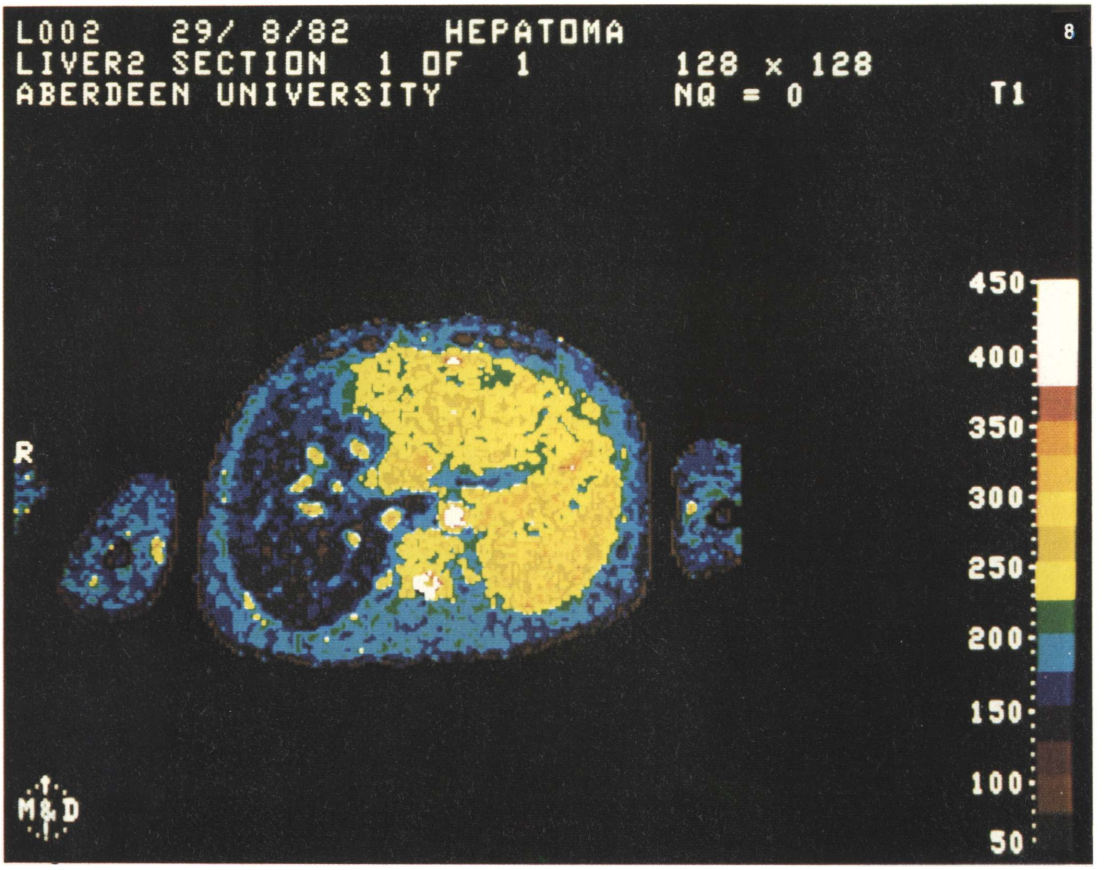


Figura 8. Sezione trasversale del corpo umano a livello del fegato e della milza (tomografia computerizzata a RMN). Ai lati della parte centrale si osservano le immagini relative alle sezioni delle braccia, in cui si può evidenziare la struttura ossea, con il relativo midollo e i vasi. Si può notare che la struttura ossea non crea né ombre né artefatti. La lettera R sta per RIGHT (destro) e la parte blu si riferisce alla parte del fegato (lobo destro) che non presenta alterazioni e quindi ha normale valore di T1 di circa 150 millisecondi. La parte corrispondente al lobo sinistro (avente valore di T1 di circa 300 millisecondi) colorata in giallo, corrisponde a un vasto epatoma che è possibile mettere in evidenza, proprio perché la RMN, nel caso considerato, ha misurato il tempo T1 e non la densità protonica. Le piccole chiazze rosse, presenti nel lobo destro, sono dovute ad accumuli di ferro (emosiderosi) che hanno basso valore di T1.

Risonanza Magnetica Nucleare

Nella Risonanza Magnetica Nucleare, in luogo dei raggi X, (Radiazioni tipicamente ionizzanti e quindi dotata di effetti dannosi) vengono usati opportuni campi magnetici, al fine di estrarre informazioni signifi-

cative degli atomi del corpo umano soggetto ad esame. Mediante un magnete gigante, dalla forma toroidale, in grado di accogliere al suo interno il corpo del paziente, tutti gli atomi che lo costituiscono sono soggetti ad un forte campo magnetico. I nuclei di idrogeno, fosforo, ed altri elementi con un numero dispari di protoni e neutroni si comportano come barrette magnetiche, cioè come aghi di una bussola.

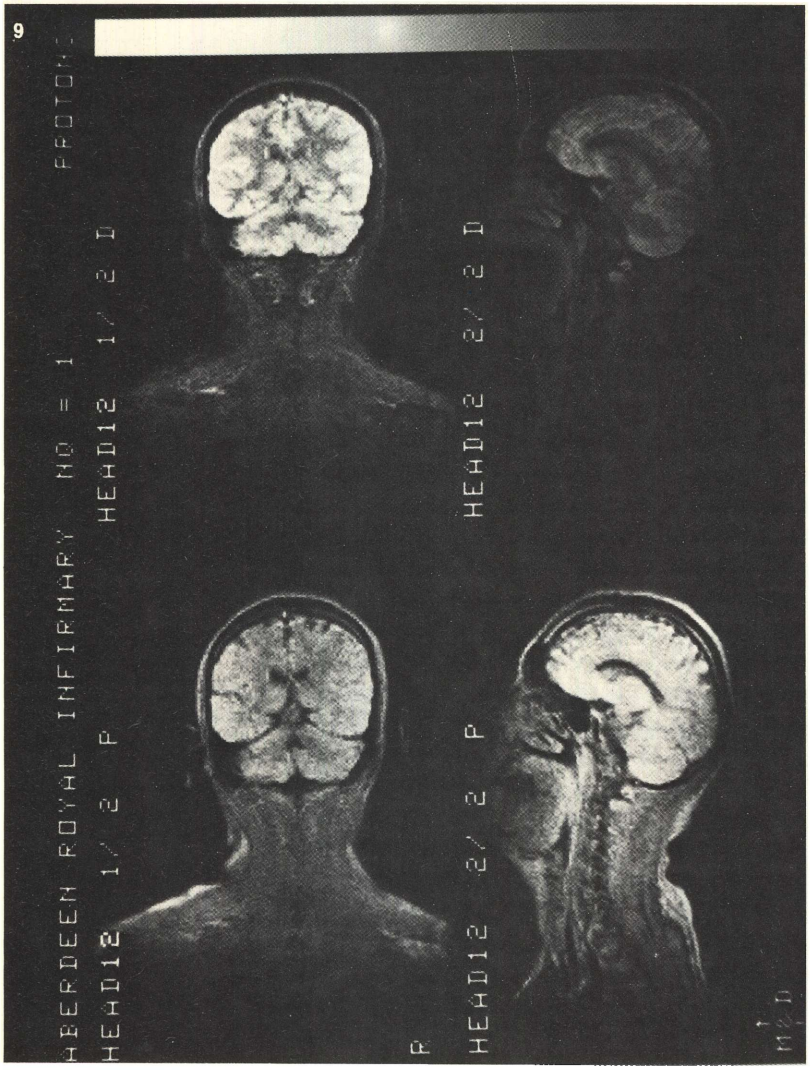


Figura 9. Sezioni di faccia (a sinistra) e di profilo (a destra) della testa, ottenute mediante tomografia computerizzata a RMN. In alto è visibile la chiara distinzione tra sostanza cerebrale grigia e bianca. In basso sono meglio messe in risalto le cavità ventricolari e gli spazi liquorali.

In assenza di campo magnetico esterno questi nuclei sono orientati casualmente; in presenza di un campo magnetico statico esterno indotto, la maggior parte dei nuclei si orienta in modo definito. (Le attuali apparecchiature limitano lo studio ai nuclei di idrogeno dell'acqua intra o extra cellulare, libera o legata, soprattutto per la grande diffusione di tali nuclei nel contesto dei diversi tessuti biologici).

Per individuare gli atomi di idrogeno, la macchina *RMN* invia degli impulsi a radiofrequenza che creano un campo elettromagnetico, in genere ortogonale a quello statico, in grado di indurre una oscillazione forzata (definita di risonanza) nei nuclei precedentemente allineati dal campo statico. Una volta interrotto l'impulso a radiofrequenza i nuclei ritornano nella condizione iniziale.

Questa sequenza di sollecitazioni elettromagnetiche dà luogo a un segnale direttamente proporzionale al numero dei nuclei risonanti contemporaneamente. Inoltre, va tenuto presente che quando si interrompe l'impulso a radiofrequenza, mantenendo presente il campo statico, ciascun nucleo tende a riacquistare il primitivo equilibrio con tempi "di rilasciamento" - ben definiti per ogni tipo di nucleo, ma diversi a seconda del contesto molecolare del quale fanno parte, - caratteri da due componenti T_1 e T_2.

Pertanto in base alla densità protonica (il nucleo di idrogeno altro non è che un protone) oppure ai diversi tempi con cui il segnale decade si riescono a differenziare i tessuti che si stanno esaminando (Figura 8).

Il fenomeno della risonanza magnetica nucleare fu scoperto da Felix Bloch ed Edward Purcell quasi contemporaneamente nel 1946 (a entrambi fu assegnato il Premio Nobel nel 1952).

Negli anni cinquanta e sessanta la risonanza magnetica nucleare fu usata soprattutto in chimica e in fisica per la caratterizzazione di sistemi inorganici. Solo negli anni settanta si pensò di applicare la metodica allo studio dei sistemi biologici. Tuttavia, per la RMN così come per la TAC il problema fu quello di riuscire a ottenere delle immagini in grado di permettere la visualizzazione della distribuzione spaziale degli atomi a cui la tecnica RMN è in grado di apporre una etichetta distintiva. Quindi si cercò di progettare la forma del campo magnetico e di applicare opportuni impulsi a radiofrequenza (secondo varie incidenze) in modo da permettere l'acquisizione di segnali in grado di fornire indicazioni sulla posizione degli atomi di cui si sta indagando la presenza e la tipologia.

È a questo livello che il calcolatore interviene in modo determinante. La logica è quella stessa della TAC: si ricavano all'esterno del segmento biologico in esame dei segnali correlati alla distribuzione di certi elementi disposti su una "fetta" del corpo umano. Successivamente, applicando opportuni algoritmi, si riesce a ricavare da questi segnali, accessibili all'esterno, la posizione degli elementi incogniti per poi presentarli in modo più o meno suggestivo all'operatore medico.

Uno dei vantaggi ottenibili dalla RMN è anche quello di ottenere *direttamente* sezioni di piani comunque orientati e non solo di quello trasverso agendo sulla direzione del campo magnetico Figura 9.

I vantaggi della RMN, che, negli USA, è ancora soggetta a sperimentazione per conseguire l'approvazione da parte della temuta Food and Drugs Administration (l'organo governativo che decide se permettere la diffusione negli USA di farmaci ed apparecchiature mediche) consistono nel fatto che si possono evidenziare caratteristiche del corpo umano che vanno al di là di quelle strettamente legate alla topografia anatomica e in una certa innocuità biologica legata al *non* uso di radiazioni ionizzanti.

Quindi oltre al fatto che è in grado di distinguere la materia grigia da quella bianca nel cervello e di mettere in evidenza piccole lesioni nel midollo, la RMN può consentire di rilevare alcuni processi che si verificano nel corpo umano in seguito a certi trattamenti terapeutici: così si è posta in evidenza l'evoluzione dello stato di alcune articolazioni affette da artrite in seguito al trattamento di steroidi, e si è potuto controllare il decorso di un tumore sottoposto a particolari terapie.

Modelli matematici

Quando il medico ci consiglia di prendere una capsula di antibiotico ogni 6 ore, oppure ci invita a farci togliere il gesso da una gamba fratturata dopo 30 giorni, più o meno esplicitamente egli dovrebbe aver formulato un *modello* di cinetica dell'antibiotico nel nostro sangue quale conseguenza della diffusione nell'interstizio e della escrezione attraverso gli emuntori (fegato e rene) oppure ha uno di formazione del callo osseo. Alcuni chiamano questi modelli leggi, altri relazioni e così via.

Il ruolo del modello, sia esso matematico, analogico o di altro tipo, ha da sempre affascinato coloro che, provenendo da scienze più "hard" di quelle mediche, hanno cercato di travasare in queste ultime conoscenze e metodologie più quantitative. Inoltre, mentre fino a qualche decennio fa la modellistica di certi fenomeni di tipo biomedico si riduceva alla sola razionalizzazione e sistemazione descrittiva, attualmente essa è, in taluni casi, l'unico mezzo per affrontare l'enorme complessità dei dati che la tecnologia ha messo a disposizione dell'operatore medico.

I modelli intesi, secondo Giorgio Segrè, come "mediazione tra l'astrazione teorica e la realtà sperimentale" si identificano attualmente, nell'area di intersezione tra medicina e informatica, con i modelli matematici. Purtroppo l'evoluzione in questo settore è lenta. Tuttavia i risultati ottenuti faticosamente, con perseveranza, con una continua interazione tra la formulazione astratta dei modelli, la metodica programmazione di opportuni esperimenti e la conseguente raccolta di dati sperimentali, stanno costruendo (passo per passo), una medicina più quantitativa, più facilmente aggredibile da parte degli attuali mezzi di gestione dell'informazione.

Solo quando la strumentazione, che permette di ottenere dati sempre più sofisticati, si evolve in parallelo con la modellistica dei sistemi biologici si è in grado di innescare un processo che porta ad un progressivo miglioramento delle conoscenze. La costruzione di modelli matematici e la loro simulazione su calcolatore è stata effettuata per la quasi totalità dei sistemi costituenti il sistema-uomo. Come ricorda Emanuele Biondi "possono essere studiati mediante la teoria dei sistemi sia una cellula elementare (quale ad esempio un neurone), sia un organo (quale ad esempio la parte meccanica del sistema uditivo), sia un sistema funzionale, così come inteso in fisiologia (quale ad esempio il sistema uditivo), sia opportuni raggruppamenti di sistemi fisiologici (quale ad esempio quello che risulta mediante opportune sintesi del sistema fluidomeccanico sanguigno, con i sistemi di regolazione termico-neutro-umorale e con il sistema di ossigenazione polmonare, per

ottenere una visione più completa dei problemi cardiovascolari)".

Tra i risultati più interessanti, anche perchè legati direttamente al miglioramento del processo terapeutico, si possono citare quelli ottenuti dallo studio dei sistemi metabolici.

Roberto Schmid sottolinea che "i modelli del metabolismo dei carboidrati sono stati impiegati con successo sia per stabilire leggi di controllo ottimali del pancreas artificiale, sia per la stima non-invasiva di importanti parametri delle interazioni insulina-glucosio, e aggiunge che l'impiego di un modello matematico del metabolismo del ferro permette di bidefinire una strategia ottimale di prelievo dei campioni di sangue nell'arco dei 14 giorni previsti nelle prove di ferrocinetica e ciò al fine di ridurre il disagio del paziente e i costi associati all'esecuzione delle prove, senza ridurre la quantità dell'informazione ottenuta".

Sistemi esperti

L'utilizzo del calcolatore come ausilio diagnostico ha affascinato, fino dai primi anni '60, sia la comunità medica, sia gli esperti di informatica. Era opinione comune che il calcolatore, con la sua capacità di memorizzare dati e di implementare opportuni algoritmi di gestione e controllo, fosse lo strumento di elezione in grado di costituire un formidabile strumento di supporto al processo diagnostico. Tuttavia le aspettative maggiori si erano diffuse in quegli ambienti ove, da sempre, le tematiche della "conoscenza" sono state banalizzate dal tentativo di ricondurla a un mero accumulo di notizie. Specie in certi settori, in cui esigenze commerciali e/o ambizioni personali tendono ad anticipare e pubblicizzare prematuramente ciò che deve ancora venire sedimentato e studiato attraverso severe verifiche in laboratorio e una lunga prassi di valutazione clinica, il contraccolpo è stato molto forte. E, conseguentemente, un profondo scetticismo è cominciato a serpeggiare, in modo altrettanto immotivato, così come non era motivato l'entusiasmo dimostrato dalle grandi case costruttrici a cavallo degli anni '60 e '70.

Attualmente, tale settore è dominato dall'ingegneria della conoscenza, dall'intelligenza artificiale, dai sistemi esperti. La

Nella foto, apparecchiatura per il TAC. Tomografia assiale computerizzata per esami a total-body. (Gentilmente fornita dalla Philips).

Knowledge Engineering, ossia l'ingegneria della conoscenza, è quella disciplina che ha l'obiettivo di porre la conoscenza umana in una forma direttamente utilizzabile da parte delle macchine.

In genere, nell'ambito dell'informatica, quando viene assegnato un problema è il programmatore che deve progettare l'algoritmo in grado di risolverlo. Invece utilizzando l'approccio dell'intelligenza artificiale, è il calcolatore stesso che elabora gli algoritmi necessari per pervenire alla soluzione. Ciò viene ottenuto cercando di implementare alcuni meccanismi ritenuti tipici dell'intelligenza dell'uomo e che costituiscono i fondamenti della logica utilizzata nei settori più diversi, dalla matematica, alla fisiologia, al diritto: deduzione, inferenza, induzione, generalizzazione, ipotesi, analogia.

Coerentemente, nell'ambito clinico dell'uso del calcolatore come ausilio diagnostico, gli obiettivi si sono ridimensionati, i risultati sono più modesti, ma forse la via intrapresa è quella giusta. Non si tenta più di simulare il comportamento del "general practitioner" (il medico di base) il quale, quando esamina un paziente, deve essere preparato ad avere a che fare con una o più tra alcune migliaia di malattie e con un numero enormemente elevato di sintomi che *non* rappresentano una malattia. L'obiettivo è invece quello di costruire sistemi esperti in domini della medicina già strutturati attraverso un precedente sforzo umano, dove un'astrazione è già disponibile e dove richiesto poco "senso comune".

Pertanto la ragione del successo di alcuni *expert systems* (sistemi esperti), elencati nella Tabella 1, è da attribuire al fatto che essi veramente si presentano come "ausilii" all'operatore medico. Ausilii che sono:

1. *trasparenti*, in quanto sono in grado di spiegare al medico le loro decisioni;
2. *comunicativi*, in quanto riescono a rispondere alle domande in linguaggio naturale;
3. *diligenti*, in quanto riescono ad acquisire nuove informazioni interagendo direttamente con gli esperti;
4. *saggi*, in quanto la loro conoscenza può essere facilmente modificata tanto da rimuovere facilmente eventuali errori compiuti in precedenti fasi applicative;
5. *umili*, in quanto la problematica della corretta interazione uomo-macchina è considerata prioritaria.

A differenza delle semplici biblioteche elettroniche, a cui molti vecchi sistemi si ispiravano, gli expert systems lavorano con fattori di incertezza. Vengono evitate semplicistiche diagnosi basate su nozioni si/no, e sono introdotti coefficienti-peso in grado di tener conto della variabilità medico-biologica. Ciò permette una notevole interazione tra sistema e medico il quale può, in ogni momento, chiedere al calcolatore le motivazioni delle sue decisioni e dei suoi consigli.

Forse il sistema esperto più noto in ambito medico è il MYCIN, messo a punto da E. Feigenbaum, che costituisce un ausilio alle diagnosi e alle terapie di alcune malattie infettive.

La conoscenza delle malattie infettive è rappresentata nel MYCIN sotto forma di regole di produzione, ognuna delle quali contiene un "pacchetto" di conoscenze ottenute da esperti del settore che hanno collaborato alla costruzione del MYCIN.

Una *regola di produzione* è semplicemente una dichiarazione condizionale che stabilisce una relazione tra alcune osservazioni e le associate inferenze che da tali osservazioni possono essere derivate. Ad esempio, una regola del MYCIN potrebbe stabilire che "SE un batterio è un cocco grampositivo che cresce sotto forma di catena, ALLORA è probabile che sia uno streptococco".

Un sistema esperto può operare a diversi livelli di conoscenza.

Esistono sistemi esperti che si limitano alla struttura superficiale poichè non tengono conto ne di concetti come la causalità, ne della reale struttura fisica ne esistono altri che entrando più in profondità nella struttura dell'argomento di cui sono esperti, cercano di rappresentare anche i concetti fisici di base. Ad esempio il MYCIN è un tipico *sistema superficiale*: le regole, su cui esso si basa, non tengono conto di come la malattia sorge o progredisce o induce una certa sintomatologia. Il sistema CASNET (per la diagnosi del glaucoma) crea al suo interno una descrizione del processo diagnostico a tre livelli:

1. *livello delle osservazioni*: queste consistono di sintomi (dolore, diminuzione del-

l'acuità visiva, etc.), segni (pupilla dilatata), esami di laboratorio (perimetria, tonometri etc.);

2. *livello degli stati fisiopatologici*: questi stati corrispondono alle condizioni che si suppone verificarsi nel paziente (edema corneale, elevata pressione intraoculare, depressione della pupilla etc.);

quei settori della medicina molto ben delineati e strutturati, ma in cui l'acquisizione di certe conoscenze molto specifiche, l'impiego di modelli matematici e la necessità di procedere a calcoli molto complessi, male si interfacciano con la tradizione culturale dell'operatore medico.

Citando Marsden S. Blois: "Sarebbe

Tabella 1. *Parziale elenco di alcuni sistemi esperti disponibili in campo medico (1983). In generale tali sistemi sono limitati a settori molto specifici; ad esempio l'ONCOCIN si riferisce a un numero molto limitato di tumori. Occorre sottolineare che la sperimentazione di tali sistemi è tuttora in corso e di alcuni si hanno, come uniche referenze, le sole prestazioni fatte dal gruppo di ricercatori che hanno contribuito alla loro progettazione.*

Nome del sistema	Tipo di competenza
MYCIN	Diagnosi malattie infettive: identificazione di batteri e scelta degli antibiotici
Digitalis Therapy Advisor	Somministrazione di farmaci a base di digitale (regolarizzatore ritmo cardiaco)
PUFF	Diagnosi malattie polmonari
CENTAUR	Diagnosi malattie polmonari
ONCOCIN	Trattamento di pazienti affetti da tumore
INTERNIST	Diagnosi medicina interna
Ventilator Management	Trattamento di pazienti in unità di terapia intensiva
CASMET	Diagnosi e terapia glauoma
PIP	Diagnosi malattie renali
LITO 1	Diagnosi funzionalità epatica
KMS	Diagnosi neurologiche
MDX	Diagnosi colestasi
ANEMIA	Diagnosi anemie
ABEL	Diagnosi disturbi elettrolitici ed equilibrio acido-base
NEOMYCIN	Computer Aided Instruction per la medicina

3. *livello della categorizzazione delle malattie* (glaucoma secondario, glaucoma ad angolo aperto etc.).

Nel CASNET i vari stati patologici sono casualmente collegati l'uno con l'altro mediante coefficienti che esprimono la frequenza con cui un certo stato, quando è presente in un paziente, dà luogo ad un altro stato. Così sono definiti altri coefficienti in grado di esprimere la probabilità con cui a una certa osservazione si può associare un certo stato patologico.

Qualunque sia l'impostazione metodologica del sistema esperto, sembra che esso, nei prossimi anni, possa risultare fondamentalmente come ausilio al medico in

spiacevole se i medici considerassero erroneamente le loro capacità professionali come adatte a quegli aspetti del processo diagnostico che sono per natura oggetto di calcolo, e quindi minimizzassero il loro ruolo indispensabile nelle situazioni generali. Quest'ultimo processo è certamente al di là delle capacità attuali per un calcolatore ...; i nostri problemi più interessanti hanno quindi a che fare con la scelta di ruoli appropriati per l'uomo e per la macchina, per il giudizio e per il calcolo. E in questa scelta non sembra presuntuoso suggerire di usare entrambi nei ruoli che svolgono meglio, specialmente poichè questi ruoli appaiono molto diversi".

10 Computer grafica

È possibile definire in senso lato la *computer grafica* come il processo di comunicazione tramite immagine tra persona e computer. La computer grafica è nata infatti dal desiderio degli utilizzatori di computer di aumentare e migliorare il rapporto uomo-macchina, presentando, perciò, particolare attenzione, sin dall'inizio, alle periferiche utilizzabili per migliorare tale rapporto: plotter, digitizer, penne liminose e monitor a colori e non.

Si fanno ormai ricadere nell'ambito della computer grafica molte discipline e tecniche, tutte quelle che hanno a che fare con l'immagine in qualche modo trattata dal computer e/o da esso prodotta attraverso periferiche ad hoc. In genere, comunque, vengono privilegiate tutte quelle operazioni connesse con il disegno, la progettazione, la comunicazione visiva e la presa di decisione eseguita attraverso l'immagine.

Lo schermo radar fu uno delle prime applicazioni di computer grafica: la trasmissione di informazioni tra la macchina (il radar) e l'operatore avviene attraverso l'immagine, ad esempio la traiettoria dell'aeromobile nello spazio spazzato dall'antenna. Un notevole impulso alla computer grafica è stato dato dai micro e personal computer. A partire dai primi modelli quasi tutti i modelli personal computer possiedono i cosiddetti comandi grafici e sono spesso dotati di diversi tipi di risoluzione per compiere operazioni di disegno sul monitor: una bassa risoluzione per disegni grossolani ed una alta per grafici più accurati. Questo proprio per soddisfare il desiderio di utenti, sempre più numerosi e diversificati come formazione e attività, di disporre di informazioni in maniera semplice, compatta e facilmente comprensibile.

La richiesta di elaborati grafici eseguiti attraverso il computer, la necessità di disporre di disegni sempre più precisi in tempi sempre più brevi, l'ampliamento delle caratteristiche tecniche delle apparecchiature e l'utilizzazione della computer grafica in un sempre crescente numero di campi di applicazione, dalla medicina all'amministrazione, ha fatto nascere e sviluppare la *informatica grafica*. Che ormai si debba parlare di informatica grafica ne è testimonianza anche l'andamento di mercato della stessa: i suoi tassi di crescita sono tra i più elevati nell'ambito della informatica stessa.

I campi di applicazione della computer grafica

Le applicazioni della computer grafica sono molteplici, da quelle specifiche e più annose (industria meccanica, automobilistica ed avionica), a quelle nell'industria dei tessuti, nell'editoria, nella robotica, nell'animazione e produzione di film.

Una ricerca dell'American Institute of Architects individuò nel 1976 ben sedici categorie dell'attività progettuale in architettura che usavano comunemente il computer per produrre elaborati grafici. Gli ambiti progettuali individuati interessavano la progettazione di sistemi acustici, il controllo ambientale, la progettazione completa di edifici, l'analisi dei costi, il calcolo del migliore orientamento per l'applicazione dell'energia solare, etc. La stessa fonte forniva la valutazione di circa cinquecento programmi disponibili in USA per quanto riguardava la progettazione ed il calcolo di edifici.

Il sistema più conveniente per individuare i pricipali campi di applicazione della computer grafica è quello di esaminare gli ambiti nei quali più approfondita si svolge la ricerca e la produzione di software grafico, vediamoli.

Animazione

È un vasto campo di applicazione che copre la produzione di film, short pubblicitari, come anche lo studio del moto di organi meccanici, l'insegnamento tramite audiovisivi e la comunicazione visiva vera e propria.

È certamente un campo suscettibile di notevoli e cospicui sviluppi per il futuro, specie per quanto riguarda l'uso nell'istruzione di ogni ordine e grado e nella produzione di ogni genere di audiovisivi.

L'industria cinematografica e quella dei "media" televisivi fa e farà sempre maggiore uso della computer grafica sia per la produzione di *immagini sintetiche*, cioè di immagini che in realtà non esistono e che vengono prodotte solamente dal computer, che per elaborare le immagini registrate dalla realtà ed opportunamente trattate tramite il computer, Figura 1. Già oggi le produzioni televisive sono piene di titoli elettronici, di *immagini elettroniche* per le scenografie, di elaborazioni elettroniche

per la presentazione di grafici, dati ed in genere informazioni di vario tipo.

Sono peraltro già presenti da tempo nella produzione televisiva quelli che vengono chiamati effetti speciali, ottenuti generalmente prendendo le immagini dalla realtà ed eseguendo elaborazioni tramite computer: si ottengono così effetti sui colori, sui contorni, sui movimenti e sulle composizioni delle varie parti dell'immagine televisiva. Non si tratta in questo caso di immagini sintetiche ma di elaborazione di immagini effettuata su immagini che già esistono e che sono state riprese tramite telecamera.

Oltre a questo campo di applicazione, l'animazione vera e propria rivoluzionerà la produzione dei cartoni animati.

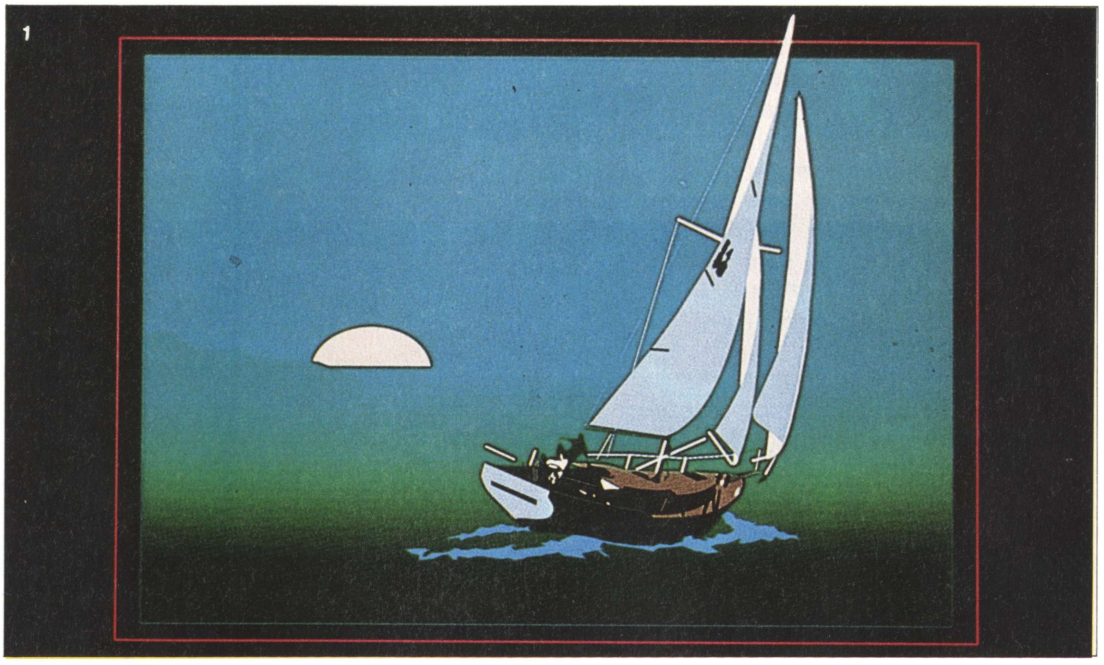


Figura 1. Immagine elettronica tratta dalla mostra del SIGGRAPH '83. (Gentilmente fornita dalla Association for Computing Machinery).

Alla produzione tradizionale del cartone animato, tramite disegni e tecniche di ripresa fotogramma per fotogramma, verrà presto sostituita la produzione del cartone animato dove il disegnatore definirà la posizione di partenza e di arrivo per ciascun personaggio, il computer elaborerà tutte le posizioni intermedie e la registrazione degli eventi intermedi avverrà direttamente su nastro e pellicola eliminando così tempi e costi di ripresa oltre a quelli di produzione dei disegni o parte di essi.

Sono peraltro in fase di sperimentazione e di approfondimento sistemi nei quali i vari gesti e atteggiamenti di un attore vengono registrati così da formare una biblioteca di espressioni e di modi.

Sarà quindi possibile usare questi per creare, senza la presenza dell'attore, nuove scene e nuovi film: l'apparecchiatura elettronica è infatti in grado di elaborare un'immagine desunta dalla realtà in modo tale da crearne un'altra completamente sintetica a somiglianza dell'originale ed opportunamente modificata a volontà dell'utente.

Business graphics (grafica degli affari)

È un campo di applicazione relativamente nuovo anche nell'ambito della computer grafica.

Si tratta di comunicare tramitè grafici bidimensionali e tridimensionali le informazioni contenute nei dati di interesse per uomini di affari e/o coloro che sono in grado di prendere decisioni.

Anche questo campo avrà un sicuro sviluppo negli anni vicini, in accordo con l'automazione dell'ufficio e già ora, comunque, alcune case di software producono interi pacchetti orientati solamente a questa business graphics.

Progettazione in architettura

Uno dei campi potenziali di maggiore

sviluppo è nella redazione e compilazione di progetti, verifica di standard, computi metrici, visioni tridimensionali, esame di compatibilità strutturale e componentistica. Tale campo di applicazione è prevedibile che soffrirà di alcune limitazioni dovute all'attaccamento dei progettisti architettonici a sistemi di progettazione e disegno completamente manuale.

Progettazione e studio in chimica

Già da tempo in laboratori avanzati lo studio e la ricerca nelle discipline afferenti la chimica vengono condotte con l'ausilio della computer grafica per quanto riguarda, ad esempio, la rappresentazione tridimensionale di molecole complesse, lo studio della disposizione dei campi di varia natura etc. È ormai banale l'uso della rappresentazione della variazione di grandezze tramite grafici e diagrammi.

Progettazione in elettronica

In accordo con il futuro crescente uso di elettronica pro capite, è questo uno dei campi che più si svilupperà per assicurare sempre nuovi e sofisticati prodotti al mercato dell'elettronica.

Con la diffusione e lo sviluppo dei circuiti integrati, aumenterà anche la richiesta di apparecchiature di sistemi per progettazione e produzione di microcircuiti che sono per lo più fondati su tecniche automatiche di rappresentazione, disegno e riproduzione.

Progettazione in meccanica

È stato uno tra i primi campi di applicazione e rimane certo uno dei principali. Noto come *CAD* (Computer Aided Design) comprende ormai tecniche che si sono parallelamente conformate come il *CAM* (Computer Aided Manufacture).

Cartografia

Anche questo è uno dei primi campi di applicazione che ha ricevuto particolare impulso dalla realizzazione di sistemi di output su supporto rigido quale carta. Si tratta generalmente di produrre da data base geografici, carte geografiche, tematiche, restituzioni tridimensionali in maniera interattiva e non.

Fotogrammetria

I rilievi fotogrammetrici vengono processati tramite computer ed elaborati in output tramite sistemi di disegno automatici quali plotter fotoplotter etc. Ulteriore impulso a questo settore verrà fornito dal miglioramento delle caratteristiche dei satelliti realizzati per il rilievo delle risorse del nostro pianeta.

Progettazione strutturale

È un campo direttamente connesso con l'uso della computer grafica in architettura ed ingegneria civile.

Si tratta di utilizzare sistemi interattivi per il disegno, la definizione dei componenti e l'immediata verifica delle strutture progettate.

Progettazione e creazione di compilatori grafici

Per applicazioni particolari è utile possedere linguaggi grafici orientati, in tal caso il compilatore assolve la funzione di provvedere primitive grafiche ad hoc. Con la maggiore specializzazione dei settori di applicazione della computer grafica, sempre maggiore sarà la richiesta di data base di primitive grafiche orientate.

Progettazione di condutture

Questa applicazione in gergo chiamata piping, si è ormai sviluppata come una tecnica a sè in grado di assicurare, tramite semplici ed interattive operazioni, la progettazione di condutture comunque complicate o la soluzione di problemi ad esse riconducibili.

Processo di immagine

Si sta sempre di più delineando come campo di applicazione a sè nel quale viene analizzata e processata una immagine in toto piuttosto che tramite componenti geometriche come in computer grafica. Le sue applicazioni si svilupperanno notevolmente nel prossimo futuro in accordo al fatto che in questo campo si producano e si lavori su immagini continue che siano in grado di soddisfare tutte quelle applicazioni che necessitano di immagini reali, opportuna-

mente elaborate. Campi attuali di largo uso sono l'elaborazione delle immagini rilevate da satelliti ed in genere da sistemi a piattaforme remote, il campo medicale, i controlli di qualità, i sistemi di comunicazione di massa (televisione, etc.) la robotica ed altri.

Il processo di immagine è certamente una tecnica in grado di conferire un valido strumento di indagine e di operazione a diversi campi della scienza e della tecnica.

La Figura 2 mostra quattro immagini ottenute fotografando lo schermo a colori e tutte afferenti il processo di immagine. Le due immagini superiori (la frutta ed il vaso di fiori) sono desunte dalla realtà, digitalizzate attraverso telecamera, immesse nel sistema e su queste si è operato in maniera elettronica pixel per pixel. Oltre ad effettuare separazioni di colori, ingrandimenti, le varie trasformazioni geometriche sul piano, si possono imporre all'immagine filtri così da migliorare certi particolari o da ottenere effetti speciali.

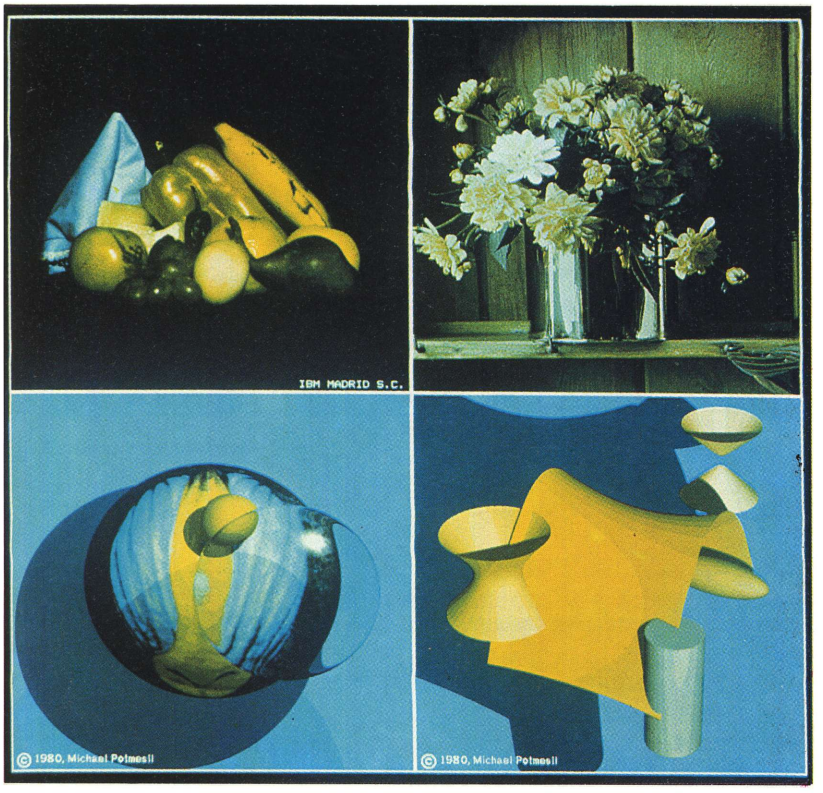


Figura 2. Esempi di processo di immagine. (Foto gentilmente fornita dalla Image Processing Laboratory).

Le due immagini inferiori sono invece immagini sulle quali sono state effettuate operazioni più complesse.

In quella di sinistra, un'immagine desunta dalla realtà con il sistema predetto (in questo caso la faccia di un babbuino), è stata adagiata su di una sfera così da ricoprirla completamente; per di più è stata sovrapposta una sfera di vetro e sono state simulate le deformazioni che si ottengono quando essa è vista dall'osservatore attraverso il vetro.

L'ultima immagine, quella di destra, è stata ottenuta descrivendo matematicamente alcuni oggetti ed una volta rappresentati, imponendo sorgenti di illuminazione tali da fornire agli oggetti stessi un'ulteriore consistenza tramite le zone in luce e quelle in ombra.

Pattern recognition (riconoscimento dei modelli)

Direttamente connesso con il processo di immagine, tale campo di applicazione si configura anch'esso come una tecnica a sè stante che permette tramite tecniche di analisi statica elaborate da un sistema di calcolo automatico, il riconoscimento di modelli, forme e componenti nelle immagini. Anche se relativamente giovane la disciplina del pattern recognition è suscettibile di immediati e notevolissimi sviluppi, in numerosi e molteplici campi, in generale in tutti quelli nei quali si può fornire un aiuto all'osservazione umana.

Solid modelling

È certamente uno dei campi più in evoluzione e affascinanti poichè direttamente connesso alla creazione di immagini sintetiche. Il solid modelling si occupa di creare immagini tridimensionali, quanto più possibile simile alla realtà, degli oggetti descritti in maniera matematica.

Questo esercizio comporta due vantaggi. Da un lato si possono descrivere oggetti che in realtà non esistono e quindi ottenere la loro rappresentazione tridimensionale del tutto simile a quella della realtà. Dall'altro si investiga come descrivere matematicamente oggetti esistenti in realtà.

Il vantaggio più evidente è che è possibile non costruire oggetti solidi ma rappresentarli sullo schermo ed esaminarli come meglio conviene da tutti i punti di vista, entrandoci, sezionandoli etc.

Queste applicazioni sono di particolare aiuto nell'industria meccanica, per quanto riguarda la progettazione non si realizzano

infatti più i modelli tridimensionali di prova ma si analizzano le immagini su computer.

Il solid modelling fa uso delle tecniche più raffinate di colorazione delle immagini, al fine di fornire loro la reale consistenza delle tre dimensioni; particolari accorgimenti si ottengono con opportuni sistemi di ombreggiatura (come nei vecchi disegni meccanici o nelle fotografie di organi e pezzi opportunamente trattate) con sistemi di ammorbidimento degli spigoli e di qualità del colore.

Si usano peraltro anche algoritmi particolari in grado di eseguire in tempo reale quelle trasformazioni necessarie a rendere veramente utile il rapporto con l'oggetto realizzato sullo schermo del computer, è stato così coniato il termine *voxel* (elemento di volume) in assonanza con *pixel* (elemento di immagine) a dimostrare che le operazioni si svolgono su oggetti tridimensionali.

Vediamo con un esempio di chiarire quanto detto.

Gli sgabelli di Figura 3 non esistono in realtà, essi sono stati descritti matematicamente e rappresentati via schermo tramite il computer. È facile immaginare l'utilità di disporre di un sistema di questo genere che permette di vedere che cosa è possibile ottenere e/o costruire ancora prima che avvenga la costruzione del prototipo. Il solid modelling è infatti molto utilizzato per la progettazione di organi meccanici o di elementi di costosa realizzazione prototipica.

Può essere tradotto come modellazione solida intendendo che essa viene effettuata dal sistema elettronico e non nella realtà.

L'immagine dell'oggetto solido, oltre ad essere ben definita di per sè, viene resa ancora più reale imponendo sorgenti di luce tali che le parti illuminate e quelle in ombra diano una consistenza quasi reale all'immagine.

L'oggetto peraltro viene definito in toto cioè nello spazio tridimensionale e non come immagine piana: questo permette di eseguire sezioni, rotazioni etc. nello spazio tridimensionale.

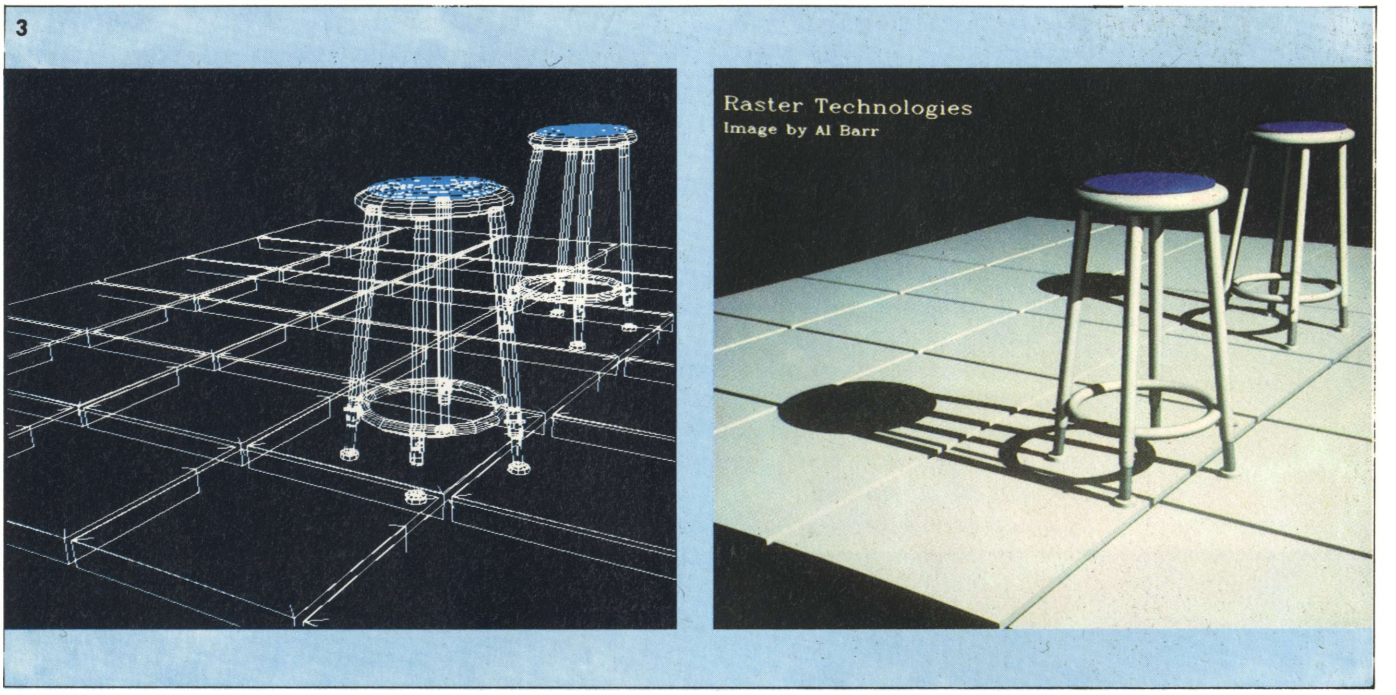


Figura 3. Esempio di solid modelling. (Foto gentilmente fornita ed elaborata dal Computer Graphics Laboratory).

Figura 4. Una stazione di lavoro orientata alle arti grafiche e all'animazione. (Foto gentilmente fornita dalla Dicomed Corporation).

Le stazioni grafiche interattive

Sotto l'ombrello della computer grafica ci sono ormai svariati aspetti di discipline a volte anche notevolmente diverse tra loro.

Basti pensare al *CAD* (Computer Aided Design) che, nato come progetto commissionato dall'Air Force Statunitense al MIT nel primo lustro degli anni sessanta, si è ormai configurato come una disciplina ed una tecnica a sè, più connessa con le necessità del CAM (Computer Aided Manufac-

toring), delle macchine a controllo numerico, etc. che con quelle della progettazione civile o della cartografia. (Per queste ultime applicazioni è risultato infatti fondamentale l'introduzione del colore nei monitor ed il grande sviluppo dei plotter).

È infatti da notare che in computer grafica spesso la parte più costosa del sistema sono le periferiche sia di input, con le quali si colloquia con il computer e si immettono le informazioni, che di output che producono invece il prodotto finale cioè il disegno, la matrice sulla quale eseguire il disegno, etc.

È ovvio che poichè l'utilizzatore tipo di sistemi grafici interattivi è particolarmente attento al prodotto finale del sistema (il disegno meccanico, il nastro per la macchina a controllo numerico, la mappa del circuito stampato, la carta topografica, etc.) le periferiche utilizzate per l'output sono particolarmente sofisticate e costose.

Quando si parla di *stazioni grafiche interattive*, in computer grafica si intende generalmente una stazione di lavoro per un singolo operatore dotata di monitor con caratteristiche grafiche (sia raster o a vettori) eventualmente a colori, una tastiera alfanumerica, una tavoletta di input (digitizer) oppure una penna luminosa interagente con lo schermo ed eventualmente un sistema per ottenere su supporto rigido e permanente una copia di quanto è ottenibile sullo schermo (hard-copy, stampante grafica, plotter, fotografia dello schermo, o altro).

In Figura 4 riportiamo uno tra i più recenti sistemi e stazioni di lavoro per la computer grafica orientata alle arti grafiche ed all'animazione. La tastiera viene esclusivamente utilizzata per definire particolari funzioni a piacere dell'utente, tutti gli altri comandi vengono impartiti al sistema dal tavolo da disegno virtuale, sul quale ovviamente si eseguono i disegni e le elaborazioni grafiche scelte dall'utente. Con le nuove tecnologie raster per i monitor a colori, le tonalità disponibili sono superiori ai 16 milioni, con possibilità di accedere a tavolozze di colori (toni) comunque definite a piacere dell'utente.

Queste stazioni grafiche sono particolarmente orientate ad un lavoro completamente interattivo e prevedendo l'esecuzione elettronica di quasi tutte le operazioni che si effettuano su di un disegno tradizionale dall'interpolazione dei colori, all'effetto di diffusione, alla creazione di particolari caratteri alfabetici e simboli per effettuare scritte e didascalie, sino alle operazioni di cancellazione ed altro.

Esistono poi stazioni grafiche particolari nelle quali si eseguono operazioni di restituzione su carta o altro mezzo (pellicola, microfilm, etc.) tramite i plotter ed operazioni di immissione di dati nel sistema per mezzo di digitizer, manuali o automatici. In funzione del tipo di attività che si svolge con il sistema grafico queste stazioni sono variamente dotate di apparecchiature a volte estremamente costose come ad esempio i fotoplotter che usano la tecnologia laser.

Un sistema di computer grafica viene grandemente influenzato nel suo costo, caratteristiche e possibilità, dal tipo e dall'equipaggiamento delle stazioni grafiche interattive che vi possono essere collegate.

Il monitor o schermo sul quale si opera è tra le periferiche più importanti. Alla tecnologia a vettori, imperante per gran parte degli anni settanta, si è ora sostituita quella

raster che permette di avere il colore e l'animazione. Lo schermo, poi, è fondamentale per un buon rendimento dei sistemi, infatti è l'equivalente del foglio da disegno sul quale tradizionalmente il progettista o il disegnatore operavano.

A proposito di queste due figure (il progettista ed il disegnatore) così diverse nella vita di un progetto ma così fondamentali per la sua conclusione, occorre chiarire che esistono sistemi di informatica grafica più orientati all'uno invece che all'altro.

In realtà quando si parla di CAD si intende un sistema in grado di soddisfare le necessità del progettista e quindi non solamente quelle di disegnare un oggetto ma di crearne una descrizione digitale in grado di essere processata da opportune procedure di calcolo al fine di eseguire verifiche, calcoli strutturali, calcoli in genere, verificare compatibilità etc.

Esiste però anche una funzione disegno in ciascun progetto, altrettanto imporante quanto la precedente: si pensi al problema della archiviazione dei disegni, a quello della redazione di esecutivi ed al loro aggiornamento. In tutti questi casi, ed altri ancora, i sistemi di disegno automatico forniscono un notevole aiuto tagliando, una volta a regime, i costi di produzione dei disegni stessi.

A parte il problema dell'hardware che costituisce una stazione grafica interattiva, risulta di particolare importanza il software utilizzato nell'intero sistema di computer grafica. Già oggi esistono software e firmware ben diversi in accordo con l'utilizzazione alla quale sono destinati ed alle possibilità che devono avere di poter riversare i propri dati in altre procedure quali ad esempio la gestione delle commesse, la gestione del magazzino o la possibilità di aggregare a data-base grafici informazioni di altro carattere quali quelle socio economiche, di gestione delle risorse, etc.

Si pone allora il problema della standardizzazione dei data base grafici almeno per ambiti disciplinari, in tal senso Enti ed Associazioni internazionali stanno lavorando.

I dispositivi di input

Dato che la computer grafica processa informazioni e permette di ottenere immagini, è facile intendere quale importanza possano avere le attrezzature di input cioè quelle attrezzature che permettono di fornire dati ed informazioni al computer.

Esistono varie attrezzature di input, alcune di esse sono particolari in quanto dedicate alla soluzione di necessità specifiche dell'utente; noi prenderemo in considerazione quelle più comuni.

Il *digitizer* o digitalizzatore è una attrezzatura in grado di tradurre la posizione di un puntatore, generalmente manovrato dalla mano, in dati digitali di input. Come la tastiera è utilizzata per immettere nel computer dati alfanumerici, così il digitizer è generalmente impiegato per immettere dati desunti da una sorgente grafica (sia essa un disegno, una foto, una stampa etc.).

Anche una telecamera collegata ad un computer si considera un digitizer in quanto trasforma informazioni di carattere analogico, quali quelle contenute nei tratti di un disegno o nei toni di grigio di una fotografia, in informazioni digitali (cioè numeriche) che possono essere elaborate tramite un sistema automatico di calcolo. Si usa

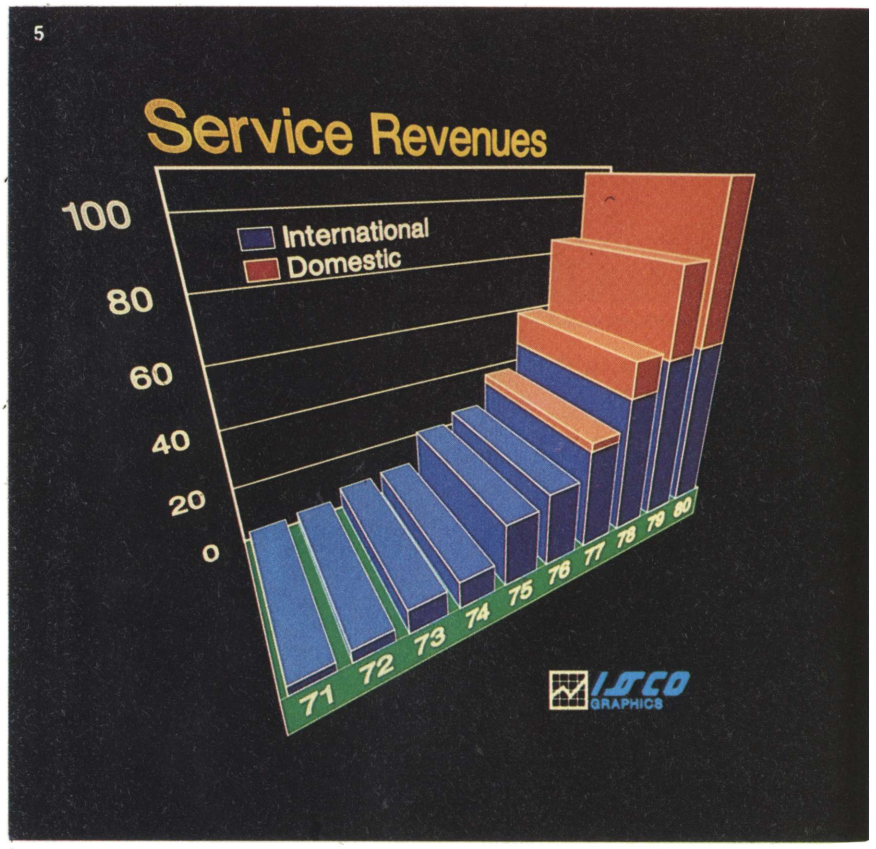


Figura 5. Esempio di istogramma tridimensionale. (Foto gentilmente fornita dalla ISSCO Corp.).

allora il termine di *video-digitizer* e a ciascun elemento digitalizzato, chiamato pixel, è associata una posizione x, y sul piano di digitalizzazione ad un valore per il tono di grigio rilevato.

Per interagire direttamente con lo schermo si usa la *penna luminosa* o light-pen. Dalle dimensioni di una normale penna, la light pen se avvicinata allo schermo viene eccitata e rileva, grazie a un sensore ottico (fototransistor o fascio di fibre ottiche) contenuto nella punta, la posizione dai segni luminosi che vi appaiono permettendo così all'utente di interagire con esso e nello stesso tempo di controllare visivamente l'apparecchiatura e la mano.

In alternativa alla penna luminosa viene oggi ultilizzato il *mouse* cursore o più fantasiosamente "topolino", cioè un cursore che si tiene in mano e si muove sul piano di lavoro: ai movimenti dell'apparecchio corrispondono i movimenti del cursore sullo gono individuate e descritte mediante immagini e ideogrammi. Il posizionamento del cursore su questo o quel simbolo ed il comando "esegui" dato con un tasto posto sul cursore stesso permette all'utente di effettuare molte operazioni senza toccare la tastiera.

Esistono altre attrezzature di input, molte delle quali sono dedicate a specifiche utilizzazioni, tra queste anche l'input attraverso la voce sta avendo applicazioni importanti in computer grafica, mentre ad esempio il pannello sensibile al tatto è di larga applicazione in situazioni nelle quali si desidera una grande interattività tra utente e schermo.

I dispositivi di output

Le attrezzatura di output sono quelle apparecchiature in grado di trasmettere quello che viene elaborato dal computer all'uti-

La straordinaria immagine di un edificio, generata da un computer. Questa foto è stata presentata al SIGGRAPH'81, la più importante conferenza mondiale di computer grafica.

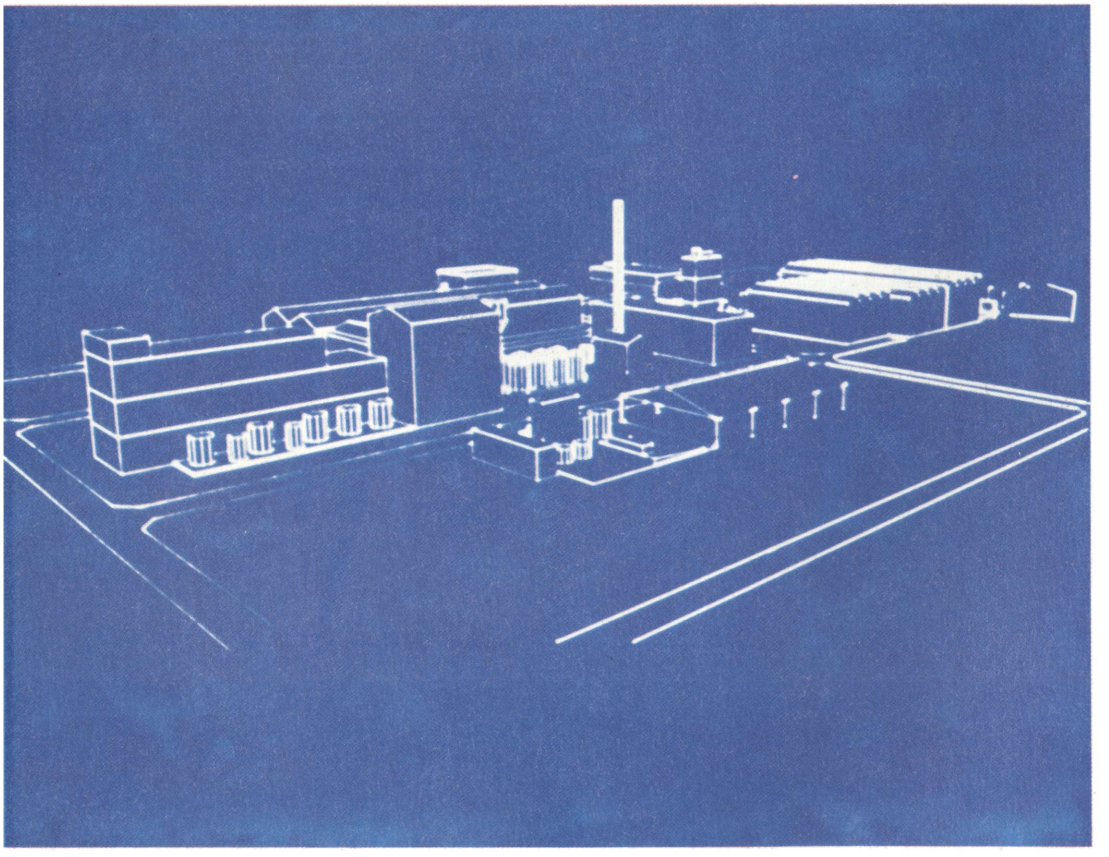
schermo. Questa apparecchiatura sostituisce in molte operazioni la tastiera poichè sulle nuove stazioni di lavoro, anche quelle di tipo amministrativo, le operazioni ven- lizzatore. Esse rivestono particolare importanza, sia perchè coinvolgono un numero maggiore di utenti, rispetto a quelle di input, sia perchè rappresentano l'interfaccia tra

computer ed utilizzatore.

Tra le apparecchiature di output utilizzate in computer grafica è da annoverare la *stampante* generalmente con caratteristiche grafiche in modo tale da funzionare come un hard-copy.

Essenziale per una larga serie di applicazioni che necessitano di output su supporto rigido, quale ad esempio la carta, è il *plotter* che permette di disegnare su qualsiasi supporto o intervenire su di esso effettuando operazioni di taglio (su stoffe, pelli, lamiere etc.).

Esistono svariati tipi di plotter utili a soddisfare le necessità di ciascuna utilizzazione: vengono in genere caratterizzati dalla loro velocità, dal tipo di trascinamento della carta e dalle dimensioni del tavolo di lavoro.



Un esempio grafico di analisi di insediamento industriale generato da un computer. (Foto gentilmente fornita dalla Matra Datavision).

Nella computer grafica è essenziale, ed in tal senso è stata la prima periferica interattiva utilizzata, il terminale video, altrimenti chiamato anche CRT.

Esistono vari tipi di terminali video grafici che usano tecnologie diverse per ottenere risultati diversi che più si adattano a questa o quella applicazione. Per poterli suddividere in categorie, è importante ricordare che l'immagine viene mantenuta sullo schermo per rinfresco o per memoria e che l'immagine stessa può essere creata sullo schermo con un sistema a vettori o con un sistema a rastrello, raster. La combinazione di queste tecnologie a due a due copre completamente i campi dei terminali videografici.

Computer grafica in architettura ed urbanistica

Nel futuro prossimo è certo che la progettazione, gestione ed uso degli insediamenti umani si realizzerà con una sempre crescente automazione.

La computer grafica può essere usata nelle attività di rilievo, analisi, progettazione e disegno degli elementi costitutivi gli insediamenti (strade, aeroporti, edifici industriali, abitazioni, patrimonio storico artistico...), ed anche di elementi più complessi ed a più larga scala (cioè a livello di città, di area metropolitana sino a quello regionale).

Si dispone oggi di strumenti in grado di controllare le qualità ambientali di un ecosistema dalle caratteristiche del traffico, del rumore o dell'inquinamento dell'aria a livello di un'area metropolitana sino al microclima esistente in una abitazione, al monitoraggio di un paziente durante il sonno, all'individuazione di una fuga di gas in una abitazione con conseguente messa in allarme dei sistemi di sicurezza civile.

I sensori (cioè gli strumenti di rilevamento) forniscono tramite una rete, informazioni capillari sull'insediamento delle quali gli urbanisti sinora non disponevano e surrogavano con impressioni sintetiche, estrema ed accurata conoscenza dell'insediamento confidando nelle lente trasformazioni dell'insediamento stesso.

Nella foto, sistema di controllo del traffico aereo. (Gentilmente fornita dalla Selenia).

Esiste peraltro la possibilità tramite satelliti e voli di aeromobili, di controllare un insediamento senza entrare in diretto contatto con esso o come si dice in gergo, in maniera remota. È questa certamente una tecnica affascinante in quanto dotata di caratteristiche globali di sintesi. Si pensi di controllare tramite un satellite o voli periodici a quota inferiore un qualunque insediamento umano, un'area metropolitana: ad esempio gli attuali sistemi di uso civile (scanner multispettrali e microonde), forniscono la possibilità di avere immagini con il dettaglio di risoluzione anche inferiore al metro.

I dati rilevati da queste piattaforme (aerei o satelliti) possono essere riversati in un sistema di calcolo e fornire in tempo reale le carte e le informazioni relative all'uso del suolo agli urbanisti.

A queste carte possono essere aggregati i dati rilevati dai sensori disposti nell'insediamento così da formare un completo sistema informativo fornito di dati socioeconomici, provenienti dal rilevamento ambientale e dal funzionamento, di dati geografici e di utilizzazione del suolo.

Un tale sistema informativo è in grado di fornire una immagine reale dell'insediamento tenendo conto giorno dopo giorno, ora dopo ora delle modificazioni che in esso intervengono.

Con l'aiuto di un tale sistema non si progetta più su carte catastali vecchie e prive delle informazioni necessarie ad una corretta pianificazione ma su carte che sono in grado di autoaggiornarsi e contengono le informazioni provenienti da altre fonti necessarie alla comprensione ed allo studio dell'insediamento.

In realtà uno dei problemi della urbanistica è quello di operare come scienza su immagini ed informazioni statiche di un'entità viva ed in continua trasformazione quale il territorio. Si tratterebbe quasi di pretendere da un ricercatore in biologia una diagnosi presentandogli una fotografia obsoleta di un tessuto e vietandogli di esaminare al microscopio, l'evoluzione intervenuta sul tessuto stesso.

Il telerilevamento da piattaforme remote, e più in generale il sistema informativo, permettono all'urbanista di avere a disposizione uno strumento, simile al microscopio per l'analista, con il quale investigare a diversi livelli di dettaglio ma pur sempre avendo una visione reale, in contemporanea e sintetica degli eventi e dello stato dell'oggetto esaminato.

Le tecniche automatiche non forniscono solo un valido supporto alla urbanistica ma possono essere utilizzate con ottimi risultati nelle varie attività connesse con la progettazione architettonica. Mentre nella pro-

gettazione meccanica ed elettronica vengono da tempo utilizzate queste tecniche per la progettazione vera e propria o nella fase di disegno, nell'architettura, specie in Italia, si incomincia solo ora ad utilizzarle con stimolanti risultati.

Si tratta di aiutare tramite tecniche automatiche e quindi l'uso di computer e periferiche ad hoc le fasi di progettazione, di controllo e di disegno della progettazione edilizia.

Nella fase di progettazione il professionista ha possibilità di sedere innanzi ad un sistema automatico (computer + video + penna interattiva) e interattivo e di progettare l'organismo architettonico su uno schermo a colori invece che su di un foglio di carta. Al termine delle operazioni di progettazione, e quindi di ideazione, effettuate attingendo da un catalogo di elementi costruttivi fondamentali (pannelli, infissi, tamponature, etc.), sarà in grado di chiedere e di ottenere dal sistema utilizzato le informazioni sintetiche su quanto progettato (abaco degli infissi, elenco dei materiali, etc.). Potrà peraltro chiedere di ottimizzare alcune soluzioni, verificare le possibili varianti, valutare che cosa accade se modifica un elemento costruttivo, un materiale da costruzione, una disposizione, etc.

Un'altra fase importante dell'attività progettuale è quella del disegno, spesso non separabile da quella di progettazione. Infatti non solo è costosa ma soprattutto richiede tempi lunghi e perciò viene ridotta all'essenziale: di un edificio si fa spesso solo una prospettiva (o assonometria).

Una volta eseguito il progetto tramite un sistema automatico è invece possibile eseguire qualunque restituzione tramite disegno sia esso tridimensionale o semplicemente bidimensionale, disegnando viste prospettiche da qualunque punto di vista e sezioni di qualsiasi tipo di ogni dettaglio dell'edificio.

La computer grafica in urbanistica ed architettura è certamente al centro delle applicazioni più probabili nel prossimo futuro soprattutto in aiuto alla progettazione ed al controllo degli insediamenti umani. Il taglio dei costi nell'hardware (computer), l'aumentata qualità delle caratteristiche delle periferiche ed il sempre maggiore orientamento dei sistemi verso l'utente tramite l'uso di linguaggi sempre di più vicini a quello naturale stanno certo migliorando sempre più le utilizzazioni di tali tecniche nelle discipline che progettano e regolano gli insediamenti umani.

Esempio grafico di insediamento urbanistico ottenuto tramite un computer. (Foto gentilmente fornita dal Siggraph '81).

Business graphics - Grafica degli affari

Business graphics è una particolare parte della computer grafica orientata alla messa a punto di immagini che possano comunicare fatti economici, trend, evoluzioni, permettere l'interazione, etc. elaborando dati derivati da data base riguardanti fatti economici e di gestione.

La possibilità di utilizzare la grafica degli affari appare nella sua piena importanza qualora si pensi allo spreco di carta non solo come supporto della parola scritta ma anche in termini di quantità di parole usate per descrivere fatti desunti da dati che altrimenti possono essere agevolmente rappresentati mediante grafici.

I grafici della business graphics, specie quelli piani, sono relativamente semplici ma ciò non significa che siano frutto di operazioni banali. Nel produrli occorre infatti usare i canoni della comunicazione della visione per ottenere risultati validi e qualora si usi il colore, è importante seguire norme ben precise conoscendo i fondamenti della teoria dei colori.

Non è infatti assolutamente vero che più colori si hanno a disposizione e maggiore è la qualità del risultato finale. Nella redazione di un istogramma, ad esempio, è importante mettere in grado l'osservatore di discernere tra le varie componenti, le "canne d'organo", e le varie parti di esse. Nei grafici tridimensionali è importante che le linee nascoste non creino problemi alla interpretazione del grafico e che esso sia comprensibile interpretando visioni alle quali l'occhio umano è già abituato.

In Figura 5 vediamo un esempio di business graphics: i dati rilevati da opportuni archivi vengono rappresentati, in maniera tridimensionale, alfine di fornire all'osservatore in un'immagine unica e gradevole, le informazioni che altrimenti occuperebbero pagine e pagine di scritto.

Alla produzione di questo tipo di elaborati è dedicata gran parte della produzione della computer grafica. Sono state anche create stazioni di lavoro completamente indipendenti in grado di produrre elaborati grafici di per sè. Esiste peraltro la possibilità di collegare sistemi grafici a data base o in genere a informazioni esistenti, in modo tale da ottenere automaticamente la resa in disegno delle informazioni numeriche, facendo riferimento a rappresentazioni standard.

Quello che una relazione scritta fornisce difficilmente al suo lettore è un'analisi "what-if".

Questo tipo di analisi è certamente la più indicata per coloro che devono prendere decisioni: che cosa succederebbe se...

L'analisi permette di cambiare alcune delle grandezze in esame durante una seduta di fronte al terminale e di ottenere le variazioni delle altre, tutto questo su grafico.

Accade cioè che la curva, l'altezza degli istogrammi, i colori della mappa tematica, etc., varino seguendo la legge che lega le grandezze in esame tra loro. Un'analisi di tal genere è molto utile, interattiva e di notevole impressione poichè permette di "giocare" con le grandezze in tempo reale.

Nella foto, computer grafico impiegato in applicazioni di business graphics. I grafici possono essere visualizzati sul display ed anche tramite una stampante grafica (Gentilmente fornita dalla Data General).

Videodisco e computer grafica

La possibilità di immettere nel computer in maniera digitale documenti scritti ed anche immagini ha certo rappresentato un miglioramento insperato delle possibilità di immagazzinamento, reperimento, correzione delle informazioni scritte, in circolazione negli uffici, archivi e biblioteche.

Tutte queste ottime possibilità offerte dall'elaboratore elettronico e dalle sue periferiche dovranno essere ben presto modificate perchè l'utente, cioè l'impiegato, il manager o il semplice utente non orientato, desiderano sempre di più la rappresentazione analogica dei documenti supportata eventualmente da informazioni digitali ad esse collegate.

Sembra infatti ormai indispensabile non

solo fornire all'utente lo schermo del terminale pieno di numeri e parole, ma un'immagine di quello che egli sta studiando o consultando, sia esso un documento, una lettera, un articolo di giornale o una fotografia, un'immagine di un vecchio codice o altro ancora.

Non è infatti possibile surrogare l'informazione ottenibile dalla copia originale di un documento mediante una copia ottenuta ricopiando il documento in questione o descrivendolo.

La tecnologia che permetterà di utilizzare l'analogico in connessione stretta al digitale e trarre da ciò i massimi benefici è il videodisco.

Si iniziò a lavorare a questa tecnologia a metà degli anni '60, ma solo nella prima parte degli anni '70 incominciarono ad aversi i primi accordi commerciali per quanto riguarda gli standard ed i servizi collegati alla commercializzazione. Il primo videodisco fu disponibile sul mercato nel 1977.

Il videodisco fu dapprima sviluppato per registrare le immagini ed i suoni delle reti televisive. La sua produzione e la sua copia era tutt'altro che semplice ed assimilabile in qualche modo al processo produttivo dei noti LP. Il problema della registrazione effettuabile solo in determinate fabbriche e tramite tecnologie costose e speciali è stato il maggior problema del videodisco sino a quando non è stato immesso sul mercato il video disco *DRAW* (Direct Read After Write).

Questa tecnologia permette di registrare direttamente ad opera dell'utente un disco, e di poterlo leggere immediatamente dopo che è stato registrato. Un sistema certamente utile quando è opportuno che documenti ed immagini non abbandonino l'ufficio nel quale sono conservati e tale da permettere un sistema di archiviazione per immagini, gestibile in maniera digitale.

Diverse industrie stanno lavorando su questa tecnologia ed alcune hanno annunciato e prodotto sistemi nei quali tramite la tecnologia del video disco vengono archiviati documenti, l'accesso ai quali viene realizzato tramite un computer dedicato a questo lavoro.

Un videodisco di tipo normale (grandezza quasi pari a quella di un LP), contiene 54000 immagini sia che esso sia a tecnologia DRAW che a tecnologia tradizionale, cioè inciso con apparecchiature specializzate e molto costose.

In diversi campi il videodisco sarà utilizzato ed otterrà un notevole successo: applicazioni militari, applicazioni di stoccaggio di immagini di qualsiasi tipo (da quelle per l'istruzione a quelle per la manutenzione delle apparecchiature e degli impianti), applicazioni nel campo dell'editoria specie di quella con notevoli necessità di testo frammisto ad immagini o con necessità di accesso al documento originale.

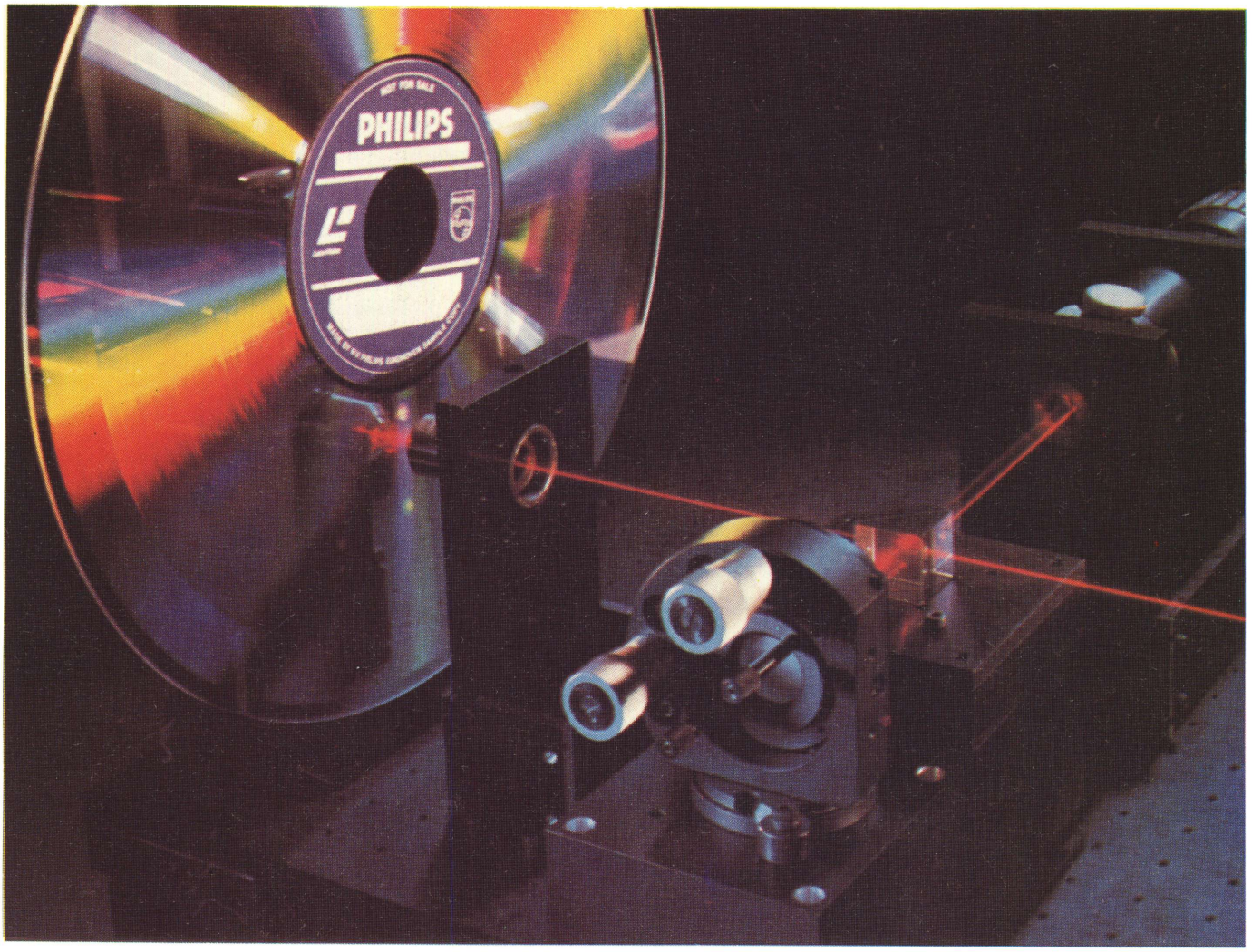
Si vedono anche possibili applicazioni interessanti nel campo medicale, nei musei, nelle biblioteche di immagini e diapositive, purtroppo ben poco presenti in Italia ma notevolmente diffuse in altri paesi. Il video disco in genere risolverà tutti i problemi connessi con l'archiviazione delle immagini in B/N o a colori abbattendo i tempi di accesso.

Il videodisco rappresenta il collegamento tra analogico e digitale nell'ambito della gestione delle informazioni e dell'orientamento delle apparecchiature agli utenti non orientati ma reali dei sistemi informativi. È ovvio che il disporre di un gran numero di immagini sottoforma analogico-digitale permette, soprattutto a quelle discipline e tecniche che hanno bisogno delle immagini, di potere operare in maniera interattiva eseguendo operazioni che sino a poco tempo fa richiedevano tempi lunghi di calcolo e/o di costruzione dell'immagine.

La cartografia si avvarrà del videodisco in termini di archiviazione di mappe, che potranno essere richiamate in tempo reale; l'archiviazione che peraltro avverrà a qualsiasi scala di dettaglio anche a quelle più grandi, quindi eseguendo il montaggio di più carte sullo stesso schermo, o zoomando su una carta alla ricerca di maggiori dettagli.

Computer Art - Arte con il computer

È noto che l'ultima parte degli anni sessanta fu caratterizzata, soprattutto in USA, da una particolare attenzione riposta dagli artisti sul computer, tale che fu coniato il termine di *computer-art*. Questo tipo di arte non ricevette molto consenso dalla critica ufficiale, e il filone per svariate ragioni si



Nella foto, sistema a videodisco che permette la riproduzione di immagini video di elevatissima qualità con suono stereofonico. (Gentilmente fornita dalla Philips).

esaurì presto. Ciò nonostante occorre riconoscere all'impegno ed alla ricerca svolta da alcuni artisti e ricercatori di quel periodo la funzione di avere dimostrato, a volte con esempi notevoli, che tramite il computer e le sue periferiche era possibile disegnare e rappresentare la realtà che ci circonda.

Alcune università americane si dedicarono addirittura alla creazione di linguaggi ad hoc sviluppati per gli artisti quale l'Art-Speak sviluppato alla New York University.

Grazie all'uso del colore e ai progressi delle caratteristiche tecniche dei CRT e dei sistemi di registrazione dell'immagine prodotta, su film o su videonastro, gli artisti hanno trovato nel computer un valido aiuto non solo alla ricerca ma anche alla produzione di materiale video e iconografico di vario tipo. Lavorano con il computer per elaborare le loro opere, scultori pittori e comunicatori visivi, artisti dei mezzi audiovisivi e progettisti.

Esorcizzando la macchina (il computer in questo caso), molti artisti lo stanno utilizzando per investigare nuovi e più complessi campi di applicazione e nuove manifestazioni di creatività.

Occorre ricordare peraltro che il computer e la computer grafica in particolare vengono utilizzati per studiare e ricercare sugli esempi ed opere d'arte del passato: sono ormai di routine gli studi prospettici, quelli sulle deformazioni di opere d'arte, sul restauro, oltre a quelli sul riconoscimento di forme, colori e modelli.

L'animazione ed in genere la produzione artistica trarranno dalla computer grafica utili aiuti che pur non avendo il compito di surrogare la creatività e l'arte permetteranno di investigare e ricercare in campi sinora preclusi.

GLOSSARIO

Clipping
termine in meccanica usato per "sbavatura". In computer grafica indica quelle procedure tramite le quali è possibile fare apparire sullo schermo solo alcune parti di oggetti, troppo grandi per essere contenuti interamente nello schermo.

C.O.M.
Computer Output Microfilm. Vedi paragrafo relativo alle periferiche di output: plotter.

D.D.A.
Digital Differential Analyzer, algoritmo utilizzato per disegnare linee e curve su CRT tramite l'analisi delle loro equazioni differenziali.

Digitizer
apparecchiatura di input in grado di tradurre la posizione di un puntatore di dati digitali.

Dot
punto. Si indica con esso il singolo punto generato su un display televisivo.

Drum
tamburo. Indica la parte di alcuni plotter nella quale si adagia la carta sulla quale il disegno viene effettuato.

D.V.S.T.
Direct View Storage Tube, sistema utilizzato in alcuni videografici. Si basa sull'emissione di elettroni, sul loro convogliamento tramite pennello e sull'eccitamento di fosfori disposti su di uno schermo di fronte all'utilizzatore (vedi Storage).

Flat-Bed
letto piano. Indica un certo tipo di plotter, caratterizzato da un piano di lavoro sul quale si svolgono le operazioni di disegno.

Firmware
parti fatte dalla casa produttrice, software residente, generalmente in ROM.

Flickering
Sfarfallio, problema che può insorgere in alcuni CRT dove l'immagine non rimane ferma e si muove.

Hardcopy
documento in una forma tale da potere essere manipolato e letto senza l'aiuto di apparecchiature, prodotto in conformità di quanto mostrato su periferiche.

Interazione/Interattivo
azione dell'uno sull'altro, azione reciproca tra due soggetti.
In computer grafica l'integrazione si svolge generalmente tra l'utente e le periferiche.

Interlace
interlacciamento. Tecnica utilizzata in TV per formare un quadro video composto da due semiquadri.

Joystick
leva di governo. Apparecchiatura di input in grado di tradurre la posizione di una leva in segnali digitali.

Light-pen
penna luminosa. Apparecchiatura di input con la quale è possibile interagire direttamente con lo schermo di un terminale.

Monitor
apparecchiatura che esamina lo stato di un sistema per indicare ogni tipo di deviazione da alcune prescritte creazioni (vedi anche Terminale videografico).

segue

Piping
convogliare a mezzo di tubature. In computer grafica si indica con questo termine la possibilità data dal firmware o software di eseguire progetti e verifiche di elementi lineari continui (tubi, linee elettriche, percorsi, etc.) in maniera interattiva.

Pixel
parola derivata da picture ed element. Indica l'elemento primitivo dell'informazione video al quale è possibile accedere in maniera digitale ed analogica.

Plotter
plotting instrument, disegnatore, restitutore, strumento restitutore. Apparecchiatura di output in grado di trasformare informazioni digitali di output analogici realizzati con tratto continuo su supporti di tipo diverso.

Raster
rastrello, vedi Raster Scan.

Raster Scan
sistema di creazione dell'immagine su alcuni CRT. Un fascio di elettroni spazza lo schermo dall'alto in basso ed ha la possibilità di eccitare alcuni punti opportunamente selezionati che formano l'immagine voluta (vedi Refresh).

Refresh
rinfresco, sistema di mantenimento dell'immagine sul video tramite ripetizione della stessa immagine.

Remote sensing
vedi telerilevamento.

R.G.B.
Red Green Blu colori fondamentali nella sintesi additiva usata nel CRT a colori.

Risoluzione
il più piccolo intervallo tra due valori adiacenti che possono essere distinti l'uno dall'altro. In videografica si intende il numero di punti indirizzabili su CRT; viene generalmente espressa con la notazione N. punti orizzontali x N. punti verticali.

Shape
forma, figura.

Sistema informativo
generalmente utilizzato per indicare tutte le operazioni e procedure usate nel processare i dati.

Solid modelling
modellazione solida, tecnica di rappresentazione di oggetti tridimensionali in modo tale da creare immagini sintetiche degli stessi.

Storage
(immagazzinamento) sistema di mantenimento dell'immagine sul video tramite eccitamento dei fosfori disposti sullo schermo. L'immagine una volta prodotta sullo schermo viene su di esso ritenuta.

Stroke
colpo, termine usato nei sistemi video che impiegano la tecnica per vettori.

Telerilevamento
è la scienza e l'arte dell'acquisire informazioni di oggetti materiali mediante misurazioni fatte a distanza senza che intervenga un contatto fisico. Pertanto la misurazione deve avvenire misurando l'energia trasmessa mediante onde elettromagnetiche.

Terminale videografico
(B/N e a colori) dispositivo per visualizzare su CRT informazioni alfanumeriche e grafiche.

Track-ball
attrezzatura di input simile al joystick, in grado di tradurre la posizione di una sfera manovrata dalla mano in segnali digitali.

Voxel
parola che indica l'elemento di volume. È il cubetto elementare considerato nella creazione delle rappresentazioni tridimensionali.

11 La paura del calcolatore

La convivenza della società col calcolatore, come tutte le convivenze, ha posto dei problemi: alcuni sono stati risolti o riassorbiti dalla flessibilità del sistema sociale, altri, giunti spesso inattesi, hanno comportato gravi perdite di lavoro, di libertà, di sicurezza. In anni più recenti ci si è trovati di fronte ad un'altra convivenza difficile: quella con la telematica, la tecnologia che consente di collegare in tempo reale via etere o via cavo terminali e calcolatori annullando per la trasmissione e la ricezione dell'informazione le barriere di spazio e di tempo.

La paura del calcolatore risale agli anni '50 quando si è discusso a lungo e con angoscia cercando di definire il limite tra uomo e macchina. Con gli anni il problema è caduto e con esso l'angoscia e il terrore.

Negli anni '70 il calcolatore ha spaventato di nuovo: come lavoratore rivale, come macchina capace di fornire, guidata da misteriosi e indecifrabili programmi, risposte inappellabili; come oggetto che può controllarci raccogliendo un coacervo di informazioni che ci riguardano.

La telematica in effetti non concede molto spazio alla privacy dei singoli soggetti perché le informazioni su di essi possono venire raccolte ogni dove e convogliate in archivi unificati: le banche dati personali.

Attualmente lo scenario sta di nuovo cambiando grazie al diffondersi di piccoli calcolatori programmabili e dei personal ma, soprattutto, grazie al naturale uso dello strumento calcolatore fatto dalle nuove generazioni. Per il moltiplicarsi delle banche dati sia nel settore pubblico che in quello privato sta cambiando anche il concetto di difesa della privacy personale.

Dalla richiesta di un controllo della esattezza dei dati raccolti si è passati a quella del controllo e della trasparenza per le banche dati e le amministrazioni che le producono. Si sta diffondendo la consapevolezza che le banche dati sono un potente strumento di decisione e viene richiesto come un diritto l'accesso all'informazione che esse contengono.

Le leggi emanate a partire dal 1973 in vari Stati a difesa della tutela della privacy dei cittadini si stanno modificando diventando anche leggi che garantiscono la libertà di accesso all'informazione.

L'informazione viene a configurarsi sempre più come un bene economico. In effetti la discriminazione tra chi ha la possibilità di usare un calcolatore e di gestire tramite questo una rilevante massa di dati e chi non ha questa possibilità non è solo di tipo culturale ma essenzialmente di tipo economico.

Un esempio banale può essere offerto dal gioco del Totocalcio. Vincere grosse somme è un evento raro ma se si usa un sistema, ad esempio quello statistico calcolando le colonne più probabili in base alle frequenze e alle classifiche, le probabilità aumentano. Fare questi calcoli è laborioso anche con un calcolatore, ma possibile, e disponendone e avendo anche una somma da investire settimanalmente il beneficio economico può essere quasi certo.

Per ciò che riguarda la segretezza nel sistema Videotex, ogni utente ha un proprio numero di identificazione (user number), che determina nel data-base a quali informazioni l'utente può accedere. Per aumentare il grado di segretezza, il computer chiede anche il pass-code, noto solo all'utilizzatore, che non compare sul video durante la trasmissione. (Foto gentilmente fornita dalla Philips).

Oltre che al singolo cittadino la telematica pone gravi problemi allo Stato: la riorganizzazione della Pubblica Amministrazione, l'istituzione di nuovi servizi sociali e nuovi strumenti di controllo. Ma soprattutto fare sì che si raggiunga una più vasta partecipazione democratica e non si instauri una dittatura. La società informatizzata fornisce servizi sempre più capillari e tramite questi può esercitare altrettanto capillari controlli sul cittadino. Il pericolo è che l'adeguamento delle popolazioni alla nuova realtà non sia sufficientemente rapido e che l'innovazione tecnologica venga subita

passivamente. La diffusione dei servizi informatici presuppone una partecipazione attiva e cosciente nell'esercizio del proprio diritto al controllo e un impiego personale continuo. Chiedere informazioni tramite terminale presume selezioni e scelte, quindi un coinvolgimento e non può svolgersi passivamente e in modo automatico. Altrimenti si apre il varco per l'instaurarsi di un potere di tipo politico, economico, ideologico, terroristico o criminale che può assumere il controllo della società.

I problemi della privacy

La tutela della privacy è innata negli esseri viventi. Uomini e animali hanno sempre difeso il loro territorio, i loro oggetti, i loro affetti e il processo di civilizzazione ha continuamente ridotto gli spazi personali. Come gli animali domestici si lasciano avvicinare oltre i limiti che sono di guardia per i conspecifici selvaggi, così l'uomo civile ha progressivamente abbassato le proprie difese. La propria immagine viene ripresa su nastri e pellicole, si fa raggiungere in casa da estranei tramite il telefono, fa uso di un elemento di identificazione come il codice fiscale che, contenendo in forma palese la data di nascita, non consente più di nasconderla.

L'idea stessa di privacy si è modificata. Winston Churchill all'inizio del secolo temette che i raggi x passando attraverso muri e vestiti non lasciassero più spazi alla privacy.

Per noi l'idea si è spostata dal "diritto di essere lasciato solo al diritto di controllare l'uso di informazioni raccolte legittimamente da altri".

Non tutte le informazioni vengono raccolte legittimamente. Talvolta lo sono per scopi discriminatori od illeciti. Il processo di qualche anno fa per le schedature di carattere politico e sindacale fatte da alcune industrie italiane e la scoperta degli archivi dei terroristi e delle bande di sequestratori ne sono un esempio.

Il formarsi di archivi illegittimi non è tuttavia sempre frutto di una volontà iniziale perché molti archivi si formano automaticamente. Nella terza edizione del rapporto annuale della Commissione Francese Informatica e Libertà si è valutato che in media ogni cittadino francese è schedato in cinquecento archivi.

Dati che ci riguardano sono registrati ovunque. Spostamenti in areo, assicurazioni, passaggi di proprietà, pagamenti di tasse, carriera scolastica, dati anagrafici, ricoveri ospedalieri. Normalmente tutti questi dati sono raccolti e custoditi in archivi separati e singolarmente non dicono più di quanto essi stessi contengano.

Il diffondersi di nuovi servizi informatici (videotel, banca elettronica, trasferimento elettronico del denaro, televisione via cavo, posta elettronica, uso di terminali interattivi) può favorire il formarsi automatico di banche di dati sensibili sugli utenti: tendenze, preferenze, orari, spostamenti, bilanci familiari, acquisti, amicizie.

Un sistema di rilevamento degli indici di ascolto dei programmi televisivi prevede, nelle famiglie scelte a campione, la registrazione automatica di ogni ascolto e per i singoli membri una individuazione personale tramite pulsante. Un'analisi dei dati rilevati potrebbe permettere di ricostruire un'immagine psicologica approssimata della famiglia e dei suoi orari. E ciò non è certamente né previsto né voluto.

A difesa dell'invadenza delle banche dati molte nazioni hanno emanato delle leggi per la tutela della privacy dei cittadini. Quasi tutte le leggi prevedono un organo di controllo al quale devono essere notificate le banche dati esistenti e fatte le richieste di autorizzazione per ciascuna di quelle che via via si formano.

Sono stati considerati vari tipi di banche dati: su archivi magnetici o a registrazione manuale, relative a persone fisiche o anche a persone giurìdiche, raccolte da parte pubblica o anche da quella privata. Sono state altresì fissate le modalità per consentire agli interessati di accedere, controllare ed eventualmente correggere i dati loro relativi. In quasi tutti i casi dopo qualche tempo sono state introdotte o richieste delle modifiche per i testi di legge. In effetti gli sviluppi tecnici, il diffondersi di calcolatori e il dilagare delle banche dati rende difficili i controlli previsti e la delimitazione dei settori di intervento.

Vi sono stati anche dei cambiamenti nell'atteggiamento degli individui.

Il cittadino si è abituato ad essere schedato in vari archivi. Ogni impresa pubblica o

privata in effetti registra la propria attività su un calcolatore e registra inevitabilmente dati personali. Il cittadino si sta anche adattando all'idea di essere individuato da un numero nazionale unico di identità. In alcuni paesi ciò si è già verificato ed è un fatto acquisito, in altri viene giudicato inconcepibile sebbene sistemi di identificazione numerica siano di uso diffuso.

Un diritto di tutela che pone ancora molti problemi è quello relativo agli archivi formati con cartelle cliniche nominative. Vi sono due posizioni contrastanti. Da una parte il diritto di riservatezza del malato, dall'altro la necessità per gli studiosi di accedere ai dati. Il Consiglio d'Europa ha sottoposto ai paesi membri una bozza di raccomandazione relativa alla protezione dei dati di carattere personale utilizzati ai fini di ricerche statistiche e scientifiche. L'Associazione Scientifica Europea ha adottato nel 1980 una dichiarazione sulla protezione della vita privata e l'utilizzazione dei dati a carattere personale ai fini di ricerca.

Poiché la società del futuro sarà sempre di più informatizzata ed i servizi informatici entreranno sempre di più nella vita di ognuno si pone il problema del rapporto tra i nuovi servizi di comunicazione e la futura società telematica.

La telematica infatti sarà in grado, ed in parte già lo è, di portare all'interno della abitazione tutta una serie di servizi sinora non disponibili, sia in assoluto che in maniera telematica. Lo scenario previsto dalle ricerche svolte ultimamente in Francia prevede ben sessantaquattro nuovi servizi telematici da utilizzare in parte nell'abitazione ed in parte negli altri luoghi nei quali si conduce l'esistenza.

Alcuni di questi servizi sono in realtà ancora da inventare ma non mancherà certo la creatività ai produttori e distributori una volta iniziata la produzione e distribuzione di quelli più attuali e già in parte sperimentati o progettati.

Lasciando da parte servizi già esistenti quale quello del Videotel gestito a livello nazionale con controlli e modalità degni di un servizio pubblico, esistono oggi servizi realizzati via etere, ad esempio dalle televisioni private, eseguiti in maniera precaria ed artigianale quale ad esempio il "mercato degli oggetti usati". Questo servizio, una volta diventato il "telemercato" e gestito automaticamente, potrebbe certamente riscuotere un notevole successo ed essere utilizzato proficuamente.

I servizi di carattere videofonico e videomatico sono ben altri, dalla possibilità di esaminare facsimili tridimensionali, alla teledecorazione che permette di ottenere immagini vive e mobili al posto di abbellimenti fissi. La teleanimazione permetterà di rendere meno solitari e frustranti i momenti di isolamento o di mancanza di compagnia, mentre il telegioco porterà alla portata di ognuno l'uso della più sofisticata sala di giochi.

Anche la democrazia sarà possibile esercitarla in maniera remota tramite il televoto che certo, per esempio per i poteri locali, potrà fornire ottime possibilità di verifica. In generale non è ipotizzabile un servizio che non possa essere realizzato per via telematica.

Il punto è che non è peraltro ipotizzabile nessun servizio eseguito per via telematica che non sia controllabile da opportuni sistemi informatici.

È facile immaginare come tutto possa essere controllato e l'esistenza di ognuno diventi non solo trasparente ma tale che possa essere analizzata in dettaglio dai fornitori di servizi.

Il passaggio transfrontiera dei dati

Lo sviluppo estremamente veloce della telematica ha posto la necessità di accordi internazionali rivolti ad armonizzare i principi delle varie legislazioni nazionali sulla privacy. Tale esigenza è stata perseguita da organismi internazionali. Tra questi il Consiglio d'Europa che ha messo a punto una convenzione e l'OCSE che ha stabilito delle linee direttrici.

In effetti la disparità legislativa che può andare dalla mancanza di regolamentazione a una tutela assai analitica e restrittiva provocava notevoli inconvenienti per i cittadini e le imprese che, sebbene tutelati nel proprio paese, possono trovarsi schedati in altri senza nessuna possibilità di controllo.

Leggi differenti oltre ad impedire i controlli pongono anche gravi limitazioni economiche ed operative a tutte le società, amministrazioni, enti, associazioni e cittadini

che svolgono un'attività a livello internazionale.

La consapevolezza della stretta relazione tra la tutela della privacy a livello nazionale e il passaggio transfrontiera dei dati (*Transborder Data Flow - TBDF*) si ebbe nel 1977 a Vienna durante un seminario organizzato dall'OCSE sulla privacy. Durante il convegno fu reso noto un caso clamoroso. La Bulgaria, non avendo allora attrezzature sufficienti per gestire le prenotazioni della propria compagnia di bandiera, si era rivolta ad una società di servizio che ne gestiva i dati relativi al traffico aereo dagli Stati Uniti, più precisamente dalla Georgia. Volendo, questa società avrebbe potuto fornire a terzi interessanti informazioni assai delicate per la sicurezza interna del paese.

L'attuale dibattito internazionale verte su questo ultimo punto. L'informazione è come si è detto un bene e i suoi scambi a livello internazionale hanno risvolti economici, politici e giuridici. Vi è la tendenza sostenuta dagli Stati Uniti ad una completa liberizzazione degli scambi internazionali.

Il vice presidente della City Bank, uno

Nella foto, la sala di controllo del traffico aereo di Ciampino. (Gentilmente fornita dalla Selenia).

dei più grossi istituti bancari americani, ha sostenuto recentemente che poiché l'informazione viene convogliata lungo canali con tecnologie che consentono la sovrapposizione di migliaia di segnali non è più possibile distinguerne il contenuto semantico. Messaggi personali di valore finanziario irrilevante ed altri relativi a transazioni di miliardi, possono attraversare il mondo viaggiando sugli stessi canali rendendo impossibile la selezione tra i dati soggetti a tutela e quelli che possono essere trasmessi liberamente.

Quindi una restrizione posta alla trasmissione di informazioni di tipo particolare avrebbe un effetto globale sulla trasmissione di informazioni.

Vi è un'altra posizione, sostenuta dall'area europea, che richiede una regolamentazione per il passaggio transfrontiera dei dati a difesa e protezione delle "autonomie informative".

Il rapporto Madec enumera alcuni rischi che comporterebbe una liberalizzazione:

- la possibile utilizzazione illegale dei dati trasferiti all'estero;
- le conseguenze per una nazione che avesse trasferito all'estero parte dei suoi dati, nell'evenienza di un disastro naturale o provocato;
- il pericolo di una dipendenza economica e culturale da paesi che possiedono e vendono molte banche dati;
- la possibilità che i dati "emigrati" all'estero siano governati da leggi fiscali, bancarie, antimonopolio straniere;
- un ampliamento della quota di potere delle società multinazionali all'interno dei singoli stati;
- la possibilità di spostare senza alcun controllo grossi capitali e gestirli tramite "calcolatori ombra".

Il reddito derivante dal TBDR è in continuo aumento (per gli USA è previsto un incremento annuo dell'ordine del 17 per cento), il bene informazione ha un'incidenza crescente sui bilanci nazionali e il commercio internazionale è sempre più strettamente connesso con gli scambi di informazione. In questa prospettiva si propone un nuovo aspetto del problema dei rapporti tra i paesi industrializzati e quelli in via di sviluppo.

Lo sviluppo industriale e commerciale si è svolto in gran parte trasformando e utilizzando in paesi ricchi i materiali grezzi prelevati da quelli più poveri. Ora questi ultimi temono che per il "bene informazione" si verifichi lo stesso processo e paventano di diventare fornitori gratuiti di dati primari e importatori paganti di dati elaborati da sistemi informativi che già da ora oltrepassano le loro possibilità di acquisto e gestione.

Per i paesi sottosviluppati industrialmente esiste anche un altro pericolo: la perdita dell'identità culturale. È in corso la trascrizione di tutte le conoscenze del mondo occidentale in archivi elettronici che andranno ad alimentare, almeno in parte, delle banche dati che saranno offerte commercialmente. Una incontrollata utilizzazione di queste informazioni da parte dei paesi emergenti potrebbe provocare un travaso culturale e soffocare il patrimonio originario che è fondamentale per l'autonomia di un paese.

L'Italia è tuttora in attesa di una legge sulla tutela della privacy sebbene abbia aderito alle proposte dell'OCSE e firmato la convenzione del Consiglio d'Europa. Vi sono tuttavia articoli di altre leggi che si riferiscono a particolari aspetti della tutela, delle leggi regionali assai articolate e complete, ma non vi è ancora una legge quadro che riunisca e coordini unitariamente i vari frammenti legislativi.

Nella foto, sportello bancario automatico realizzato nella versione "lobby" per installazioni all'interno e TTW (Through - The - Wall) per installazioni all'esterno delle agenzie.

L'informatica e la legge

La protezione della privacy, la regolamentazione del passaggio transfrontiera dei dati (TBDF), la garanzia del libero accesso alle informazioni (FOI) sono solo alcuni dei problemi posti dalla telematica al legislatore.

Nel corso del 96° Congresso americano sono state presentate 857 proposte di legge connesse con i calcolatori o la trasmissione di informazione. È prevedibile una società in cui legislatori e magistrati per esercitare il loro mandato dovranno essere aggiornati sui progressi tecnologici. È un aggiornamento che richiederà tempo perché l'industria dei calcolatori sta crescendo con un ritmo troppo rapido perché si possa provvedere contestualmente a risolvere i problemi diretti e indiretti che pone.

Il Presidente e Direttore dell'Associazione americana delle industrie che producono calcolatori e apparecchiature per telecomunicazioni al Convegno "The Advanced Computer Law Invitational" ha dichiarato che la mancanza di competenza specifica dei parlamentari e dei loro assistenti fa sì che non vengano prese in considerazione ed esaminate delle proposte di legge che riguardano il suo settore provocando così un danno economico e delle difficoltà per l'industria. Secondo una sua stima solo il 2 per cento dei membri del Congresso è sufficientemente qualificato nel campo dell'informatica.

La soluzione a livello legislativo dei problemi creati dai calcolatori e dalla telematica comporta tre tipi di intervento: leggi per disciplinare il corretto uso dei nuovi strumenti; leggi per reprimere gli abusi provocati da un loro uso scorretto o fraudolento; modifiche di tipo strutturale.

Nel primo caso rientrano la tutela del software, l'attribuzione di responsabilità per gli errori occorsi durante un processo di trasmissione di dati, le garanzie per l'affidabilità e la sicurezza dei sistemi.

Nel terzo caso, rientrano: l'aggiornamento dei metodi e degli strumenti di controllo (quali l'accettazione come prova dei dati forniti da un elaboratore o la possibilità di utilizzare tabulati o registrazioni su supporto magnetico per gli adempimenti amministrativi); una forma di stesura dei testi legislativi che ne consenta agevolmente la immissione in un elaboratore; attenzione nella formulazione di nuove disposizioni affinché queste comportino per il paese il minor costo possibile in software.

Per quanto riguarda il secondo caso va osservato che spesso le leggi, specie nel mondo anglosassone, si sono dimostrate inadatte ad affrontare gli atti illeciti compiuti mediante calcolatore (*computer crime*).

La manipolazione arbitraria di software per procurarsi dati o denaro, non rientra sempre nella definizione di "furto". Gli atti delittuosi possono essere compiuti a distanza da altri paesi mediante terminali e possono sorgere problemi di competenze.

Non è stato ancora recepito appieno il valore del tempo macchina anche se furti di minuti possono essere più rilevanti di furti in denaro. Studenti di college e università hanno usato spesso i calcolatori e i terminali per gioco o divertimento provocando talvolta gravi conseguenze. Conseguenze ancor più disastrose si sono avute in aziende dove gli impiegati che avevano accumulato rancori hanno modificato i programmi o cancellato le memorie per puro vandalismo (Figura 1).

Bisogna anche tenere conto del particolare atteggiamento provocato in alcune persone dal calcolatore. C'è chi non ha l'impressione di nuocere ad altri ma solo a sistemi anonimi, taluni hanno una posizione di sfida e di ribellione verso lo strumento.

Esiste poi un atteggiamento diffuso per cui ciò che viene stampato o prodotto da un calcolatore è accettato come valido. Persone che dimostrano una accorta diffidenza nel gestire i propri affari quando comprano

1

Causa	%
Errori degli utilizzatori del sistema	42
Funzionamento difettoso dell'apparecchiatura	33
Metodi di utilizzazione errati	15.3
Frodi e sabotaggi	9.7
	100.00

Figura 1. Studi condotti dalle società assicuratrici dei sistemi di informazione elettronica e dei dati e programmi in essi contenuti hanno dimostrato che ancor oggi è l'utilizzatore la causa più percentualmente probabile del malfunzionamento dei sistemi informatici. Tra le cause principali sono l'ignoranza dei rischi che si creano, la disattenzione, il sabotaggio (ad esempio per ragioni ideologiche o per rivalse, per licenziamento, etc.), la frode soprattutto come modificazione di dati e sottrazione di dati.

un sistema di calcolo vi si affidano senza curarsi minimamente di avere controlli e garanzie adeguate. E se è difficile eseguire un controllo di tutti i programmi dei grandi centri di calcolo perché si tratta di centinaia di migliaia di istruzioni, lo è ancor più nei piccoli centri dove il personale è limitato e non sono previste in bilancio somme per adeguate misure di sicurezza.

Non si hanno molti dati sui computer crime perché frequentemente non vengono denunciati. I soggetti passivi dell'azione e le società fornitrici dell'hardware e del software hanno il più delle volte interesse a mantenere il segreto per non perdere clientela e credibilità. Per ovviare a questo atteggiamento negli Stati Uniti è stata resa obbligatoria la denuncia alle autorità federali degli abusi commessi tramite elaboratore in istituti finanziari e ne vengono pubblicati i dati relativi.

Una stima arbitraria ma accettata dà:
a) scoperto l'1% dei reati commessi;
b) di questa aliquota solo il 15% denunciato;
c) in caso di denuncia solo il 3% dei responsabili condannato.

In Inghilterra e negli Stati Uniti, i paesi per cui si ha il maggior numero di dati, la pena massima è stata di quattro anni. È anche successo che un ladro si sia dimostrato così abile che, dopo aver rubato 250.000 dollari, restituito solo 9.000 dollari, aver fatto 40 giorni di prigione, sia diventato il consulente pagatissimo di chi cerca di difendersi dai furti elettronici.

È utile a questo punto riportare quanto descritto nel rapporto al Congresso degli Stati Uniti d'America circa i problemi connessi con la utilizzazione dei computer ed i reati che con essi possono essere compiuti.

Altre minacce contro le apparecchiature, i servizi e i prodotti degli elaboratori comprendono gli eventuali danni derivanti da incendi, allagamenti e altre calamità naturali, oppure da mancanza di energia (come nel caso di interruzioni e abbassamenti di tensione della corrente elettrica) ed altre cause tecniche. Inoltre, eventi quali le esplosioni nucleari presentano un tipo assai particolare di minaccia, poiché gli impulsi elettromagnetici (EMP) possono provocare la distruzione di un qualsiasi elemento non protetto dall'apparecchiatura elettronica. Recentemente, sono sorte questioni circa la possibilità di accertamento e di controllo dei pericoli e della vulnerabilità delle apparecchiature (Figura 2).

Ed ancora circa i reati e le varie tecniche di dolo (Figura 3). La varietà di reati riferiti all'elaboratore complica la situazione. Si tratta di attività criminali complesse, che spesso recano nomi strani. Ecco alcuni esempi:

- *imbroglio sui dati* (data diddling): alterazione dei dati prima o durante l'immissione nell'elaboratore;
- *cavallo di Troia* (Trojan horse): conversione dell'assegnazione delle istruzioni nel programma dell'elaboratore, per cui questo riesce a compiere funzioni non autorizzate, mentre consente al programma di svolgere la funzione lecita;
- *tecnica dello spillamento* (salami): sottrazione di piccoli elementi, senza ridurre il tutto in maniera evidente, come avviene nel caso di una contabilità in cui piccole frazioni di cifre (arrotondamenti) possono essere sottratte senza che ce se ne accorga subito;
- *superzapping*: impiego indebito di un programma speciale che supera tutti i controlli, sì che possano risultarne mo-

2

Categorie	Incidenti %	danni dolosi %
Dirigenti	9	20
Addetti informatici	19	22
Personale contabile	13	13
Personale di tesoreria	7	6
Partecipazione di più categorie	39	32
Personale di magazzino	13	7
	100	100

3

Analisi condotta su 150 frodi di notevole rilevanza condotte su calcolatore

Aggiunta o modificazione di transazioni	65%
Transazioni soppresse	4%
Modificazione di bollette	8%
Alterazioni di programmi	9%
Utilizzazione impropria	3%
Altro	11%
	100%

Figura 3. Le società di assicurazioni non prendono generalmente in considerazione i casi di frode, a meno di alcune le quali impongono franchige molto elevate, essi peraltro costituiscono un notevole deterrente di paura per i gestori dei sistemi informatici.

dificate, o possano venir divulgate, le informazioni che sono all'interno dell'elaboratore;

- *passaggi segreti* (trap doors): istruzioni per i programmi, che consentono di accedervi evitando certe procedure o sfruttando certi punti deboli del progetto, della logica o dei circuiti elettronici dell'elaboratore;
- *bombe logiche* (logic bombs): istruzione "indebita" di un programma, che scatta e si compie ad un certo momento, svolgendo una funzione non voluta;
- *raccolta di spazzatura* (scavenging): procacciamento di informazioni lasciate dentro o nell'ambito dell'apparecchiatura dell'elaboratore;
- *piggybacking e imitazione* (piggybacking and impersonation): accesso, di persona o per via elettronica, ad un elaboratore o agli impianti. È altresì possibile *intercettare* le comunicazioni dei dati in modo analogo a quanto avviene sulle linee telefoniche, rendendo quindi possibile un altro tipo di accesso indebito alle informazioni ed ai servizi. Inoltre, la sottrazione di dati manuali o automatizzati (indebito accesso ai dati) consente anch'essa illecite rivelazioni e un accesso illegale ai dati ed ai servizi.

La scoperta e la definizione delle circostanze dei reati risulta spesso difficile. In molti casi, il reato viene scoperto accidentamente, e il modo usato per perpetrarlo può rimanere oscuro. La denuncia di un reato può comportare ulteriori danni, che vanno al di là della perdita subita.

Certe aziende sono, pertanto, restie a denunciare i reati, perché ne potrebbe conseguire una diminuzione della fiducia del pubblico nei loro confronti.

Oltre alla cattiva pubblicità, la rivelazione di procedure interne speciali e il possibile pericolo per i relativi sistemi informativi, spesso dissuadono dal denunciare i reati. È perciò comprensibile il motivo per cui molte aziende ed istituzioni sia pubbliche, sia private, rifuggono da un tal genere di pubblicità. La riluttanza a denunciare tali reati impedisce che essi vengano scoperti e riduce la possibilità di perseguire i loro autori.

Si è configurata quindi la necessità di muoversi in due direzioni: leggi adeguate e un'opera di educazione per convincere la popolazione, e in specie le giovani generazioni, che gli abusi fatti col calcolatore sono atti criminosi e punibili legalmente.

Negli Stati Uniti il Dipartimento di giustizia ha istituito programmi di addestramento per i propri funzionari e all'FBI si tiene periodicamente un corso sui reati compiuti mediante elaboratori che ne considera sia i risvolti tecnici che quelli giuridici.

Figura 2. Sia dagli incidenti che dal dolo non si esime nessuna categoria di quelle che operano in un ufficio e che sono a contatto con il sistema informativo. I sistemi di dolo e le cause di incidenti sono tra le più varie; una ad esempio, che ha poco a che fare con l'informatica ma è causa di non pochi incidenti è la scarsa sicurezza del luogo dove si conservano i supporti magnetici dei programmi e dei dati. In tali locali si effettua spesso la sostituzione dolosa di supporti magnetici, non solo il trafugamento, al posto di altri, con lo scopo di averne copia o di sostituirne una copia contraffatta. In questi luoghi di stoccaggio dei supporti magnetici è buona norma non solo controllare l'uscita, ma anche l'entrata ed analizzare in anticipo quello che vi viene conservato.

La vulnerabilità della società

La Svezia è stata la prima nazione ad affrontare con decisione il problema della vulnerabilità della società come conseguenza della telematica.

Nel 1977 fu nominato il Comitato per la vulnerabilità che pubblicò nel 1979 un rapporto - il rapporto SARK - secondo il quale la vulnerabilità della società era ad un livello di rischio intollerabile ed urgevano contromisure per limitare il pericolo. Il Comitato giudicò del tutto inadeguate le precauzioni sino allora adottate e indicò le cause di rischio di vari fattori tra cui, al primo posto, la dipendenza da paesi stranieri, la concentrazione delle apparecchiature, i sistemi di telecomunicazioni, l'affidabilità degli impiegati e particolari contenuti di memoria. Raccomandò inoltre l'istituzione di un apposito organo di sicurezza.

Il Governo svedese nel 1981 nominò per la durata di tre anni un ufficio per l'informazione e la consulenza sui problemi connessi con la sicurezza e la vulnerabilità della società. L'ufficio ebbe il compito di assistere sia il settore pubblico che quello privato e di studiare la creazione di un organismo permanente.

In effetti la vita di una Nazione dipende sempre più dai sistemi informativi ed è essenziale la difesa da errori, sabotaggi o attacchi esterni. Il pericolo è ovunque: i satelliti possono essere colpiti da missili; le trasmissioni via cavo o via etere soggette a intercettazioni; diminuzioni di energia, raggi cosmici o emissioni solari possono provocare errori fortuiti; componenti o parte di questi possono essere forniture straniere e non sostituibili nell'eventualità di crisi internazionali. Si è avuto notizia di calcolatori in cui è stata inserita nell'unità centrale una microradio in grado di trasmettere i dati in memoria.

Un pericolo nuovo proviene dal diffondersi del trasferimento elettronico del denaro (*Electronic Founds Transferts ETF*). Per ora è limitato ai movimenti dei grandi istituti bancari che ogni giorno trasferiscono con questo sistema somme di grande rilievo. Per destabilizzare economicamente una nazione sono ipotizzabili furti programmati che producano bancorotte improvvise, oppure delle modifiche ai programmi e ai dati in memoria tali da causare una continua erosione.

Si profila anche una dipendenza tecnocratica. Con l'aumentare della massa dei dati disponibili elettronicamente le selezioni per l'utilizzazione delle informazioni dovranno essere delegate, almeno nelle fasi preliminari, ad altre macchine e a personale estremamente specializzato. Di conseguenza la gestione dell'informazione sarà potenzialmente in mano a chi gestirà il software e conoscerà la logica dei sistemi di calcolo.

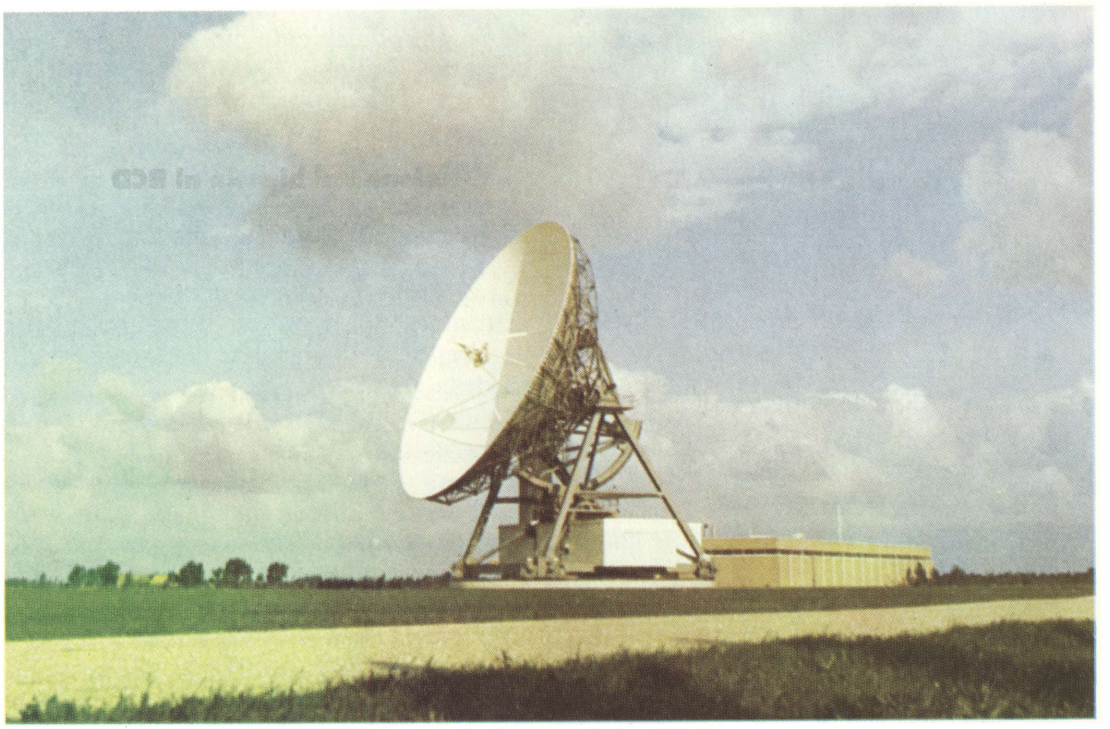
Sono stati studiati molti sistemi di difesa: duplicazione delle memorie, sicurezza fisica degli impianti, accesso selettivo ai dati più delicati, controlli sui precedenti personali degli impiegati, utilizzazione di metodi crittografici. Negli Stati Uniti il National Bureau of Standards è stato incaricato di realizzare un sistema di codificazione crittografica automatica, che è obbligatorio per alcune trasmissioni di dati a livello federale, che ha pubblicato delle direttive per la sicurezza nell'impiego degli elaboratori.

Un sistema di difesa che sta diffondendosi è quello del trasferimento del rischio: l'assicurazione. Si può assicurare quasi tutto: l'hardware, il software, il contenuto delle memorie, gli eventuali incidenti lungo le linee di trasmissione, i danni causati da incendi.

Governi, assicurazioni, gruppi di utenti costruttori e società di software stanno studiando in tutto il mondo sistemi di prevenzione e difesa.

Ad esempio in USA un comitato di lavoro formato dalla City Bank e la Chase Manhattan Bank, il National Bureau of Standards ed altre imprese minori ha messo a punto un sistema di FIMAS per proteggere transazioni elettroniche di danaro (E.F.T.) e l'AIR FORCE ha ingaggiato degli specialisti con il compito di "violare" i propri sistemi. Quando questi specialisti hanno successo vengono cambiati gli accorgimenti di sicurezza.

Il diffondersi di calcolatori sempre più accessibili e delle capacità di programmarli assommata alla intrinseca vulnerabilità degli attuali sistemi di trasmissione renderà però sempre più arduo per la società il raggiungere una ragionevole sicurezza.



La vita di una nazione dipende sempre in maggior misura dalla tecnologia dei sistemi informativi ed è essenziale la difesa da errori, sabotaggi o attacchi esterni; esiste infatti il pericolo che i satelliti possano essere colpiti da missili, che le trasmissioni via etere vengano intercettate. Errori fortuiti possono creare crisi internazionali. (Foto gentilmente fornita dalla Philips).

12 Il computer e l'elettronica nella produzione

La costante ricerca da parte dell'uomo di sempre nuovi metodi per garantirsi, con minor sforzo e maggiore sicurezza, i mezzi di sussistenza e di benessere si basa sull'applicazione delle conoscenze scientifiche per ottenere vantaggi pratici, in una sola parola sulla tecnologia.

Nella foto, il CAD è usato per materializzare le idee del progettista circuitale. Ogni transistore è tradotto in un insieme di linee che rappresentano le varie fasi del processo chimico. L'insieme di queste linee creerà la condizione fisica nel silicio per l'esistenza del transistore. (Gentilmente fornita dalla SGS).

L'evoluzione tecnologica del sistema di produzione è quindi legata all'evoluzione delle conoscenze scientifiche in quelle discipline che, in un determinato periodo di tempo e in un particolare scenario, sembrano possedere le migliori garanzie per raggiungere determinati obiettivi ad un costo minimo o comunque competitivo. Alla sostituzione del lavoro umano, in termini energetici, con apparecchiature meccaniche è seguita la sostituzione dei comandi manuali con comandi automatici attraverso applicazioni realizzate secondo livelli di differente complessità. Ai metodi per introdurre negli organi di comando delle macchine le informazioni necessarie per eseguire determinate lavorazioni stanno seguendo i metodi di gestione e scelta delle informazioni sintetiche che emulano un comportamento intelligente.

La tecnologia elettronica ed informatica continua a rivoluzionare i metodi di lavoro nelle fasi di progettazione, produzione e collaudo. L'informazione e la capacità di trasmetterla rapidamente vanno riconosciute come un bene prezioso paragonabile al denaro in banca o ai pezzi lavorati in magazzino. Per meglio comprendere l'utilizzo ottimale delle informazioni all'interno di un sistema di produzione è necessaria un'analisi dettagliata dei singoli sottosistemi.

Tipi di produzione

La produzione industriale comprende una vasta gamma di attività ed imprese in grado di trasformare il materiale di ingresso in prodotto, eseguendo su di esso una o più lavorazioni che prendono il nome di *processo*. In certe industrie si fabbrica un solo tipo di prodotto in modo continuo: esempi familiari sono la raffinazione del petrolio, la produzione della carta e la preparazione di prodotti chimici. La caratteristica di tutti questi processi è che sono in genere facilmente controllabili con *tecniche di retroazione a circuito chiuso*: si rilevano le variazioni delle caratteristiche del prodotto per regolare opportunamente l'immissione delle materie prime o gli stadi intermedi della lavorazione.

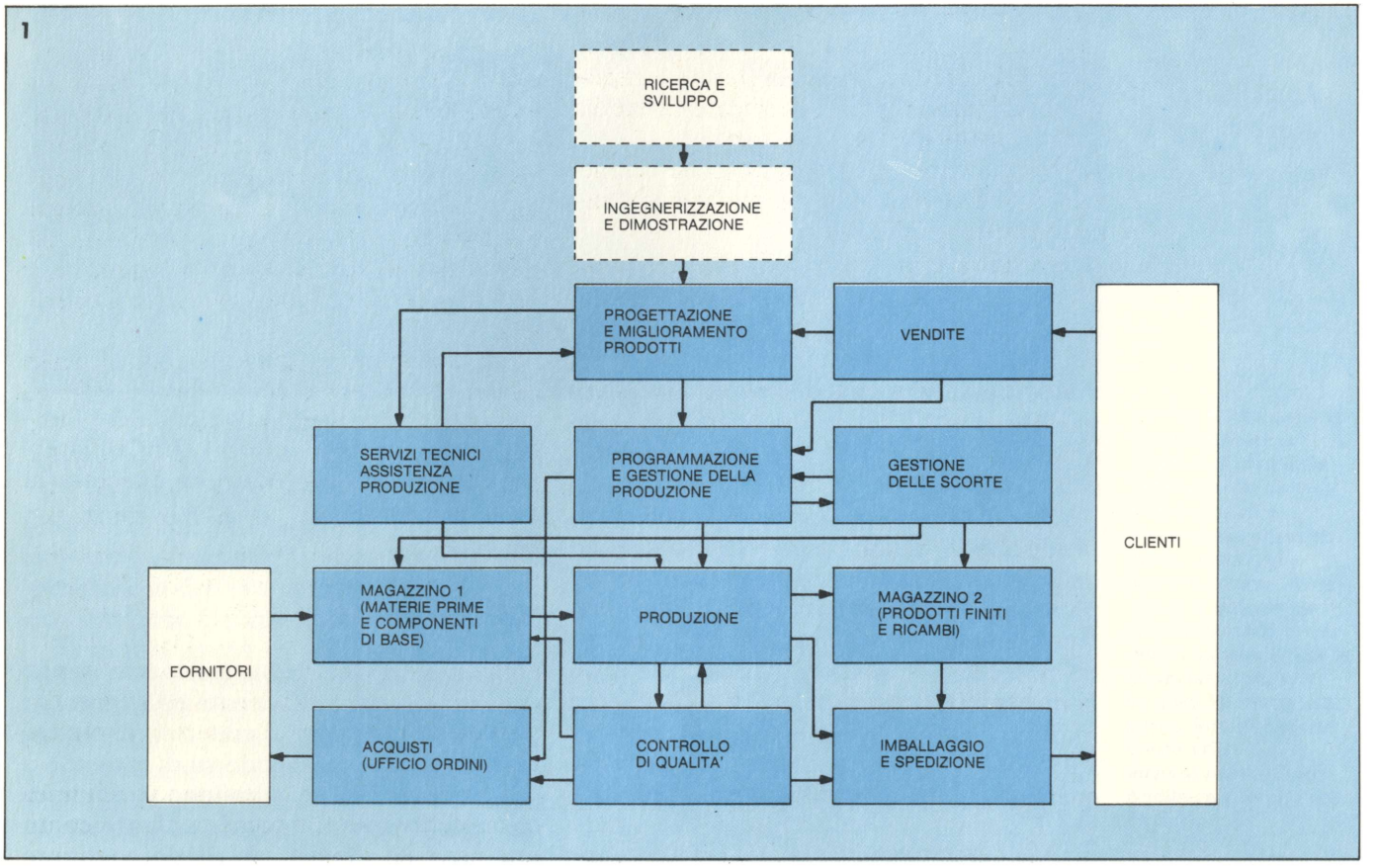
Le aziende manifatturiere, d'altra parte,

trasformano le materie prime in maniera discontinua, con numerose fasi di lavorazione e di deposito nell'intero ciclo di produzione. Il loro raggio d'azione è molto vasto e producono un'ampia gamma di prodotti necessari alla vita di tutti: automobili, aerei, calcolatori e componenti integrati, mobili, abiti, elettrodomestici, alimenti, ecc.. La Figura 1 illustra lo schema a blocchi di un sistema di produzione relativo a processi discontinui: i blocchi tratteggiati si riferiscono ad attività non direttamente collegate con il sistema di produzione, ma di importanza strategica per le scelte dell'azienda.

delle operazioni di lavoro di un utensile e della successione di utensili da impiegare. Queste caratteristiche di grande flessibilità rendono complesso il compito di organizzare efficientemente sia il gruppo di macchine specifico, sia la produzione di tutta la fabbrica.

Le prime idee di organizzazione produttiva in Italia, negli anni '50 e '60 hanno seguito due strade distinte, basate sul quantitativo e sul tipo di componenti da produrre. La produzione in grande serie di pezzi uguali, effettuata con macchine automatiche speciali, le linee di trasferimento, consentì un elevato grado di automazione, ma

Figura 1. Il sistema di produzione.



La produzione di componenti meccanici

Nelle officine meccaniche si producono componenti con una serie di lavorazioni successive come taglio, foratura, fresatura, rettifica e tornitura. Uno stesso gruppo di macchine utensili può servire per produrre una grande varietà di pezzi differenti (da un bullone ad un albero motore) e tutto ciò solamente in base alla scelta della sequenza

una flessibilità di produzione assai modesta, poiché variazioni sul prodotto comportavano modifiche assai complesse e costose alle macchine. Inoltre, si dovevano considerare altri problemi organizzativi, strategici e di costo, quali gli elevati investimenti iniziali finalizzati alla produzione di un solo tipo di prodotto, la necessità di spazi per il parcheggio di pezzi semilavorati e o finiti con conseguente immobilizzo di capitali, la difficoltà di poter seguire le rapide evolu-

zioni tecnologiche legate a brevi cicli vitali del prodotto o di adeguarsi alla versatilità del mercato proponendo un insieme diversificato di prodotti.

Al contrario, nella produzione di piccoli e medi lotti, le conquiste tecnologiche dell'elettronica e dell'informatica applicata alle macchine utensili hanno portato alla realizzazione delle macchine utensili a *CN* (*Controllo Numerico*). Queste, in base ai dati fondamentali della geometria del pezzo, forniti alla macchina per mezzo di un nastro di carta perforata, sono in grado di eseguire autonomamente le sequenze di lavorazione per produrlo, con minimo intervento umano, consentendo un'ampia automazione locale e conservando la completa flessibilità produttiva della macchina, (passare dalla produzione di un tipo di componente ad un altro) semplicemente variando i dati forniti sul nastro di carta.

Sino a qualche anno fa, quindi erano possibili solo due soluzioni nell'organizzazione della produzione:

1) produrre grandi lotti di pezzi per contenere al massimo i costi, con la conseguente minore possibilità di seguire le reali esigenze di mercato, in termini di diversificazione e di evoluzione nel tempo;
2) produrre in piccoli e medi lotti a costi elevati, ma conservando la possibilità di diversificare al massimo i prodotti e di adeguarli ad ogni necessità di mercato.

Vediamo rapidamente le caratteristiche essenziali dei sistemi che dovevano soddisfare le esigenze produttive secondo questa classificazione.

Linea di trasferimento (transfer)

È un impianto adatto a far eseguire automaticamente ad un componente meccanico un determinato percorso lungo il quale incontra una dopo l'altra le unità operatrici che eseguono le varie fasi di lavorazione e di controllo, programmate dal ciclo allo scopo di portarlo alla condizione di finito e quindi pronto per il montaggio o per il magazzino. Lo scopo unico della linea a trasferimento è la produzione economica di un elevato numero di pezzi nell'unità di tempo.

L'impianto si compone fondamentalmente di tre parti:

1) le stazioni (unità operatrici) che svolgono l'intervento meccanico sul pezzo, rigidamente fissato, come qualsiasi macchina utensile. Possono essere disposte lungo un lato o entrambi i lati del percorso; possono essere orizzontali, verticali, inclinate, monoutensile e pluriutensile;
2) la via di trasferimento e di alimentazione, che è il percorso che unisce fra loro le stazioni, può essere rettilinea, curva, circolare, mista;
3) il basamento, sul quale vengono fissate la via di trasferimento e le stazioni.

Il *transfer* può essere considerato una successione di macchine utensili tradizionali (o quasi), opportunamente attrezzate, collegate fra loro da una linea di trasferimento anche non rigida, che porta i pezzi da una macchina all'altra fino all'altezza dei dispositivi di alimentazione, di posizionamento e di serraggio, atti a disporli con grande precisione sulla singola unità operativa.

L'adozione di una linea di trasferimento comporta una serie di problemi tecnici ed economici di cui ricordiamo i principali: l'esigenza di un grande spazio, sia per l'estensione dell'impianto, sia per i movimenti del materiale in arrivo e in partenza, sia per il deflusso degli sfridi di lavorazione e, spesso, la costruzione di un nuovo capannone adibito esclusivamente al transfer.

La messa a punto di una linea di trasferimento è un'operazione delicata che richiede molta perizia perché solo raramente i parametri di previsione trovano completo riscontro.

La Figura 2 illustra un esempio di linea di trasferimento funzionante a ciclo continuo per operazioni combinate di fresatura, foratura ed alesatura su ceppi freno per autoveicoli con trasferimento lineare automatico di due pezzi ogni stazione, montati su carrello portapezzi. Caratteristiche principali dell'impianto: 13 teste, 38 mandrini, 38 utensili, 19 operazioni eseguite, 6 stazioni di lavoro, 13 stazioni complessive, 15 carrelli portapezzi; peso totale 52 tonnellate, dimensioni di ingombro: 12 x 3 x 4 metri; produzione: 150 pezzi/ora (con un rendimento della macchina pari a 80%).

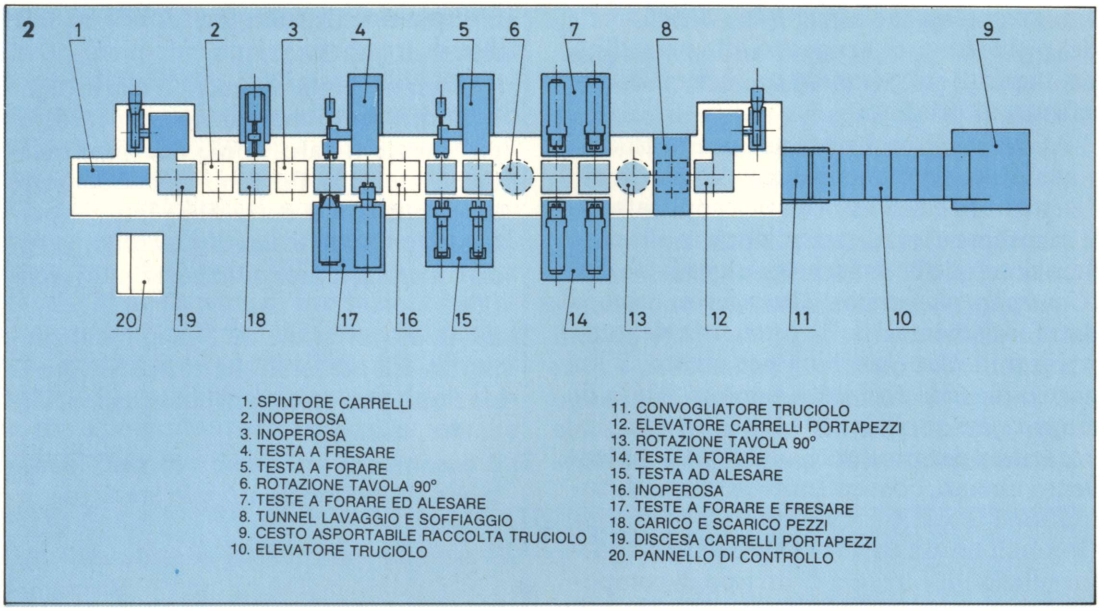


Figura 2. Linea di trasferimento a ciclo continuo.

Figura 3. Il controllo numerico continuo consente la lavorazione di fori, lamature e piani, con notevoli vantaggi di tempo ed economici rispetto al controllo numerico "punto a punto".

Macchine a controllo numerico (CN)

Sono macchine utensili che eseguono determinate operazioni secondo un programma costituito da una serie di informazioni fornite in forma numerica. Possono essere classificate in due categorie fondamentali:

1) macchine a controllo di posizione o punto a punto (*positioning*). La tavola, o più raramente il mandrino, seguendo le istruzioni di controllo, assume una serie finita di posizioni in ognuna delle quali viene eseguita una fase del ciclo di lavoro;
2) macchine a controllo di contornitura (*contouring*). Il mandrino si sposta rispetto alla tavola secondo una traiettoria completamente controllata dal comando elettronico. L'utensile lavora durante lo spostamento e realizza in tal modo il profilo o la superficie desiderata con una approssimazione che dipende dalle caratteristiche sia del controllo che della macchina (Figura 3).

La Figura 4 riporta lo schema a blocchi di una macchina a controllo numerico che, in linea di principio, è composta da:

a) un sistema di programmazione che, partendo dal disegno del pezzo, traduce i dati in una serie di informazioni in forma tale da poter essere usate dai dispositivi di comando della macchina;
b) un sistema di registrazione delle informazioni su memorie permanenti;
c) un organo di lettura dei dati;
d) un organo di calcolo che, in base ai dati letti, calcola i movimenti dei vari assi della macchina e comanda le funzioni ausiliarie;
e) un sistema di attuazione che provvede ad azionare i vari organi della macchina conformemente ai comandi impartiti dal sistema di calcolo.

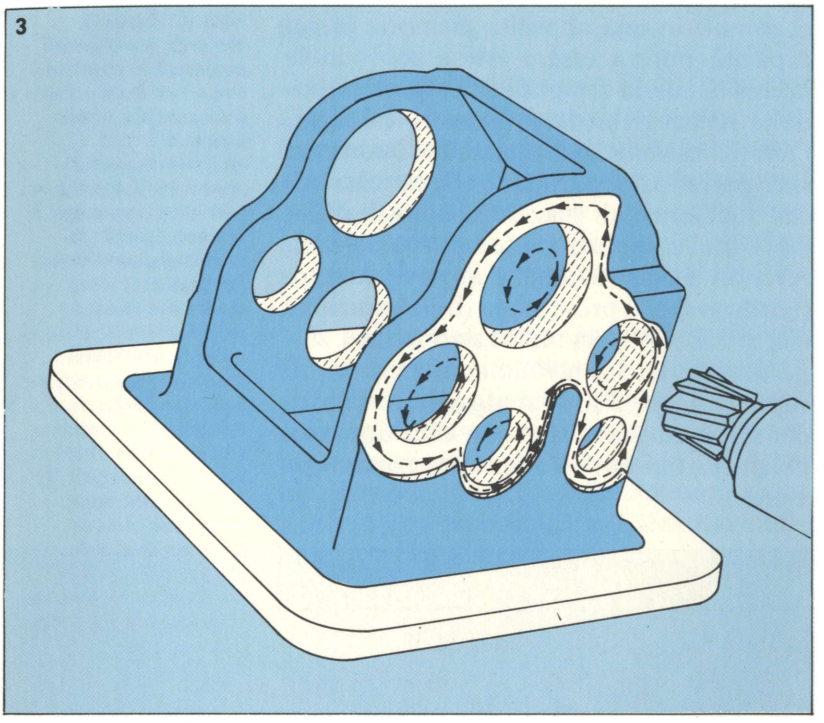
Tutti gli organi del controllo numerico possono differenziarsi, anche in misura notevole, a seconda che la macchina sia del tipo a controllo di posizione oppure a controllo di contornitura.

In ogni caso, però, il sistema di informazione della macchina gestisce le proprie risorse (informazioni, energia, materia prima) secondo le istruzioni memorizzate.

Nelle macchine a comando numerico, le informazioni sono fornite sotto forma di bit (binary digit o numero binario), unità logica di informazione elementare che può assumere solamente due valori o due stati, zero o uno, vero o falso, assenza o presenza. L'insieme di queste informazioni codificate costituisce il *codice*, e l'insieme dei codici e della grammatica (le regole di associazione dei codici) costituisce il *linguaggio*.

Due sono i tipi di informazioni che possono pervenire alla macchina:

1) informazioni dall'esterno (input);
2) informazioni dall'interno del sistema (di retroazione o feed-back).



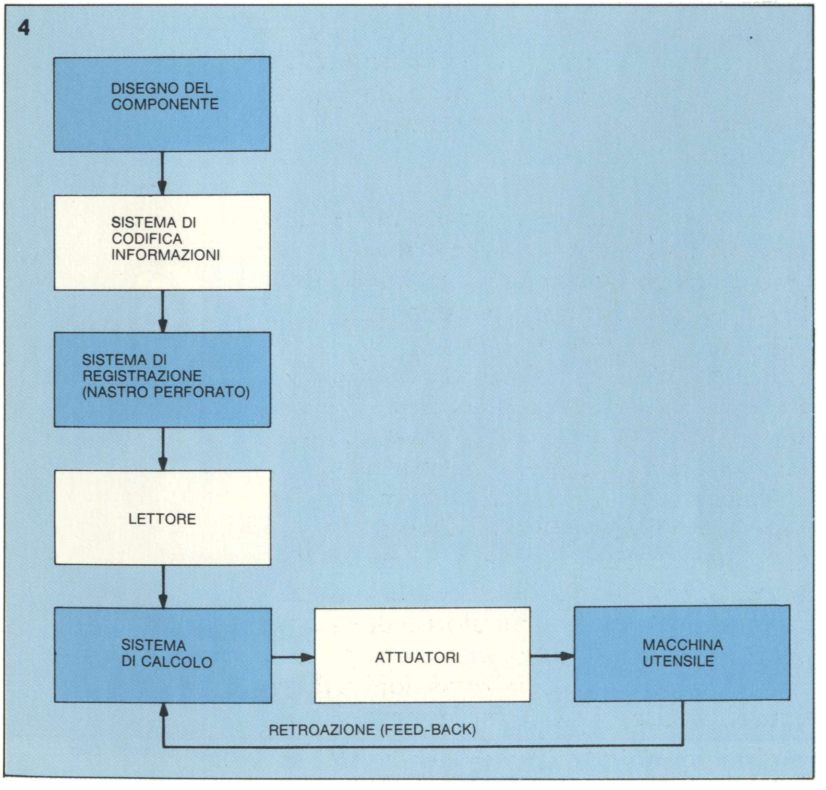


Figura 4. Schema a blocchi di una macchina a controllo numerico.

Gli *input* sono introdotti da generatori o ripetitori di informazioni in forma analogica o in forma numerica. Se introdotti in forma analogica, possono esserlo in modo continuo, in serie, in parallelo, e sono materializzati in organi meccanici (stampi, cam-

me, sagome, ecc.). Se introdotti in forma numerica sono costituiti da un insieme di bit materializzati in determinate forme o segnali che costituiscono il modello numerico del pezzo da lavorare o il programma; essi sono prodotti da sistemi di elaborazione dati e trasferiti su nastri perforati o schede.

Le *informazioni di retroazione* sono introdotte da trasduttori in grado di segnalare (periodicamente o con continuità) determinate caratteristiche di configurazione del sistema rilevate in zone particolarmente critiche.

Per valutare la convenienza economica dell'impiego di una macchina utensile con controllo numerico rispetto ad una analoga non attrezzata si devono prendere in considerazione alcune voci, delle quali le principali sono: ammortamento macchinario, attrezzatura (progetto e costruzione), mano d'opera diretta, preparazione macchina, programmazione, energia elettrica, manutenzione, utensili, collaudo.

Il costo della mano d'opera diretta è senz'altro minore nelle macchine a CN, a parità delle altre condizioni, ma il vero vantaggio consiste nel fatto che l'intervento dell'operatore è limitato solamente al carico ed allo scarico del pezzo. Ne consegue che:

a) l'operatore può seguire contemporaneamente la produzione di due o tre macchine a CN;
b) con le macchine a CN è possibile anche montare più pezzi sulla stessa tavola;
c) non è indispensabile impiegare personale qualificato.

Il costo di preparazione della macchina è superiore nelle macchine utensili non attrezzate, mentre il costo di programmazione è, ovviamente, esclusivo della macchina a CN.

Evoluzione del controllo numerico

Considerando che nelle aziende meccaniche del mondo occidentale il 75% dei pezzi meccanici venivano lavorati in lotti ripetitivi (sovente inferiori a 50 unità) e che questa percentuale era destinata a crescere, il primo obiettivo fu di aumentare al massimo possibile il livello di automazione locale delle macchine utensili per incrementare

l'utilizzo delle loro potenzialità. Nel 1971, la Intel Corp., una ditta americana, introdusse sul mercato la prima unità centrale di elaborazione (CPU: Central Processor Unit), a circuito integrato.

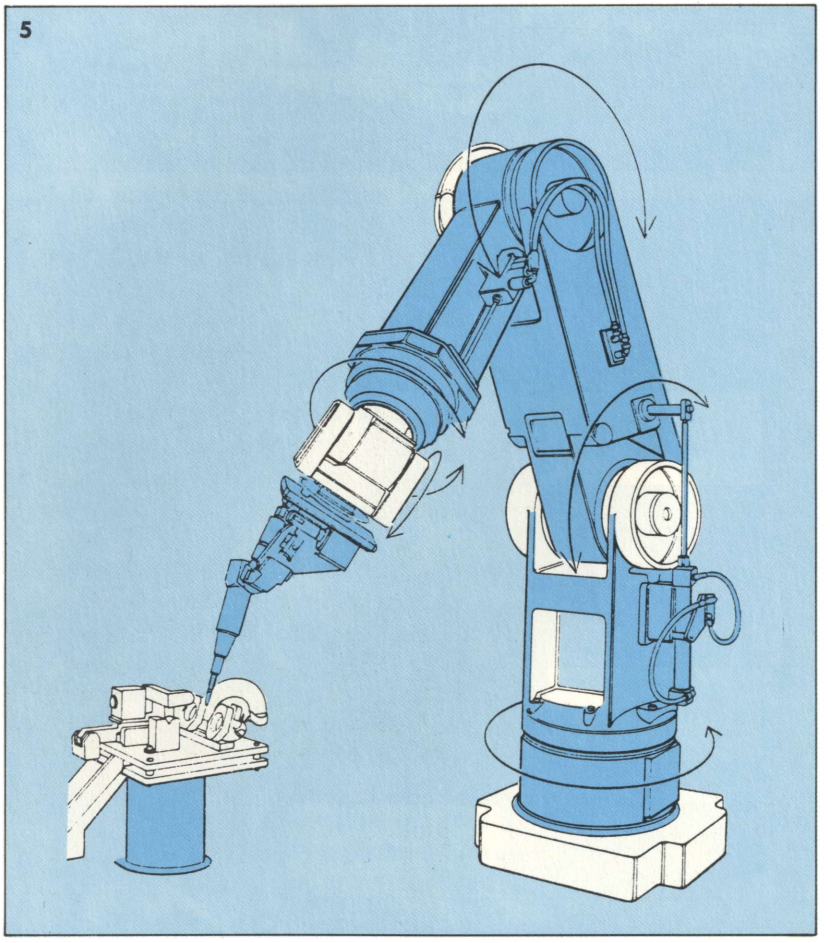
Si trattava dell'ormai famoso 4004, CPU con parole logiche a quattro bit, che misurava circa 4 x 3 mm, progettato dall'italiano Federico Faggin per la Busicom Corp., una ditta giapponese di calcolatrici. Per la prima volta nella storia, la tecnologia elettronica era riuscita ad integrare su una minuscola scheggia di silicio i circuiti elettronici necessari a svolgere operazioni logiche che solo qualche anno prima avrebbero occupato un intero armadio.

Dal 1971 in poi lo sviluppo dell'industria dei semiconduttori e la produzione di circuiti integrati sempre più complessi rese possibile il progetto e la realizzazione di circuiti numerici che moltiplicarono incredibilmente la loro capacità di elaborazione con una contemporanea riduzione dei costi. L'utilizzo di questi nuovi componenti sembrò particolarmente interessante ai costruttori di controlli numerici perché, oltre a permettere un notevole incremento della possibilità di automazione e flessibilità delle macchine utensili, consentiva delle economie di scala di notevole livello.

Potendo sostituire i sistemi di controllo elementari, realizzati con l'impiego di porte logiche discrete e di contatti elettromeccanici, con sofisticati calcolatori dalle dimensioni ridotte, si passò dal controllo numerico tradizionale (CN) al controllo numerico con calcolatore (*CNC*). Ogni configurazione di prestazioni del controllo numerico tradizionale corrispondeva ad una ben determinata differente configurazione fisica e realizzativa, e con l'aumentare delle prestazioni aumentava il numero dei componenti e dei collegamenti necessari ed inoltre la complicazione delle configurazioni realizzative aumentava in modo maggiore di quanto aumentassero le relative prestazioni. Il ricorso al controllo numerico tradizionale (portava ad una eccessiva diversificazione dei prodotti ed a complicazioni strutturali con svantaggi nell'affidabilità e nelle prestazioni globali.

Il sistema di controllo numerico con calcolatore (CNC) risultò modulare sia sotto l'aspetto funzionale che costruttivo. Infatti tutti i programmi di elaborazione erano contenuti in una apposita memoria la cui capacità poteva essere estesa secondo le necessità con la semplice inserzione di moduli, senza richiedere ulteriori cablaggi. Questa flessibilità dei sistemi CNC consentì sia il perfetto adeguamento alle caratteristiche funzionali di macchine utensili differenti, sia l'elaborazione complessa dei dati. Avendo a disposizione le apparecchiature (hardware) ed i programmi di elaborazione (software) la "personalizzazione" del singolo sistema di controllo numerico risultò rapida e agevole con vantaggi nei termini di consegna e nella uniformità delle apparecchiature e quindi nell'assistenza e manutenzione.

5



Il controllo numerico con calcolatore, realizzato avendo ben chiare le specifiche condizioni di impiego, risultò essere la soluzione alle varie e contrastanti richieste del triangolo costituito da utilizzatore finale, costruttore della macchina utensile, costruttore del controllo numerico.

Figura 5. Braccio Robotizzato. Possiede movimenti indipendenti rispetto a sei assi e può essere programmato mediante "insegnamento" da parte dell'operatore. L'operatore, nella fase di "insegnamento" muove manualmente la parte terminale del braccio secondo le traiettorie e le posizioni desiderate. Il robot memorizza le traiettorie e le posizioni e da quel momento è in grado di ripeterle ogni volta che gli venga richiesto. La parte terminale del braccio può essere dotata di pinza, di pistola a spruzzo, di elettrodi per saldatura a punto o di qualsiasi altro attrezzo.

Robot

Un passo ulteriore fu quello di razionalizzare il flusso dei materiali attraverso l'officina, risolvendo i problemi di movimentazione dei pezzi e di particolari utensili, dotando di calcolatore non solo le macchine utensili, ma anche tutto ciò che è usato per la produzione di componenti meccanici ed elettronici.

Il *robot*, macchina programmabile in grado di trasferire materiali e di svolgere operazioni ripetitive, incomincia ad essere economicamente conveniente. Due sono le ragioni principali che spingono all'adozione di robot. Una è quella appunto della convenienza economica, nel senso di diminuire il costo-lavoro, migliorare produttività e qualità.

Figura 6. Robot ROBY 30 per elettrosaldatura a punto di gruppi e sottogruppi di carrozzerie. (Foto gentilmente fornita dalla Alfa Romeo Auto).

L'altra è quella che impone di ricorrere all'utilizzazione di robot là dove l'uomo dimostra una sempre maggiore insofferenza a prestare la propria opera per mansioni faticose o monotone oppure in ambienti tutt'altro che gradevoli.

Il modo di operare dei robot assicura la fabbricazione della qualità nel corso del processo produttivo: alla perfetta ripetitività di azione corrispondono risultati di livello elevato e rigorosamente costante. I robot possono essere utilizzati anche nei processi di assemblaggio di vari componenti ma, a tutt'oggi, la maggiore difficoltà in applicazioni di questo tipo, risulta dalla incapacità di orientare nel modo corretto un componente preso a caso da un contenitore. Solamente se si utilizzano opportuni accorgimenti per preservare il corretto orientamento dei componenti in tutte le fasi del processo di assemblaggio, i robot possono competere economicamente con le altre macchine.

Nell'industria americana, attualmente, sono impiegati dai 5000 ai 7000 robot in attività che vanno dalla elettrosaldatura a punto, alla verniciatura a spruzzo, dal carico/scarico delle macchine utensili alle operazioni di assemblaggio. In Giappone la popolazione dei robot ammonta a circa 80.000 unità, ma ciò è dovuto essenzialmente alla JIRA (Japan Industrial Robot Association) che accetta una definizione di robot meno restrittiva di quella americana. In Giappone, infatti, viene considerato robot qualsiasi manipolatore meccanico con fine corsa meccanici. Dai dati di una inchiesta campione svolta di recente in Lombardia, i cui risultati rispecchiano la situazione delle altre aree industrialmente avanzate, arriva la conferma che dei 1200, 1300 ro-

bot, operanti in tutta Italia, la stragrande maggioranza è installata in complessi produttivi di grosse dimensioni: nella sola Fiat Auto ne lavorano più di 600 unità. Il robot può assumere forme differenti; le Figure 5, 6 e 7 illustrano alcune delle più note realizzazioni.

I robot della prossima generazione disporranno di sistemi di controllo, di programma, di senso, di attuazione e di comunicazione molto complessi e sofisticati.

Essi sono e saranno sempre più unità complesse, dotate di facoltà autonome, di flessibilità e versatilità e quindi capaci di prestazioni assai elevate.

Attuali problemi produttivi e soluzioni

Gli attuali Centri di Lavorazione, in grado di eseguire lavorazioni su 5 facce di un pezzo con un unico piazzamento, ed i controlli numerici con calcolatore (CNC), unitamente all'uso di robot e/o convogliatori o carrelli filoguidati per il carico/scarico e trasporto, costituiscono delle "cellule di produzione". Consentono non solo di eseguire qualsiasi lavorazione complessa (scegliere gli utensili necessari al lavoro, effettuare verifiche dimensionali sui pezzi in esecuzione) ma anche di variare la strategia di lavorazione al sorgere di situazioni anormali, come per esempio un eccessivo sforzo di taglio dell'utensile, eliminando tutti gli interventi manuali dell'operatore.

Ciononostante la complessità delle operazioni può raggiungere facilmente livelli tali che solo il 5% del tempo di permanenza di un pezzo nell'officina è destinato alla sua lavorazione, mentre il 95% è trascorso in attese, spostamenti e controlli tra operazioni successive sulle varie macchine.

In situazioni come questa è ben difficile pensare che la semplice sostituzione degli operatori per mezzo di macchine programmabili in grado di trasferire materiali e operazioni ripetitive possa, conseguentemente, elevare notevolmente il rendimento produttivo dell'intera azienda. È necessaria una soluzione, a livello più elevato, che si basi sulle moderne tecniche di elaborazione dei dati e sulla loro capacità di gestire le informazioni, di integrare le funzioni di progetto, di decisione, e di produzione di una particolare azienda in un'unica banda della conoscenza e di trasmetterle rapidamente secondo una organizzata gerarchia di flussi di informazione, dove c'è un problema da risolvere.

Per esempio, i disegni tecnici relativi ad un particolare pezzo meccanico, realizzati dalla Sezione Progettazione, contengono informazioni riguardanti la sua geometria e la descrizione sintetica e simbolica di particolari lavorazioni. D'altra parte le informazioni relative ai dettagli realizzativi, a quali macchine usare per la costruzione e quando, sono di esclusiva competenza della sezione che è responsabile di questo particolare aspetto della produzione. Le informazioni relative ad un prodotto devono quindi venire suddivise tra più sezioni di una stessa ditta e, nella quasi totalità dei casi, in modo così ridondante da rendere difficili ed intempestive, e comunque assai costose, le eventuali modifiche e l'aggiornamento.

Organizzando, in maniera adeguata, i flussi di informazione tra le varie sezioni della ditta, con i nuovi strumenti sviluppati dall'elettronica e dall'informatica, è possibile ottenere delle interessanti economie produttive ed una particolare flessibilità nell'organizzazione della produzione.

Thomas G. Gunn, della Arthur D. Little Inc., ha identificato sei aree funzionali che devono essere correlate tra loro per gestire opportunamente e sinergicamente le informazioni all'interno di un ambiente produttivo. Esse sono: il progetto, le informazioni sui componenti da produrre o tecnologia di gruppo, la gestione ed il controllo delle risorse disponibili (forza lavoro, macchine e materiali) secondo le richieste di mercato, la manipolazione dei materiali, il controllo delle macchine e del macchinario specializzato a compiti particolari, il controllo dei robot. È necessario comunque che le metodologie e le tecnologie, proprie dell'elaborazione dati, raggiungano un notevole livello di applicazione all'interno delle singole aree prima di iniziare il processo di collegamento logico tra le aree stesse. Solo così si potranno trarre i massimi benefici e realizzare quella che Joseph Harrington Jr., della Arthur D. Little Inc., ha chiamato *CIM* (Computer Integrated Manufacturing) ovvero la Produzione Integrata tramite Calcolatore. Essa può essere logicamente suddivisa in tre sottoinsiemi: *CAD* (Computer Aided Design, Progettazione Assisti-

ta da Calcolatore), *CAM* (Computer Aided Manufacturing, Fabbricazione Assistita da Calcolatore) e *CAT* (Computer Aided Testing, Collaudo Assistito dal Calcolatore).

CAD (Computer Aided Design)

I sistemi di progettazione con l'ausilio del calcolatore possono ridurre sostanzialmente l'apporto manuale e gli alti costi di sviluppo che sono associati con l'approccio tradizionale. Infatti il progettista non è più vincolato alle usuali e limitative "viste" (frontale, laterale e dall'alto) di un pezzo, tipiche dei disegni tecnici eseguiti manualmente, ma può visualizzare il pezzo in tre dimensioni, osservarne la rotazione rispetto ad un asse di particolare interesse, ingrandire un dettaglio per studiarlo meglio o richiedere una vista da un punto lontano per valutare il pezzo nella sua totalità.

Se uno o più componenti devono essere accoppiati o collegati ad altri è possibile realizzare una vista di insieme e controllare se le parti si adattano correttamente tra loro: in questo modo si possono eliminare numerose iterazioni del ciclo modello-prototipo-correzione. La geometria del componente, visualizzata su uno schermo a raggi catodici, viene registrata permanentemente in una memoria di massa e, poiché si trova sotto forma numerica, è facile eseguire delle modifiche quante volte si vuole senza nessun bisogno di eseguire un nuovo disegno.

Unitamente alle informazioni riguardanti la geometria vengono memorizzate anche quelle relative alle varie lavorazioni che il prodotto grezzo deve subire per diventare un componente finito.

In questo modo, dovendo progettare un nuovo componente, è possibile fare riferimento alle lavorazioni già sperimentate su di uno analogo o simile ed avere dei parametri di riferimento per eseguire delle realistiche previsioni di produzione; questo nuovo modo di operare prende il nome di *Tecnologia di Gruppo*.

Un'ulteriore dimensione disponibile sui sistemi avanzati CAD è la possibilità di usare programmi analitici con modelli ad elementi finiti (*FEM*, Finite Element Model) per valutare le prestazioni dei componenti, sottoposti a varie sollecitazioni, senza la necessità di costruire un modello fisico o un prototipo.

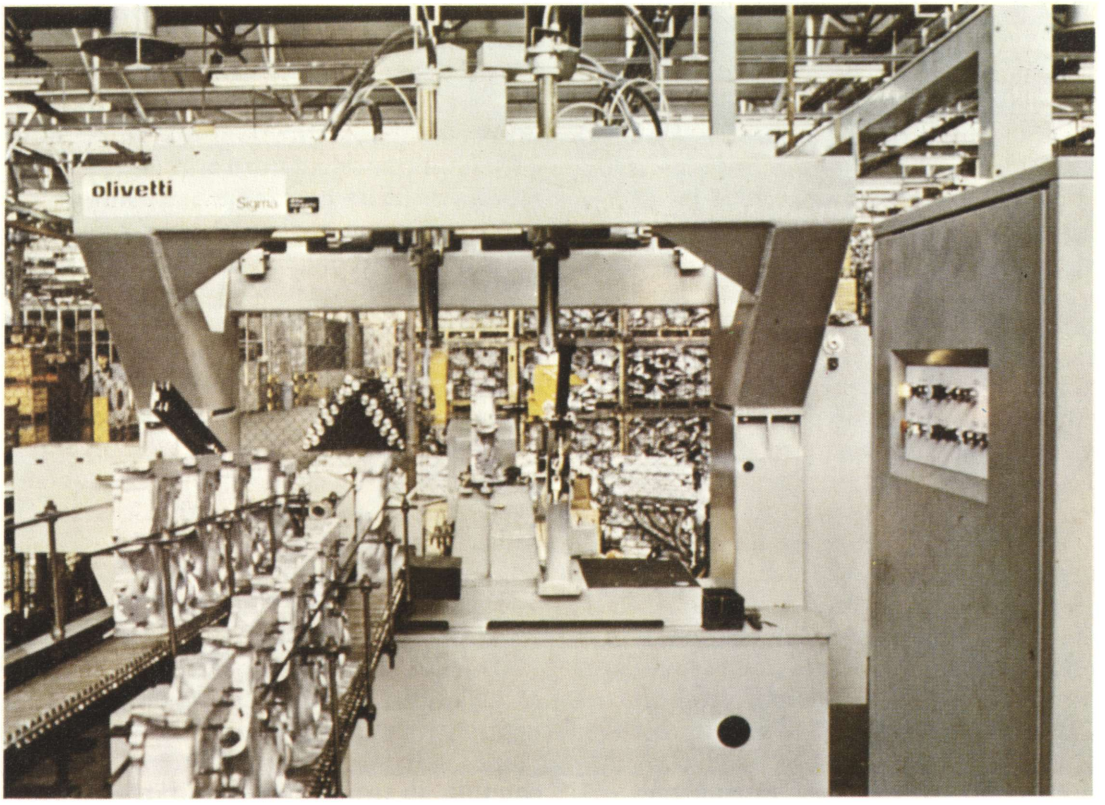


Figura 7. Il robot SIGMA dell'Olivetti è ideoneo a montaggi meccanici leggeri. (Foto gentilmente fornita dalla Alfa Romeo Auto).

Sistemi CAD: hardware

I componenti hardware (apparecchiature) dei sistemi CAD si possono suddividere in quattro grandi categorie: calcolatori specializzati, calcolatori di controllo dedicati alla creazione o all'elaborazione dell'immagine del prodotto, terminali e stazioni di lavoro, dispositivi per memorizzazione dati e comunicazione.

Riferendoci ai calcolatori specializzati come a macchine dedicate ad una precisa funzione possiamo individuare: macchine per valutare le funzioni del prodotto, per calcolare le proprietà fisiche del prodotto, per calcolare gli effetti di sollecitazioni sul prodotto e, infine, per tabulare specifiche generali e dettagliate relative al prodotto.

In passato si pensò di utilizzare un unico calcolatore per svolgere queste quattro attività fondamentali, ma i risultati furono, ed ancora largamente sono, alquanto deludenti. Infatti il risultato più probabile è una continua rincorsa senza fine all'utilizzo di calcolatori sempre più potenti con il conseguente continuo disagio che deriva dalla mancanza di una situazione stabile di riferimento.

Le attuali tecnologie permettono di strutturare i sistemi CAD come una rete di macchine specializzate, come un insieme di specialisti all'interno di un gruppo di progettazione. Le politiche generali delle operazioni fanno parte dei livelli più elevati dei protocolli di comunicazione, dei protocolli di autorizzazione e dei protocolli di abilitazione come per qualsiasi specialista.

Un maggior carico di lavoro può essere soddisfatto aggiungendo un'altra macchina con la necessaria specializzazione e le opportune dimensioni, mentre un differente lavoro può venire svolto includendo una macchina con la specializzazione richiesta. Ridotti carichi di lavoro permettono la concentrazione degli sforzi sulle macchine più libere, mentre quelle completamente scariche possono addirittura essere disattivate.

La seconda categoria comprende essenzialmente stampanti, per produrre i rapporti dei progetti, dei materiali e delle specifiche, ed i tracciatori grafici per produrre disegni tecnici, documentazioni grafiche, trasparenti ed immagini utilizzando supporti che vanno dalla carta al mylar, fino alla pellicola fotografica.

La Figura 8 illustra lo schema a blocchi di un tipico sistema CAD e riporta i componenti base di una tipica stazione di lavoro CAD (all'interno della linea tratteggiata).

I terminali e le stazioni di lavoro costituiscono la terza categoria di componenti hardware di un sistema CAD. Essi rappresentano la finestra a disposizione dell'utente per poter accedere alle risorse del sistema.

I risultati dall'attuale tecnologia, in questo particolare settore, sono sorprendenti. Una stazione di lavoro delle dimensioni di un personal computer, infatti, può contenere un microcalcolatore a 32 bit con memoria e velocità di elaborazione sufficienti per progettare completamente ed analizzare un prodotto complesso, simularne alcuni comportamenti, esaminare le implicazioni correlate alla produzione, ed animare in tempo reale il modello. Sono possibili quindi diverse soluzioni per sviluppare un prodotto: lo stesso tecnico può sviluppare un prodotto seguendo tutti gli stadi relativi oppure un gruppo di tecnici, ciascuno situato nel proprio dipartimento o sezione della stessa ditta e collegato agli altri con una rete intelligente di interconnessione, può lavorare sulla stessa descrizione del prodotto memorizzata dal calcolatore.

Grazie alla continua riduzione dei costi ed all'aumento di integrazione dei componenti elettronici, le stazioni di lavoro verranno equipaggiate come banchi di lavoro, con tutti gli strumenti necessari alle migliori prestazioni dell'analista, del tecnico e del progettista di un particolare settore. Questa tendenza si è già verificata per alcune discipline caratteristiche del settore elettronico, ovvero per la progettazione di componenti *VLSI* (Very Large Scale Integration) e di circuiti *PCB* (Printed Circuit Board), ma ora comincia ad interessare anche aree differenti come quella degli affari in generale.

Questa tendenza continuerà, ed i sistemi esperti creati dall'intelligenza artificiale che oggi cominciano ad apparire sui calcolatori di grosse dimensioni saranno trasferiti, in un prossimo futuro, sui banchi di lavoro assistiti dal calcolatore.

L'ultima categoria è costituita dai dispositivi per memorizzazione dati e comunicazione. I dispositivi di memorizzazione pos-

sono essere associati alle macchine di calcolo, ai calcolatori di controllo, alle stazioni di lavoro o possono esistere in modo indipendente. I dispositivi di comunicazione e di memorizzazione sono stati raggruppati insieme in quanto le due categorie svolgono la stessa funzione all'interno di una impresa: lo scambio di informazioni. I dispositivi di comunicazione realizzano uno scambio istantaneo tra tutti gli elementi di un sistema CAD e l'utente, mentre quelli di memorizzazione realizzano uno scambio dilazionato nel tempo.

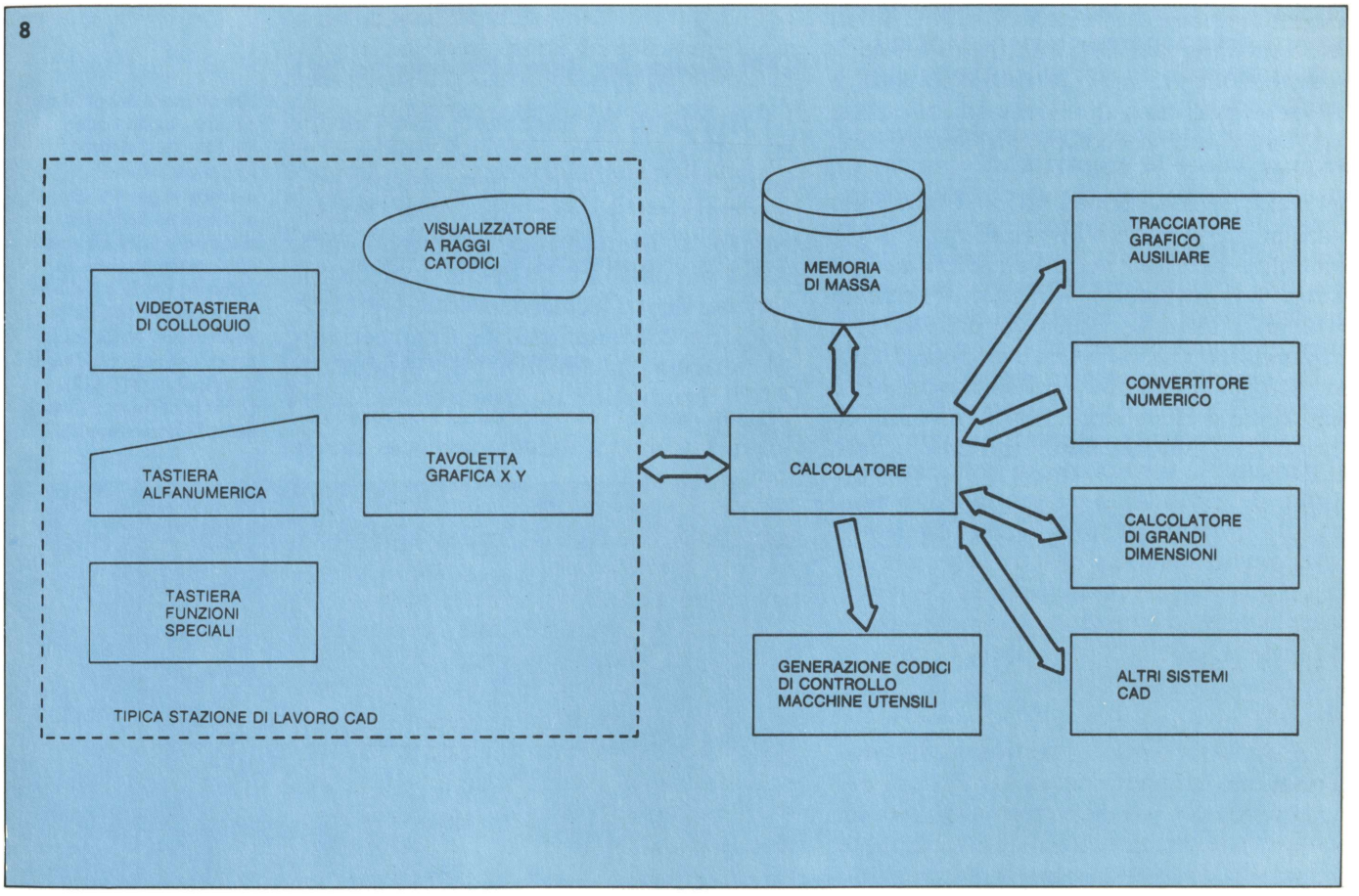


Figura 8. Schema a blocchi di un tipico sistema CAD.

Sistemi CAD: software

Anche gli elementi software (programmi) di un sistema CAD si possono raggruppare in quattro classi, secondo le particolari specializzazioni: programmi che elaborano la forma e le dimensioni del prodotto, programmi di analisi e valutazione del progetto, programmi di simulazione e valutazione del ciclo produttivo di un componente o di un prodotto, e infine i programmi relativi alla base dei dati (Data Base) ed alle comunicazioni. I moduli di elaborazione grafica (*Computer Graphics*), di disegno tecnico (drafting) e di modellazione solida (solid modelling) sono i costituenti base della prima categoria.

Con il termine *elaborazione grafica* si intede la capacità di creare schemi, disegni ed immagini con l'ausilio del calcolatore. L'elaborazione grafica deve essere in grado di gestire organicamente e di interpretare le informazioni in ingresso, di derivare la conoscenza dell'immagine da rappresentare da una più generale descrizione dell'oggetto o di un insieme di dati, di eseguire i calcoli relativi alla definizione di un'immagine, di controllare le funzioni di uno schermo a raggi catodici (display) e di un tracciatore (plotter) in grado di visualizzare l'immagine desiderata.

La modellazione solida ed il disegno tecnico (CADD, Computer Aided Design Drafting), sono applicazioni particolari

dell'elaborazione grafica. In particolare la *modellazione solida* comprende le operazioni matematiche relative alla geometria ed alla topologia della rappresentazione tridimensionale di un particolare pezzo o componente, mentre il *CADD* riguarda l'applicazione delle regole e delle convenzioni proprie della rappresentazione geometrica e della descrizione simbolica riguardanti i disegni tecnici.

Da tutte queste informazioni si possono dedurre anche le proprietà meccaniche di un componente, sia a riposo che sollecitato. È necessario però utilizzare una metodologia descrittiva organica e potente che sia in grado di amplificare i vantaggi offerti dallo hardware oggi disponibile e di conseguenza la produttività dei tecnici e dei progettisti.

La seconda categoria riguarda i programmi di analisi e valutazione del progetto. Essenzialmente eseguono un controllo di plausibilità funzionale, di resistenza agli sforzi, delle modalità e degli effetti di guasto di un componente o di un insieme di componenti siano essi elettronici, elettrici o meccanici. Le principali tecniche impiegate sono la simulazione di eventi singoli (*DES*, Discrete Element Simulation) e l'analisi con elementi finiti (*FEM*, Finite Element Model).

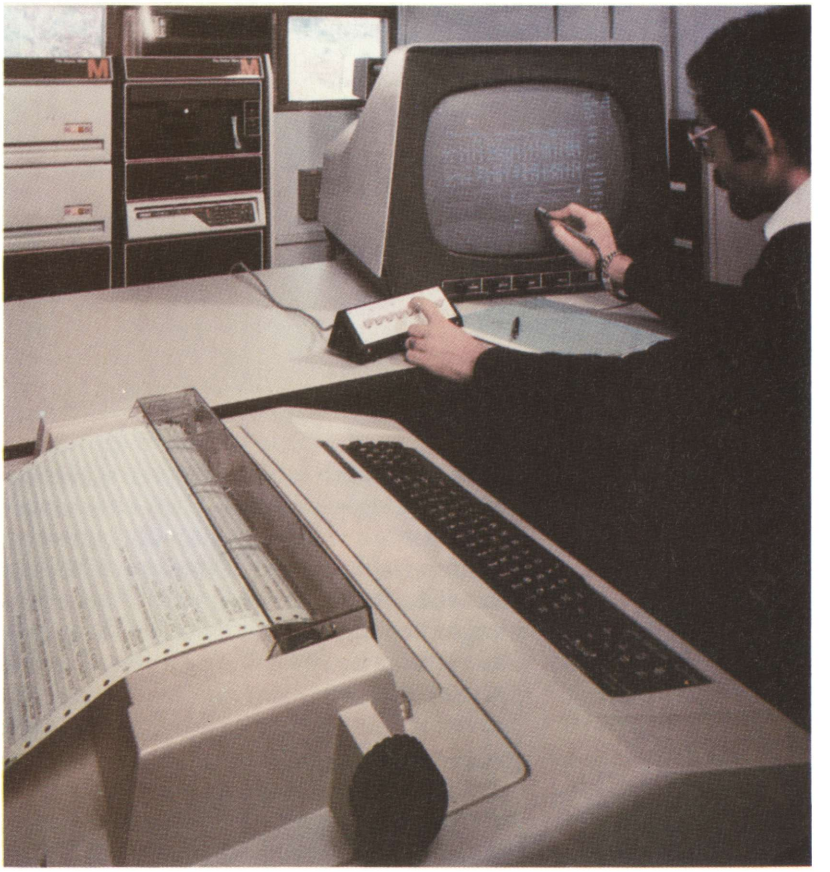
La terza categoria, costituita da programmi di simulazione e di valutazione del ciclo produttivo di un componente o di un prodotto, probabilmente è quella destinata a rivestire una fondamentale importanza. Infatti, solamente una attenta e precisa metodologia di pianificazione dei processi di fabbricazione primaria può condurre ad una tecnologia di gruppo e quindi a notevoli economie produttive e ad elevate rese di componenti che possiedono e possono possedere storie di fabbricazione analoghe.

Infine, nella quarta categoria troviamo i programmi che gestiscono la base dei dati e le comunicazioni. Unitamente alle ormai collaudate tecniche di elaborazione che vengono impiegate nella creazione, nell'aggiornamento e nell'utilizzo delle basi di dati, troviamo delle applicazioni particolari. Dalle informazioni riguardanti i disegni tecnici si ricavano le liste componenti, il costo dei materiali e si provvede ad una codifica dei pezzi e ad una classificazione delle parti. Un'ulteriore applicazione della base dei dati consiste nella creazione di un archivio elettronico di disegni tecnici. L'autorizzazione ad accedere a particolari informazioni viene gestita dai programmi di comunicazione che permettono anche la loro presentazione nella forma preferita dal particolare utente.

CAM (Computer Aided Manufacturing)

I sistemi di fabbricazione con l'ausilio del calcolatore riguardano le funzioni di controllo e di comando delle apparecchiature fisiche di produzione (*PCM*, Process Control & Monitoring), comprendono le parti a più basso livello operativo delle funzioni dei servizi tecnici di produzione (*IME*, Industrial & Manufacturing Engineering) e del sistema informativo di produzione (*PICS*, Production Information & Control System).

Per ottenere dei prodotti con un elevato livello qualitativo si devono utilizzare sistemi moderni e potenti che permettono verifiche rigorose a tutti gli stadi: dalla progettazione al collaudo finale passando attraverso le fasi della produzione. Nella foto: progettazione con l'aiuto di calcolatori (CAO). (Foto gentilmente fornita dalla Telemecanique).



Queste funzioni, fino ad oggi automatizzate separatamente, se opportunamente correlate tra loro, in modo da realizzare una struttura CAM, possono beneficiare dei seguenti vantaggi: maggiore semplifica-

zione e efficienza del sistema informativo di produzione (riduzione dei documenti e dei rapporti, tempestività ed affidabilità delle informazioni), maggiore flessibilità del sistema produttivo, miglioramento ed uniformità della qualità del prodotto, aumento della produttività.

La rapida evoluzione dei calcolatori, che ha messo a disposizione unità potenti, affidabili, compatte e a basso costo, sta imprimendo un impulso decisivo al CAM, consentendo, con la distribuzione delle risorse di calcolo e di controllo, di costruire, in maniera economicamente vantaggiosa, una rete di trasmissione delle informazioni tecnologiche.

Sistemi CAM: hardware

Un sistema CAM può avere una configurazione estremamente differente in funzione della varietà di applicazioni possibili e delle attrezzature per la trasformazione fisica del prodotto.

Pertanto limiteremo l'esposizione ad una descrizione sistemistica e funzionale necessariamente sommaria.

Poiché il sistema CAM è assai complesso e composto da unità di controllo differenti sia per funzione che per architettura interna, è necessario operare una classificazione dei livelli fisici di azione e di intervento dei singoli sottosistemi. Nei casi più complessi si possono individuare fino a quattro livelli: controllo di macchina, controllo di linea, controllo di impianto e controllo di impresa.

I livelli fisici di azione corrispondono a livelli logici differenti e di differente importanza all'interno di una impresa e quindi le funzioni di controllo devono assumere una organizzazione di tipo gerarchico che utilizza calcolatori adeguati alla complessità del relativo livello. La Figura 9 riporta un esempio di organizzazione gerarchica da intraprendere in maniera indicativa: nulla impedisce che un calcolatore della categoria superiore possa essere impiegato in compiti attinenti i livelli gerarchici inferiori; la scelta deve essere effettuata su una

9

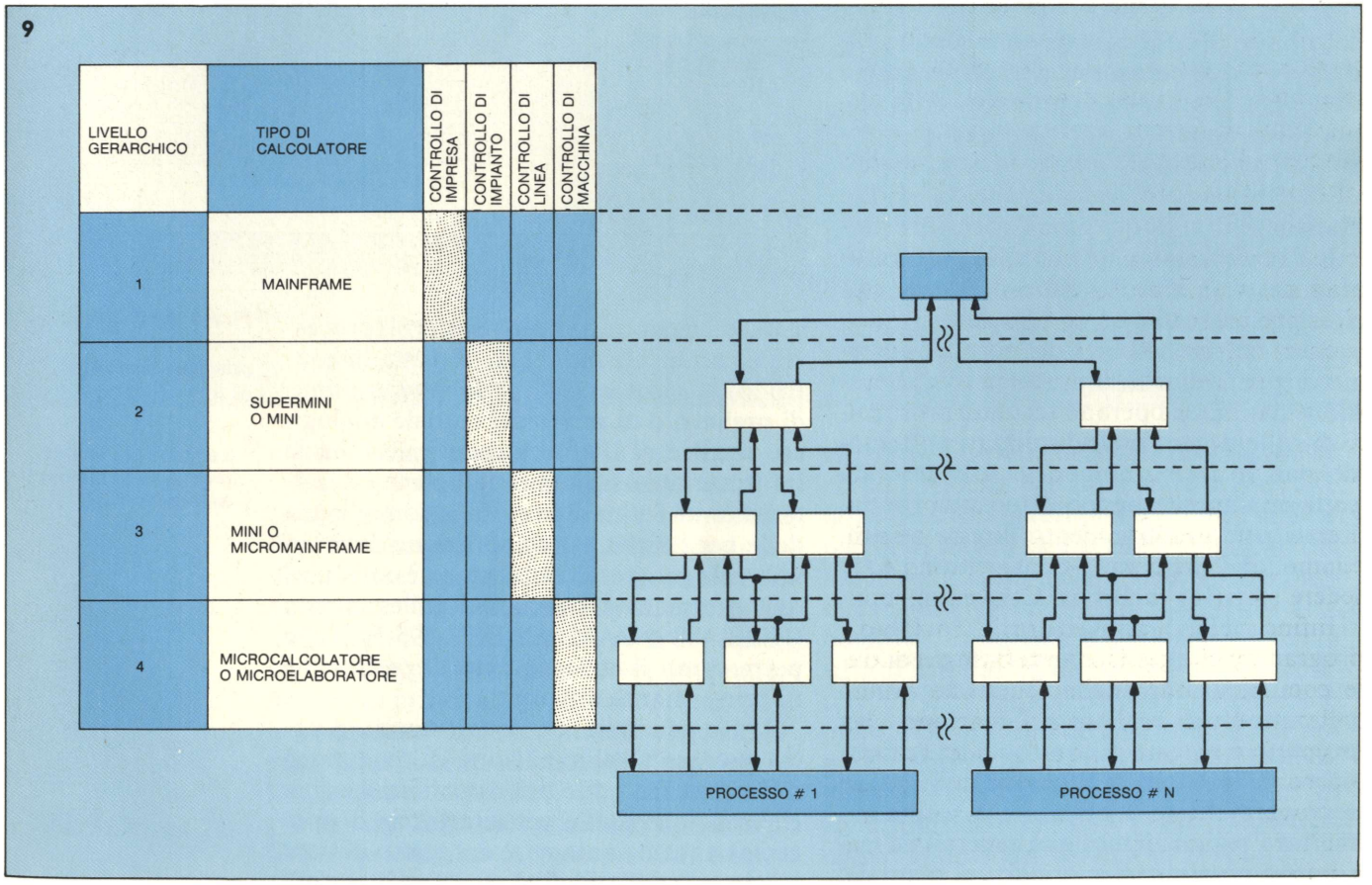


Figura 9. Livelli gerarchici di un sistema CAM.

attenta e precisa valutazione economica.

La moderna tendenza nell'architettura dei sistemi si basa sull'uso di sistemi distribuiti a potenzialità differenziata, tale soluzione può permettere di ottenere delle prestazioni soddisfacenti anche in caso di funzionamento degradato del sistema a causa di guasti. La scelta della più opportuna architettura di un sistema di controllo deve essere definita in funzione del particolare tipo di applicazione e dal punto di vista economico deve essere il giusto compromesso tra l'onere dei controllori distribuiti ed il beneficio di una rete di collegamento più flessibile e meno costosa. La previsione ragionevole, consentita dall'impiego di nuovi dispositivi elettronici, è di uno spostamento della convenienza economica verso architetture sempre più distribuite a causa della diminuzione di costo delle unità di controllo e dello sviluppo di standard di interfacciamento e comunicazione.

In un sistema CAM le periferiche dei calcolatori di controllo possono essere suddivise in due categorie: per elaborazione dati e per interfaccia di processo. Alla prima classe appartengono tutti quei dispositivi di memorie di massa (nastri, dischi, dischetti, cassette magnetiche, memorie statiche) e di colloquio con l'operatore (terminali video, stampanti, lettori e perforatori di nastro e schede, lettori di schede magnetiche e codici a barre, tracciatori, video grafici) che fanno parte del normale corredo di periferiche di un sistema di elaborazione dati. Esse operano secondo protocolli di collegamento standardizzati utilizzando dati in forma numerica. Alla seconda categoria appartengono dispositivi specializzati per il collegamento diretto all'ambiente di processo: convertitori A/D (ADC, Analog to Ditigal Converter), multiplexer (MUX), convertitori D/A (DAC, Digital to Analog Converter), ingressi numerici, uscite numeriche. Questi dispositivi permettono di realizzare l'interfaccia tra processo e sistema di controllo: un convertitore A/D ed un multiplexer collegati in serie permettono di acquisire in forma numerica i segnali di tensione generati da trasduttori posizionati in opportuni punti del processo. I trasduttori vengono collegati al multiplexer, il quale provvede al passaggio ordinato dei segnali analogici al convertitore A/D che provvede, a sua volta a trasformarli in forma numerica, ovvero direttamente interpretabile dal sistema di controllo.

I notevoli sviluppi nel campo dei microcalcolatori stanno portando però ad architetture periferiche di tipo elaborazione dati. Infatti l'inclusione di microcalcolatori a basso costo nei sistemi di controllo delle macchine permette lo svolgimento delle fasi di conversione fra segnali esterni (processo) ed ambiente numerico (sistema di controllo), e viceversa, direttamente al punto di prelievo o di arrivo del segnale analogico, mentre al di fuori della macchina le informazioni assumono dei formati caratteristici in forma numerica a somiglianza delle periferiche per elaborazione dati. Un notevole progresso in tal senso è costituito dall'affermarsi di standard di collegamento (IEEE 488 o CAMAC IEEE 595-583) che permettono il collegamento di periferiche di tipo e marca differenti.

L'uso generalizzato di tali standard potrà portare all'eliminazione di qualunque differenza fra i due tipi di periferiche (per elaborazione dati e per interfaccia di processo) a tutto vantaggio, dal punto di vista hardware, della facilità di assemblaggio e della riconfigurabilità e, dal punto di vista software, della riduzione dei tempi di programmazione dovuta alla uniformità delle caratteristiche.

10

LINGUAGGIO	SETTORI APPLICATIVI		
	CALCOLO	GESTIONE	CONTROLLO
ADA	XX	XX	XXX
ALGOL	XXX	X	
APT			XXX
ASSEMBLER		X	XXX
BASIC	XX	X	X
C	XX	XX	X
COBOL		XXX	
FORTRAN	XXX	XX	XX
LISP	XX	XXX	
PASCAL	XX	XX	X
PL1	XXX	XX	X
RPG		XXX	

LEGENDA

X = MODESTO
XX = BUONO
XXX = OTTIMO

Figura 10. Settori di applicazione dei principali linguaggi.

Sistemi CAM: software

Il CAM copre un'area interdisciplinare e quindi impone di risolvere problemi tipici di tutte e tre le fondamentali aree applicative dei sistemi di elaborazione elettronica dei dati: calcolo, gestione e controllo. Per tale ragione non è facile rispondere ad una domanda del tipo: quale è il linguaggio più adatto ad applicazioni CAM?

La Figura 10 riporta un elenco dei linguaggi più comuni, con l'indicazione delle rispettive caratteristiche in relazione ai diversi settori applicativi. Un sistema CAM complesso utilizza usualmente più di un linguaggio a causa delle diversità delle problematiche esistenti ai vari livelli, essendo, in linea di principio, preferibile ottimizzare le prestazioni di ciascun livello secondo la più opportuna combinazione "problema-linguaggio-calcolatore".

Nel caso dell'applicazione di un sistema CAM è necessario però curare la loro integrazione con gli altri moduli, specialmente dal punto di vista della base dei dati.

Per quanto riguarda i sistemi operativi è ovvio che, per lo stretto collegamento con il mondo fisico, tipico di queste applicazioni, la scelta cade sui sistemi operativi in tempo reale (*RTOS*, Real Time Operating System).

CAT (Computer Aided Testing)

I sistemi di collaudo automatico sono stati sviluppati inizialmente per l'industria elettronica dove la necessità di collaudo ad elevata velocità per aumentare le rese, unitamente alle migliori prestazioni ed alla capacità di localizzare le cause di guasto più nascoste, il tutto nella maniera più economica possibile rappresenta un costante obiettivo. Il sistema base, solitamente costruito attorno ad un potente minicalcolatore, in configurazione isolata viene chiamato *ATE* (Automatic Test Equipment, apparecchiatura per il collaudo automatico), mentre il software (i programmi) relativo viene indicato come *TSM* (Test System Manager, gestore del sistema di collaudo).

La necessità di collaudare, in modo significativo, componenti complessi rende necessaria, però, una interazione efficiente tra struttura CAD ed i sistemi ATE e quindi il matrimonio tra CAD ed i sistemi ATE,

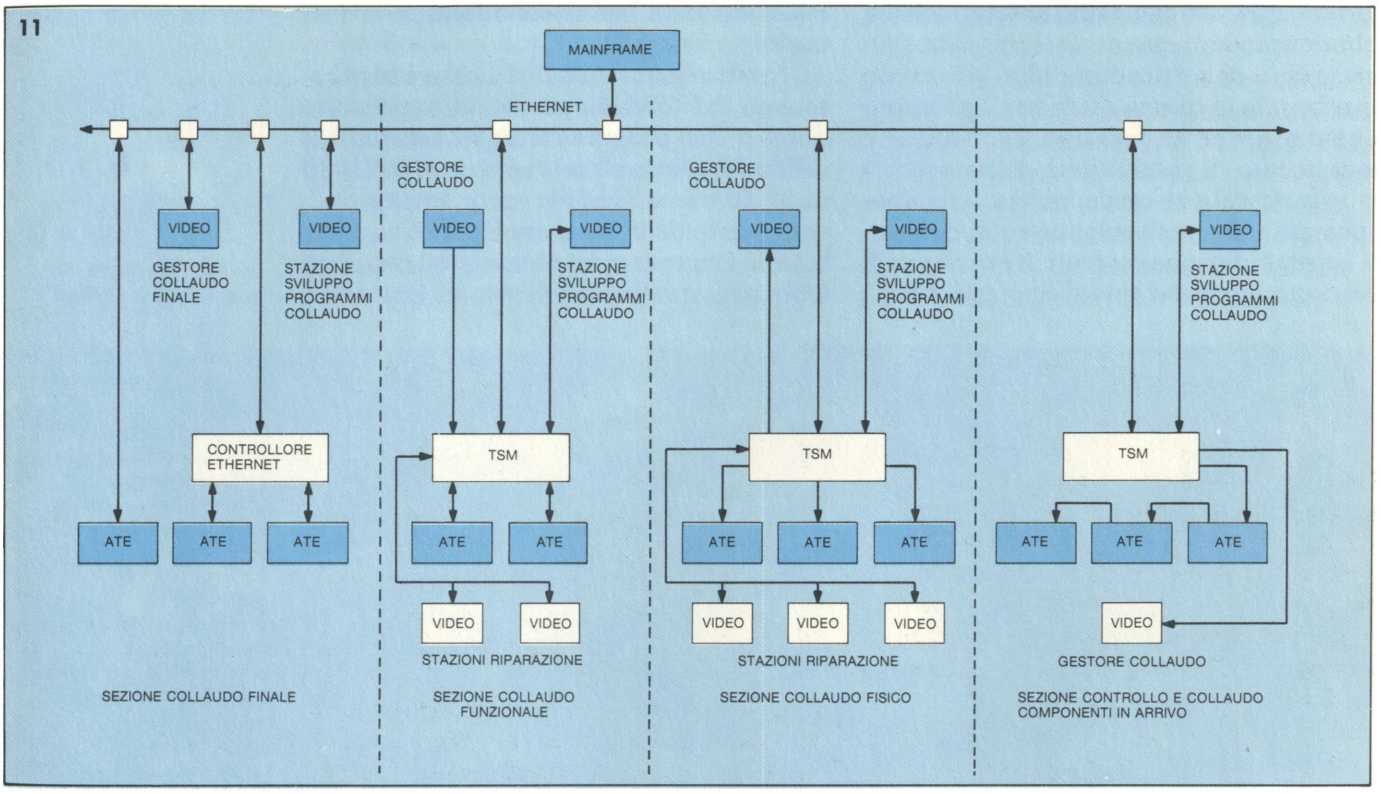


Figura 11. Schema a blocchi di un sistema CAT complesso.

chiamato *CAT*, si presenta come uno degli eventi industriali più importanti e significativi nella prossima decade.

Il collegamento di sistemi ATE ad una struttura CAD, realizzato con reti organizzate, permette il controllo delle tradizionali funzioni di collaudo e rende possibile la realizzazione di sofisticate gestioni a livello elevato grazie alla disponibilità di informazioni e di rapporti in tempo reale. Numerosi costruttori, nei campi più differenti (dalla fabbricazione di circuiti integrati alla fabbricazione di elettrodomestici), si stanno attrezzando in questa direzione. I principali vantaggi, che ne derivano, consistono in un aumento di produttività delle apparecchiature e del personale addetto alla divisione collaudo, nelle migliori rese costruttive e nella riduzione dei costi di esercizio e di ammortamento dei grossi impianti ATE.

tipo di rete organizzata, chiamata *ETHERNET*, che impiega un particolare protocollo per garantire l'integrità dei dati (*CSMA/CD*, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, ovvero Accesso Multiplo a Sensore di Portante con Rivelazione di Collisione) e che possiede una velocità di trasmissione effettiva di circa 1 Mbps, ovvero 1 milione di bit al secondo. Questo standard è stato adottato dalla Fairchild e sta per essere adottato da altri costruttori di ATE.

Un altro punto assai delicato è rappresentato dal TSM che gestisce ed aggiorna la libreria dei programmi delle funzioni di collaudo, che prepara i rapporti di collaudo e che deve interagire, in modo intelligente, con il resto della struttura CAT. Allo stato attuale è praticamente impossibile operare delle scelte indipendenti tra sistemi ATE,

Un sistema automatizzato è composto sostanzialmente da due parti: la macchina e la parte comando. Quest'ultima è formata da componenti che rispondono a quattro funzioni base: il rilevamento, l'elaborazione dei dati, il comando, il dialogo. (Foto gentilmente fornita dalla Telemecanique).

La Figura 11 riporta lo schema a blocchi di una struttura CAT particolarmente complessa utilizzata principalmente nel settore elettronico. In essa si utilizza un

TMS e reti di collegamento. Sono necessari notevoli impegni verso una diffusa standardizzazione per ottenere interessanti sviluppi su larga scala.

Sistema flessibile di produzione (FMS)

Grazie alle possibilità offerte dall'attuale tecnologia elettronica possiamo immaginare come possano svolgersi le varie operazioni all'interno di una fabbrica se colleghiamo, in moduli intraprendenti, le sei aree strategiche che abbiamo individuato: il progetto, la tecnologia di gruppo, il controllo delle risorse, la manipolazione dei materiali, il controllo delle macchine ed il controllo dei robot. Possiamo suddividere la fabbrica in cellule funzionali caratterizzate da una particolare funzione di fabbricazione, ad esempio la cellula di progetto, la cellula di lavorazione flessibile, la cellula di saldatura e la cellula di assemblaggio; mentre un certo numero di robot può essere collegato in modo diretto ad una struttura gerarchica di calcolatori allo stesso modo di come sono collegate le odierne macchine a controllo numerico diretto (*DDC*, Direct Digital Control). In questo modo lo scambio delle informazioni di retroazione da parte dei robot, delle macchine e degli operatori verso il sistema di controllo dell'impresa può essere molto rapido e quindi è possibile adattare continuamente, secondo i cambiamenti delle condizioni operative, la gestione della produzione all'interno della fabbrica.

Possiamo passare ad un sistema rigido di produzione, tipico degli anni '60, caratterizzato da una notevole flessibilità di magazzino prodotti finiti, ad un sistema flessibile di produzione, tipico degli anni '90, caratterizzato dalla scomparsa totale del magazzino e degli inerenti costi. I sistemi flessibili di produzione (*FMS*, Flexible Manufacturing System) rendono possibili economie sia di scala che di opportunità. Il risultato può essere un incredibile aumento di produttività del sistema (Figura 12).

Nel 1982 la General Electric ha installato un impianto del valore di 16 milioni di dollari per la costruzione dei telai di motore di grosse dimensioni del peso di circa 800 kg.

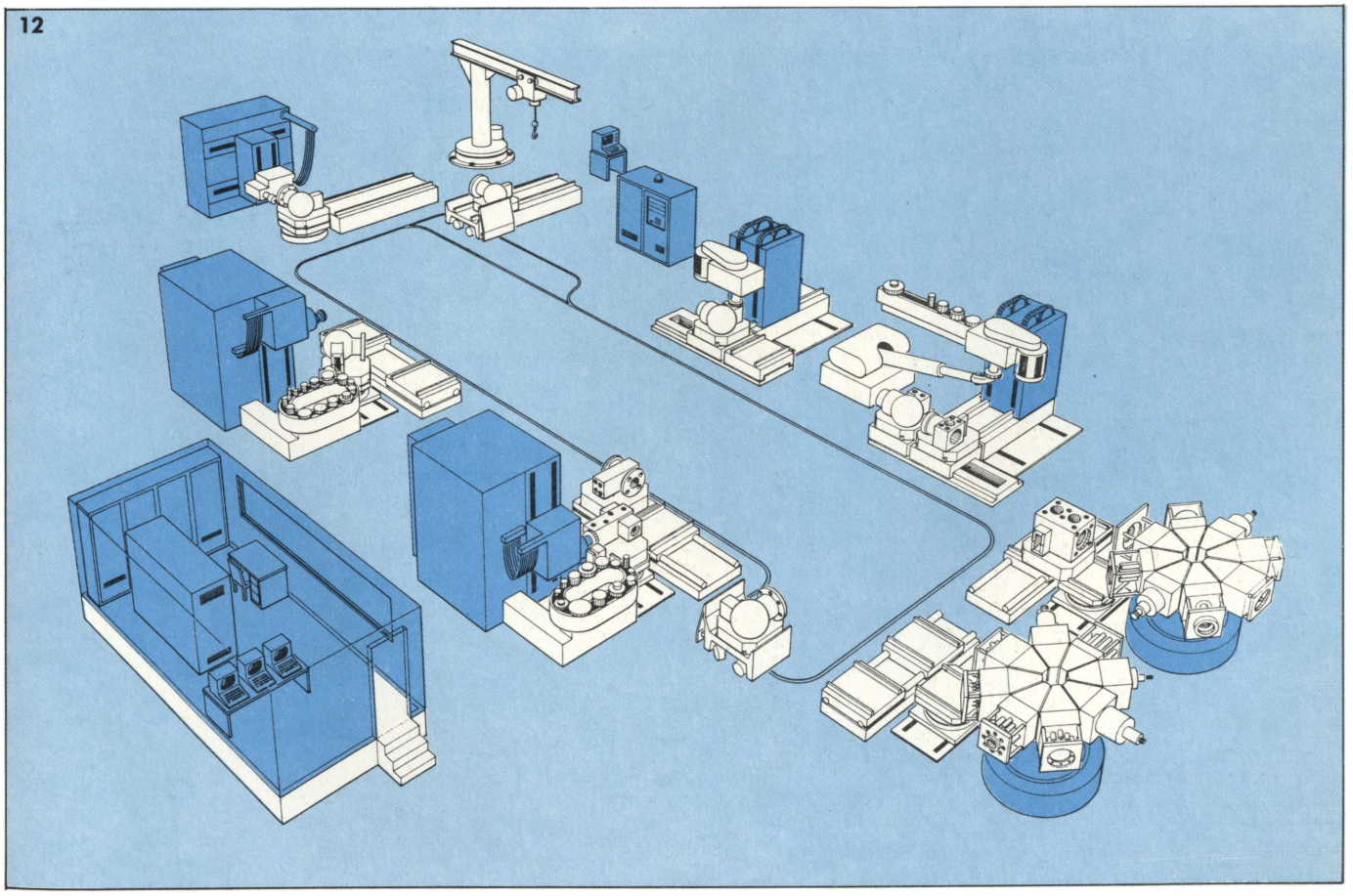


Figura 12. Sistema Flessibile di Produzione.

Questo impianto è in grado di produrre un telaio all'ora, in sei versioni differenti: il sistema integrato di produzione fabbrica in 16 ore quello che in modo tradizionale avrebbe richiesto 16 giorni.

Gli FMS migliorano la qualità del prodotto ed abbassano i costi di lavorazione e di ammortamento delle macchine e, inoltre, permettono l'automazione della produzione su piccola scala, costituiscono gli elementi base delle future fabbriche completamente automatiche. Ad esempio una ditta giapponese di macchine utensili ha costruito un impianto basato su due sistemi flessibili di produzione. Il primo costruisce i telai ed i basamenti delle macchine utensili, mentre il secondo fabbrica le scatole di riduzione ed altri piccoli componenti; in totale i due sistemi sono in grado di fabbricare 180 pezzi differenti.

Con un'organizzazione tradizionale lo stesso lavoro sarebbe stato svolto da 240 persone. Questa nuova fabbrica, inaugurata nell'aprile 1983, funziona con tre turni: quello giornaliero richiede 15 persone, quello serale 4, mentre quello notturno è costituito dal solo guardiano.

La trasformazione dai sistemi tradizionali di fabbricazione a quelli flessibili non può essere veloce: molte lavorazioni richiedono destrezza, intelligenza e capacità che solamente gli esseri umani possiedono e quindi saranno necessarie ancora decine di anni prima che un sistema FMS possa divenire totalmente competitivo. Questo fatto dipende principalmente dalla necessità di sviluppare efficienti sistemi di movimentazione dei componenti che siano in grado di competere con le prestazioni ormai raggiunte dalle macchine a controllo numerico controllate da calcolatori (CNC).

I primi sistemi FMS, basati sui centri di lavorazione e su carrelli trasportatori, furono sperimentati, verso la metà degli anni

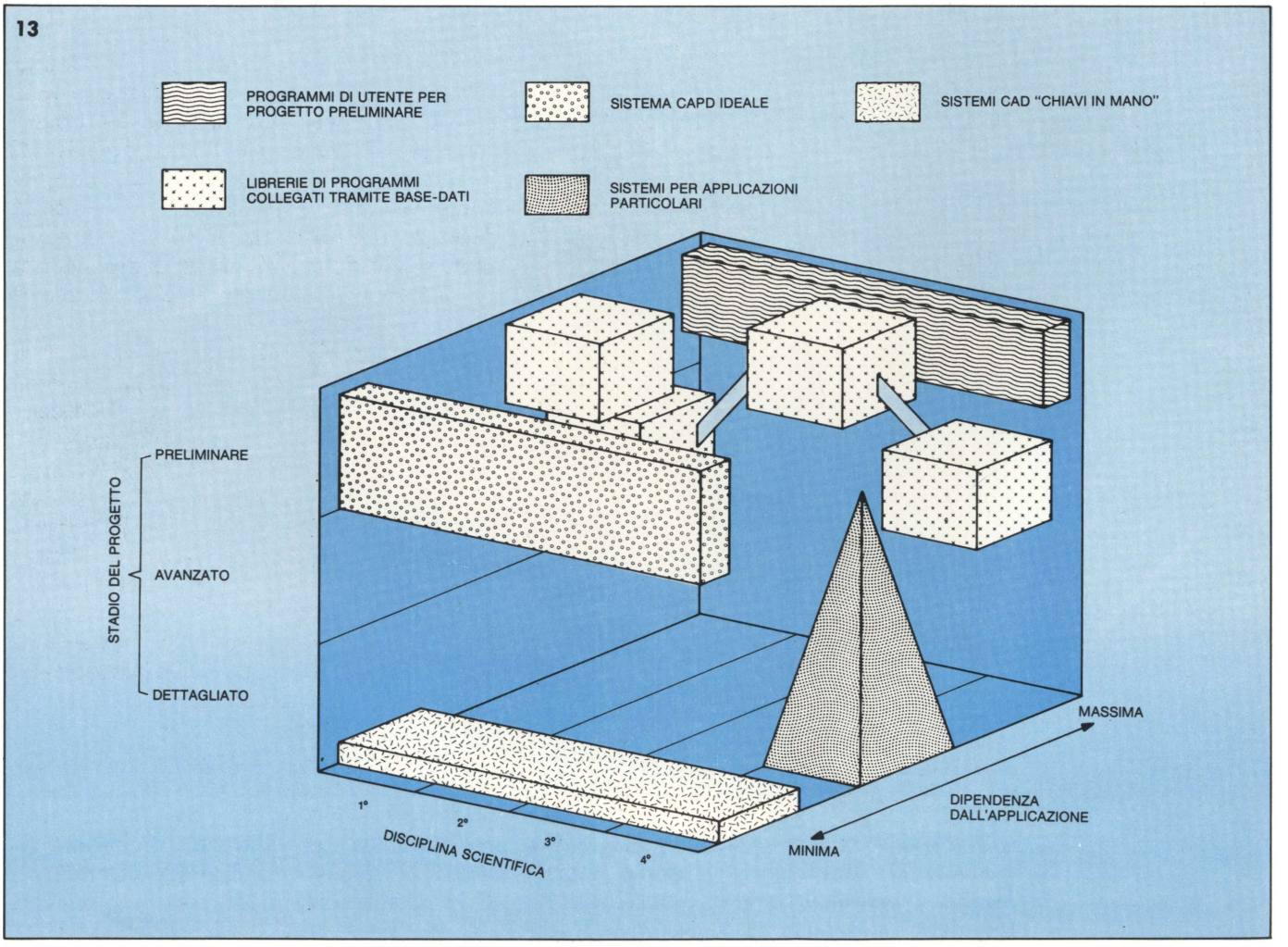


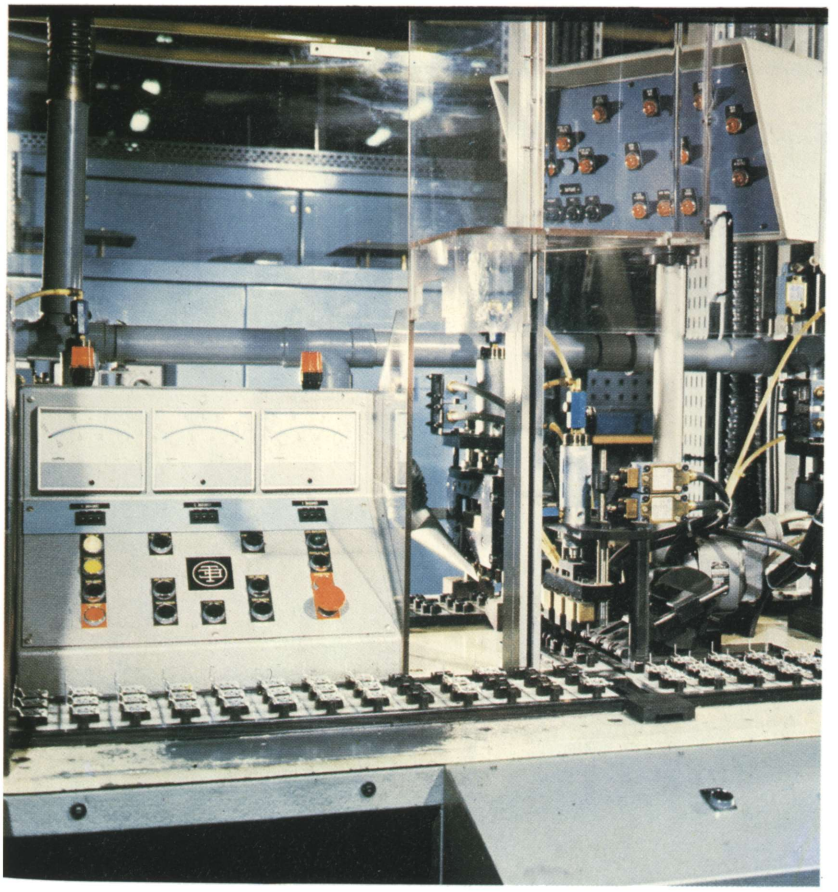
Figura 13. Il concetto CAE rappresentato in uno spazio tridimensionale.

'60, nella fabbricazione di pezzi di forma prismatica in acciaio, alluminio, magnesio ed altri metalli. Verso la fine degli anni '70 cominciarono ad apparire i sistemi per la lavorazione di superfici curve con processi semiautomatici.

Tra sistemi attualmente più avanzati è quello che viene sviluppato dalla Lockheed-California per la rivettatura delle strutture degli aeromobili: un robot, dotato di visione, seleziona i pezzi da un sistema di immagazzinamento automatico e li posiziona sulla macchina per la rivettatura.

CAE (Computer Aided Engineering)

Oggigiorno, il progetto tecnico assistito da calcolatore si configura essenzialmente a due livelli. Nel primo, chiamato *fattibilità teorica*, vengono impiegati programmi particolarmente sofisticati, "su misura", nor-



Nella foto, unità computerizzata a controllo numerico per applicazioni meccaniche. (Gentilmente fornita dalla Philips).

malmente scritti in Fortran o in qualche altro linguaggio scientifico, che eseguono una serie di calcoli e di passi di progetto teorico attentamente valutati. Il secondo, assai vicino alle problematiche relative alla realizzazione ed all'assemblaggio, all'interfaccia con il sistema produttivo, indicato come *chiavi in mano*, comprende i sistemi che impiegano funzioni di progetto ormai largamente sperimentate e diffuse come il disegno tecnico, l'elaborazione della geometria di solidi e la conversione della definizione delle forme nelle istruzioni di lavorazione per le macchine a controllo numerico (CN).

I sistemi relativi al secondo livello, una volta definiti, non richiedono ulteriori modificazioni per affrontare il progetto di un nuovo componente, poiché la maggior parte della conoscenza di progetto deriva da dati numerici forniti.

Vengono normalmente indicati con la ormai nota sigla *CAD*.

La sigla *CAE* (Computer Aided Engineering, ovvero Ingegnerizzazione Assistita da Calcolatore), entrata in uso da qualche anno, vuole dare un nome al tentativo di riunire sotto un unico termine, non solo i sistemi CAD ed i programmi scientifici di fattibilità teorica, ma anche tutta una serie di strumenti per l'automazione del progetto tecnico che si possono collocare a livelli intermedi tra i primi due. Se individuiamo come variabili rappresentative, il grado di dettaglio del progetto, un insieme di discipline scientifiche ed il grado di dipendenza da una particolare applicazione, possiamo rappresentare il concetto CAE in uno spazio tridimensionale, schematizzato in Figura 13. In questo spazio, i programmi di progetto preliminare, sviluppati dall'utente in funzione della particolare applicazione, attraversano discipline differenti come, ad esempio, la fluidodinamica, la scienza dei materiali, la combustione. Spaziano però assia poco nella direzione relativa allo stadio di progetto e si trovano al limite estremo per quello che riguarda la dipendenza dalla particolare applicazione, mentre i sistemi CAD chiavi in mano, si posizionano in basso a sinistra, assai vicini all'interfaccia con il sistema produttivo. A livello intermedio troviamo sia i grandi sistemi per attività particolari, basati sulla integrazione verticale di numerosi programmi dedicati, come quelli per il progetto di circuiti integrati di tipo VLSI (Very Large Scale Integration, ovvero Integrazione su Scala Molto Grande) o di pale per turbomacchi-

ne, sia le grandi librerie di programmi, specifiche per disciplina scientifica, ma collegate da una base dei dati comune.

Il sistema ideale per il supporto e l'automazione del progetto tecnico, dovendo possedere una generalità per quanto riguarda l'applicazione, e una completezza per quel che concerne lo stadio di progetto (integrazione verticale) e l'interdisciplinarietà (integrazione orizzontale), occuperebbe il lato frontale del nostro cubo. La via da percorrere, per potere raggiungere un tale obiettivo, è senz'altro lunga e non priva di impedimenti, ma potrebbe partire dallo sviluppo di un sistema di progetto preliminare assistito da calcolatore (*CAPD*, Computer-Aided Preliminary Design), integrato orizzontalmente (interdisciplinare) e di applicazione generale. Esso potrebbe essere l'immagine speculare, nella fase di progetto preliminare, degli attuali sistemi CAD che operano a livello di dettaglio del progetto. In questo modo, si potrebbe colmare la distanza che separa queste due categorie di sistemi e che rappresenta un "vuoto di automazione del progetto tecnico" con due processi simultanei: la crescita dal basso verso l'alto dei sistemi CAD e la penetrazione dell'alto verso il basso dei sistemi CAPD. Prima che si possa, però, sviluppare un valido sistema CAPD, e certamente prima che si tenti qualsiasi integrazione verticale, è necessario comprendere l'essenza dei procedimenti utilizzati nel progetto tecnico al di là dei semplici modelli matematici normalmente impiegati. È necessario comprendere a fondo il ruolo giocato dall'intuizione, dal giudizio tecnico, dalla creatività e dalle decisioni personali contrapposte a quelle collettive. Ci si deve chiedere: in che modo viene memorizzata la conoscenza? Come si può rappresentarla?

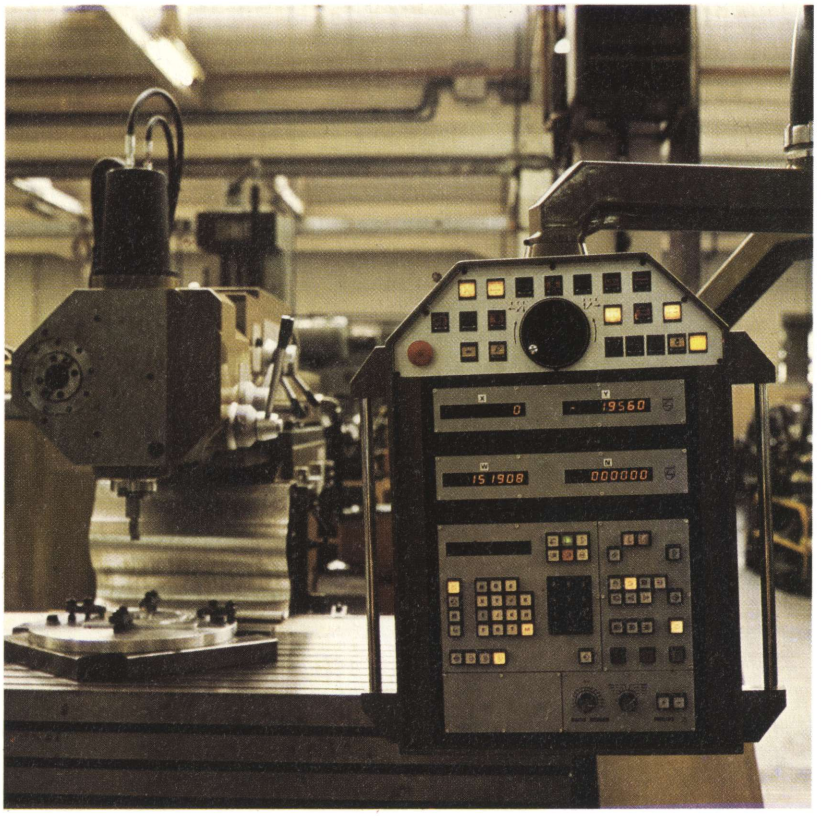
Quali meccanismi permettono di acquisire nuove conoscenze basandoci su quelle già acquisite?

A queste domande la scienza dell'Intelligenza Artificiale (*AI*, Artificial Intelligence) ha cercato di dare una risposta nei passati quindici anni ed ha sviluppato numerose innovazioni tecnologiche, nei settori dell'ingegnerizzazione del software e dei sistemi di elaborazione, che possono essere di immediato e diretto utilizzo nel progetto di sistemi CAPD. La Figura 14 riporta un elenco delle tecniche AI disponibili per un possibile impiego CAE con il relativo riferimento temporale. È importante sottolineare, inoltre, il notevole contributo del linguaggio LISP, dei suoi dialetti e derivati, alla divulgazione delle tecniche di manipolazione simbolica, utilizzate nei sistemi esperti ed utilizzabili nei sistemi CAPD.

Figura 14. Tecniche AI per impiego CAE.

14

LEGENDA	
INGLESE	ITALIANO
Design Stage	Stadio del progetto
Discipline	Disciplina scientifica
Application Dependency	Dipendenza dall'applicazione
Ideal Generic CAPD System	Ideale e generico sistema CAPD
Libraries of Database-Connected Subroutines	Librerie di programmi collegati tramite base-dati
Custom-Coded Preliminary Design Programs	Programmi di progetto preliminare sviluppati in funzione dell'applicazione
Special Purpose Systems	Sistemi per attività particolari
Turnkey CAD/CAM Systems	Sistemi CAD "chiavi in mano"
Preliminary	Preliminare
Advanced	Avanzato
Detailed	Dettagliato
Extremely Dependent	Massima
Extremely Indipendent	Minima



13 Verso una società telematica

Le possibilità offerte dalle nuove tecnologie EDP e dalle telecomunicazioni (in particolare l'uso dei satelliti geostazionari per collegare zone distanti dello stesso contienente e delle fibre ottiche) sono state di recente dibattito e motivo di estrapolazione e di proiezioni, nel tentativo di valutare l'impatto sociale del progresso tecnologico, sia in termini positivi, come crescita e sviluppo delle potenzialità di socializzazione, sia in termini negativi, come ristrutturazione dei ruoli e depressione dei livelli di occupazione.

La società telematica appare il risultato di tre tendenze convergenti:

1. La prima è inerente allo sviluppo, avvenuto fin dagli anni '60, di sistemi di archiviazione elettronica e di gestione dell'informazione centralizzata, verificatosi in tutte le grosse aziende e nella maggior parte degli enti pubblici. Dapprima tali sistemi EDP erano interamente dedicati alla gestione della contabilità; in un secondo momento sono stati utilizzati anche per regolare i rapporti con la clientela. Oggi si calcola che negli Stati Uniti esistono più di seimila "file" contenenti informazioni personali sui cittadini, in possesso di enti pubblici, a livello nazionale e federale, per non menzionare quelli sviluppati dalle banche, dagli enti finanziari e dalle catene commerciali. Anche in Italia la quantità di informazione sottoposta a catalogazione sistematica e consultabile con tecniche di "information retrieval" è in costante aumento.
2. A questa prima tendenza, che riguarda soprattutto la diffusione dei "mainframe", si è aggiunta, in un secondo momento, quella generata dal mercato per la microinformatica, dei terminali on-line, dei videogiochi, dei microcomputer che, oltre ad essere offerti per scopi didattici, si mostrano estremamente efficienti se dedicati a scopi specifici di produzione e di controllo. Tra pochi anni non solo sarà facile trovare in casa un personal computer, ma sarà anche possibile il collegamento con centri di servizio distanti. Il personal diventerà un "elettrodomestico" indispensabile.
3. Si prospetta infine un terza fase, di unificazione, a livello nazionale, delle reti e degli standards di telecomunicazioni, in cui si potranno organizzare veri e propri estesi *network* di scambio di informazione scientifica, tecnica, amministrativa e commerciale.

Alcune di queste realtà sono già esistenti entro ristretti confini amministrativi: il sistema di telecomunicazione ARPANET adottato dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti, che contiene accesso a data base ed un sistema di posta elettronica; il sistema PRONTO della chemical Bank di New York, che permette di compiere acquisti, ordinazioni e transazioni bancarie ai clienti che posseggono un computer personale; il sistema di informazione commerciale e finanziaria THE SOURCE adoperato da molti operatori commerciali.

Grazie al continuo sviluppo della tecnologia elettronica e informatica è possibile prevedere importanti innovazioni all'interno delle fabbriche soprattutto per ciò che riguarda: il progetto, la tecnologia, il controllo delle risorse, la manipolazione dei materiali, il controllo delle macchine e dei robot. (Foto gentilmente fornita dalla Telemecanique).

L'utopia telematica

Alcuni autori hanno tentato di costruire una vera e propria "utopia telematica" profilando una risposta tecnologica ai problemi sociali più urgenti. Essa si basa fondamentalmente su pochi concetti, generalizzati ad ogni area del sociale. Nella società telematica si auspica (punto 1) la circolazione e lo scambio dell'informazione da qualsiasi stazione ad un'altra. Le banche dei dati ed i grandi sistemi informativi sono *aperti*, accessibili a tutti coloro che li vogliano esplorare, sono intelligenti e rispondono all'utenza alimentandosi ed arricchendosi con il continuo flusso di informazione ricevuta. L'utilità di tali sistemi aumenterebbe con la loro ampiezza.

Nella società telematica, per quanto concerne il punto 2, l'improvvisazione viene sostituita dalla programmazione; la creatività viene codificata e resa sistematica; l'attività può essere simulata e replicata automaticamente con la robotica; l'informazione viene garantita con una velocità ed un margine di precisione e di completezza che non hanno precedenti nelle epoche passate. Si prospetta infine la costruzione di sistemi di "intelligenza artificiale" che possano coadiuvare quella "naturale" dell'uomo.

Attraverso i mezzi di comunicazione remota (punto 3), le possibilità di scambio e di interazione che offrono oggi e possono offrire domani, questa società tende ad una maggiore decentralizzazione, a sostituire il valore dei servizi materiali e degli spostamenti fisici con quello della comunicazione e della decisione presa da lontano. Si ritiene che nel prossimo ventennio sia realizzabile

lo scambio in tempo reale di immagini, testi e suoni codificati in maniera digitale da casa in casa.

Le utopie telematiche ci presentano una società reticolare, interconnessa, senza centro e senza periferia, "allacciata dai cavi coassiali" e dai network formati dai computer.

Ad essa corrispondono nuove forme di economia: l'utilità delle reti aumenta con l'ampliamento e l'accessibilità della rete stessa; lo scambio dell'informazione acquista, oltre al valore simbolico, anche un preciso valore commerciale; la telecomunicazione collega, in tempo reale, la domanda con l'offerta, eliminando molti tempi morti negli scambi mercato.

Si presuppone la scomparsa del denaro liquido, quale principale forma di pagamento. Il pagamento potrà essere effettuato con una transazione elettronica; il servizio (spesso elettronico anch'esso) lo segue immediatamente. La spesa al "supermercato elettronico" viene fatta col terminale, dopo aver consultato le immagini, teletrasmesse, dei prodotti che interessano. Ristoranti, negozi e locali pubblici accetterebbero, come forma di pagamento, carte di credito "intelligenti" che ubbidirebbero solo ai comandi dei legittimi proprietari. Il trasferimento di capitali, da una banca all'altra, sarebbe quasi immediato e la massa di denaro in circolazione, sotto la forma di transazione elettronica, sarebbe estremamente accelerata.

Il trasporto delle cose e delle persone, che oggi costa una notevole quantità di energia, sarebbe sostituito dallo scambio di messaggi per via remota e dalla posta elettronica. "La città, scrive J. Miller, ha cavi coassiali sotto ogni strada che provvedono tutti i servizi necessari alla telecomunicazione. La televisione domestica riceve molti più canali, ed usata in congiunzione con una tastiera, provvede una quantità di servizi. Le famiglie più benestanti hanno uno schermo televisivo grande come una parete". Nella società telematica ogni casa ha un apparato di ricezione per testi scritti e documenti, che sostituisce la corrispondenza ordinaria. Con queste macchine, sostiene il Miller, si possono ottenere le pratiche di ufficio, si può lavorare in casa e poi spedire il lavoro già fatto alla centrale del network. Sarebbe possibile un nuovo tipo di industria del lavoro a domicilio (*electronic cottage industry*).

L'effetto della comunicazione telematica si farebbe anche sentire sull'uso del territorio. Il volto della vita urbana cambierebbe fisionomia. Molti problemi del traffico connessi al trasporto di routine casa-ufficio sarebbero risolti dalla telecomunicazione.

La localizzazione dei grandi uffici non avverebbe, necessariamente, al centro della città, ma in aree meno costose. L'abitato non sarebbe costituito da un unico centro, ma da molti centri direzionali interconnessi, a seconda delle funzioni, oppure da una struttura reticolare. I computer costituiscono il sistema nervoso della città, servirebbero da concentratori dell'informazione e da centri di scambio. I "pocket terminal" sarebbero comuni, e costerebbero poche migliaia di lire; dotati di una memoria sufficiente per contenere tutte le informazioni necessarie sostituirebbero l'agenda degli uomini d'affari.

Tutti i terminali domestici potranno usufruire dell'accesso a database più ampi.

Si prospetta che nel prossimo decennio molti servizi di utilità pubblica e personale saranno meccanizzati, e potranno essere forniti in tempi più rapidi. Per fare un esempio, il pronto soccorso potrà avvenire su chiamata da terminale in qualsiasi punto della città. La dislocazione delle ambulanze sarà ottimizzata tramite computer. Le cartelle mediche saranno centralizzate, con un codice di iscrizione sanitaria comune. Saranno costituiti centri diagnostici di telemedicina e di pronto intervento che impiegheranno strumenti di misurazione elettronica per "visitare" i pazienti. Con i servizi di telemedicina lo specialista potrà visitare il malato in breve tempo, senza muoversi di casa da uno di questi centri.

Dal punto di vista dell'offerta dei servizi, la società telematica appare molto attraente in quanto rende le prestazioni agevoli ed efficienti. Tuttavia, lavorare ed agire in questo ambiente non sarà facile, in una perpetua concorrenza col progresso tecnologico, con dei ritmi di lavoro accelerati. Come ha notato il sociologo Daniel Bell, il capitale su cui si basa lo sviluppo delle società postindustriali è rappresentato dalla conoscenza tecnica e scientifica, dalla qualificazione della manodopera e dalla competente direzione che la organizza e la

coordina. Per non perdere il proprio posto di lavoro, l'operaio del futuro dovrà non solo essere istruito, a livelli di scuola media superiore od universitari, ma anche capace di aggiornarsi, di studiare, di convertirsi a nuovi compiti in cui il suo intervento è richiesto. Il suo lavoro non sarà esecutivo, ma anche di progettazione e di programmazione per azionare e controllare quei servomeccanismi che eseguiranno rapidamente i lavori di produzione. Anche la riparazione la manutenzione degli apparati elettrodomestici acquisterà notevole importanza. La separazione tra lavoro manuale e lavoro intellettuale non sarà netta, ed ogni occupazione sarà caratterizzata da un alto grado di professionalità.

La ristrutturazione dei processi produttivi per passare ai servizi automatici potrebbe avere elevati costi sociali. Si prevede che le società postindustriali abbiano un tasso di disoccupazione strutturale elevato ed un tasso di crescita del prodotto lordo nazionale più modesto di quelle industriali, non essendo la produttività dei servizi facilmente valutabile. Vi sarà un'accentuata contrazione dell'occupazione industriale ed un trasferimento al settore "terziario" dell'amministrazione, della tecnologia, della ricerca e del commercio. Nei progetti di meccanizzazione industriale giapponesi (la creazione di fabbriche completamente automatizzate nel 1990) si calcola che verrà impiegato solo il 2% della manodopera normalmente presente negli impianti di manifattura. Tali trasferimenti potrebbero costituire la causa di forti contrasti sociali, in assenza di una politica lungimirante dell'occupazione e della formazione della manodopera che dovrà essere promossa dal governo e dalle forze sindacali secondo piani di investimento e di sviluppo pluriennali. Non ci si può infatti aspettare che in una società in cui la produzione viene pianificata, non vengano anche programmati la ricerca e l'utilizzo della forza lavoro tecnica e scientifica.

Centralino privato automatico con posto di operatore, adibito al traffico telex e testi. (Foto gentilmente fornita dalla Philips).

Informazione e conoscenza

Si può constatare da questo quadro di insieme come molti aspetti dell'utopia telematica siano già presenti nel mondo mo-

derno, specialmente a livello di strumentazione tecnica e di prodotti commerciali, mentre altri potranno essere sviluppati nel prossimo futuro. Il problema che si pone oggi non è tanto quello dell'implementazione di una tecnologia di avanguardia, che appare in rapida crescita, quanto il suo sfruttamento in termini razionali, per migliorare le condizioni di vita esistenti. In Italia, in particolare, manca una politica sociale della tecnologia informatica. In questo senso ci può fornire una guida la testimonianza del dirigente di uno dei grandi complessi industriali giapponesi:

"Durante gli anni 1980 fino al 1990 ci saranno enormi cambiamenti, sostiene Shoichi Akazawa della Fujitsu Ltd. Una quantità di informazione sempre più grande verrà diffusa dagli ambienti industriali a quelli sociali, in grado di raggiungere anche gli ambienti domestici. In Giappone si costituirà un nuovo Servizio Nazionale di Informazione (INS), come infrastruttura di una società industriale avanzata capace di servire l'intero paese. Questo servizio sarà fondato su di un'unica rete, che integra tutte le funzioni di teletrasmissione, comunicazione telefonica, di dati ed immagini. I clienti del network potranno beneficiare di tutti i servizi diversificati sia in ufficio che in casa.

Essi includeranno la teleconferenza, le ordinazioni ai negozi, la contabilità domestica, e la cura medica. altri servizi saranno provvisti del CAPTAIN (Character and Pattern Telephone Access Information Network), utilizzando interattivamente la linea telefonica, la TV domestica e la tecnologia del videodisco".

Nei confronti di una rapida crescita dell'informazione generata sia dagli apparati burocratici sia dalle strutture commerciali che la vedono come "prodotto", diventa indispensabile chiarire il rapporto tra informazione e conoscenza. Si può evitare di essere travolti da quello che è stato chiamato "il diluvio dell'informazione? Quale è il profilo di una persona informata e cosciente, che sa quel che vuole? Fino a quale punto un'offerta illimitata d'informazione può risultare vantaggiosa all'acquisizione di conoscenza per decidere ed agire? Quali sono i fondamenti teorici di un'economia dell'informazione?".

In uno schema molto semplice, ma efficace ad esprimere certe differenze storiche, si può distinguere una forma di società "primitiva" in cui la conoscenza deriva in gran parte dall'esperienza personale e dall'interazione con le altre persone (informazione accumulata personalmente); una seconda fase in cui la trasmissione dell'esperienze personali viene mediata da codici culturali anche complessi, facendo uso della scrittura (informazione derivata socialmente); una terza, che inizia con lo sviluppo dell'osservazione sperimentale nella scienza moderna e che continua oggi, in cui gli strumenti e le macchine generano anch'essi misure ed informazione ed arrivano a manipolarla ed accumularla (informazione "obiettiva", raccolta secondo procedimenti standardizzati ed automatici). Oggi la raccolta dell'informazione scientifica avviene comunemente con procedure meccanizzate, sia per osservare l'estremamente piccolo (ad esempio, i processi di disgregazione della materia), sia per compiere il telerilevamento della superficie terrestre con i satelliti.

Nella foto, è indicato un terminale di trasmissione testi/dati di carattere alfanumerico. Consiste in una stampante termica con modem incorporato che collegato al telefono riceve automaticamente anche in assenza del destinatario. (Gentilmente fornita alla 3M Italia).

L'adozione di procedimenti standardizzati per la raccolta e la codifica dell'informazione è divenuta una caratteristica co-

mune della civiltà moderna. È presente nella vita quotidiana, nelle transazioni commerciali e finanziarie, nei rapporti tra i cittadini e gli enti pubblici, è la logica conseguenza di una evoluzione che è già iniziata lo scorso secolo. D'altra parte lo straordinario accumulo delle informazioni provenienti dai vari media pone i cittadini e le amministrazioni dinnanzi ad un problema di razionalizzazione, di priorità di analisi, di selezione e di sintesi che non si dimostra facile.

Attraverso quali metodologie e quali procedimenti, da considerarsi non solo corretti, ma anche socialmente legittimi, è possibile ridurre l'informazione a conoscenza, oppure formulare proposizioni che abbiano una validità generale rispetto alle politiche che si vogliono perseguire? Se l'informazione deve essere ritenuta valida, in che misura è corretta la conoscenza che se ne vuole dedurre? Si scopre così che quei problemi di epistemologia della scienza, che una volta erano limitati al ristretto ambito dei ricercatori universitari che si occupavano anche delle implicazioni filosofiche del proprio lavoro divengono oggi, con l'estensione dell'informatica a tutti i campi dell'agire umano, una questione fondamentale nella gestione dei complessi amministrativi e di servizio.

Gli analisti dicono che la progettazione dei nuovi "sistemi", siano questi applicabili alla ricerca scientifica o alla amministrazione pubblica e privata, richiede una "filosofia". Tuttavia non è sempre reso esplicito di quale "filosofia" si tratti. Nell'organizzazione moderna la tecnologia EDP tende a compenetrare intimamente la struttura organizzativa. Come è stato sostenuto, essa non si trova in rapporto diretto con il materiale da trasformare (come la meccanizzazione nella fabbrica), ma stabilisce un *rapporto organizzativo* con la forza lavoro ed i mezzi di produzione. Non è rivolta alla soluzione di un processo parziale, ma ambisce ad estendersi ad un disegno organizzativo complesso. Non ha necessariamente funzioni esecutive materiali, ma svolge sicuramente funzioni di controllo. Infine la tecnologia EDP *non crea* una capacità produttiva, che è insita in uomini e mezzi, ma *utilizza* delle capacità a disposizione in maniera ottimale ed economica.

Due nuovi concetti stanno comunque ampliando le prospettive nella progettazione dei sistemi informativi e si spera che aiutino a superare quel divario tra produzione automatica dell'informazione e sintesi conoscitiva che oggi pone in scacco la gestione dei grossi sistemi. I nuovi sistemi degli anni '80 dovrebbero essere *trasparenti* nel senso che l'utente deve sapere dove incomincia e dove finisce senza perdersi nei meandri della loro architettura e senza arenarsi in procedure sconosciute. I procedimenti attraverso cui vengono ottenuti i risultati debbono essere comprensibili ed intercambiabili, in caso di necessità. Il linguaggio di programmazione da criptico deve trasformarsi in processo di comunicazione naturale. In secondo luogo, dato che la maggior parte degli utenti non saranno dei tecnici (e non lo vorranno diventare) i sistemi debbono assumere una forma *amichevole* (friendly). I grossi network potranno avere successo solo se saranno malleabili, cioè capaci di rivolgersi al vasto pubblico ed a tutte le categorie sociali (dai bambini agli anziani). Il successo di un'economia dell'informatica su vasta scala dipende dalla capacità della tecnologia EDP di adattarsi alle esigenze sociali e non viceversa.

L'evoluzione dei sistemi amministrativi nelle aziende private

Fino a pochi anni fa l'inserimento dei computer e la creazione di centri EDP nelle aziende private era ritenuto, acriticamente, un risultato del progresso della tecnica che poteva essere favorito o contrastato dalla dirigenza. Oggi, la progettazione di sistemi di gestione amministrativa e di sistemi di produzione che utilizzino nuove tecniche di automazione non incontra ostacoli, ma deve essere soggetta ad un'analisi attenta perché in confronto al passato le alternative tecniche possibili per risolvere gli stessi problemi sono numerose e poi non sempre viene utilizzata una soluzione efficiente rispetto alle molte alternative possibili. Una soluzione non ottimale può avere costi interni (perdita di investimenti, scarsa produttività) o costi esterni per la società (disoccupazione, inefficiente utilizzo della manodopera).

Negli anni '60 "meccanizzare" significava accelerare, con il calcolo automatico, le

procedure più noiose e ripetitive; oggi si propone un approccio integrato. Comunque, alcune indagini svolte in Italia ed in Francia dalle società di informatica sulle aree applicative degli elaboratori nelle aziende medie e grandi, mettono in rilievo come la gestione della contabilità, quella delle vendite e del magazzino costituiscano i campi di applicazione più frequenti dei "mainframe". Solo nell'industria chimico/farmaceutica ed in quella metalmeccanica l'automazione ha fatto progressi sostanziali nel campo della produzione. La diffusione di procedimenti di automazione particolari, relativi alle singole lavorazioni, aiutati dall'uso di microprocessori e di unità dedicate al controllo ha avuto inizio solo in questo decennio, partendo da alcuni prototipi sperimentali, americani e giapponesi. Tuttavia si ritiene, anche da parte degli esperti, che la diffusione di microcomputer nell'automazione d'ufficio e della robotica industriale, nella produzione e nell'assemblaggio delle parti, avverrà con notevole rapidità, mettendo in crisi il ruolo della manodopera tradizionale.

I robot, secondo un'inchiesta condotta da Zermeno, Moseley e Braun, vengono già favoriti, rispetto alla presenza umana, nei lavori pesanti ed in quelli caratterizzati da alto rischio, come il taglio e la perforazione di lamiere, la saldatura, la verniciatura a caldo od a freddo, il trattamento di semilavorati provenienti dagli altoforni, il taglio di materiale vetroso, ma anche in quelli che richiedono una certa monotonia di prestazioni, come l'imballaggio, il confezionamento ed il selezionamento degli articoli.

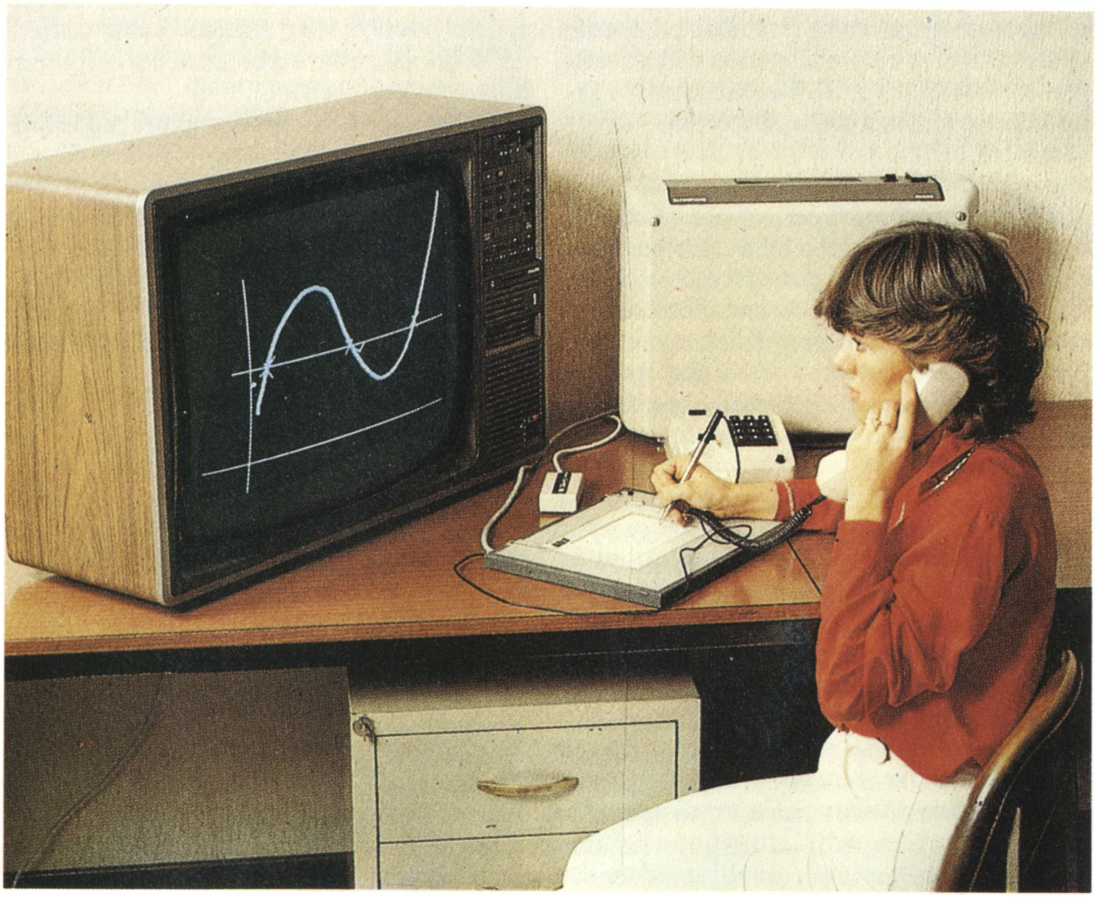
Più che di robot "general purpose", capaci di apprendere e di convertirsi a diverse mansioni, la maggior parte delle fabbriche utilizza braccia meccaniche, che manipolano, saldano ed assemblano rispettivamente. Questi apparati non hanno un'intelligenza autonoma, ma obbediscono al coordinamento di un computer centrale. I veri e propri robot, invece, come afferma Neil P. Ruzic, sono macchine che "sentono, riconoscono, ricordano, apprendono con l'esperienza e rispondono con un ragionamento rudimentale. Per due decenni i laboratori di ricerca hanno costruito sistemi che si autoorganizzano e che apprendono dall'ambiente ma, allo stato presente rimangono ancora delle curiosità non applicate alla manifattura". Non è escluso che nel futuro la loro presenza si faccia più frequente nei processi di manifattura ed anche in certi settori del servizio.

La *burotica*, d'altro canto, sarà destinata a ristrutturare le mansioni ed i compiti di ufficio, così come vien fatto dalla robotica nei processi di lavorazione industriale. La base dell'automazione di ufficio è costituita da una banca dei dati (l'antico archivio delle pratiche), contenenti tutte le informazioni necessarie alla richiesta ed alla prestazione di un servizio, la quale è servita da un sistema informativo che permette ad ogni impiegato di accedervi e di aggiornare l'informazione. Come ha notato Vincent E. Giuliano, in un recente articolo su *Science*, "un ufficio è un luogo dove i dipendenti leggono, pensano, scrivono e comunicano; dove vengono considerate le proposte e dove vengono formati i programmi; dove si raccoglie e si spende denaro e dove si gestiscono le altre componenti dell'organizzazione". Tuttavia, la tecnologia disponibile per svolgere tali compiti sta cambiando rapidamente con l'introduzione di macchine per l'elaborazione dell'informazione, con la diffusione di programmi di calcolo e di ottimizzazione per aiutare le decisioni, con la crescita di sistemi di connessione e di

Nella foto, sistema di conversione telex-teletex per 128 linee telex e 16 linee teletex. (Gentilmente fornita dalla Philips).

integrazione delle attività nei vari uffici.

Il codice ASCII potrebbe sostituire l'alfabeto latino nell'ufficio del duemila, e sarà considerato "analfabeta" colui che non saprà utilizzare un terminale.



Terminale di audio-video scrittura. L'audio-video scrittura è un servizio che permette di trasmettere ciò che un operatore scrive su di un'apposita tavoletta riproducendo quanto scrive su un comune ricevitore televisivo domestico posto nella sala di destinazione. (Foto gentilmente fornita dalla Philips).

La trasformazione che si prevede implica non solo il passaggio tecnico dalla carta stampata allo schermo elettronico, ma anche un cambiamento fondamentale nell'organizzazione del lavoro, nella formazione del personale, nei rapporti di dipendenza gerarchici, negli usi e nella segretezza delle informazioni e delle comunicazioni e persino nel significato dell'ente stesso "ufficio" che talvolta non avrà una sede centrale per tutte le attività. La meccanizzazione del lavoro di ufficio spinge alla decentralizzazione, nel senso che le grandi sedi costose saranno rimpiazzate da sedi di rappresentanza più piccole, dove si svolge il lavoro di contatto con la clietela, e sedi funzionali decentrate, in località distanti, dove si svolgono i compiti amministrativi che non richiedono contatto con il pubblico (*back office work*). Un esempio di tale decentramento può essere indicato dalle banche di New York che, non potendo utilizzare uno spazio immobiliare urbano estremamente costoso per concentrare tutte le loro attività, hanno deciso di decentralizzare l'amministrazione interna localizzata in quartieri periferici.

Si ritiene che tramite la meccanizzazione gli uffici amministrativi saranno capaci di trattare un numero superiore di pratiche e di transazioni rispetto a quelli organizzati tradizionalmente, con una catena di lavori esecutivi. Un'indagine di Catherine Ballé sui mutamenti strutturali creati dall'EDP nelle aziende francesi ha messo in luce come la realizzazione dell'informazione faccia migliorare la precisione e la qualità delle informazioni, così come può far aumentare il volume delle informazioni disponibili e la rapidità di accesso alle stesse grazie all'impiego di macchine con operatività elevata.

Ciò è possibile perché alcune pratiche già formalizzate potranno essere interamente automatizzate, come la contabilità, le paghe e gli stipendi: altre pratiche saranno

automatizzate in parte, nel senso che si ricorrerà a formule standardizzate di servizio alla clientela (gestione del magazzino, reparto vendite, ordinazioni). Molte richieste potranno inoltre essere inoltrate dal cliente senza bisogno della sua presenza personale, utilizzando un numero di codice personale come forma di riconoscimento (come si fa per le carte di credito). Per facilitare i rapporti con la clientela o con l'utenza la sede fisica dell'ufficio potrà essere decentrata in una serie di "field office" più vicini ai centri residenziali, collegati per via remota con la direzione e con il centro EDP. Alcune macchine renderanno tali compiti agevoli: l'ufficio del futuro sarà provvisto di terminali, stampanti veloci, sistemi di telecomunicazione dei dati, produttori ottici, archivi elettronici. Essendo automatici, molti servizi dell'ufficio potranno anche funzionare 24 ore su 24.

Un sintomo del cambiamento della natura del lavoro di ufficio è dato dalla composizione dell'organico dei dipendenti. Nell'ufficio industriale abbondavano le figure intermedie (segretarie, capi reparto, impiegati esecutivi, dattilografi, archivisti, ecc.) ordinate gerarchicamente e sottoposte al controllo dei supervisori. Nella società postindustriale l'integrazione del lavoro di ufficio non sarà verticale ma orizzontale: i dipendenti si muoveranno attorno agli stessi scopi e non rispetto ad un'autorità alla quale si ritengono subordinati; si troveranno a svolgere non uno, ma molti compiti, secondo le circostanze richieste dalle procedure interne o dal rapporto con la clientela. Il personale più richiesto sarà composto da esperti EDP (analisi di organizzazione, programmatori ed operatori) che però non sono dotati di una qualifica generica, ma sono specializzati nel ramo di produzione in cui si agisce.

Con lo snellimento e l'automazione delle procedure interne aumenterà pure la parte di rappresentanza dell'ufficio, del personale dedicato al marketing ed alle public relation. Il numero degli addetti ai lavori puramente esecutivi (come la dattilografia o la perforazione) sarà drasticamente diminuito. I lavori di segreteria e di semplice funzionario richiederanno nuove competenze e saranno certamente soggetti ad una ristrutturazione: la segreteria utilizzerà sempre più frequentemente il word processing e l'archiviazione elettronica centralizzata e dovrà avere nozioni di telecomunicazione per collegarsi con altri network informativi. Il funzionario non si potrà aspettare di avere una dattilografa che copi a macchina le pratiche; la gran parte del suo lavoro scritto avverrà direttamente sulla tastiera del terminale e sarà direttamente responsabile di molte decisioni.

La direzione assumerà sempre più le funzioni di supervisione, di controllo e di progettazione delle nuove architetture di ufficio, più che il controllo diretto del rendimento del personale, che potrà essere attuato con statistiche di produttività compilate dal computer. Ai livelli direzionali i sistemi automatizzati tendono a fornire più informazioni, ma, d'altro canto, solo una dirigenza più preparata dal punto di vista tecnico sarà capace di sfruttare meglio un accresciuto flusso di dati e di notizie. I principali sistemi di gestione dell'amministrazione informatizzata saranno la programmazione ed il monitoraggio, compiuto predisponendo una serie di indicatori, aggiornati settimanalmente, della salute aziendale.

L'informatica nell'amministrazione pubblica

In tutti i paesi lo sviluppo della tecnologia EDP nella pubblica amministrazione ha segnato il passato rispetto al livello raggiunto nelle amministrazioni private. La ragione di questo fatto non è casuale. Infatti:

1. l'impianto organizzativo delle pubbliche amministrazioni è generalmente più vasto e più complesso di quello delle amministrazioni private. Basti pensare alla ingente massa di dati riguardante la contabilità del Tesoro oppure la gestione del personale nel Ministero della Pubblica Istruzione.
2. In secondo luogo le pubbliche amministrazioni non gestiscono solo se stesse, ma hanno rapporti con tutti i cittadini di cui controllano, con potere di veto, le azioni. Pertanto ogni cambiamento organizzativo può anche risultare un cambiamento della distribuzione e dell'equilibrio di potere; esso suscita un dibattito politico che non

può essere facilmente circoscritto ad una serie di questioni tecniche.

Facilmente, l'informatizzazione della pubblica amministrazione diventa, con i cambiamenti che provoca, nel rapporto tra ente pubblico e cittadino, una *questione politica*. I suoi progressi sono lenti e contrastati, all'interno, dagli interessi dei pubblici funzionari nel mantenere le posizioni ed i privilegi ottenuti, ed all'esterno dagli interessi economici coinvolti nel modificare determinati rapporti che si sono instaurati con la burocrazia statale. Tuttavia, una volta che si attuano, sono destinati ad avere conseguenze di ben più lunga durata di quelli ottenuti nel settore privato: un sistema nazionale di informazione bibliografica computerizzata è costituito per rimanere in uso per anni, se non per secoli, così come un archivio elettronico giudiziario per il controllo della criminalità.

Tabella 1. *Gli archivi elettronici nella pubblica amministrazione statunitense (Governo federale, 1974), contenenti informazioni riguardanti i privati cittadini.*

Ministero	N. degli archivi
Agricoltura	225
Commercio	96
Energia	39
Servizi amm. generali	96
Sanità, istruzione e previdenza sociale	858
Lavori pubblici	57
Interni	273
Giustizia	187
Lavoro	68
NASA	20
Affari esteri	48
Trasporti	260
Tesoro e finanze	913
Amm. reduci di guerra	57
Altri ministeri	1372
Dipartimento della Difesa	2170
TOTALE	6739

I risultati delle applicazioni EDP all'attività degli enti pubblici, quando ci sono state, sono state valutate sotto due aspetti contraddittori, che mostrano ancora una volta la controversia dell'argomento. Da una parte, e specialmente in Italia, si sono fatti presenti le insufficienze ed i fallimenti dell'applicazione informatica, senza apprezzarne a pieno i motivi di efficienza. All'estero, d'altra parte, ci si è spaventati dinnanzi ad un'amministrazione eccessivamente efficiente e consapevole. È il caso della reazione del cittadino tedesco o di quello svedese dinnazi ad uno stato che conosce tutto sul suo passato e sul suo presente. Si è potuto constatare che un apparato pubblico eccessivamente efficiente ed aggiornato rischia di porre seri limiti alla libertà individuale a meno che questa non sia esplicitmente rivendicata con una modifica dei regolamenti.

I materiali raccolti in Italia dai gruppi di ricerca universitari e del CNR sul tema "informatica e pubblica amministrazione" e dagli istituti che se ne sono occupati (l'Inforav e l'Irsta) mostrano innanzi tutto come non esista una distribuzione omogenea delle capacità di calcolo nella nazione, ma come il progresso sia avvenuto soprattutto al Nord. Si riproduce, anche in questo campo, un ritardo secolare del Mezzogiorno. Si nota inoltre la predominanza, negli enti pubblici, di sistemi di piccole dimensioni incapaci di far fronte alle richieste di servizio che provengono dal rapporto tra l'ente ed i cittadini.

Molti servizi automatici che dovrebbero essere condivisi da tutti, sono fruiti in pratica da pochi utenti, con il risultato che proprio nella sua applicazione pubblica l'innovazione informatica rischia di perdere legittimità e credibilità. Il "valore aggiunto" dell'elaborazione svolta dagli enti pubblici (che troppo spesso è la stampa di un certificato redatto a mano) è ritenuto basso, ed è impoverito dalla mancanza di un software sufficientemente sofisticato od adatto alle esigenze istituzionali. Tale inefficienza della meccanizzazione può talora costare miliardi alla finanza statale.

A questi fattori, che determinano il basso livello delle prestazioni, se ne aggiungono altri che dipendono dalla mancanza di personale qualificato, che non viene incentivato da un trattamento economico favorevole, o comunque competitivo rispetto a quello offerto dal settore privato. I programmatori più esperti sono spesso catturati dalle aziende industriali private con stipendi più alti. La sovrabbondanza di fornitori di hardware e di società di consulenza che desiderano servire la pubblica amministrazione costituisce un'ulteriore fonte di confusione. Tipico è l'esempio di sistemi e di

programmi consegnati "chiavi in mano" senza che vi sia, all'interno dell'ente pubblico, un numero sufficiente di persone addestrate ad usarli ed a modificarli. La politica migliore per ovviare a questi problemi è quella di favorire lo sviluppo di competenze informatiche autonomo all'interno del settore pubblico.

L'assenza di una cultura informatica tra gli impiegati degli enti pubblici è spesso causa di una errata politica di sviluppo. In assenza di obiettivi realistici si oscilla tra proposte ambiziose, talvolta utopiche, e realizzazioni puramente settoriali, deludenti per la loro modestia. Uno studio sul Comune di Milano ha mostrato come in un conte-

APPLICAZIONI DEL CALCOLATORE NELLE AZIENDE INDUSTRIALI

Pianificazione a lungo termine

Previsione delle vendite
Pianificazione delle capacità in base alle previsioni di vendita
Pianificazione del capitale d'esercizio
Proiezione dei bilanci
Calcolo del reddito degli investimenti
Analisi degli investimenti (collocazione)
Previsioni delle entrate

Controllo di gestione e applicazioni finanziarie

Documentazione contabile
Immobilizzazioni
Valutazione delle scorte
Fatturazione
Situazione crediti
Controllo periodico dei crediti
Situazione di cassa
Pianificazione dei flussi di casse
Gestione delle risorse finanziarie
Situazione debiti
Prestiti a breve termine; calcolo degli interessi e piano per il rimborso
Calcolo delle imposte
Iva
Redazione per i vari centri di costo
Controllo budgetario
Calcolo dei rapporti finanziari
Pro-memoria per la direzione

Amministrazione del personale

Salari
Stipendi
Documentazione dei versamenti degli oneri sociali
Listini paga
Statistiche del personale
Amministrazione del personale
Gestione fondo pensioni
Calcolo delle riserve per le pensioni
Simulazione delle ripercussioni di eventuali variazioni degli stipendi e dei salari

Analisi delle vendite e ricerche di mercato

Statistiche delle vendite
Stesura di cataloghi
Stampa indirizzi dei clienti
Accettazione e conferma degli ordini dei clienti
Controllo degli ordini da evadere
Controllo degli sconti concessi ai clienti
Conteggio delle provvigioni spettanti ai venditori
Statistiche riguardanti le ricerche di mercato
Calcoli a posteriori per gli ordini dei clienti
Simulazione in un rapporto alle variabili-decisionali di tipo commerciale (prezzo, assortimento dei prodotti, canali di distribuzione, ecc.)
Determinazione dei giri di visite ottimali dei venditori alla clientela

Scorte: controllo e gestione

Materie prime, componenti e materiali ausiliari per la produzione
Prodotti finiti e pezzi per la manutenzione o la sostituzione dopo la vendita
Parti per la manutenzione o la sostituzione per gli impianti di produzione aziendali
Materiale di cancelleria per gli uffici
Controllo degli utensili

Acquisti

Attribuzione degli ordini (selezione dei fornitori)
Emissione degli ordini
Spedizione degli ordini
Controllo delle merci in arrivo
Segnalazione dei ritardi nelle consegne
Statistiche degli acquisti

Programmazione della produzione, distribuzione del lavoro e controllo

Programmazione
Tecnica di Programmazione reticolare
Natura e sequenza delle operazioni da svolgere per ogni ordine di fabbricazione
Elenchi dei materiali e/o dei pezzi
Scelta dei disegni per la fabbricazione
Copiatura e realizzazione dei disegni
Ordini di produzione
Buoni di prelievo dei materiali
Buoni di prelievo degli utensili
Istruzioni per controllo di processo
Assortimento ottimale delle materie prime
Calcolo preliminare dei costi di produzione
Programmazione delle fasi di produzione
Programma di produzione
Diagrammi indicanti il tempo d'utilizzo delle singole macchine nei periodi di produzione.
Controllo del lavoro in corso
Raccolta dei dati sulla produzione o sulle vendite realizzate
Calcolo dell'efficienza dei mezzi di produzione
Controllo di qualità dei prodotti finiti o semifiniti

Ordini di manutenzione o progetti di ampliamento degli impianti

Ordini di manutenzione o progetti di espansione relativi agli impianti di produzione oppure alla rete di distribuzione dell'azienda.
Progetti di manutenzione per i clienti come servizio assistenza dopo la vendita del prodotto

Spedizione

Istruzioni per il reparto spedizioni
Nota di consegna per ogni prodotto o pezzo da spedire
Istruzioni per il vettore
Controllo delle consegne effettuate (tempo, mezzi usati, ecc.)
Distribuzione ottimale delle consegne tra mezzi propri e vettori esterni allo scopo di minimizzare le spese di trasporto
Progettazione, sviluppo e ingegnerizzazione dei prodotti

sto politico di indipendenza e frazionamento delle responsabilità le applicazioni settoriali abbiano prevalso su un progetto di informatica integrata.

Nella pubblica amministrazione è possibile distinguere tra:

— funzioni amministrative interne all'ente, come la contabilità e la gestione del personale;
— funzioni di produzione dei servizi per le varie categorie di amministrati, come le anagrafi civili, quelle scolastiche, tributarie ed igenico-sanitarie;
— funzioni di pianificazione e di governo, in cui anche l'informatica gioca un ruolo fornendo quadri statistici aggiornati delle posizioni degli enti e delle condizioni della cittadinanza.

Tra queste funzioni, quella che ha assunto maggior sviluppo, in una logica interna di razionalizzazione amministrativa, è stata la prima, mentre invece risultano carenti la produzione dei servizi per l'utenza esterna e quella di informazione qualificata per il governo dell'ente. Si ha così il risultato che l'utenza esterna, composta dai cittadini che si debbono servire degli enti locali e regionali, percepisce un'immagine di inefficienza del servizio. Inoltre, la controparte politica, che dovrebbe basarsi sulle informazioni statistiche dei servizi per la programmazione, in assenza di dati e di misure è costretta a decidere su intuizioni ed indizi. Queste disfunzioni si rispecchiano a vari livelli della Pubblica Amministrazione, da quello locale e regionale a quello che riguarda gli organi di decisione nazionali.

In sostanza tende a prevalere una concezione puramente "burocratica" dell'informazione, funzionale alla macchina amministrativa, senza che si attui un collegamento con gli scopi "politici" e "sociali" dell'amministrazione stessa. La colpa, del resto, non può essere attribuita solo all'architettura dei sistemi informativi che servono le funzioni per le quali sono stati progettati; ciò che i sistemi riescono a fare dipendere, in larga misura, dalla politica della dirigenza dai quali dipendono.

L'attuale concezione burocratica della Pubblica Amministrazione è destinata ad entrare in crisi se si estende la richiesta di partecipazione democratica da parte dell'utenza. Questa richiesta si può articolare in vari modi:

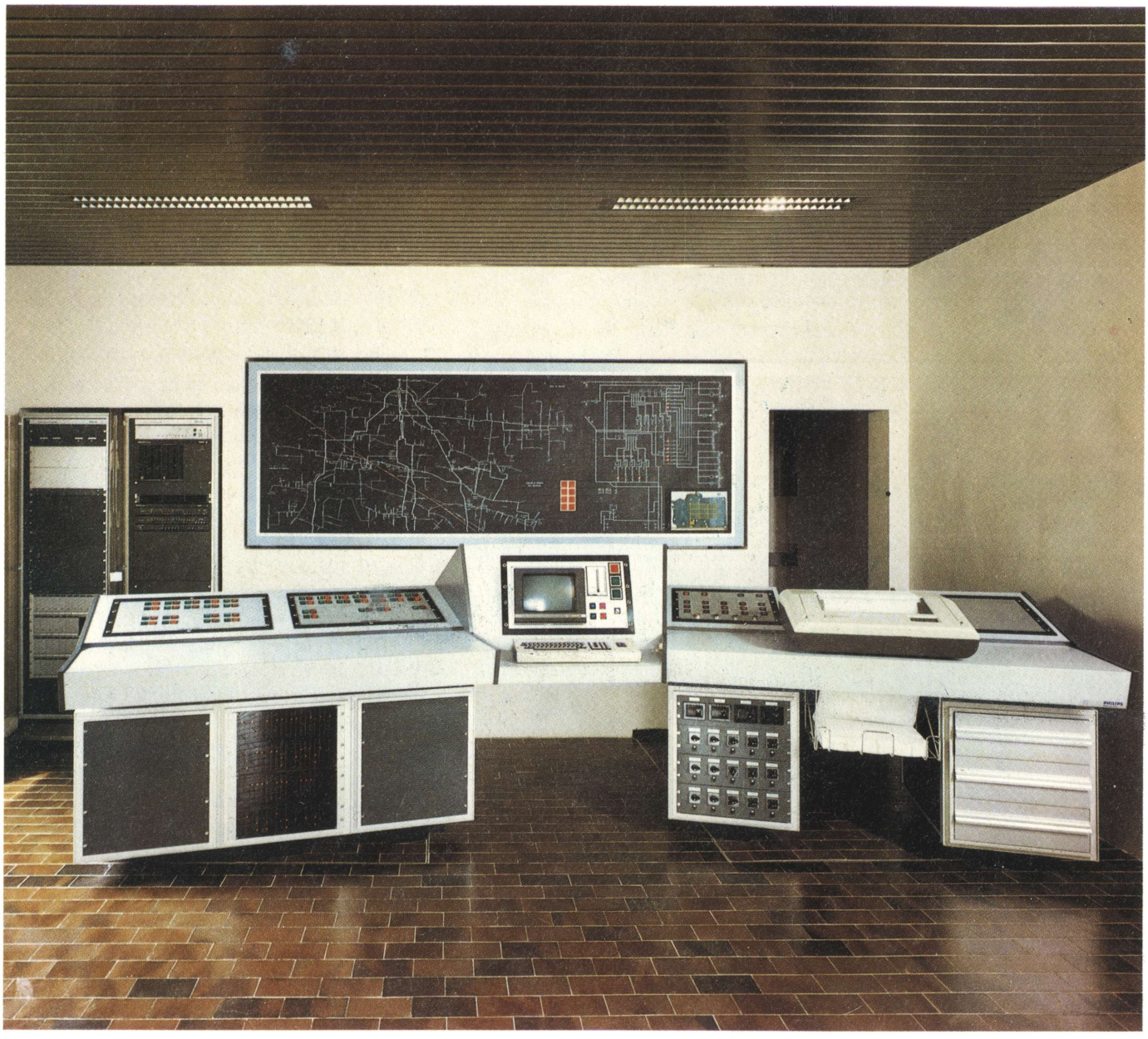
— come domanda di un servizio più efficiente, che solo l'automazione delle procedure può garantire;
— come richiesta di controllo dell'informazione che un ente pubblico possiede ed accumula rispetto ai singoli. Per fare un esempio, se un cittadino viene schedato erroneamente sull'albo dei protesti deve avere la possibilità di saperlo e di modificare un dato la cui diffusione va a suo danno;
— come domanda di accesso all'informazione aggregata, per scopi di studio e conoscitivi. Studiosi, giornalisti e uomini politici, che non si trovano in una posizione interna all'amministrazione, potrebbero desiderare di acquisire un'informazione aggregata sul rendimento del servizio pubblico.

L'accessibilità dei data base può variare di ente in ente, secondo circostanze particolari. Vi sono basi di dati che gli enti pubblici mettono volentieri a disposizione dell'utenza esterna, e preparano in un formato accessibile a tutti. Per fare un esempio, l'ISTAT aggiorna periodicamente un data base sui comuni italiani che contiene le principali informazioni statistiche su ciascuna delle unità amministrative. Altre banche di dati sono di carattere interno (come ad esempio l'anagrafe tributaria); sintesi dei risultati economici e finanziari provenienti da queste banche di dati possono essere pubblicate periodicamente, senza peraltro svelare le posizioni particolari delle schede individuali che li compongono. Altri dati non sono raccolti per uso pubblico (archivi delle forze dell'ordine e di enti militari); costituisce, anzi, una violazione accedervi senza un permesso.

Nella prospettiva di una *democrazia telematica* le banche dei dati dovrebbero essere ritenute un patrimonio collettivo, di cui tutti possano fruire ed a cui i cittadini possano contribuire. Un obiettivo ancora più avanzato può essere stabilito a livello politico quando si decida di instaurare un doppio flusso di comunicazione: dall'ente verso l'utente e dall'utente verso l'ente. Molti "bulletin board" creati dai network commerciali permettono un servizio di posta elettronica attraverso la quale l'utente può contribuire alla costituzione della banca dei dati (fornendo testi e programmi, notizie e commenti). In Italia non è stato anco-

ra realizzato nulla di simile, anche per la mancanza di un numero sufficiente di partecipanti; tuttavia un tentativo limitato di operare un feedback tra organizzazione ed utenza può essere individuato nei servizi di scontinua e raramente richiede la partecipazione attiva e spontanea del cittadino.

Una vera e propria "democrazia telematica" dovrebbe richiedere il decentramento di alcuni importanti processi decisionali



Sala di controllo computerizzata. (Foto gentilmente fornita dalla Philips).

raccolta delle opinioni, con interviste campionarie telefoniche. Il metodo, adoperato da tempo nelle indagini di marketing, si è diffuso anche nei sondaggi politici, specialmente prima o durante le campagne elettorali, e nelle inchieste sui servizi sociali per "tastare il polso" alla opinione pubblica. Questa opera di feedback, tuttavia, è di-

politici, un continuo feedback tra rappresentanza e cittadini rappresentati. Le elezioni politiche ed i referendum popolari potrebbero aver luogo, con notevole economia, attraverso quello stesso network elettronico che dovrà costituire il sistema e l'anima degli scambi civili, amministrativi e commerciali attuali nel futuro.

14 I nuovi orizzonti della microinformatica

Come è stato ampiamente riportato dai più diffusi mass media anche nel nostro paese, la rivista TIME ha destinato la sua copertina - tradizionalmente dedicata al personaggio dell'anno - al personal computer.

Rifarsi anche noi alla fatidica vetrina potrà così apparire uno stucchevole pretesto letterario, specie dopo che, al termine dell''83, la stessa rivista è tornata a ridare a Cesare quel che è di Cesare, riconcedendosi alla vanità di più moderni cesari in carne ed ossa (l'arzillo Reagan e il moribondo Andropov).

sta dell'autorevole rivista americana di settore DATAMATION: approfittando del fatto che pressapoco nello stesso periodo Dustin Hoffman veniva premiato come miglior attrice per la sua interpretazione in "Tootsie", egli ne ha fatto oggetto di una brillante, intuibile similitudine.

Resta il fatto che tali boutade non partoriranno comunque eccessivo effetto rasserenante sugli antimeccanicisti d'ogni bandiera, coloro cioè che, in ogni nuova diavoleria tecnologica - figuriamoci se vantata quasi come "pensante" dalla propaganda più rozzamente provocatoria - vedono una

Il personal computer Sinclair ZX Spectrum collegato a stampante, unità micro-drive e monitor. (Foto gentilmente fornita dalla GBC Italiana).

Ad essere poi più pignoli dovremmo aggiungere che, contrariamente a quanto allora riferito dai più, il personal computer non fu proclamato "man of the year" bensì - più modestamente e correttamente - MACCHINA dell'anno. Preferiamo semmai ricordare la spiritosa osservazione fatta da John Kirkley, direttore ed editoriali-

"mimesi invidiosa" dell'uomo. La precedente espressione non l'abbiamo coniata noi; vuol dire imitazione invidiosa (dell'uomo-dio da parte dell'uomo?) ed esprime l'esorcismo di un noto intellettuale tanto "impegnato" quanto preoccupato da un timore ancestrale, quello che ci venga rubata l'anima e l'intelletto.

Una (possibile) rivoluzione culturale

Ora si deve senz'altro riconoscere che, con tutta probabilità, il "dio" personal è stato inalzato sugli altari cartacei per un merito tutt'ora decisivo negli USA ove il denaro è tra le principali divinità dell'Olimpo quasi ufficiale: il fatto cioè che questo best seller abbia battuto ogni record d'incasso con diversi milioni di esemplari venduti (in Italia siamo molto più indietro, ma si è sempre trattato di diverse migliaia di unità in pochi anni). È tuttavia la stramba incoronazione ci è parsa lo stesso fortemente significativa, essendo caduta nel momento giusto per entrare in risonanza con l'immaginario collettivo e con l'istintiva presa di coscienza della gente di una possibile rivoluzione culturale in atto.

Il termine potrà apparire esagerato a qualcuno di coloro (e, ahimé si tratta non di rado di veri e propri specialisti di informatica tradizionale, onusti magari di titoli accademici!) che si ostinano a considerare poco più che giocattoli questi microsistemi, basandosi sull'impressione assai superficiale che deriva dalla constatazione che i tipi della fascia più bassa vengono smerciati in negozi anche non specializzati e che i programmi di carattere "ludico" (videogame) sembrano costituire una parte così importante del software disponibile.

Invece, come cercheremo di mostrare con qualche dettaglio in quel che segue, il termine rivoluzione non è affatto esorbitante rispetto al mutamento che i personal, intesi nel loro uso professionale, potranno presto produrre nella fabbrica, nell'ufficio, nella vita di tutti i giorni. E per essere chiari al massimo, anticipiamo subito alcuni punti che troppo spesso vengono dimenticati allorché si discute attorno a questi "giocattoli":

- la loro capacità di memoria si misura ormai in parecchi kilobyte, ossia migliaia di caratteri disponibili per registrare programmi sempre più vari e potenti. Ad esempio un popolare prodotto della Commodore, rivolto principalmente al mercato dell'hobby e dell'intrattenimento si chiama C-64 proprio per ricordare che dispone di 64 Kbyte di RAM interna (Random Access Memory), un tempo un sogno dei più grossi elaboratori, quelli utilizzati per le più audaci calcolazioni scientifiche o gestionali. Con l'ultima generazione di micro professionali, quelli a sedici bit per intenderci, gli spazi di 64, meglio 128 Kbyte si hanno già nelle configurazioni iniziali, con possibilità di crescita fino al megabyte (unità che equivale a più di un milione di byte);
- la tendenza moderna, nelle aziende come nella società, è verso il decentramento per la maggior flessibilità funzionale che la cosa comporta. Parallelamente, nell'informatica si è avuto un ripensamento: dalla primitiva tendenza ai grossi sistemi accentrati (motivata dalle economie di scala solo così possibili allorché gli elaboratori costavano, come minimo, molte centinaia di milioni) si passa ora sempre più a quelli cosiddetti distribuiti (con nuove architetture: reti locali e Telematica) disponibili e vicini in massimo grado all'utente finale ed alle sue esigenze. Un corollario di questa parcellizza-

Nella foto, applicazione del computer Sinclair ZX Spectrum. (Gentilmente fornita dalla GBC Italiana).

zione è il basso rapporto prezzo/prestazioni di microsistemi capillarmente diffusi;

- contrariamente a quanto avvenuto sul terreno dell'informatica tradizionale (quella dei minicomputer e dei grandi elaboratori, i cosiddetti *mainframe*) nell'ambito dei microcomputer sono state sviluppate (mutuandole anche da settori "dedicati" come il CAD/CAM) nuove interessanti qualità, soprattutto la cosiddetta grafica interattiva e gli effetti sonori che hanno aperto nuovi orizzonti professionali, oltre ad esser servite come variopinti specchietti allodoleschi per videogiochi;
- la quantità dei programmi già pronti è andata crescendo con legge esponenziale, in uno con l'esplosione tumultuosa del mercato della microinformatica. Ma la cosa più importante da sottolineare è che si è trattato di pari passo di una forte crescita di tipo qualitativo: in altri termini molti di tali prodotti-programma, ideati dai migliori professionisti del ramo (intendiamo parlarne con qualche maggior dettaglio più avanti) sono estremamente sofisticati ed innovano - in un modo che i più attenti osservatori giudicano "profondo" - lo scenario dell'informatica.

Per essere ancora più espliciti, diremo che ancora oggi si danno sul mercato dell'informatica tradizionale, ossia quella dei minicomputer o degli small business computer, sistemi che hanno una potenza nominale persino inferiore a quella del citato C-64!

Ovviamente questo non vale per gli ultimi nati di tali fasce ed occorre anche non esagerare nella misticazione (trascurando cioè faccende importanti, come la capacità di immagazzinare dati sulle memorie di massa magnetiche, la continuità di esercizio senza guasti ecc.) tuttavia rimane il fatto - preoccupante a nostro parere - che i personal computer entrano ancora con in-

Nella foto, il personal computer Sinclair ZX Spectrum. (Gentilmente fornita dalla GBC Italiana).

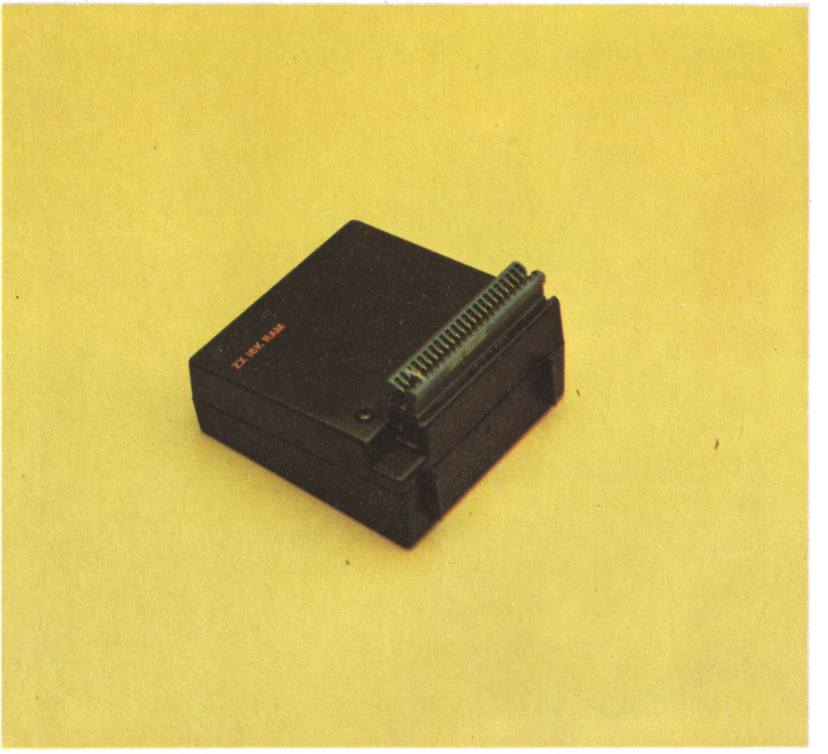
credibile fatica in molte delle nostre università (persino dopo che un Progetto Finalizzato Informatica del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha posto un netto accento sui piccoli sistemi distribuiti!) più per l'arretratezza sostanziale che vi domina che per motivi oggettivi.

In effetti non si comprende perché i personal siano quasi al bando dai nostri atenei (al contrario di quanto avviene non solo negli USA, ma in altre nazioni europee, come la Francia e l'Inghilterra) dal momento che un loro pregio innegabile è il costo assai contenuto che così consentirebbe agli studenti di fare finalmente esercitazioni pratiche di informatica e sulle sue innumerevoli possibilità in tutti i campi. Qualche maligno avanza il sospetto che i nostri accademici preferiscano alla grande libertà (che, indubbiamente, rischia di sconfinare in una troppo allegra anarchia) offerta dai personal il contagocce ben controllato dei terminali connessi ai grandi sistemi (o addirittura il contentino ridicolo di pacchettini di vetustissime schede perforate, tuttora in vigore da diverse parti!) per non correre il rischio di vedere contrastare - da allievi che imparano facendo - la loro supremazia fondata troppo spesso su un sapere iper-teorizzante.

Non abbiamo certo lo spazio né l'intenzione di addentrarci in questa perigliosa diatriba, piuttosto è interessante notare che polemiche analoghe se non più furibonde fioriscono (si fa per dire, giacché sono spesso vere e proprie lotte di potere) anche nelle aziende, dove i personal stanno penetrando in modo più o meno clandestino. Li introducono, in certi casi persino mascherandone l'acquisto sotto la voce neutrale di "attrezzature per l'ufficio", progettisti, contabili e manager proclivi al cambiamento e soprattutto desiderosi di governarsi da soli una potenza elaborativa non strabocchevole ma che finalmente sia disponibile (qui, sul mio tavolo!) senza la travagliata intermediazione degli esperti, addetti al centro aziendale di elaborazione elettronica dei dati. È notorio infatti che costoro, non tanto per incapacità professionale ma per oggettivi limiti intrinseci della cosiddetta "architettura" dei modelli informatici accentrati, non sono mai riusciti a soddisfare le esigenze dei cosiddetti utenti finali, coloro cioè che qualche esperto ha un poco impietosamente qualificato come "pseudo-dirigenti" tecnici.

In molti casi si assiste ad una difesa ad oltranza, che adora di corporativismo (persino con le sue grida manzoniane, circolari interne che pretendono di limitare o vietare i deprecati personal: ma i buoi sono spesso bell'e fuggiti ...).

A valle di questi due scenari nasce spontanea una domanda: non offre tutto questo subbuglio parecchie analogie se non con le campagne pro o contro le ricorrenti Bande dei Quattro della storia, perlomeno con gli altrettanti cicli Kulturkampf ("battaglia per la Cultura", giust'appunto) o addirittura con le rivoluzioni di Copernico e Galileo?



Particolare dell'espansione della memoria RAM da 16 Kbyte per il computer Sinclair ZX81. (Foto gentilmente fornita dalla GBC Italiana).

1984: da Orwell a J.J. Servan-Schreiber

La risposta è ovviamente affermativa se si tien conto che i personal rientrano sicuramente nel quadro della nuova informatica distribuita: ossia dispersa, parcellizzata, INDIVIDUALE. Essi saranno protagonisti del complesso processo dell'automazione.

Inutile dire che tale processo non ha con-

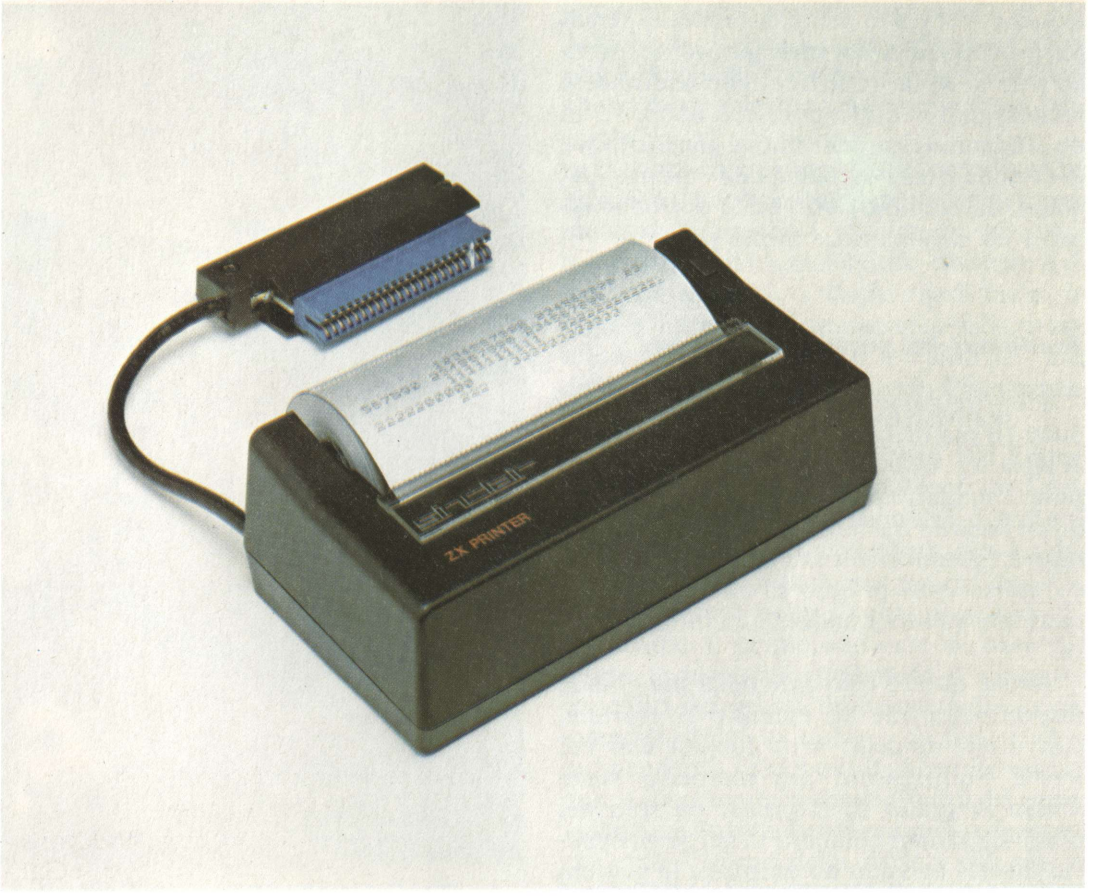
torni troppo rassicuranti: lo spettro più noto è quello della disoccupazione crescente, dietro le cui spalle si agita l'altro mostro dell'alienazione di massa, con un carico di rischi più sottili ed inquietanti di nuova nevrosi da terminale benché nessuno ne sappia ancora delineare troppo bene i contorni. E tuttavia a nostro parere, anche senza atteggiarsi a moderni istitutori uno spirito di moderata fiducia ci sembra praticabile.

Proprio grazie al personal ed al suo volto ilare, giocoso, accattivante, che in fondo gli deriva - simpaticamente - dai suoi vizietti e parentele con l'intrattenimento, fra il frivolo e l'intelligente, del mondo dei videogame. Tecnicamente il fatto si esprime con il termine inglese *user friendly* (amichevole per l'utilizzatore) che designa l'interfaccia-amica con cui si ammantano tutti i migliori prodotti-programma per l'office automation.

Ma non sarà che, dietro tale ammiccante sorriso, si celi più il ghigno di un moderno Inferno che una novella Arcadia? Può essere, tuttavia si noti che questo fatale 1984, che avrebbe dovuto, secondo schiere di rovinografi, sfociare in un totalitarismo planetario dominato da megacomputer nel quale andava identificato il Grande Fratello della profezia orwelliana appare più che mai lontano.

Invece la moderna tecnologia, lungi dal prospettarsi come un sonno della ragione che genera mostri, sembra favorire al massimo il riflusso, il ripiegamento sul privato e sul piccolo-e-bello: piccolo e bello come il personal computer, antitesi "democratica" alla grande informatica gerarchizzata e totalizzante.

A credere nella microinformatica - fino a farne quasi un valore etico - troviamo oggi personaggi strani e affascinanti, come il noto saggista-manager Jean Jacques Servan-Schreiber: non solo ha esposto le tesi della sua utopia sulle prospettive di rinascita anche per il Terzo Mondo in un brillante saggio ("La sfida mondiale") ma ha saputo farsi finanziare avveniristiche ricerche da ben due Presidenti francesi, costi-



Particolare della stampante per il computer Sinclair ZX Spectrum. (Foto gentilmente fornita dalla GBC Italiana).

tuendo un Centre Mondiale cui ha saputo attrarre (almeno in un primo tempo ... poi si sono avuti i primi divorzi) i migliori cervelli.

Che addirittura sia possibile, grazie anche al personal ed alla sua capacità di penetrazione, instaurare un Secondo Rinascimento, fondato su una High-Tech dal volto umano?

Forse, ma ad una condizione: che l'accettazione senza riserve dell'innovazione si accompagni ad una crescita della cultura nel suo insieme, unico possibile palliativo, oltretutto, per il suo pieno dominio. Il personal non può, da solo, surrogare tante carenze (ma si nota qualche segno indiretto e incoraggiante: l'interesse vivo anche se un po' consumistico delle nuove generazioni e la crescita quasi di massa dell'editoria specifica, ad esempio). Ma certo potrebbe esserne un catalizzatore molto potente.

Anatomia del personal computer

Scoprire come è fatto un personal computer (d'ora in avanti, per brevità, useremo la sigla p.c. oppure il sinonimo microcomputer, magari abbreviato in "micro") è quasi banale. Basta infatti aprirne il contenitore, facendosi aiutare magari da un amico abbastanza pratico di elettronica, per metterne subito a nudo le più intime viscere.

Anche questo è un dato della sua grande disponibilità che ad esempio si esprime, con molti modelli, nella facilità con cui anche l'utilizzatore più inesperto viene messo in grado di montarsi da solo dei pezzi aggiuntivi chiamati in gergo *interfacce*. Queste servono ad ampliare la gamma delle possibilità dell'elaboratore, collegandogli altre unità periferiche (stampanti, unità disco, tracciatori di curve o plotter, circuiti per le telecomunicazioni e così via) oppure ampliando la sua capacità di memoria interna con opportuni moduli di espansione.

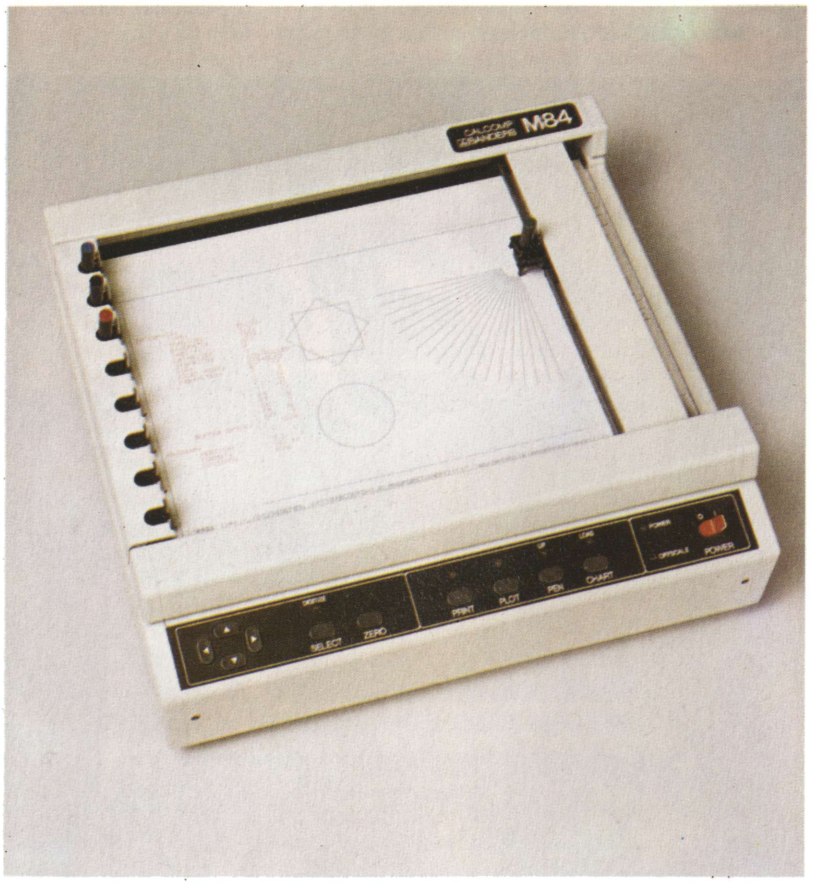
Aprendo la scatola, generalmente si individua subito, accanto ad altri circuiti e dispositivi ausiliari (alimentatore, eventuale ventola di raffreddamento), una grande scheda, denominata *motherboard*. È su questa scheda-madre che sono montati i moduli di memoria RAM e ROM (Read Only Memory, memorie di sola lettura contenenti di solito programmi di gestione della macchina) nonché il cuore di tutto il sistema, il più integrato tra i circuiti integrati: Sua Maestà il microprocessore.

Un aspetto caratteristico e a nostro avviso concettualmente importante di molti p.c. è costituito dai cosiddetti *slot* (letteralmente fessure) nei quali si inseriscono, infilandosi dalla parte dei connettori, tutti i possibili ed immaginabili circuiti d'interfaccia. Qui vale la pena di fare un piccolo cenno retrospettivo (è storia di ieri ma su questo terreno gli anni contano come decadi) ai pionieri dell'industria del personal. Tutti probabilmente avranno sentito parlare del mitico garage in cui i due fondatori della Apple computer - la società leader incontrastata nella produzione di p.c. perlomeno fino all'ingresso della IBM su questo ormai ghiottissimo mercato - sulla metà degli anni '70 progettarono e realizzarono il loro primo microcomputer.

Orbene tra i segreti del loro successo - oltre naturalmente al fatto di aver capito tra i primi le enormi potenzialità del micro-

Nella foto, particolare dell'unità microdrive con interfaccia 1 per il computer Sinclair ZX Spectrum. (Foto gentilmente fornita dalla GBC Italiana).

processore e di tutti i numerosi, versatili ed economici circuiti integrati messi a disposizione dai fabbricanti di tali componenti sul libero mercato - vi fu anche l'ideuzza semplice ma geniale degli slot. Non essendo storiografi di professione, non ci sentiamo ovviamente di giurare sull'assoluta paternità dei due Steve (Jobs e Vozniack ne sono i cognomi) sta di fatto che questo carattere, camaleontico, di grande e libera espandibilità ha fin dall'inizio conferito a p.c. come l'Apple una grossa marcia in più, consen-



Il plotter Calcomp M84. (Foto gentilmente fornita dalla Calcomp).

tendo ai cosiddetti OEM (Original Equipment Manufacturer, ossia produttori di apparecchiature originali, particolari) di adattarlo alle più svariate esigenze oppure ai ricercatori più aperti di sfruttare la sua grande economicità nei modi più versatili ed intelligenti (al contrario di quanto avviene per lo più da noi, ove la sottovalutazione della microinformatica fa il paio con l'idea che solo con mezzi giganteschi si possa fare la cosiddetta ricerca "seria").

Per concludere, è sempre grazie a questo piccolo dettaglio degli slot che abbastanza di recente qualcuno ha ideato una nuova generazione di strumenti di misura "intelligenti", ossia computerizzati ed a basso costo.

Ma non divaghiamo e proseguiamo nella nostra sommaria dissezione di un personal. Muovendoci dal suo interno alla sua periferia, troviamo tre oggetti tipici: la tastiera alfanumerica, l'unità video e quella magnetica, per la memorizzazione "di massa" (sia dei programmi che dei piccoli archivi di dati-da-elaborare). Quest'ultima, nei microsistemi più economici, è costituita da semplici registratori a cassetta ma, ormai, già nella fascia appena superiore a quella dell'hobby, si è andata generalizzando l'unità a *floppy disk* (dischetto magnetico flessibile, detto talora anche minidisco o "diskette").

Si tratta di un supporto informativo che possiede il duplice pregio di una capienza di memoria adeguata (tuttavia per gli scopi più impegnativi si richiedono dispositivi di maggior capacità: i dischi rigidi ossia, in inglese, *hard disk*) e soprattutto della possibilità di accesso diretto o "casuale" alle diverse registrazioni presenti. Qui inseriamo un secondo flash di tipo storico.

Ai tempi in cui ad esempio Bill Gates, attuale presidente della *Microsoft* (una delle maggiori produttrici mondiali di software per microsistemi) che allora aveva solamente diciotto primavere oppure Gary Kildall fondatore della Digital Research disegnavano il primo software di base per micro la loro vita, malgrado il supporto concreto dei grossi fabbricanti di circuiti integrati, Intel in testa, o di finanziatori indipendenti, sarebbe stata ben più dura se non si fosse avuta la disponibilità del provvidenziale floppy. Per la cronaca, riferiamo che esso - ironia della sorte - era già da tempo stato inventato dalla numero uno della grande e media informatica, l'IBM, allo scopo di farne un supporto destinato in prosieguo di tempo a mandare in pensione la gloriosa scheda perforata (nata nell'"800!), cosa poi puntualmente avvenuta.

È grazie a questo semplice mezzo (proprio allora uscito in versione ridotta da 5 pollici e 1/4 ad opera della Shugart) ed alla possibilità da esso offerta di archiviare/ripescare abbastanza rapidamente le diverse tessere di cui si compone il mosaico del software che pionieri come quelli citati po-

terono sviluppare, l'uno, i primi interpreti e compilatori di linguaggi di programmazione ad alto livello (anche oggi i BASIC più diffusi sono targati Microsoft), l'altro uno dei più popolari sistemi operativi tuttora in auge nell'area dei p.c. a 8 bit: il *CP/M* (CPIM sta per Control Program for Microcomputer, uno standard da cui son poi derivati anche i sistemi operativi oggi maggiormente in auge nei p.c. dell'attuale generazione fondata su CPU a 16 bit).

Occorre ricordare che allora poca gente, anche negli USA avrebbe scommesso qualche penny sull'avvenire del p.c.: il microprocessore era nato soprattutto mirando a piccoli sistemi di controllo automatico e le memorie interne tipo RAM costavano ancora sensibilmente (oggi 64 kilobit sono ormai integrati in un unico chip, onde bastano otto di tali chip - che occupano un solo lato della matherboard - per saturare l'intero spazio indirizzabile da un micro a 8 bit) per cui i primi personal partivano con soli 8 - 16 Kbyte di memoria interna, come i più inimi tra gli home attuali.

Un sistema aperto al dialogo uomo-macchina

Insomma il floppy, come il dio di Voltaire, se non vi fosse stato si sarebbe dovuto inventare (e comunque, come ci si aspetta, in seguito ha subito anch'esso notevoli evoluzioni e perfezionamenti, diventando ancor più conveniente sotto il profilo del rapporto prezzo/prestazioni). Il che non toglie nulla alla genialità degli autori citati.

Essi appartengono ad una speciale categoria, quella dei progettisti audaci in quanto non invischiati con preesistenti remore e pastoie legate a loro volta a forti interessi di casta o di mercato.

Infatti costoro, con la testardaggine di chi non si arrende dinanzi alle difficoltà, sono riusciti a contenere in spazi ritenuti dai più troppo angusti, prodotti-programma semplici ma tutto sommato efficaci, funzionali e caratterizzati fin dall'inizio da una precisa predisposizione al dialogo con l'utilizzatore.

In molti casi, oltretutto, non si è trattato tanto di eresia, bensì della volontà, oltre che capacità, di concretizzare sul terreno commerciale, idee innovative della migliore ricerca fiorite per lo più anche nel seno delle maggiori società, però sovente lasciate a dormire nei cassetti oppure nati-morti per i motivi di vischiosità ed inerzia accennati sopra. Ad esempio nello sviluppare il suo CP/M Kildall si è esplicitamente ispirato ai criteri modulari dell'Algol e del PL/1, due linguaggi di programmazione che il mondo della "grande" informatica aveva, di fatto, impietosamente rigettato: in nome di un presunto realismo che in pratica misconosceva i pregi di produttività e di eleganza di questi prodotti della migliore ricerca.

Questo duplice carattere della virtù che scaturisce dalla necessità e dell'interfaccia "affettuosa" verso l'utente è infine tipica degli altri due organi fondamentali del p.c.: la *tastiera* e l'*unità video*. La prima inizialmente era alquanto spartana mentre oggi si è arricchita di parecchi altri tasti, razional-

Nella foto, il terminale video Hazeltine Esprit. (Gentilmente fornita dalla SEGI).

mente suddivisi (ad esempio tastierino numerico e freccette per movimentare il cursore sul video posti sulla destra, comandi e tasti-funzione etichettabili dall'utente anche di volta in volta) e risulta per lo più ultrapiatta, leggera e separata dall'unità centrale, cui si connette tramite un cavo flessibile. Questo in nome dell'ergonomia, vocabolo che designa il massimo comfort dell'operatore che così può orientare la tastiera come più gli aggrada, ponendosela magari sulle ginocchia (è quasi superfluo dire che simili comodisità sono tuttora un sogno sui costosissimi terminali dell'informatica tradizionale, per giunta "stupidi" perché del tutto ... dipendenti dai grandi elaboratori).

Ma è certamente il videoschermo il punto di forza, più innovativo del microcomputer. Può essere curioso citare, da parte di chi scrive, un ricordo personale. Quando in Italia sbarcarono i primi personal un rivenditore di piccoli minicomputer gestionali, ebbe a parlarmene, con una punta di malcelato disprezzo, come di "baracchini muniti di buffi televisori". Ebbene quei buffi televisori erano insieme delle unità video economiche (già allora sostituibili, per impieghi più professionali, da monitor di prezzo accessibile) ed introducevano una nuova dimensione del dialogo uomo-sistema: quella dell'editing e, ancor più, della cosiddetta grafica interattiva.

La cosa era resa possibile, anche qui, dalla recente disponibilità, da parte dei produttori di circuiti integrati, di chip per il governo delle unità video (in pratica: dei particolari microprocessori "dedicati") con i quali si dava una vita nuova alla tecnica denominata *raster scan*. È un termine intraducibile che designa lo spazzolamento per righe successive interlacciate tipico della ricetrasmissione televisiva. I chip di controllo sfruttano una memoria RAM detta di "refresh" e contenente o i caratteri del testo da visualizzare oppure i puntini (in gergo tecnico *pixel*, abbreviato di picture element) di un'immagine continuamente fatta rivivere ("rinfrescata") sullo schermo dal pennello elettronico. La tecnica raster scan, a differenza delle altre utilizzate in precedenza sui terminali, anche su quelli destinati direttamente alle applicazioni grafiche (ad esempio nela progettazione assistita da calcolatore), permette così rapidi e continui mutamenti delle scene rappresentabili sullo schermo con un'economicità notevole di mezzi.

Insomma sotto l'insegna apparentemente modesta dell'apparecchio TV domestico si nascondeva già negli esemplari di p.c. della generazione zero un'evoluzione potenzialmente assai ricca e che ben presto manteneva abbondantemente le proprie promesse, nobilitando in modo, a ben pensare, clamoroso quello che ancora molti si ostinano a chiamare la frivolezza dei videogames (di cui, insistiamo, anche la computergrafica dei personal è in gran parte tributaria).

Questa frivolezza invece, oltre ad essere in genere funzionale ad un'informatica sempre più partecipativa, che mette a nudo, chiarificandoli al massimo con l'eloquenza della visualizzazione, i suoi segreti, è una porta aperta verso tutto il vasto mondo dell'elaborazione dei testi e della grafica interattiva e, con il supporto di un software specifico molto avanzato, ha dato da ultimo origine a particolari strumenti che si chiamano *spreadsheet* (fogli o tabelle elettroniche) o stazioni di lavoro (*workstation*) azionate con nuovi, curiosi armamentari (come il *mòuse*, topolino che si impugna con la destra riducendo ai minimi termini l'uso della stessa tastiera). Strumenti che, lo sottolineiamo fin d'ora, si muovono nella direzione di un utilizzo sempre più immediato, facile e produttivo di quell'amplificatore di intelligenza, come è stato chiamato - sia pure con qualche ... amplificazione retorica - l'elaboratore individuale.

Di tale argomento, a nostro avviso centrale, parleremo più diffusamente tra poco, ma fin d'ora sottolineiamo che si schiude così una nuova era (Età della Conoscenza, nell'enfasi degli ottimisti) in cui la comunicazione intelligente assume i contorni indubbiamente fascinosi dell'immagine.

È forse un ritorno, persino un tantino regressivo, all'antica civiltà dell'iconografia il cui il Villaggio Telematico prossimo venturo si starebbe avviando, confermando abbastanza puntualmente le note profezia del teorico delle comunicazioni di massa Mc Luhan? Certamente si tratta (o, almeno, si spera) di un tocco di fantasia di cui si colora quell'altrimenti grigio processo di automazione, alle cui soglie tutti ci troviamo.

Le fasce: dall'hobby alla workstation

In precedenza abbiamo parlato, anticipando molto e facendo anche riferimento a conoscenze ormai abbondatemente diffuse (dai media, dalla pubblicità, dalla stessa comunicazione tra i sistemi più numerosi possessori) di "generazioni" e fasce di p.c.. Qui tentiamo una possibile suddivisione, avvertendo subito che una classificazione organica è molto ardua e nessuno se la sente di farla né tantomeno di imporla.

Alla base di tutto c'è infatti la faccenda delle potenzialità notevoli di queste macchine, tanto è vero che un vizietto ricorrente - alimentato con pari responsabilità da rivenditori privi di scrupoli e da neo-utilizzatori alla ricerca di un'informatizzazione ultraeconomica - è quello dell'uso di questi sistemi per scopi a dir poco esagerati, soprattutto in relazione a problemi di affidabilità.

Più che stabilire categorie in base al peso, come si fa coi pugili, è forse più opportuno oltre che pratico fissare parametri che definiscono requisiti irrinunciabili di certe aree applicative. Ad esempio, mentre nell'ambito della pura e semplice calcolazione scientifico-tecnica i p.c. spartani vanno sicuramente meglio dei calcolatori da tavolo programmabili (ci sarebbe, ad esser giusti, una minor precisione nei calcoli però sempre ovviamente con il software), nell'ambito gestionale più che la capacità della RAM interna conta quella delle memorie di massa. Anche nella contabilità del pizzicagnolo le migliaia di voci in gioco possono facilmente portare alla necessità di adottare dischi rigidi ed a quel punto non ha troppo senso tecnico accoppiarli a degli home computer.

Anche qui peraltro c'è il progresso tecnologico che incalza, scolvolgendo ogni paziente tentativo di catalogazione botanica: così ad esempio nuove tecniche di registrazione magnetica (quella cosiddetta trasversale, consistente nel porre verticalmente anziché assialmente i micro-magnetini lungo le piste dei floppy o hard disc) promettono a breve scadenza addensamenti tali che i

Il Personal Computer IBM contiene un microprocessore a 16 bit, una memoria che raggiunge i 640 Kbyte; può essere dotato di video a colori e di un processore matematico. (Foto gentilmente fornita dalla IBM).

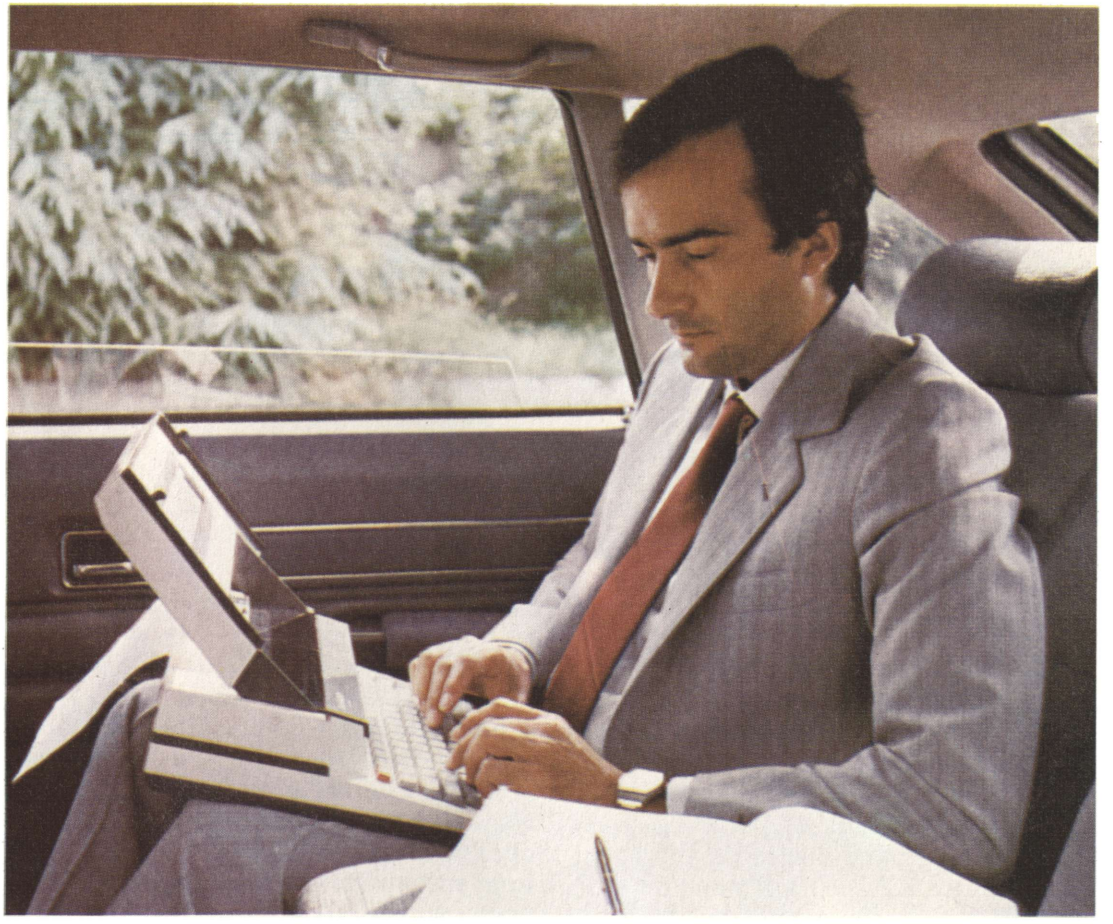
prossimi microfloppy da 3 pollici e 1/2 consentiranno presto di andarcene a spasso tranquillamente con 2 milioni di caratteri in un taschino).

Ripieghiamo dunque su due criteri più banali e che, per giunta, s'intersecano abbondantemente tra di loro (l'ambiguità, ripetiamo, discende da oggettivi fattori tecnologici). Il primo si riferisce alle generazioni di personal, il secondo ai settori applicativi. Abbastanza regolarmente di conserva con questi dovrebbero andare i prezzi, ma questi negli ultimi tempi sono oggetto d'una guerra così spietata che li rende fluttuanti (verso il basso) in modo incredibile e, insieme, rovinoso per molti dei costruttori vecchi e nuovi. Così preferiamo addirittura non parlarne (tanto sono oggetto della più martellante pubblicità).

Le *generazioni* (anche se nessuno le ha mai ufficializzate), risultano poi strettamente legate a quelle delle CPU adottate e quindi in pratica sono due, perlomeno trascurando una generazione zero nella quale predominavano sistemi di sviluppo di software per microprocessori (validamente utilizzabili anche come personal, per la solità ubiquità funzionale di tali arnesi) e microsistemi rivolti agli hobbisti più professionalizzati ed entusiasti, cui in genere venivano offerti sotto forma di kit di montaggio.

I personal dalla prima generazione adottano CPU a 8 bit ed in pratica il loro mondo si suddivide a sua volta come segue:

— macchine utilizzanti la CPU 6502 (prodotta dalla MOS Technology) e comprendente i sistemi Apple ed i vari modelli della Commodore, dal vecchio, popolare PET ai più recenti home computer VIC-20 e C-64;
— macchine basate sulla CPU 8080 o 8085 della Intel o, più frequentemente, sulla versione potenziata e compatibile di queste: lo Z80 della Zilog. Questa categoria comprende soprattutto i p.c. della Tandy ed i più svariati sistemi, immessi anche di recente sul mercato ad opera dei più vari produttori sia americani che giapponesi ed europei.



Il computer portatile Sharp PC-5000 è un potente sistema a 16 bit nello spazio di una valigetta 24 ore.

La seconda categoria è denominata dal già citato sistema operativo CP/M, fatto che gli ha senz'altro fatto meritare il titolo di "software bus" a causa della grande abbondanza di software, tanto di base (compilatori, interpreti, tool) che applicativo che sotto il suo comodo ed economico ombrello è stato sviluppato, consentendo oltretutto a miriadi di costruttori d'ogni dimensione di ritagliarsi una nicchia sul mercato. La seconda generazione è molto più variegata, in primo luogo perché tra le CPU a 16 bit si contendono la piazza almeno quattro microprocessori: si ha anzitutto l'8086 (solitamente in versione ridotta, ossia con l'I/O a 8 anziché a 16 bit, che reca la sigla 8088) prodotta dalla numero uno della grande scala di integrazione, l'Intel; seguono lo Z8000 della Zilog ed il 68000 del gigante della microelettronica, la Motorola; infine c'è la CPU 16032, della National, giudicata da molti come la più innovativa.

In queste condizioni la lotta ha visto prevalere nella fascia inferiore dei nuovi p.c. l'8088, sia per motivi di relativa continuità (i sistemi operativi CP/M-86 ed, ancor più, MS DOS grazie alla loro similarità col CP/M, cosa che ha permesso un abbastanza rapido riciclaggio di quel ricco patrimonio software preesistente) che, ancor più, per la scelta operata dalla number one dell'informatica di tutti i tempi. Con il suo ingresso perentorio attraverso il suo Personal Computer, l'IBM ha in pochissimo tempo, almeno negli USA, conquistato un piazzamento direttamente alle spalle dell'Apple che ha così scontato duramente la sua eccessiva affezione al proprio popolare modello Apple II. Una CPU che invece, nella fascia del personal IBM (ove si segnalano, oltre a diverse macchine giapponesi, sistemi come il Sirius, o il Rainbow della Digital), ha avuto minor successo è lo Z8000 e ne ha pagato lo scotto anche il pur interessante p.c. Olivetti, quell'M20 che, per giunta, ha commesso l'errore di sviluppare un proprio, non standard, sistema operativo. Lo Z8000 minor insuccesso ha incontrato nell'area dei nuovi superpersonal fondati sul sistema Operativo Unix ma qui assai più forte è il dominio delle altre due CPU sopra citate, soprattutto la creatura Motorola.

L'*Unix*, accenniamo, è un'altra delle stelle dimenticate dalla vecchia informatica: sviluppato nei favolosi Laboratori Bell sembra che tenda ad imporsi, a causa soprattutto della sua buona portatilità fra sistemi anche molto diversi (è questo che dovrebbe consentire la coesistenza di un maggior numero di CPU), in questa nuova classe di macchine molto potenti, il cui esemplare più tipico è la workstation LISA che la Apple, sacrificando per ora sistemi di tipo intermedio (col rischio di mangiarsi fette di mercato), ha introdotto forzando decisamente i tempi.

Ma cosa è una *workstation*? Detto in due parole, si tratta di un micrositema molto potente - in termini di memoria sia interna, sia esterna come pure di elevata risoluzione grafica - nel quale l'interfaccia utente è semplificata e resa "trasparente" al massimo. Tale macchina serve prevalentemente all'automazione di ufficio ed è dotata di un corredo organico e correlato ("integrato" si dice) di programmi fondamentali (per il trattamento testi, per la preparazione di grafici e diagrammi, per le più tipiche computazioni preventive e consuntive del manager). Viene portato così alle estreme conseguenze il concetto di spreedsheet o di "finestra", inoltre l'operatore interagisce con tale sistema così riccamente vestito di software in un modo un po' buffo. Egli infatti impugna un arnese chiamato *mouse*, che reca una pallina sulla pancia da far rotolare su un piano qualsiasi, il che provoca il rapido spostamento sullo schermo di una freccetta-cursore. Sullo schermo sono disegnate figure simboliche chiamate *icone*, simboli che stanno efficacemente a rappresentare attività di vario tipo (accesso agli archivi, scelta dei più strani caratteri, attivazione di questo o quel programma ecc.) che l'utente può scegliere premendo un bottone posto sulla schiena del topo.

Concludendo con un cenno fugace al secondo criterio di classificazione oggi abbiamo una gamma molto variegata di p.c. che, sul fronte inferiore, vede minuscoli sistemi per gli hobbisti più squattrinati e per i giovani (ormai una concorrenza quasi sanguinosa ne ha fatto scendere i prezzi a poche centinaia di migliaia di lire) e su quello più alto vede workstation per il lavoro dell'ufficio del futuro prossimo da qualche decina di milioni. E presto, si assicura, dovrà decollare l'home computer, il personal domestico che rivoluzionerà pure la vita familia-

re. I numeri tecnici ormai ci sono, basti dire che con l'"84 arriva Junior, l'home computer IBM basato come il fratello maggiore sulla CPU 8088 e capace di arrivare a 128 Kbyte di memoria interna. Una sola conclusione è possibile: a ciascuno il suo, piccolo o grande. Purché personal.

Il personal software: una miniera

Come già ci sembra d'aver evidenziato a più riprese, la vera ricchezza dei p.c. è stata il software. La produzione di questa materia sottile infatti è da sempre la palla al piede dell'informatica d'ogni peso (per i

Nella foto, il computer Macintosh. (Foto gentilmente fornita dalla IRET Informatica).

suoi costi crescenti, al contrario dell'hardware) e solo le dimensioni di massa del mercato di quella più leggera ha consentito forti economie di scala.

Al tempo stesso c'è stata una gara nello sviluppo di prodotti altamente sofisticati, potente e facile da usare. Il risultato è che oggi i migliori package di cui stiamo per accennare spesso non hanno equivalenti nell'area dei mini e dei mainframe e costano cifre enormemente inferiori, probabilmente destinate ad abbassarsi.

Qui stiamo parlando di programmi, per così dire, tuttofare mentre diverso è il discorso di quelli "personalizzati", ossia studiati su misura, per particolari necessità: questi infatti in certi casi possono, anche coi p.c., venir a costare un occhio della testa.

Per un minimo di chiarezza, occorre dire anzitutto che il software general purpose si suddivide in due categorie:

— il software di base;
— i package.

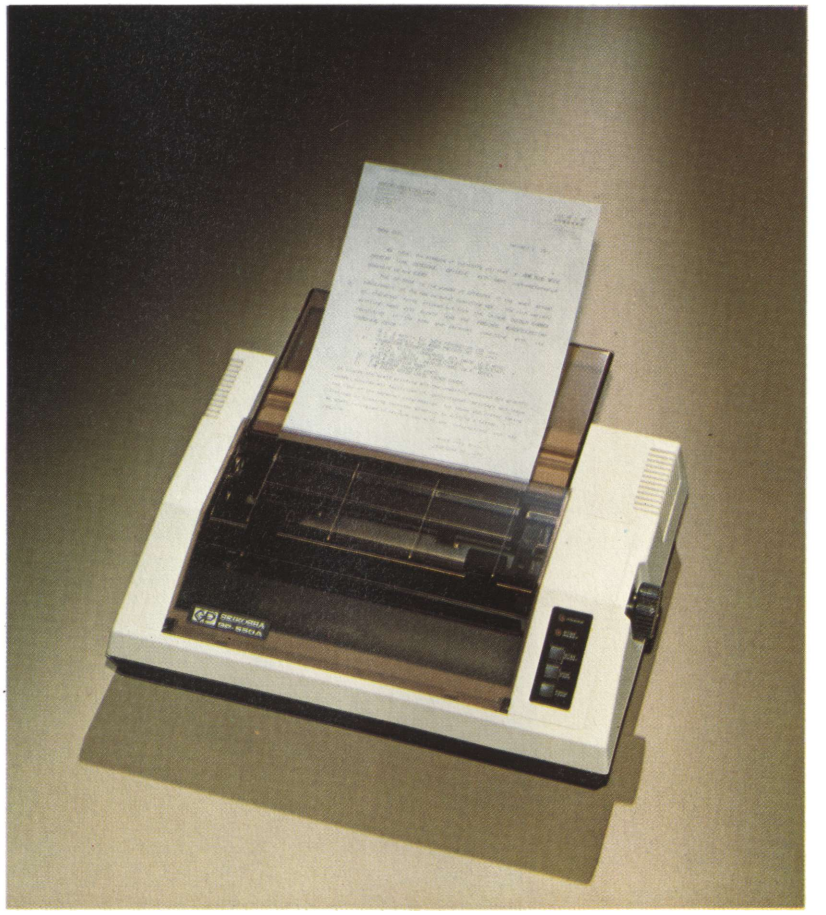
Nella prima si colloca tra l'altro una vasta serie di compilatori o interpreti di linguaggi di alto livello, dal BASIC, al Pascal, a linguaggi particolari derivati persino dagli studi sull'Intelligenza Artificiale (come il LISP, il FORTH) oppure più tradizionali, quali il FORTRAN ed il COBOL.

Qualcuno qui, giustamente, si potrebbe domandare che senso possano avere simili cose, fuori della cerchia degli specialisti, nella prospettiva dell'informatizzazione di massa. Nessuna o quasi è l'ovvia risposta, anche se nulla vieta agli utilizzatori dotati di adeguata formazione scolastica e di discreto livello (ad esempio ingegneri, ricercatori ecc.) di farsi da soli programmi in BASIC (linguaggio abbastanza facile da apprendere) oppure il ritoccarne qualcuno scritto da altri (di tipo non protetto, però). Inoltre la preparazione di applicativi talora persino di una certa complessità da parte di hobbisti abili e volenterosi è un fenomeno positivo che investe tra l'altro le nuove generazioni, allietando le prospettive più rosee della loro cosiddetta "nuova alfabetizzazione".

A quest'ultimo riguardo un cenno a parte merita il *Logo*. Inventato dal sudafricano Seymour Papert (un personaggio tutto genio e sregolatezza: allievo del noto genetista-pedagogo svizzero Piaget, è stato per un certo periodo collaboratore del Centre Mondiale di J.J. Servan-Schreiber, poi se ne è allontanato) questo particolare linguaggio orientato alla didattica serve egregiamente alla creazione di una mentalità algoritmica fin dalle più tenere fasce d'età.

Il suo fascino gli deriva tra l'altro dalla particolare "geometria della tartaruga" che consente anche all'allievo privo di basi matematiche di preparare intelligenti programmi di tracciamento di fantasiosi ghirigori sul videoschermo.

La stampante SEIKOSHA GP 550A. (Foto gentilmente fornita dalla GBC Italiana).



Però il problema che si pone è: l'informatizzazione della società passa forse attraverso una sorta di appiattimento di tutti i mestieri in quello (in sé alla lunga persino noioso e certamente non adatto a tutte le mentalità ed attitudini) di programmatori? La risposta è, secondo quel che il buon senso suggerisce, sostanzialmente negativa - però non del tutto, come si vedrà - e qui veniamo alla seconda categoria di pro-

grammi pre-à-porter i cui caratteri di fondo sono:

— la trasparenza e facilità d'impiego;
— l'adattabilità ad una vasta classe di problemi.

VisiCalc, WordStar, dBase II

Per meglio farci capire descriviamo una triade di package di largo successo. Sul *dBase II* ci limitiamo a dire che è un sistema di archiviazione di tipo "relazionale" che consente le più complesse operazioni di catalogazione, aggiornamento e ripescaggio dati ("Information retrieval", in gergo) accumulati sugli archivi magnetici del personal.

Battendo da tastiera le successive "chiavi" di ricerca che individuano una o più informazioni della base dei dati si può, poniamo, venir a sapere che nella nostra biblioteca i libri di storia sono 24, di cui solo 5 trattano del Medioevo, e riceverne l'elenco o magari i sommari sul video o sulla carta della stampatrice.

Quanto a *WordStar*, si tratta del più illustre di una schiera numerosissima di prodotti per la redazione ed elaborazione di testi. L'attività si svolge, al solito, sotto forma di comunicazione uomo-macchina realizzata a mezzo video più tastiera, e manovrando il cosiddetto "cursore" sullo schermo si scrive su di questo qualsiasi testo, disponendo di una ricca gamma di possibilità di ripensamenti ed integrazioni: cancellazioni, inserimenti di caratteri o di intere frasi fatte (da disco). I documenti possono poi essere conservati sulle memorie esterne e da essa richiamati per essere stampati nelle più diverse modalità (secondo la giustezza tipografica che si vuole, con perfetti allineamenti su entrambi i margini ecc.), abbinati ad una "mailing" di indirizzi al fine di emettere circolari e via di seguito.

Ma in testa alla Hit Parade del software si colloca sicuramente *VisiCalc* - le copie ufficiali superano ormai le 500.000, per non parlare di quelle "clandestine" - considerato fin dal suo esordio un capolavoro di facilità ed immediatezza. Già all'invio del programma appare infatti sul video un reticolo contrassegnato, nelle colonne, da lettere e da numeri progressivi nelle righe.

In tal modo si individuano, in questa specie di battaglia navale del moderno ragioniere, un numero sterminato di caselle, di cui lo spazio visibile costituisce una finestra parziale ma che sono percorribili in lungo e in largo o manovrando il cursore oppure accedendo per nome (esempio A24 o Z58) ad una "casa" determinata.

In ogni cella del VisiCalc si può infilare o un'etichetta (che serve da commento o intestazione) o un dato numerico o infine - ed è questo l'aspetto rivoluzionario - una formula che definisce il contenuto di quella certa casa come conseguenza di quello di altre. Ad esempio si può ordinare a VisiCalc che un certo numero di celle di una riga o colonna siano ciascuna il 10% in più di quella accanto e che l'ultima sia pari al totale. In tal modo, con una immediatezza visiva che corrisponde anche al modo tradizionale di operare dei contabili (schemi disposti per righe e colonne abbondano pure nell'ufficio dell'altro ieri) si possono operare in tempo reale elaborazioni complesse, solitamente di tipo previsionle.

Il fascino di VisiCalc deriva anche dal fatto che è un foglio vivo: infatti ad ogni nuova introduzione di un dato esso si anima ed aggiorna in conformità tutte le sue caselline.

È un dato di simpatia ma anche di grande utilità: perché consente di muoversi in una logica di prova e riprova (o del tipo IF-THEN, dicono gli americani) variando a piacere ipotesi per tentare di ottimizzare una certa strategia (finanziaria, di investimenti e, perché no?, di sagace risparmio domestico).

VisiCalc ha entusiasmato oltre agli utenti anche gli studiosi, che vi hanno visto una nuova classe di insiemi di dati, ormai catalogati sotto il nome suggestivo di "spreadsheet". E di larghi lenzuoli consimili oggi ve ne sono una caterva (il più illustre derivato è il Multiplan), inoltre, secondo quanto già accennato, la tendenza sui microsistemi di maggiore potenza, per non parlare delle workstation, è quella dell'integrazione.

Tale imperativo categorico sta generando una nuova categoria di prodotti, per lo più fondati sulla grafica interattiva e su "finestre" multiple, sovrapponibili ed intercambiabili, ognuna corrispondente ad attività correlate. Windows, VisiOn, Lotus

1-2-3 ecco solo alcuni dei nomi quasi esotici che tendono a disegnare una complessa e, insieme, affascinante metafora (si dice proprio così nel gergo tecnico) nell'Ufficio del Futuro.

Qualche (timida) conclusione

Sul problema sopra accennato (quello della produzione di software da parte dell'utente) ci limitiamo a due sole osservazioni:

— è ovvio che solo società altamente specializzate ed operanti per vasti mercati possono produrre package come quelli descritti;

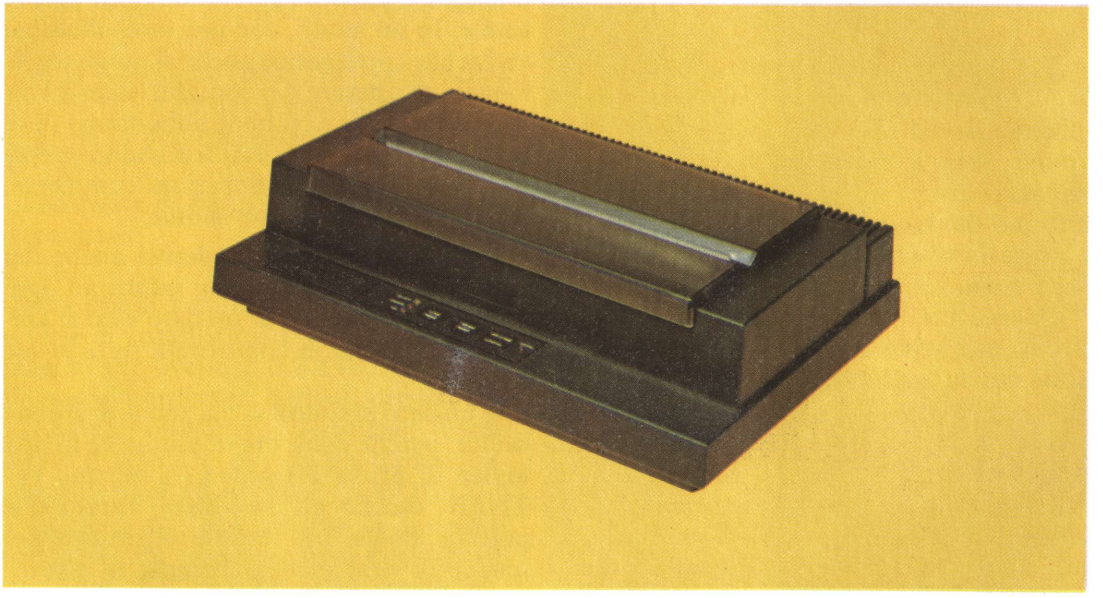
— all'utente in realtà, con tutti gli armamentari ergonomici e metaforici visti, viene celata quanta più informatica possibile, tuttavia un certo lavoro di programmazione (sia pure agevolato ed inconsapevole) egli viene chiamato a svolgerlo: ciò avviene ad esempio nelle applicazioni più spinte degli spreadsheet o del dBase II (e si hanno persino dei Word Processing Language!).

Questo ci riallaccia la serio problema dell'educazione, ovvero della nuova "alfabetizzazione" che, per quanto visto, dovrà essere di massa. Altrimenti non decolla un bel niente o quasi, per quanti sforzi di blandizie (riduzione dei prezzi compresa) facciano le varie LISA ed i produttori di (sempre più) "Easy Software".

In chiusura accenniamo solo velocemente alla Telematica. E se non ci accodiamo troppo proprio all'argomento di cui più parlano tutti c'è un motivo. Infatti è da considerare pacifico il fatto che i p.c. la domineranno: solo strumenti di costo contenuto permetteranno una capillare distribuzione dell'informatica. Inoltre già come strumento a sé stante (stand alone) il personal è un formidabile medium di comunicazione (il dialogo uomo-sistema, presto persino con macchine parlanti, costituisce in definitiva un dialogo a distanza tra umani).

Tuttavia nei fatti l'Era Telematica (già avviata abbastanza ampiamente, col varo delle reti per dati o la crescita delle banche dati, prevalentemente ancora di tipo pregiato ma costosissimo) non ci appare così impetuosa, per un paio di fattori: i perduranti costi elevati delle trasmissioni e la pervicace anarchia dei p.c. (per cui ad esempio le cosiddette Reti Locali destinati ad interconnetterli, facendoli cooperare hanno tuttora un mercato modesto).

Diversi scogli, anche di mentalità e d'abitudine, dovranno essere superati ed è a quel punto che, a nostro parere, potrà (probabilmente di colpo) svilupparsi pure l'home computing (e magari il telelavoro, almeno per quanti preferiranno il cantuccio del casa-dolce-casa alla socialità delle aziende): servizi anche pubblici di grande utilità e di basso prezzo potranno allora allettare il pubblico più diverso e non solo nutrite pattuglie di appassionati.



Stampante Olivetti JP 101 a getto di grafite. (Foto gentilmente fornita dalla Olivetti).

I parametri possibili d'una non facile scelta

L'interesse del pubblico verso gli elaboratori personali determina, fin dalla loro primitiva immissione sul mercato, un assillante interrogativo: qual è il sistema che fa al caso mio? Tale domanda da un milione di dollari diventa di giorno in giorno più disperata a causa della proliferazione tipologica dei modelli e delle fasce di potenze in gioco ed è aggravata - non occorre dimenticarlo - dalla lunga (e, ahimé perdurante) serie di delusioni subite da non pochi utenti, specie se alle prime armi. Tutto sommato si tratta d'una storia che, in informatica come altrove, si ripete pressoché ciclicamente: si pensi ai "fallimenti" (e non si tratta poi d'un esagerazione, dicono gli esperti) che l'edp tradizionale ha fatto registrare ai tempi delle schede perforate e della programmazione batch ("a lotti") subordinando all'esigenza degli elaboratori d'allora la concentrazione a scadenze fisse anche di atti che, come le fatture, buon senso avrebbe voluto si facessero in tempo reale. In questo, diciamolo subito, gli elaboratori individuali possiedono - proprio grazie alla loro dispersione capillare, singolare - una flessibilità un tempo inimmaginabile.

Comunque le delusioni cui si accennava continuano ad essere numerose e vedono come cause fondamentali le tre seguenti:

- spregiudicatezza ed improvvisazione di non pochi distributori;
- proliferazione dei tipi e difficoltà oggettiva a fissarne, accanto a quella dei prezzi, la fascia d'utilizzo;
- ingenuità (nelle aspettative miracolistiche, ad esempio) di molti neo-utenti e difficoltà a far bene intendere ai non troppo numerosi esperti in circolazione le proprie reali necessita.

Nella foto, la nuova generazione di computer per uso professionale prevede una interfaccia con l'operatore di eccezionali e semplici prestazioni: il cosidetto mouse. LISA, della Apple, è il capostitipe di tale generazione di personal, "user-friendly".

Inutile dire che il primo tipo di guai viene aggravato proprio da quello che è il pregio principale e più appariscente dei personal, vale a dire il prezzo contenuto ed in continua discesa dell'hardware (e, in parte, persino del software-pronto "general purpose"). Infatti fornire un'assistenza adeguata e persino una preparazione degna di tale nome al personale di vendita comporta costi che sono una patente contraddizione

con i prezzi stracciati dovuti in parti uguali alla tecnologia ed alla concorrenza.

Qui tuttavia non vorremmo scivolare nella denigrazione: nel tumultuoso mondo della microinformatica si è anche avuto un fenomeno, tutto sommato altamente positivo, di una relativa crescita culturale e professionale che fa sì che in giro non manchino operatori qualificati, che si aggiornano sulle riviste specializzate, producono in proprio del software discreto o, perlomeno, sono in grado di apportarvi piccoli ritocchi (le cosiddette "personalizzazioni") in relazione ad esigenze particolari.

Nella giungla dei microsistemi

Il discorso precedente, palesemente, si collega al terzo elemento del dramma di cui stiamo parlando: quello della difficoltà degli utenti a capire e far capire i propri bisogni. È intuitivo che occorre una sorta di confessore-istruttore. Ma forse il punto cruciale dell'intero problema sta nell'enorme varietà dei tipi. Tale problema oltretutto, negli ultimi tempi si esprime in termini di estremo dinamismo, a sua volta accompagnato da una feroce guerra commerciale: c'è da far rimanere sconcertati anche gli

Nella foto, un professional computer tra i più flessibili operanti con il microprocessore Z80 e supportante il sistema operativo CP/M: lo Xerox 820 II. Disponibile in diverse configurazioni di memoria di massa, comprendenti dischi da 5,25" fino a raggiungere, tramite hard-disk, capacità di 10 Mbyte in linee. (Gentilmente fornita dalla RANK-XEROX).

Ne deriva dunque la prima regola spicciola: per meglio orientarsi cercare anzitutto uno di tali pur rari personaggi bene informati (diffidando dei fanfaroni, però) reperibili soprattutto tra coloro che sono dei sinceri appassionati di personal computer. Questo in attesa che anche in Italia vengano a crearsi figure professionali che all'estero sono andate sviluppandosi già dall'era dei mini: quelle cioè di consulenti davvero *neutrali*, capaci cioè di consigliare i neoutenti sulle configurazioni di sistemi e sugli insiemi di programmi più adeguati alle necessita del singolo.

osservatori più attenti del settore. C'è chi attribuisce a tale eccessiva variabilità un certo, relativo, rallentamento del trend di crescita, pur sempre tumultuoso. Diversa gente rimane cioè in attesa di un assestamento, nel timore di acquistare un modello presto tecnicamente obsoleto.

Spieghiamoci subito con un esempio recentissimo. Clive Sinclair, inventore e presidente della omonima società inglese produttrice di personal hobbistici di largo successo (come lo ZX Spectrum, molto popolare anche in Italia) ha ultimamente annunciato un nuovo microsistema. Si chiama

Quantum Leap (QL, in sigla) che, tradotto liberamente, significa "balzo di quantità" e, pur mantenendosi in una fascia d'amatori perlomeno per quanto riguarda il prezzo assai contenuto, adotta la CPU 68008, vale a dire un microprocessore operante internamente su 32 bit. Per l'esattezza, si tratta di un parente della famiglia Motorola 68000 in quanto ha il bus dati da 8, anziché 16 bit ed indirizza una minor quantità di RAM interna. Con tutto ciò si tratta pur sempre della CPU delle workstation tipo LISA e parte "solamente" (si fa per dire)

Nella foto, il recentissimo Sinclair QL, un personal computer adatto anche ad applicazioni sofisticate, utilizzante un microprocessore a 32 bit interni. La versione standard prevede anche due unità a microdrive, con cartucce capaci di 100 Kbyte ciascuna. (Gentilmente fornita dalla GBC Italiana).

con 128000 byte, il doppio cioè della capacità di memoria massima dei migliori personal o anche microcomputer piccolo gestionali della precedente generazione.

Tale capacità può essere agevolmente accresciuta di 500000 byte e, a quel punto, oltre a poter contenere programmi di enorme lunghezza, il "piccolo" QL (che esternamente si presenta come un tastierone che ingloba tutta questa impaccatissima microelettronica) è teoricamente in grado di registrare moltissimi dati, quelli perlomeno relativi alla contabilità di una microazienda. Giusto?

Sbagliato! direbbero qui gli anglofoni. Infatti il QL nasce con una dotazione di memorie di massa (incorporate) di tipo ultraeconomico (in pratica due originali microcassette gestite come un floppy, ma pur sempre microcassette) di limitata capacità. Il paradosso QL su cui ci siamo dilungati ci serve per ribadire un criterio che, a tutt'oggi almeno, rimane valido nella scelta di un personal qualora lo si voglia destinare ad applicazioni piccolo-gestionali. Non occorre mai dimenticare che anche nell'elaborazione dati di un salumaio le voci in gioco possono essere parecchie migliaia, il che comporta l'adozione di unità di registrazione adeguate a tale bisogno. Altre necessità tipiche in un ambito del genere sono:

- velocità nell'esecuzione e, ancor più, nelle operazioni di lettura/scrittura sui dischi adeguata a tali alti volumi di dati (altrimenti si rischiano tempi pazzeschi di attesa);
- precisione di calcolo con un numero di cifre alquanto alto (in Italia, con l'inflazione, siamo purtroppo più esigenti che altrove);
- opportuni criteri di salvaguardia dell'integrità dei dati (generalmente assenti nei personal hobbistici e nei loro sistemi operativi!).

Attenti al software

Tutto sommato, con questi parametri, la fisionomia di una macchina piccolo-gestionale appare abbastanza ben individuata. Tenendo poi presente che, nel quadro della comune fatturazione e contabilità, una capienza di memoria interna di 64 Kilobyte è in genere più che sufficiente, si

può dire che anche macchine della "passata" generazione a 8 bit possono andare, tanto più che sono oggi generalmente fornite di corredi software abbondanti e sufficientemente collaudati. L'importante però è che, a differenza di quanto capita nel settore hobbistico o anche nel calcolo scientifico corrente, le unità periferiche interfacciabili siano di capienza velocità ed affidabilità non troppo modeste.

Ma non merita che si insista troppo su questa, tutto sommato, "grigia" dimensione del personal computer.

Il suo volto più autentico occorre sottolinearlo ancora è quello che, grossomodo, si può ricondurre alla dizione Automazione dell'Ufficio. Rinviando per un maggior approfondimento a quanto specificato altrove, si tratta di tutte quelle applicazioni innovative che vanno sotto il nome di elaborazione dei testi, telecomunicazione ed elaborazione personale sui fogli o tabelle "elettroniche" (i cosiddetti *spreadsheet*, tutti più o meno derivati dal VisiCalc). È in questo campo che si riscontra la massima evoluzione, che coinvolge sia gli home più sofisticati (accanto al QL troviamo il P.C. Junior della IBM, il prossimo-venturo Commodore 128 e altri) sia i cosiddetti "professional" computer (PC IBM, M20 Olivetti ecc.), su fino alla fascia più eccelsa delle *workstation* (stazioni di lavoro). Si tratta lo ricordiamo ancora, di superpersonal caratterizzati da nuove forme di colloquialità uomo-macchina attuate con curiosi dispositivi (il "mouse" o altri sistemi analoghi, come il tocco dello schermo: col dito, a scegliere la raffigurazione simboleggiante l'attività desiderata). Ma ancora una volta la (folle?) guerra dei prezzi tende a sconvolgere criteri consolidati di classificazione tipologica. Per farci intendere, in concreto, accenniamo anche qui ad uno degli ultimi nati: il Macintosh della Apple. Si tratta di un sistema dal prezzo assai invitante ma dalle prestazioni paragonabili a quelle della sua più nobile (e sventurata, a motivo del suo costo eccessivo, dicono) parente LISA. Macintosh adotta come LISA una CPU 68000 ed un sistema operativo evoluto come UNIX.

Senza certo pretendere, in queste rapide note, di sciogliere questi ardui nodi gordiani concludiamo elencandoli sinteticamente alcuni canoni da tenere presenti nella scelta di questa particolare classe di sistemi per l'automazione d'ufficio.

- Il software e la sua qualità, importantissimi ovunque - al punto che splendide macchine iperdotate come hardware sono state dei fallimenti sul mercato a causa della scarsità dei programmi disponibili, oltre al fatto già in parte accennato che anche micro a 8 bit sono tuttora convenienti per lo stesso motivo - nei sistemi per l'automazione d'ufficio costituiscono una vera, indispensabile linfa vitale.
- Sia pure grossolanamente parlando, le workstation d'ogni calibro si contrappongono ai sistemi piccolo-gestionali per una molto più avida necessità di memoria interna: tale fatto (che giustifica forse l'"audacia" di Sinclair) si lega al sempre più massiccio impiego della grafica (come vero e proprio strumento di comunicazione) ed alla cosiddetta *integrazione* tra diversi programmi. In altri termini, si tende a fare in un insieme unico dei pacchetti di word processing di gestione dati e spreadsheet ibridati, con conseguente sempre più ampia necessità di memoria interna.
- Un elemento sempre più decisivo e sul quale gareggiano ai ferri corti tutti i produttori è la cosiddetta *interfaccia utente*: facile e di immediata comprensione ed apprendibilità deve essere, tassativamente.

Più che un dettame questo sta diventando sempre più una fissazione ed un imperativo categorico ed a sua volta si collega e si intreccia ad un problema di fondo: quello della crescita *culturale* dell'utilizzatore. Costui sempre più frastornato da proposte mirabolanti che forse, in gran parte, esorbitano dalle sue vere necessità e senz'altro travalicano abbondantemente le sue attuali abitudini di lavoro e psicologiche, costituisce il vero nocciolo del problema.

Figuriamoci dunque se è possibile fornire qui indicazioni men che generiche. Diciamo però che tutti quelli che hanno a cuore una maggior produttività nel proprio lavoro debbono fare uno sforzo verso questi nuovi orizzonti: in tal senso un approccio ragionevolmente gradualistico può oggi coincidere con la scelta di sistemi non eccessivamente dispendiosi ma che già aprono un mondo affascinante e rivoluzionario.

15 Le figure dell'informatica

È certo che molte delle caratteristiche di straordinarietà che vengono conferite a questo periodo della vita dell'umanità, e mi riferisco in particolare al gran parlare e discutere sulle modificazioni indotte sulla società dall'uso dell'informatica e della telematica, siano dovute al fatto che ci avviciniamo inesorabilmente e velocemente (la velocità è funzione della facilità con la quale possiamo fare previsioni, rispetto a qualche secolo o decennio fa) all'anno 2000.

Questo numero, il 2000, ha sempre affascinato scrittori, poeti, illustratori, maghi e in genere le popolazioni; a scala di generazione le persone che oggi prendono decisioni quelli che guidano le sorti di piccoli o grandi sistemi produttivi o di funzionamento, vedono l'opportunità loro affidata dal tempo e dal caso di potere essere attori di chi sa quale modificazione, cambiamento, in sintesi vedono l'opportunità di fare la storia: la sfida del secolo è "la fine del secolo" che in questo caso coincide che il secondo millennio della storia.

La società è fatta di persone; e se, come certamente sarà a meno di catastrofi generali e mondiali, esisterà negli anni futuri uno sviluppo costante e crescente dell'informatica, se noi tutti useremo sempre più le macchine dell'elettronica, è giusto chiedersi cosa cambierà del nostro modo di vivere che cosa muterà in noi e quello che giornalmente ci circonda (Figura 1 e 2).

Con questa parte dell'enciclopedia si è voluto fornire non uno scenario definitivo e completamente esauriente di quello che sta succedendo in laboratori di ricerca avanzati e che tra breve succederà nella città nella quale si abita.

Si è inteso invece fornire alcuni riferimenti su alcuni dei campi più importanti e che pongono maggiori interrogativi ed aspettative per il vicino futuro, desiderando informare il lettore di quello che sta succedendo e che succederà nei rapporti tra la società produttiva e l'informatica.

Figure 1 e 2. Molti degli utilizzatori attuali di personal computer forse non ricordano che sino a qualche anno fa il solo metodo per potere dialogare con un computer era quello di perforare schede e di farle leggere al computer. Il programmatore scriveva spesso il programma su schede prestabilite che venivano perforate. Successivamente si doveva poi eseguire la verifica per evitare che il programma si bloccasse per errori, di battitura e perforazione. Le immagini rappresentano una delle prime perforatrici ed una macchina per l'ordinamento delle schede.

L'anno scorso (1983), nella prima settimana di gennaio, come ogni anno, la prestigiosa rivista TIME dedicò il primo numero al personaggio più popolare e più importante dell'anno appena trascorso: il computer.

È difficile d'altra parte trovare una rivista che nell'ultimo anno, non abbia trattato direttamente o indirettamente di computer, di personal computer, di home computer,

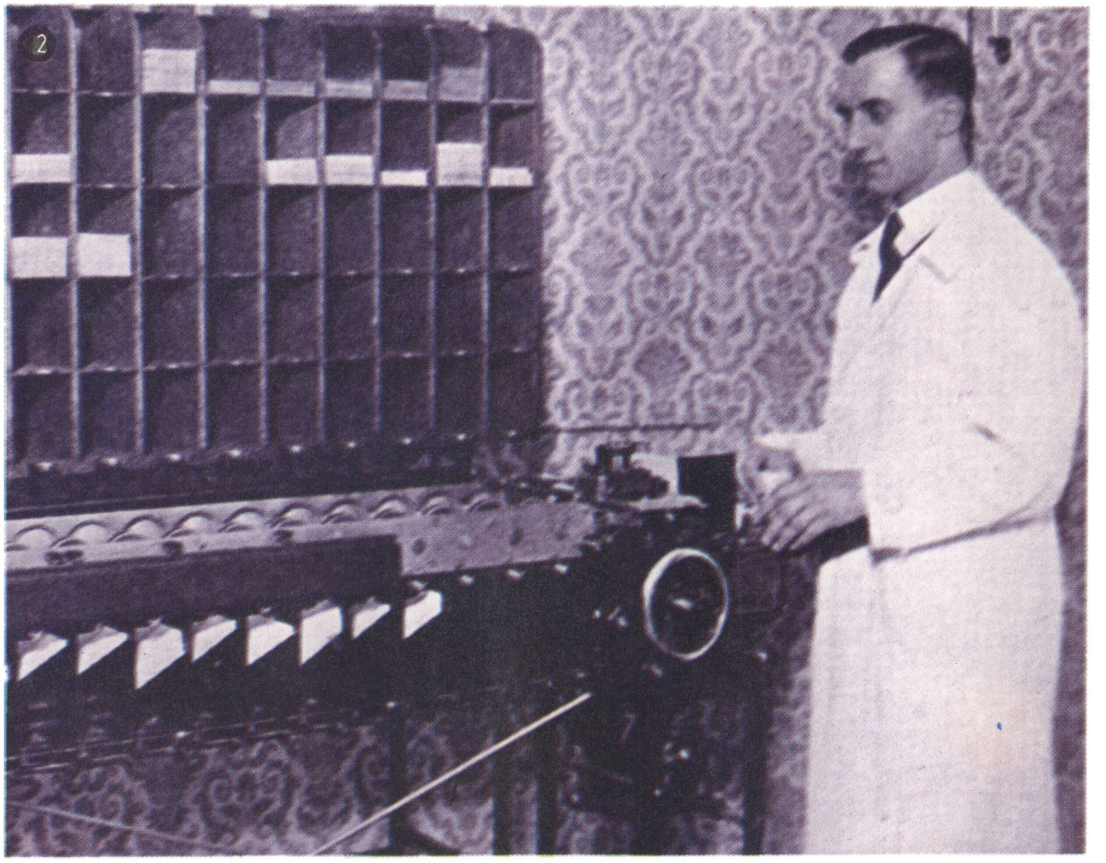
di informatica, di telematica, di immagine prodotta tramite il computer, di computer art, di automazione nella fabbrica, di automazione nell'ufficio, del rapporto tra computer e società, di intelligenza artificiale, della istruzione aiutata tramite il computer, del nuovo rinascimento informatico. Sono questi alcuni dei più comuni argomenti di trattazione e discussione: qualora invece si volesse eseguire una più dettagliata ricerca bibliografica su argomenti specifici conviene accedere ad uno dei tanti data-base che contiene migliaia e migliaia di riferimenti e citazioni estratte dalle riviste ed i libri di tutto il mondo. Accedere e richiedere informazioni a questi archivi è oramai altrettanto semplice che fare una telefonata ed i metodi di ricerca non sono dissimili di molto da quelli che si utilizzano quando si mette il naso in un archivio che non si conosce.

A distanza di un anno dalla pubblicazione di TIME dedicato al personaggio dell'anno, il personal computer, l'organo del Partito Comunista Italiano, L'Unità, pubblica un lungo e ponderoso inserto sui rapporti tra informatica e politica, informatica e società.

L'interesse per l'informatica e la telematica cresce, si articola, dalla logica industriale di semplice consumo si passa a fenomeni più complessi e già sperimentati per settori completamente diversi quale quello dell'automobile.

Si avviano i club di proprietari di questa o quella autovettura, inizia a sorgere un fiorente mercato degli optional mentre la possibilità di disporre anche di ricambi non autentici crea disorientamento nei fruitori, si avviano tutti quei sistemi accessori tipici del libero scambio, dal mercato dell'usato a quello del finanziamento, al service, etc..

Tutto sembrerebbe assomigliare a quello che è accaduto per il settore dei trasporti ed in particolare con l'avvento del motore a combustione interna e dell'automobile. In realtà questa rivoluzione, quella dei trasporti, sembra la più simile a quella informatica, le affinità si rilevano non solo nell'impatto sulla società di trasporto pubblico, ma soprattutto sulla possibilità di dotarsi di quello privato e personale con conseguente modificazione dei tempi di accessibilità, ampliamento e congestione delle aree metropolitane, ed altri fenomeni, gran



parte dei quali ben conosciamo.

Il computer invece si è sviluppato in maniera diversa dall'automobile e più in generale dal motore a combustione interna: se essa si fosse sviluppata come è stato in questi anni per il computer una RollsRoyce potrebbe essere acquistata per meno di 10.000 Lire e con un litro di carburante potrebbe percorrere più di un milione di chilometri.

Il mondo del lavoro e l'informatizzazione della società

È noto che nel 1900 negli Stati Uniti (ma la valutazione vale per la quasi totalità dei paesi europei) i cosidetti colletti bianchi, cioè i lavoratori che si dedicavano al lavoro di ufficio, erano in netta minoranza. Il loro numero era certamente inferiore a quello degli addetti all'agricoltura e quello degli addetti alla industria, la somma di questi ultimi infatti ammontava, negli USA, a circa l'80% dell'intera forza lavoro, i colletti bianchi erano perciò poco meno del 20% dell'intera forza lavoro.

Oggi i colletti bianchi, nella società produttiva americana, sono più del 50% dell'intera forza lavoro, ciò significa che i lavoratori direttamente occupati nella industria, nei servizi e nella agricoltura non raggiungono il 50% dell'intera forza lavoro.

I trends che si rilevano negli Stati Uniti d'America sono facilmente riconducibili anche allo sviluppo di paesi Europei ed extraeuropei tra i quali si può fare ricadere anche l'Italia: questi paesi seguono infatti in maniera più complessa, stanca, ma comunque sempre con sviluppi di carattere capitalistico, i trends tracciati dagli USA.

La prima domanda che viene spontanea di fronte ad uno sviluppo di tale genere è: quanti e quali lavori scompariranno? Quale attività farà la gente?

Alcune notazioni numeriche lasciano impressionati: è attendibile che negli USA ogni giorno lavorativo vengano fatte 235 milioni di fotocopie, che siano scritte 76 milioni di lettere e che vengano prodotte circa 600 milioni di pagine stampate da computer, quello che generalmente si chiamano computer output (Figura 3 e 4).

Tutto questo va ad aggiungersi a centinaia di miliardi di pagine stampate conservate in registratori, cassetti ed archivi personali e non, in tutta la nazione americana.

Più che di colletti bianchi, che sono coloro i quali lavorano con gli strumenti ed apparecchiature che producono la carta sopra citata, i computer output, le fotocopie, le telecopie etc. si dovrebbe forse parlare di colletti dell'informazione, persone ed operatori abituati a lavorare con le informazioni di qualsiasi genere ed a scambiarle, elaborarle, utilizzarle per crearne di nuove, di più dedicate a questo o quell'utilizzatore.

Certamente nel futuro alcuni lavori diminuiranno in numero e qualità, mentre altri aumenteranno sia per numero di addetti che per specializzazioni. Prendendo sempre a riferimento gli USA che grandi risorse di ricerca stanno investendo nel valutare i futuri cambiamenti della propria forza lavoro esaminando in maniera definita e dettagliata quello che è successo nel passato più prossimo e quello che sta avvenendo nel presente, si nota che il numero delle persone che lavorano in dattilografia non è quasi aumentato negli ultimi dieci anni; gli operatori dei centralini telefonici sono diminuiti di circa il 15%, in funzione dello sviluppo dell'automazione delle telecomunicazioni.

Le persone che stenografano sono diminuite di circa il 50%, anche in funzione dell'aumento e del miglioramento dei sistemi automatici di registrazione della voce (ditafoni etc.).

Nell'ambito delle persone addette in un centro di calcolo si sono avute consistenti variazioni e trasformazioni: sono considerevolmente diminuite le persone addette alla perforazione e verifica delle schede perforate, il loro lavoro è stato sostituito dal lavoro direttamente eseguito dall'utente al terminale interattivo, dai cosiddetti lettori ottici, in grado di leggere o un codice a barre (le linee nere più o meno fitte e spesse che si trovano oramai sulla maggior parte dei prodotti industrializzati) o direttamente la scrittura della macchina da scrivere o quella umana.

Il lavoro di segretaria è generalmente e fortemente aumentato a dimostrazione che l'automazione dell'ufficio non farà a meno di personale addetto ma eventualmente richiederà personale diverso.

Il più sensazionale aumento si è avuto negli USA per quanto concerne gli operato-

ri dei computers e delle loro periferiche.

Il loro aumento stimato negli ultimi dieci anni è stato di circa il 175% a dimostrazione dell'enorme richiesta del mercato e dello sviluppo dell'informatica in tutti i settori.

Di fronte a questo rapido quanto sostanziale cambiamento dello scenario della situazione della forza lavoro nasce spontanea la domanda: che cosa accadrà al lavoratore di domani sia esso impiegato, operaio o agricoltore.

Si sa che l'uomo o la donna di domani è il bambino di oggi o il giovane di oggi: il micro-bambino o il micro-giovane.

La Figura 3 rappresenta una zona di ufficio completamente dedicata alla copiatura di testi tramite dattilografia, l'immagine è stata scattata subito dopo la prima guerra mondiale ed è continuato così anche dopo. Alcuni lavori con l'introduzione dell'elettromeccanica e poi dell'elettronica sono completamente spariti.

La traduzione dalla lingua inglese forse crea delle confusioni in quella italiana, microkid è il bambino abituato a trastullarsi ed a godere dell'uso dell'elettronica ed informatica, tutto quello che è micro gli sta bene, lo gratifica, in poche parole gli piace.

I giovani, i bambini sentono sempre più piacere e soddisfazione del potere che deriva loro dal sapere utilizzare la tastiera, ed aldilà di un gioco che può terminare con l'avanzare dell'età trovano nelle strutture educative e nel mondo del lavoro ambienti che apprezzano le loro caratteristiche di programmatori, operatori, la loro familiarità con l'elettronica, la loro conoscenza del BASIC (linguaggio di programmazione), del linguaggio macchina dei Peek e Poke.

Si preparano per loro nuovi linguaggi che superino la barriera, tuttora costituita dalle specifiche diverse di ciascun computer o microprocessore, e possano creare un ambiente di lavoro comune, di utilizzazione ed informatizzazione.

Il linguaggio C sembra essere il linguaggio del futuro. Altri linguaggi risentono già di una certa stanchezza, non sono riusciti a scalzare la posizione oramai predominante assunta dal BASIC, oppure si presentano come troppi dipendenti da questa o quella macchina sia essa computer o periferica.

La visione intanto viene completamente abituata allo schermo rettangolare, nuovo elemento della scrivania di lavoro, che altro non è che il televisore di casa: oggetto al quale si è abituati sin dalla più tenera età.

La possibilità di creare immagini sintetiche, cioè non esistenti in natura attraverso la computer grafica permette di abituare gli

utenti alla visione di forme create dal computer e tramite il computer e simulare una realtà che potrebbe anche non esistere.

A questa cultura informatica (sia essa l'immagine prodotta dal computer o il proprio passaporto stampato dal computer ed archiviato come dati alfanumerici e come immagine (la fotografia) in un sistema di archiviazione elettronica non si sottrae nessuno né il contadino né il pescatore né l'esploratore né il ministro.

La telematica e l'informatica nel cambiare radicalmente il funzionamento delle fabbriche come della società faranno sì che ti "..." uno scenario in cui devono aumentare le ore d'istruzione ed in cui quest'istruzione non potrà più essere erogata dall'alto ma dovrà essere dallo stesso lavoratore ricercata sulla base dei propri obiettivi personali ...".

Mentre è discutibile e spesso falso che al lavoratore dell'era informatica si profilino un maggiore numero di possibilità di lavoro che in altri momenti della storia dell'uomo, è peraltro vero che il ventaglio di scelte non solo in termini di lavoro ma anche di opzioni del tipo di vita, di beni da consumare, si sono ampliate in maniera enorme pro-

La Figura 4 rappresenta quello che era un centralino telefonico, le chiamate venivano distribuite a mano dagli operatori. Anche il centralino elettromeccanico è oggi completamente superato in quanto non offre tutta una serie di servizi che offre invece il centralino elettronico.

(come avviene descritto nel manifesto "La libertà è telematica?" elaborato da un gruppo di lavoro del Centro di Ricerca e Documentazione "Luigi Einaudi"). Il bagaglio di nozioni acquisibile durante il periodo dell'istruzione non doterà certo il lavoratore di un capitale umano sufficiente per tutta la vita. Al lavoratore compete la responsabilità di investire o non investire tempo e talora anche risorse materiali nell'acquisizione di nuove nozioni, di rinunciare o non rinunciare per questo a guadagni immediati in funzione della maggiore circolazione dell'informazione.

Il rapporto del Centro "Luigi Einaudi" pone un problema ed interrogativo di notevole interesse: "... Come è possibile ovviare alla duplice frustrazione di chi sa che non potrà mai esaurire le alternative di scelta (e quindi, in linea di principio, non può mai escludere che vi sarebbe stato qualcosa di meglio da scegliere) e che sarà sempre escluso da una porzione di beni appetibili (che per ciò stesso diventa più appetibile) ...".

Da molte parti alcuni dei punti precedentemente trattati vengono visti come impoverimento etico dalla società attuale, generalmente poi si fa ricadere anche nell'ambito culturale impoverimento, e da qui il passo è breve nel dirsi contrari all'informatica, nell'ostacolatore che i giovani si avvicinino ad essa, o dovendola subire si tenta di stemperare quanto più è possibile l'impatto informatico e telematico con rivalutazioni del lavoro manuale che spesso rappresentano sterili esercizi di affermazione di poter con venature oscurantiste.

Scambiando come spesso si fa il fine con il mezzo e non distinguendo come una possibilità o un oggetto venga utilizzato, si condanna il videogame, o lo si sopporta, non si cerca di capire e di ovviare al fatto che il gioco con il computer possa diventare una fuga.

Uno dei problemi più seri del futuro e crescente sviluppo della tecnologia informatica è quello della sua importazione o sviluppo in loco. Per quanto concerne i paesi del terzo mondo, in senso informatico e telematico ovviamente, essi importano tecnologie, a volte e sempre più spesso anche dati ed informazioni; accade a volte che i dati e le informazioni vengano rilevate nei paesi terzi, trasferiti ed elaborati in quelli detentori della tecnologia informatica e quindi riproposti ai paesi terzi perché possano essere da loro utilizzati: una delle possibilità purtroppo oramai non più remote è che le informazioni e la memoria storica di alcuni paesi e regioni senza sistemi e tecnologia informatica risiedano in altri che invece detengono tale tecnologia.

In generale non è possibile ipotizzare settori di attività che non vengano interessati nel vicino futuro dell'informatizzazione; è peraltro vero che i settori più arretrati di produzione nei paesi o regioni sottosviluppate resisteranno all'informatizzazione in quanto più elevato è il gap tecnologico tra loro ed i settori simili nei paesi industrializzati.

Un terminale alfanumerico è presente in quasi tutti gli aeroporti anche di paesi appena emergenti, la scrivania del futuro è certamente nella segreteria di qualche capo di stato o di ministro di tali paesi e regioni, per non parlare dell'automazione e presenza di componenti elettronici nelle apparecchiature militari; diversa è la situazione in agricoltura o nella medicina.

Ogni paese ha il proprio pezzo di terzo mondo (generalmente identificabile con le aree posizionate nel sud) in ogni paese esistono aree di attività che subiscono con più difficoltà l'informatizzazione ed aree culturali e decisionali che frenano l'utilizzazione di strumenti automatici di calcolo, di disegno, di gestione dell'informazione.

Rimane il fatto che oggi in svariati settori produttivi si profila la necessità di disporre di personale specializzato in sotto aree di applicazione dell'informatica.

Nel settore della produzione industriale ad esempio esistono figure quali il tecnico di progettazione CAD (Computer Aided Design) cioè il tecnico in grado di progettare apparecchiature, pezzi meccanici, etc. facendo uso della computer grafica, il suo posto di lavoro è la stazione di computer grafica; collegato ad esso esiste la necessità di disporre del disegnatore esperto di sistemi automatici di disegno attraverso computer (il cosidetto C.A.D. Computer Aided Drafting), egli usa le apparecchiature che utilizza il progettista, ma per produrre disegni finali ed eventualmente nastri ed informazioni che verranno utilizzati dalle macchine a controllo numerico o dai robot.

Questi ultimi saranno l'oggetto delle attenzioni di un altro tipo di tecnici, quelli specializzati in C.A.M. (Computer Aided Manufacturing) i quali si occupano dei robot, della loro programmazione e controllo.

Il progettista di industrial design ad esempio può essere aiutato notevolmente dal computer, si può ottenere un notevole aumento della creatività, come è oramai scontato che si può ottenere facilmente un notevole risparmio di tempo nel disegno, nella immediatezza di resa e trasmissione dell'elaborato grafico (Figure 5, 6, 7 e 8).

Il volume da poco tradotto in italiano di Glowinsky (cfr. Bib.) "Telecomunicazioni obiettivo 2000" traccia una serie di possibilità che hanno grande possibilità di avverarsi nel vicino futuro per quanto riguarda l'impatto dello sviluppo delle telecomunicazioni e dell'informatica, cioè della telematica come i nostri colleghi francesi chiamano la combinazione dei due settori, nella vita di tutti i giorni a casa, nel nostro posto di lavoro, in quello di svago, da soli o in connessione con altre persone sì da formare un gruppo.

Tra le parti più affascinanti della ricerca è senz'altro da annoverare l'elenco dei servizi del futuro telematico: essi sono stati individuati in ben 64 e più che essere importante la loro descrizione pedissequa ed esatta è importante che il lettore percorrendoli possa ricevere quegli stimoli che forse ha già ricevuto notando le modificazioni poco a poco avvenute nella sua casa o nel suo posto di lavoro e possa immaginare quello che sarà tra breve l'ambiente della sua vita.

Le Figure 5, 6, 7 e 8 sono un esempio di che cosa oggi si è in grado di fare il tempo reale con i computer e le stazioni grafiche dedicate al cosiddetto processo d'immagine. Le 4 immagini del ponte di San Francisco sono state trattate in maniera opportuna per potere trarre effetti particolari aumentando la gradazione dell'immagine, assegnando alle varie tonalità di grigio colori diversi, mettendo in evidenza particolari che altrimenti sarebbero di difficile rilevamento da parte dell'occhio umano.

È sembrato quindi opportuno elencare con una sommaria ed interlocutoria spiegazione essenziale i servizi e possibilità che più facilmente tra breve saranno a disposizione nostra nella casa ed in generale nell'ambiente nel quale vivremo.

Molti dei servizi che sono enunciati sono di fatto già operativi (il videotex, il televideo, il teledrin, etc.) essi peraltro lo sono per una quantità di persone e di gruppi ancora abbastanza limitato, il loro impatto sarà certo più grande e operante quando investiranno tutti i cittadini anche in varia maniera. Solo considerando i servizi elencati utilizzati in maniera diffusa si può avere una visione corretta di quello che ci aspetta nel vicino futuro.

Telenergia: controllo e risparmio energetico.

Eurotelefono: radiotelefono da polso a livello europeo.

Carta di identificazione: documento personale universale.

Teledattilografia: produzione di documenti tramite dettatura per telefono.

Immagini bidimensionali: produzione di immagini bidimensionali con modificazio-

ne interattiva del punto di vista.

Telesoccorso: rilevamento individuale della situazione di pericolo.

Telecontrollo: rilevamento immediato e continuo delle persone.

Teleconcetto: un ufficio di studi e ricerche nell'era della telematica.

Teleanalisi: rilievo di inquinamento e di prodotti tossici.

Scelta vocale su menù: fine del monitor e della tastiera.

Telediagnosi: in caso di rottura degli apparati elettronici domestici.

Teletraduzione simultanea: per favorire la comprensione tra la gente.

Telemulazione tridimensionale: fac simile tridimensionale.

Teleanimazione: per una richiesta di compagnia, babysitting, attesa, etc..

Chiamate rapide: una garanzia di rapidità.

Telearmonia: se tutti i computers del mondo volessero darsi la mano.

Telepulizia: pulimento automatico delle abitazioni con supervisione centralizzata.

Telericerca: ricerca e reperimento di persone.

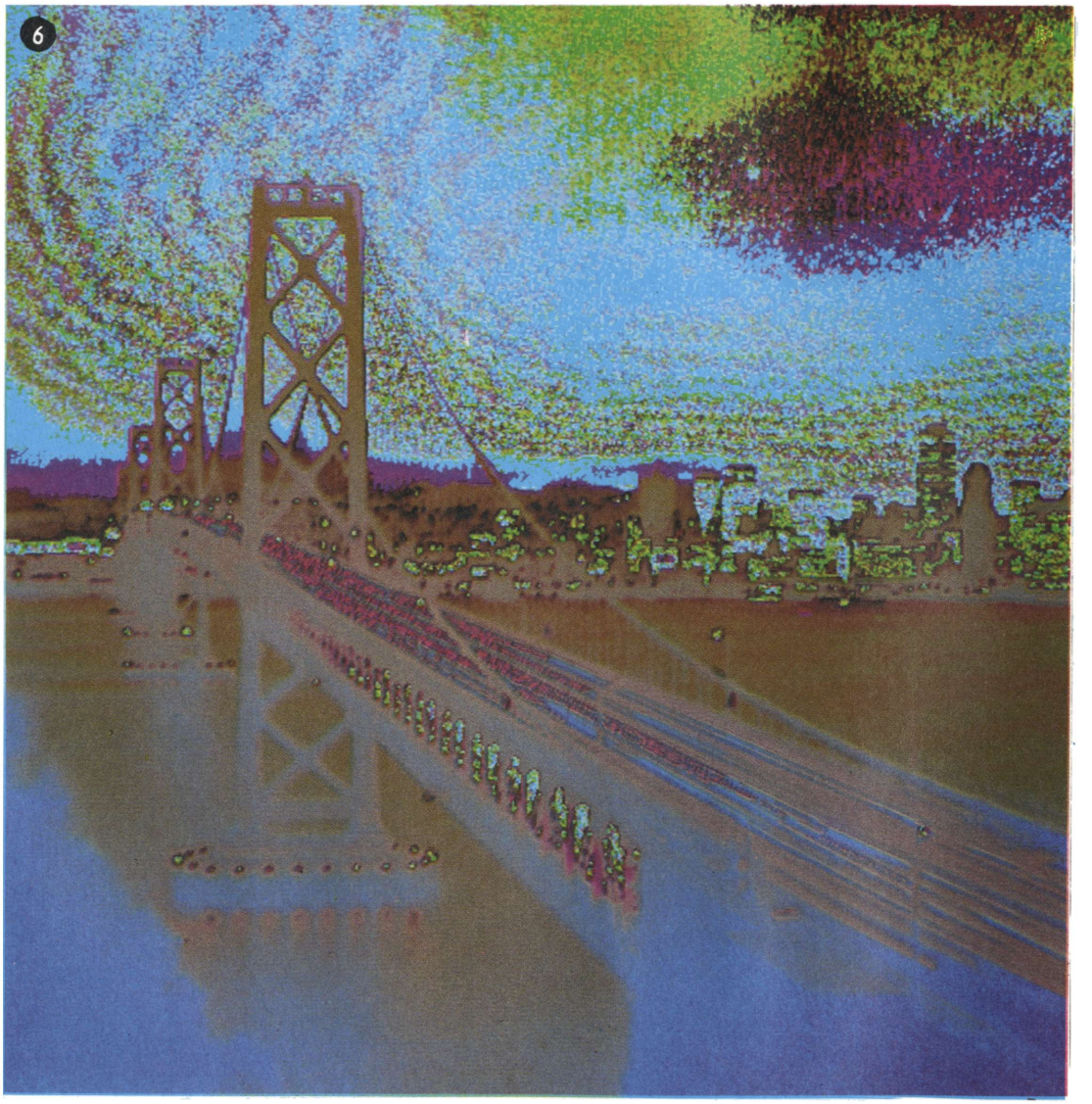
Videotempo: le previsioni del tempo istante per istante e luogo per luogo in maniera interattiva.

Telearchivio: per risparmiare spazio a casa e per archiviare qualunque cosa.

Teleassegno: per poter pagare elettronicamente.

Telesalute: la medicina preventiva da lontano.

Telesorveglianza: sorveglianza via video a banche, uffici, case etc..



Teleallarme: rete nazionale per disastri, etc..

Videocittà: lo studio d'architettura tramite video.

Anagrafe sanitaria: un sistema informativo sulle caratteristiche genetiche e sanitarie di ciascuno.

Teleconsultazione: si può accedere ad una banca di dati o parlare direttamente con gli esperti.

Teleistruzione: l'istruzione da lontano ed assistita dall'informatica.

Teletaxi: in una città si sa in ogni momento dove stanno i taxi.

Filtraggio automatico: la libertà faccia a faccia del telefono.

Telebanca: tutti i servizi da casa o da dove ci troviamo.

Telemercuriale: la ricerca dei prezzi migliori da lontano.

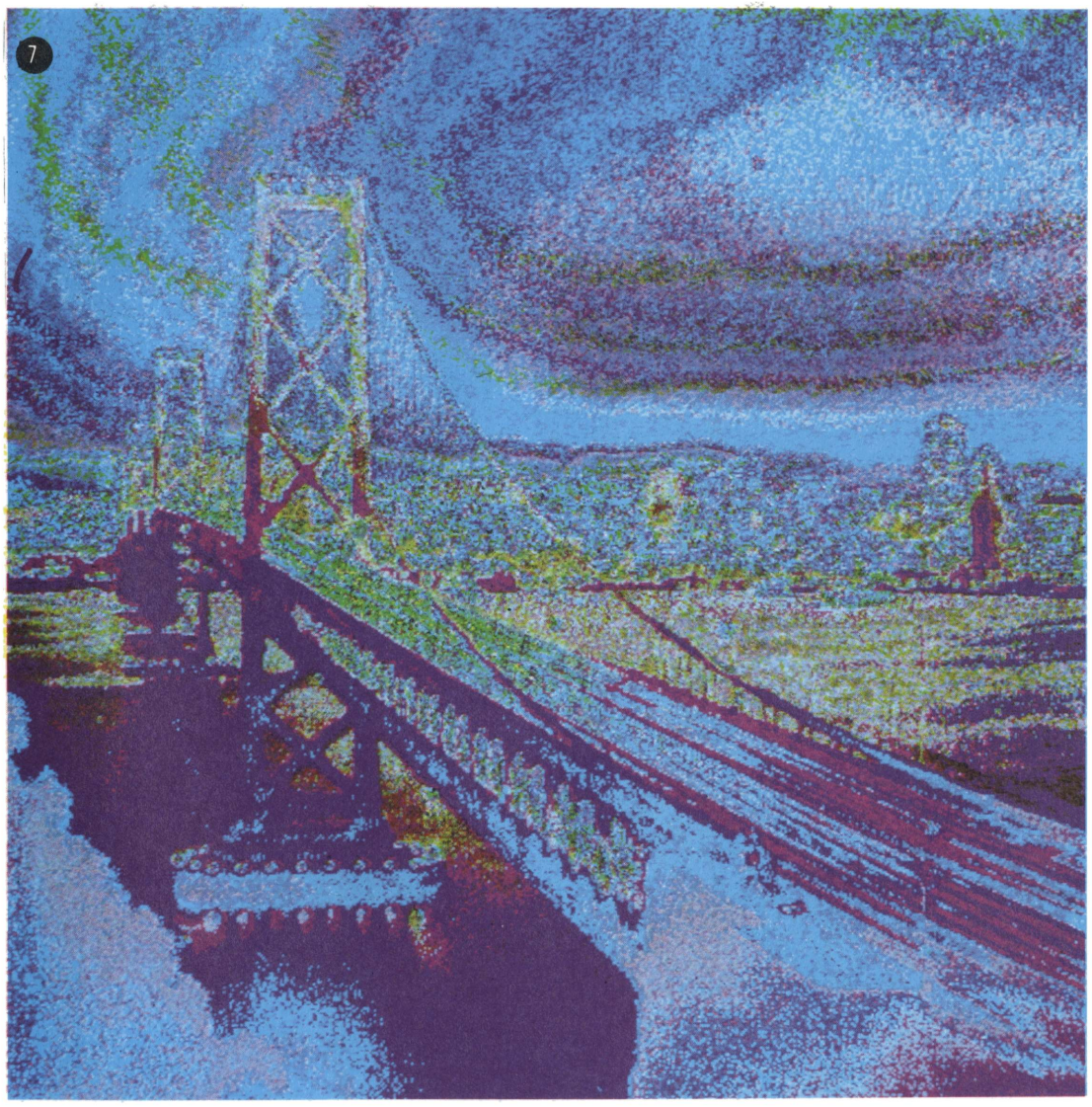
Teleinfo: dal primo terminale si impara ad utilizzare tutti gli altri.

Telescrittura: servizio per handicappati, conversione parole in suoni o in Braille.

Teledecorazione: una nuova arte videocinetica e musicale.

Teleassistenza: l'assistenza tecnica fatta da lontano.

Televoto: la democrazia distribuita.



Telesegreteria: un servizio diffuso di segreteria.

Teleaccoppiamento: il matrimonio attraverso sistemi video.

Teleottimizzazione: un aiuto a risolvere nel migliore dei modi i vostri problemi.

Telesondaggio: un esame a volo d'uccello sui problemi.

Telelogica: per collegare il calcolatore da

tasca alla ricerca più avanzata.

Telegioco: un servizio ludico interattivo individuale o collettivo.

Telecomando: una generalizzazione della sveglia automatica.

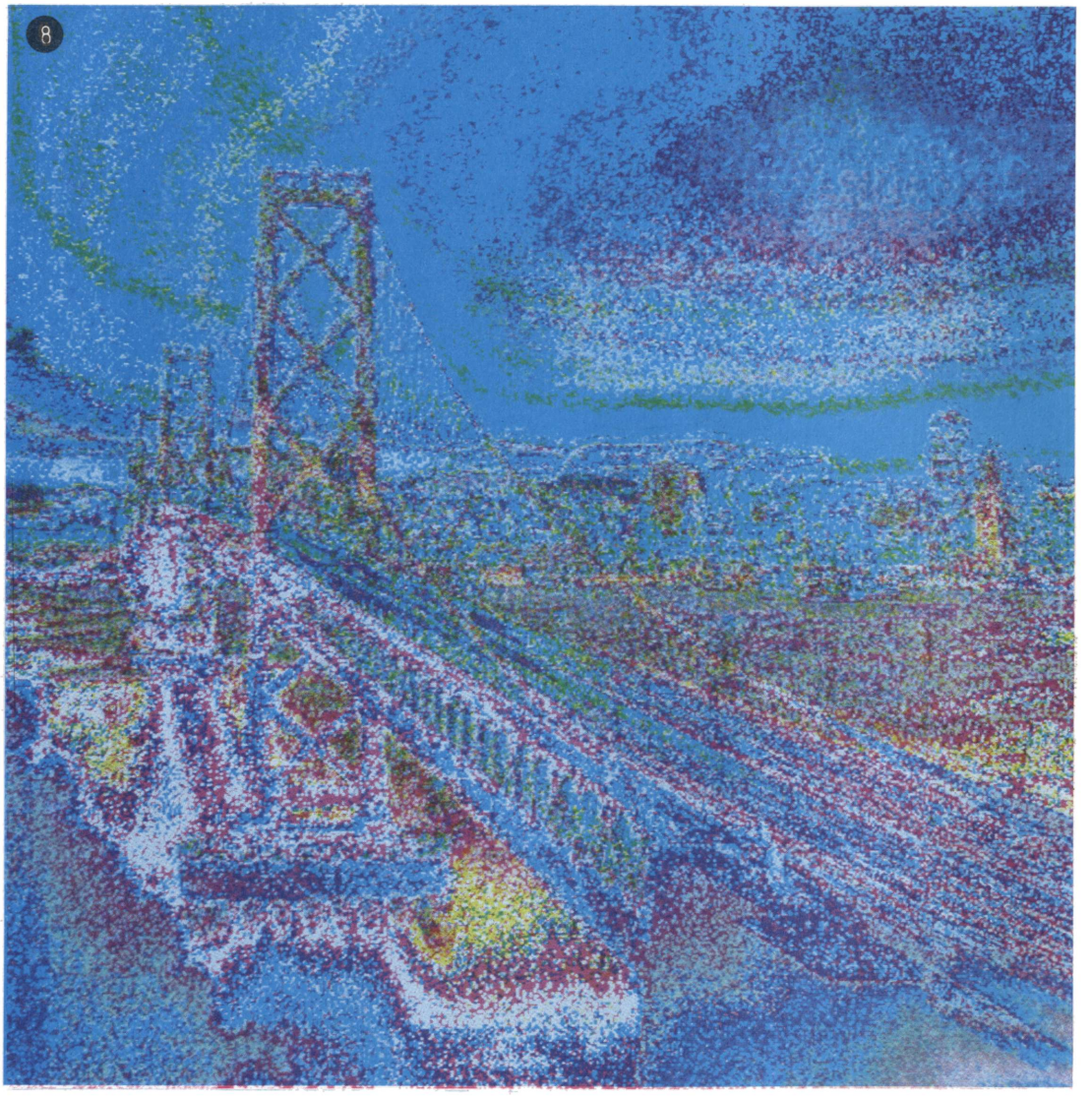
Telemercato dell'usato: l'opportunità per trovare ed offrire l'usato.

Telelavoro: la possibilità di lavorare stando a casa.

Teleteca: consultazione a distanza di documenti, giornali, libri, video, etc..

Videoconferenza: conferenze via video a colori, con Hifi e con interattività.

Teleposta: mandare una lettera per telefono a chiunque.



Tra gli ambienti a noi più familiari e che certamente verranno grandemente modificati, almeno nel modo di utilizzazione, dall'introduzione delle apparecchiature e servizi telementaiche sarà di certo l'abitazione.

Vengono previste da studiosi e ricercatori (cfr. Bib.) scenari diversi per l'abitazione del futuro: c'è la possibilità che essa sia piena di chincaglierie di apparecchi ed attrezzi tutti collegati a reti, come il telefono; il regime sarà quello dell'abbonamento e dei suoi derivati, le reti saranno reti di multiservizi; esiste peraltro la possibilità che invece tutta la casa, intesa come luogo di rifugio, graviti tutta quanta intorno ad un grande schermo che impersoni il caminetto del futuro: il grande schermo contiene tutto, dal videodisco al magnetofono, dalla possibilità di collegarsi a qualcisasi rete di immagini televisive alla possibilità di funzionare come sistema per incontrare e par-

lare con amici attraverso il telefono video. La casa in quest'ottica è peritelevisione, le immagino sono da tutte le parti (bidimensionali, tridimensionali) e vengono fruite da tutti i componenti tramite il grande schermo che eventualmente è possibile suddividere in varie parti e sezioni per soddisfare le esigenze di questo o quel componente della famiglia.

Esiste peraltro la possibilità che la casa abbia un microcomputer polivalente che la serva e si prenda carico di tutte le funzioni domestiche.

Le tre ipotesi precedenti sono tali che una non esclude l'altra e probabilmente il futuro riserva una combinazione di tutte e tre.

Il "focolare elettronico" così come viene considerato e detto il sistema complesso telematico della futura abitazione pone il problema non tanto dei rapporti tra le singole persone ma tra i vari gruppi di persone. Mentre infatti è facile immaginare che tramite le reti di comunicazione sia possibile avere più intensi rapporti, così come avvenne con l'introduzione del telefono, il potere lavorare a casa, potere assistere a conferenze o dibattiti e parteciparvi in diretta etc. porrà il problema non tanto del rapporto tra le singole persone e delle singole persone con i gruppi di appartenenza ma tra i gruppi, quelli che in alcune parti d'Italia vengono chiamati i "vicinati"; è possibile che la loro esistenza, come già avvenuto in passato al modificarsi di alcune città scompaia completamente.

Il professionista ed il sistema esperto. Quale rapporto?

La sfida che è cominciata nella produzione industriale e nella informatizzazione è quella relativa alla sostituzione in alcune parti del ciclo produttivo e decisionale delle persone professionalmente preparate con i così chiamati sistemi esperti.

I sistemi esperti sono sistemi che utilizzano l'intelligenza artificiale, cioè quella parte dell'informatica che studia e simula i procedimenti generalmente chiamati intelligenti (cfr. la voce dell'enciclopedia Intelligenza Artificiale).

La ricerca ed il dibattito scientifico che si sono da più di qualche anno accesi su questo argomento hanno fatto convergere su di esso interessi da parte di discipline diverse quali la filosofia, la scienza della conoscenza ed apprendimento, la biologia ed altre discipline e settori di ricerca che all'inizio del dibattito e delle ricerche non erano state chiamate in causa.

Il fatto più importante è, come sostiene il giovane scienziato D.R. Hofstader, che il computer non è in grado di fare quello che la gente compie senza pensare.

Se, ad esempio, si vuole ricercare nella propria memoria il numero di telefono di un conoscente o si vuole prendere una decisione sul percorso migliore per andare dalla propria abitazione al posto di lavoro, quello senza traffico o che magari permetta di fare qualche commissione strada facendo, il computer può certo aiutare.

Si comporterà molto meglio di noi nel ricercare il numero di telefono rapidamente e con certezza o valutando qualitativamente tutte le alternative per il percorso da fare tra casa ed ufficio.

Si prenda però il caso, come sostiene Hofstader, del funzionamento nel nostro cervello mentre stiamo su di una poltrona e sfogliamo un giornale: accade spesso di vedere per un attimo una parola in modo tale che ci appaia non nella sua corretta ortografia e quindi significato. Se ci è apparsa la parola AMORE è facile che l'abbiamo letta in altro modo. Prendiamo la parola AMORE ed esaminiamo alcune delle combinazioni delle sue lettere otterremo:

MAORE
MOARE
MORAE
MOREA

ed altre.

Un computer opportunamente programmato e con tutte le parole del dizionario italiano qualora gli si domandasse se esiste la parola

MOARE

eseguirebbe una ricerca veloce e precisa per poi concludere che non esiste e finire il suo lavoro.

Se si considera la persona umana invece essa, di fronte al suddetto elenco di parole

ottenute da AMORE, scarterà subito ad esempio:

ROMAE

ma si soffermerà sulla parola:

MOREA

alla ricerca di un significato della stessa o usandola come stimolo per evocare ricordi o sensazioni o altre parole.

Il tutto, nel caso della persona umana, avviene in maniera fluida in una continua esplorazione dello spazio della propria conoscenza.

Questo il computer non lo fa.

La ricerca che si sta svolgendo ad opera di Hofstader è proprio in tal senso, la ricerca che la macchina possa in un futuro pensare come le persone, in profondità al di sotto del livello della consapevolezza, senza logica ma con estrema fluidità.

Il contatto della fluidità; come quello della memoria, fanno del cervello una macchina che sinora non si è in grado di emulare: la possibilità che si ha di fare emergere le informazioni, le notizie stivate nel cervello per anni con facilità ed immediatezza è ancora un mistero.

L'industria è per varie ed articolate ragioni molto interessata alla cosiddetta intelligenza artificiale, robotica come lo è stata dall'inizio all'automazione.

La ragione più banale è che il comandare una macchina o un automa è più semplice che comandare una persona.

Ecco perché appaiono sempre più macchine complesse nelle fabbriche.

Guardando lavorare in maniera instancabile una di queste macchine che muovono pezzi, eseguono perfette verniciature, mettono in ordine i componenti o trasportano i pezzi in giro per la fabbrica, oramai priva di operai, sembra che esse seguano processi logici complicati, in realtà non fanno altro che seguire la soluzione di problemi fondamentali.

Dice Minsky, uno dei pionieri dell'intelligenza artificiale e professore emerito all'MIT, "nessuno ha mai tentato di costruire una macchina in grado di costruire il nido di un uccello".

La complessità del mondo reale va ben oltre le capacità di un computer. L'uccello cerca il ramoscello che giace perterra nel bosco, che non è stato progettato per essere un componente del nido, eppure viene piegato ed incastrato per ottenere il risultato desiderato.

Un computer d'altra parte, un robot in particolare, può essere programmato per assemblare un'apparecchiatura perché l'apparecchiatura stessa è programmata per essere assemblata.

Continua Minsky nella sua poetica descrizione "un computer è di aiuto, compie varie operazioni affrontandole anche in maniera razionale ma non ci si può aspettare che sappia di sapere, e sappia di sapere quello che sa. Sa e basta".

Informatica e Società

In collaborazione con il Learning Center Texas Instruments

Gruppo Editoriale Jackson