

Il Centro studi sulle calcolatrici elettroniche della Università di Pisa

Lezione tenuta dal prof. Marcello Conversi, già direttore dell'Istituto di fisica e presidente del comitato direttivo del Centro, in occasione dell'inaugurazione dell'anno accademico 1961-62

Signor Presidente, signore e signori,

le origini del Centro di studi sulle calcolatrici elettroniche del quale mi accingo a parlare, sono state rievocate poco fa dal Magnifico Rettore nella sua relazione annuale. Esse si riconnettono ad un suggerimento dato da Enrico Fermi a Varenna, nel luglio del 1954, poco prima che egli ci lasciasse per sempre. Come ebbe a dire il professor Racah in un seminario tenuto circa tre anni or sono all'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa, fu questo l'ultimo dono lasciato da Fermi in eredità all'Italia. Fu il dono di una idea semplice ma feconda che per merito di un gruppo di giovani ricercatori si è poi concretata nella realizzazione di una grande macchina elettronica, oggi ammirata anche da esperti stranieri per l'originalità e la flessibilità della sua struttura logica. Ma forse più ancora che la Calcolatrice Elettronica Pisana (la macchina CEP, come noi ci siamo abituati a chiamarla prima ancora che venisse alla luce sul finire del 1960) è il Centro di studi a rappresentare, nell'attuale fase del progredire delle scienze nel mondo, lo sviluppo più significativo di quell'idea.

Per intendere il senso di questa affermazione e per comprendere di quale particolare attualità siano gli studi sulle calcolatrici elettroniche, mi si conceda di riportare un brano della deliberazione finale che 41 scienziati di 12 paesi hanno formulato al termine della settima conferenza internazionale «Science and World Affairs», tenutasi quest'anno negli Stati Uniti d'America, a Stowe, nel Vermont. Le precedenti sei conferenze, note comunemente sotto la denominazione di Pugwash dal nome della cittadina canadese in cui la prima di esse ebbe luogo alcuni anni or sono, furono tutte dedicate ai modi di prevenire l'uso della scienza ai fini distruttivi, stante il pericolo di totale annientamento incombente sull'uomo da quando egli si è impossessato delle nuove fonti di energia riposte nel nucleo dell'atomo.

Sol che un illuminato buon senso prevalga sui pregiudizi e sui ciechi interessi dei popoli, a quell'immagine di apocalittica involuzione del genere umano si può contrapporre l'immagine di un monda migliore in cui la scienza, usata cooperativamente da tutte le nazioni con finalità costruttive, fornisce a tutti gli uomini sulla Terra la possibilità di trascorrervi una vita degna di essere vissuta. Impostata su questa immagine di serena ottimismo, la settima conferenza *Science and World Affairs*, cui hanno partecipato fisici, chimici e biologi di reputazione internazionale dall'Est e dall'Ovest, ha avuta come tema la cooperazione internazionale nelle scienze pure ed applicate. Vi si è parlato della costruzione di un colossale laboratorio intercontinentale per lo studio della fisica delle altissime energie, per il controllo delle reazioni termonucleari, per la fisica del plasma, per la chimica degli elementi ultra pesanti, per la biologia delle macromolecole, il tutto impernate intorno ad un centro di calcolo elettronico dotato di calcolatrici di eccezionali prestazioni. A proposito di queste ultime, nella deliberazione sottoscritta al termine della conferenza dai 41 scienziati si legge:

«Lo sviluppo delle grandi calcolatrici elettroniche con le loro enormi memorie e con le altissime velocità di operazione rappresenta una degli eventi scientifici più significativi delle ultime due decadi. Il futuro sviluppo, di queste macchine con più capaci memorie e con velocità per ordini di grandezza maggiori, dovrebbe risultare di immenso valore per la scienza. Macchine del genere avranno costi confrontabili a quelli dei grandi acceleratori di particelle, forse fino a 100 milioni di dollari. Il loro sviluppo dovrebbe essere affrontato sulla base di una cooperazione internazionale. Esse gioveranno al progresso non solo della matematica, ma di tutte le scienze fisiche e biologiche, particolarmente per dipanare il problema della struttura delle macromolecole».

Il brano di cui ho dato lettura costituisce un autorevole riconoscimento della straordinaria importanza delle grandi calcolatrici elettroniche per lo sviluppo dei più disparati settori del sapere. Con esse è divenuto possibile risolvere problemi scientifici e tecnici che per la loro complessità sarebbe stato assolutamente inconcepibile tentare di affrontare con i mezzi a disposizione dell'uomo nella preistoria del calcolo elettronico.

La storia delle calcolatrici elettroniche ha avuto inizio, nondimeno, soltanto quindici anni or sono, anche se il tentativo di costruire una macchina capace di effettuare delle operazioni logiche, di decidere tra due alternative, di operare automaticamente nel senso di una moderna macchina elettronica, risalga ad oltre un secolo fa, per opera del matematico inglese Charles Babbage. Il tentativo fu frustrato dalle enormi difficoltà incontrate in quell'epoca di primordiale sviluppo della tecnica. Ma le idee fondamentali contenute in quel progetto furono riprese molti decenni più tardi e nel 1944 fu completata alla Harvard University la prima macchina del tipo universale suggerito da Babbage, costituita peraltro da elementi non elettronici ma elettromeccanici. La prima calcolatrice universale basata sull'impiego di tubi termoionici, la ENIAC, comparve solo due anni più tardi a Philadelphia. Negli anni successivi il calcolo elettronico ha subito uno sviluppo immenso ed oggi le macchine elettroniche installate nel mondo si contano a migliaia e le migliori di esse hanno prestazioni incomparabilmente superiori a quelle della ENIAC del 1946.

È opportuno precisare che le macchine elettroniche di cui stiamo parlando, chiamate spesso calcolatrici "numeriche" o "a cifre" possiedono un carattere di universalità di applicazioni che le differenzia profondamente dalle calcolatrici "numeriche di tipo analogico". Queste ultime sono in sostanza versioni elettroniche, più o meno complesse, di strumenti analogici meccanografici noti da tempo quali, ad esempio, gli integrafici. Esse non eseguono calcoli numerici come fa invece un comune calcolatore da tavola, bensì forniscono la soluzione approssimata di un determinato problema sotto forma, poniamo, di un grafico. Esse non possono considerarsi come "universali" nel senso della macchina progettata da Babbage perché il loro campo di utilizzazione è in generale limitato ad una classe relativamente ristretta di problemi. Le calcolatrici a cifre sono invece capaci di effettuare dei calcoli numerici, così come un comune calcolatore da tavolo; ed è proprio questa loro capacità che le rende "universali" perché la risoluzione di un problema di calcolo qualsiasi, comunque complesso, può sempre ridursi ad una successione più o meno laboriosa di operazioni aritmetiche elementari.

Il principio di funzionamento di una calcolatrice elettronica a cifre Le verrà illustrato tra breve, Signor Presidente, nel corso della cerimonia di inaugurazione della Calcolatrice Pisana CEP, dal dr. Caracciolo

e dall'ing. Gerace, due dei ricercatori del Centro che hanno maggiormente contribuito al progetto ed alla realizzazione di quella macchina. Ma anche per una migliore comprensione di quel principio appare qui conveniente premettere qualche considerazione generale basata sul confronto tra l'esecuzione di un certo calcolo con l'ausilio di una calcolatrice elettronica e l'effettuazione dello stesso calcolo con i mezzi ordinari. La macchina elettronica dovrà in primo luogo contenere – per quanto si è detto – un organo capace di eseguire le operazioni elementari di addizione, moltiplicazione, ecc. Questo organo si chiama “unità di calcolo” ed è la parte della calcolatrice elettronica che corrisponde al calcolatore da tavolo impiegato per eseguire quel certo calcolo con i mezzi ordinari.

Nel caso del calcolatore elettromeccanico da tavolo, la velocità con cui viene eseguita un'operazione è vincolata all'inerzia meccanica delle ruote, degli ingranaggi, delle leve costituenti il congegno. Nel caso dell' “unità di calcolo”, in cui le parti meccaniche sono per così dire sostituite da dispositivi elettronici, il tempo di transito degli elettroni nei tubi termoionici o, per le macchine del futuro, il tempo occorrente per trasmettere un segnale da una parte all'altra della macchina, stabilisce, in ultima analisi, il limite delle velocità raggiungibili. È facile convincersi che la velocità dell'operazione eseguita meccanicamente è molti milioni di volte minore di quella raggiungibile con l'impiego di dispositivi elettronici.

Questo enorme rapporto tra i tempi di esecuzione di una operazione elementare non permette tuttavia, da solo, di conseguire un apprezzabile guadagno nel tempo di esecuzione di un calcolo completo, il quale comprende in generale una successione assai grande di operazioni elementari. Infatti quando si utilizza una macchina elettromeccanica si sa che in media soltanto il 10% circa del tempo di calcolo va speso in “tempo di macchina”. Il residuo 90% viene impiegato per impostare sulla macchina i dati numerici su cui operare, per trascrivere i risultati intermedi, per consultare, eventualmente, tabelle numeriche, grafici, o libri di tabulazione delle funzioni che intervengono nel calcolo. Perché risulti effettivo il vantaggio di sostituire al lento calcolatore elettromeccanico da tavolo la veloce “unità di calcolo” elettronica, è dunque essenziale integrare quest'ultima con altri organi, basati ancora sull'impiego di dispositivi elettronici, capaci di ridurre proporzionalmente il tempo di trascrizione di risultati intermedi, il tempo di consultazione di tabelle numeriche, ecc., nonché di coordinare automaticamente tutte quelle operazioni che intervengono nelle successive fasi del calcolo, sostituendosi in queste funzioni di coordinamento all'uomo preposto alla esecuzione dello stesso calcolo con i mezzi ordinari. È l'insieme dell'unità di calcolo e di questi organi ausiliari - che sono evidentemente del tutto fondamentali - che costituisce una calcolatrice elettronica a cifre.

La macchina CEP del Centro di Pisa è una calcolatrice elettronica di questo tipo universale studiata particolarmente in vista di applicazioni a problemi di carattere scientifico. È una macchina di notevole complessità, contenente oltre 3.500 tubi elettronici, 2.000 transistori e 12.000 diodi al germanio. È caratterizzata da una struttura logica assai originale che ha suscitato il più vivo interesse da parte di vari esperti stranieri e che le conferisce una particolare flessibilità. Essa ha prestazioni confrontabili a quelle dei più efficienti impianti elettronici presentemente funzionanti nell'Europa occidentale. Per una piena utilizzazione delle sue potenziali possibilità occorrerebbe tuttavia svilupparne le apparecchiature ausiliarie e particolarmente gli organi terminali (le cosiddette “entrata” ed “uscita”) i quali servono ad inserire i dati nella macchina e ad estrarne i risultati da essa elaborati. Questo sviluppo è solo

condizionato al reperimento di adeguati finanziamenti, dato il costo assai elevato delle apparecchiature periferiche più efficienti.

La macchina CEP è stata ultimata sul finire del 1960. Il collaudo completo è avvenuto all'inizio di quest'anno. Vari Istituti scientifici si sono già serviti della CEP per risolvere problemi della più disparata natura che per la loro complessità sarebbe stato del tutto impossibile trattare con i mezzi ordinari e quanto meno antieconomico affrontare con l'ausilio di calcolatrici elettroniche di più modeste prestazioni. Com'è infatti ben noto il costo per l'esecuzione di un calcolo complesso è tanto più basso quanto più elevate sono le prestazioni della calcolatrice elettronica impiegata per risolverlo. Si può stimare, per esempio, che per effettuare un calcolo complesso riducibile all'esecuzione di qualche milione di operazioni elementari, un ipotetico operatore umano infaticabile ed infallibile impiegherebbe molti anni disponendo soltanto di un ordinario calcolatore elettromeccanico da tavola. Lo stesso calcolo potrebbe essere eseguito in alcune ore da una calcolatrice elettronica di modeste prestazioni ed in pochi minuti da una macchina dotata della velocità di calcolo della CEP. I costi scenderebbero di circa un fattore mille dal primo all'ultimo dei tre casi considerati.

La realizzazione della calcolatrice CEP è certamente il risultato più concreto raggiunto dai ricercatori del Centro di Pisa. Essa non esaurisce peraltro l'attività del Centro che, caratterizzato dalla presenza simultanea di ricercatori ad indirizzo assai diverso (matematici, fisici, ingegneri), ha visto compiere nei pochi anni trascorsi dalla sua nascita, ricerche che vanno dall'analisi numerica, alla programmazione automatica, alla struttura logica alla progettazione elettronica ed agli aspetti interessanti la realizzazione delle grandi calcolatrici elettroniche.

Informazioni generali sui risultati conseguiti nella breve storia del Centro sono contenuti in un notiziario, aggiornato fino alla scorso mese di giugno, che sarà distribuito al momento dell'inaugurazione della macchina CEP. Converrà qui solo aggiungere che l'attività didattica e culturale già svolta in passato in seno al Centro sarà quest'anno integrata da corsi di specializzazione per laureati desiderosi di perfezionarsi nella conoscenza e nell'uso delle calcolatrici elettroniche. Senza tornare sulla presente struttura del Centro, le cui linee essenziali sono state tratteggiate nella relazione del Magnifico Rettore, mi sia sola consentito ancora di ricordare che il prof. Faedo - al quale colgo ora l'occasione di rivolgere un sincero ringraziamento per le espressioni di affettuosa stima usate nei miei confronti - è stato egli stesso, e nella difficile fase iniziale della vita del Centro, in quel Comitato direttivo che io ho avuto l'onore di presiedere.

Per mettere ulteriormente in luce la potenziale vitalità scientifica di un Centro del tipo di quello sorto qui a Pisa è opportuno, da ultimo, accennare ad uno almeno degli aspetti dell'automazione elettronica che possiedono un intrinseco interesse speculativo da contrapporre in un certo senso a quello eminentemente applicativo esaminato finora. Riconnettendosi alle possibili relazioni da stabilire fra il mondo dei fenomeni fisici e quello dei fenomeni biologici, questo aspetto si inquadra in quella dottrina di recente origine, cui lo stesso fondatore, Norbert Wiener, ha dato il nome di "Cibernetica".

Nonostante gli sforzi compiuti da fisiologi, biologi, biofisici, la nostra conoscenza del processo del "pensare" è oltremodo limitata.

Sappiamo invero che un simile processo comporta, in particolare, la possibilità di immagazzinare dell'informazione, di ritenerla e di estrarla al momento opportuno e che ai miliardi di cellule nervose contenute nel cervello umano è dovuta tale possibilità. La struttura di queste cellule ed alcune loro proprietà sono anche relativamente ben note al fisiologo; ma il modo in cui l'informazione è elaborata nel cervello ci è sostanzialmente sconosciuto: non sappiamo, per esempio, in quale modo le miriadi di cellule nervose sono interconnesse, sì da permetterci di fare ciò che desideriamo. Dobbiamo perciò rinunciare a dare del pensiero una definizione con l'intendimento di riprodurre, più a meno fedelmente, gli sconosciuti processi che avvengono nel cervello umano.

È facile convincersi, ciò nonostante, che processi elementari tipici del pensiero, come per esempio apprendere e ritenere delle informazioni, estrarle al momento opportuno, scegliere tra due alternative, e così via, possono essere efficientemente eseguite da una calcolatrice automatica. In questo senso ristretto non sembra errato affermare che una macchina del genere "pensa". Ma è evidente la ristrettezza insita in questa nozione di pensiero che esclude ogni capacità creativa. E sebbene in passato alcuni autori abbiano chiamato le calcolatrici elettroniche "macchine che pensano" o "cervelli elettronici", si sostiene oggi generalmente la tesi già formulata un secolo fa dalla contessa di Lovelace, figlia di Lord Byron ed allieva di Babbage, che della macchina del maestro ebbe così ad esprimersi: «Questa macchina non può realizzare se non ciò che noi stessi sappiamo metterla in grado di eseguire». Il che è un po' come dire: «Questa macchina è sciocca».

La possibilità di costruire macchine "intelligenti", capaci di "riconoscere delle forme", di "apprendere" e di "pensare" in un senso più lato di quello cui ho sopra accennato, è tuttavia ancora di viva attualità anche se la realizzazione di soddisfacenti prototipi, basati su principi diversi da quelli su cui poggiano le calcolatrici elettroniche a cifre, appare oggi ancora lontana.

Vale pure la pena di ricordare a questa proposito che lo stesso von Neumann, uno dei grandi pionieri della moderna teoria dell'automazione, ha considerato la concepibile futura realizzazione di macchine così eccezionalmente sviluppate da essere persino capaci di riprodursi. Per questi ipotetici ed ancora fantastici automi del futuro incomincia a sfuggire il senso della distinzione tra ciò che è animato e ciò che è inerte. Superando eventuali barriere psicologiche determinate da antichi pregiudizi, occorre evidentemente modificare schemi mentali tradizionali e rendere sfumate distinzioni tradizionalmente considerate come nette, se si desidera impostare correttamente queste nuove ricerche che sovente si fondano, nello spirito della cibernetica, sullo studio delle analogie tra certe funzioni fisiologiche o psichiche dell'animale e quelle corrispondenti nelle macchine elettroniche.

Accolte con vivo interesse dall'attuale Presidenza del Consiglio Nazionale delle Ricerche, iniziative per investigare in campi siffatti sono sorte recentemente in varie città d'Italia ed il gruppo di esperti che si è formato in seno al Centro di Pisa potrà in futuro contribuire con la propria esperienza al concretarsi di queste nuove affascinanti prospettive.

Marcello Conversi

Da: Annuario dell'Università degli studi di Pisa per l'a.a. 1961-1962.