CALCOLATORI ELETTRONICI E RICERCA SCIENTIFICA

Ogni progresso delle Scienze che giungono a valutazioni quantitative è legato alle possibilità che si hanno di misurare e di calcolare; queste sono a loro volta legate ai progressi della Matematica, della Statistica e delle Scienze e tecnologie che studiano gli strumenti di misura e di calcolo, come la Fisica, l'Elettronica, ecc.

Un tempo la Matematica assisteva immutabile al continuo sorgere, nelle Scienze sperimentali, di teorie destinate ad essere successivamente sostituite da altre più precise e in grado di spiegare i nuovi fenomeni scoperti; la Matematica continuava ad aggiungere pietre al suo edificio logico, senza dover mai sostituire o modificare parte di quello già costruito, perché formato da verità eterne. Questo aspetto divino della matematica, nei confronti di quello umano delle altre Scienze è stato mirabilmente illustrato da Galileo nel « Dialogo dei massimi sistemi ». Egli infatti, distinguendo la conoscenza in estensione e in intensità, così si esprime: « Quanto all'estensione, cioè alla moltitudine degli intelligibili, che sono infiniti, l'intender umano è come nullo quando bene egli intendesse mille proposizioni, perché mille rispetto all'infinità è come un zero. Quanto all'intensità, cioè all'intendere perfettamente alcuna proposizione, l'intelletto umano ne intende alcune così perfettamente e ne ha così assoluta certezza, quanto ce n'abbia l'istessa natura; e tali sono le scienze matematiche pure, delle quali l'intelletto divino ne sa bene infinite proposizioni di più perché le sa tutte, ma di quelle poche intese dall'intelletto umano credo che la cognizione agguagli la divina nella certezza obiettiva, perché arriva a comprendere la ne-

cessità, sopra la quale non par che possa esser sicurezza maggiore ».

Con le prime macchine calcolatrici, meccaniche ed elettriche, non è mutato questo carattere della Matematica; esse permettevano di portare a termine più rapidamente calcoli piuttosto complessi, seguendo i metodi già elaborati attraverso i secoli per il calcolo manuale.

L'avvento degli elaboratori elettronici e il loro prodigioso sviluppo negli ultimi venti anni ha portato a una nuova Matematica applicata, la Matematica sperimentale, che ha le qualità umane di tutte le Scienze fondate sull'esperienza.

Per comprendere il mutamento che è avvenuto occorre fare qualche riflessione su taluni aspetti generali delle matematiche.

Vi sono teorie matematiche che sorgono nel pensiero dell'uomo dall'osservazione del mondo che ci circonda, che suggerisce concetti e astrazioni; il matematico così costruisce una catena logica di proposizioni, partendo dalle più semplici per giungere alle più riposte: tale è ad esempio la geometria di Euclide.

Altre teorie matematiche sono invece inizialmente richieste dalle altre Scienze, per rendere rigorosi o per controllare alcuni risultati o infine per scoprire legami fra fatti a prima vista lontani e poterli comportare in un tutto armonioso. Alcune tra queste teorie sono dovute ad uomini che sono stati allo stesso tempo grandi matematici e grandi fisici: ad es. Archimede, Galileo e Newton hanno gettato le basi del calcolo infinitesimale; in epoca più recente Enrico Fermi è spesso giunto alla soluzione matematica dei suoi problemi tracciando nuove vie suggeritegli dal suo intuito fisico.

La Fisica e la Matematica si sono spesso condizionate fra di loro, ciascuna suggerendo la scoperta o l'affinamento di alcune teorie all'altra.

Le richieste delle varie Scienze alla Matematica si possono suddividere in due grandi tipi: qualitative e quantitative.

Le richieste qualitative esigono la scoperta di strutture matematiche atte alla descrizione dei fenomeni e a trovare le loro mutue relazioni, in modo da giungere a teorie che spieghino i più complessi come conseguenza logica di altri più elementari. Esempio di ciò sono tanti capitoli della fisica, la meccanica classica, l'elettromagnetismo, ecc.

Nelle richieste di tipo quantitativo interessa invece conoscere

il risultato numerico di determinate operazioni; ad es. il carico critico di una data struttura.

La distinzione fatta non è in realtà così semplice, perché quasi sempre il risultato numerico richiesto è ottenuto applicando anche procedimenti di carattere qualitativo.

Si è andato così sviluppando un capitolo della matematica, la Analisi numerica, che ha lo scopo di poter rispondere alle richieste di tipo qualitativo. Lo sviluppo dell'Analisi numerica condiziona in molti casi quelle delle altre scienze.

Ad es. fino a pochi anni or sono una soletta in cemento armato veniva schematizzata come il sistema di due sole travi incrociate; in tal modo si riusciva a calcolare matematicamente la soletta e ci si doveva accontentare di una grossolana approssimazione della struttura studiata.

Prima dell'avvento degli elaboratori elettronici era accettato che la Scienza che più aveva bisogno della matematica era la Fisica, nella sua eccezione più vasta che comprende tutte le sue applicazioni (tra cui l'Ingegneria); le altre scienze talvolta ricorrevano alle matematiche, ma in modo assai accidentale. Ad es. nelle scienze biologiche, si è avuta la teoria matematica di Volterra della lotta per l'esistenza e nell'economia politica la matematica è intervenuta in epoca relativamente recente.

Inoltre la possibilità di calcolare o elaborare dei risultati molto spesso era condizione indispensabile non solo per poter effettuare degli esperimenti ma anche per poterli concepire; infatti la mancanza di questa possibilità di controllo numerico può far apparire privo di senso quello stesso esperimento.

Un esempio di ciò lo abbiamo sotto gli occhi ai nostri giorni; sono i prodigiosi progressi compiuti dai satelliti artificiali, che stanno realizzando la conquista dello spazio da parte dell'uomo. L'invio di un satellite nello spazio, a parte le difficoltà finanziarie e tecnologiche, non sarebbe nemmeno pensabile se non fosse possibile seguire istante per istante il satellite nel suo moto, calcolandone la posizione, la velocità, l'accelerazione e gli altri dati cinematici occorrenti; poiché il satellite si muove a velocità dell'ordine di decine di chilometri al secondo, questi calcoli devono avvenire in pochi milionesimi di secondo e in altrettanto tempo devono essere date al satellite le istruzioni per correggere le deviazioni dall'orbita voluta.

Calcolatori

Vediamo perché l'avvento dei calcolatori elettronici ha profondamente mutato la situazione. Il calcolatore è una macchina che possiede una memoria, cioé un organo capace di ricevere, trattenere e comunicare agli altri settori della macchina, dati numerici o altre informazioni in quantità praticamente illimitata; ad es. il ricordare la posizione anagrafica di tutti i cittadini italiani non costituisce un aggravio per un moderno calcolatore. Inoltre il calcolatore sa eseguire una serie di operazioni aritmetiche e logiche, ciascuna in un tempo estremamente breve, dell'ordine di milionesimi di secondo. Quando si deve usare il calcolatore si inserisce nella memoria il programma, cioé la successione delle istruzioni che via via il calcolatore dovrà eseguire; nel programma sono previste alternative, che il calcolatore deciderà durante il suo lavoro, a seconda di come esso si sviluppa.

Ad es. si abbia da calcolare un numero ignoto usando un procedimento ricorrente, cioé che permette di dedurre, applicando lo stesso procedimento, dalla approssimazione n^{ma} quella $(n+1)^{ma}$.

Nel programma non è prescritto quante volte si debba ripetere il procedimento perché non si sa quale sia il numero di volte sufficiente a ottenere una buona approssimazione; nel programma è scritto che si vogliono ad es. le prime quattro cifre decimali esatte e il calcolatore si arresterà automaticamente quando ha raggiunto ciò, decidendo ad ogni passo l'alternativa di arrestarsi o di dover continuare a calcolare.

Caratteristiche

Le caratteristiche di nuovo tipo dei calcolatori elettronici, rispetto alle precedenti macchine da calcolo, sono la grande capacità di dati che possono essere ricordati, la possibilità di utilizzare programmi standard preparati una volta per sempre semplificando così al massimo la programmazione e rendendo automatico il processo operativo; la grande rapidità dell'intero procedimento elaborativo, che può essere in grado di rispondere, come usa dirsi, in un tempo reale, e cioé quasi istantaneamente.

Per queste ragioni si può dire che l'Analisi numerica nell'era dei calcolatori elettronici è profondamente mutata e ha dato a questo tipo di matematica le caratteristiche delle Scienze sperimentali.

Infatti non solo per uno stesso problema da risolvere può essere richiesta, a secondo dei casi, una soluzione numerica più o meno approssimata (ciò che accadeva anche nel calcolo numerico manuale) ma bisogna approntare per l'elaboratore elettronico metodi nuovi di calcolo, che siano in grado di fruttare a pieno le sue grandi possibilità. Alcuni procedimenti matematici già in auge nel classico calcolo numerico devono quindi essere sostituiti da metodi nuovi, particolarmente studiati per utilizzare le sconfinate doti dei calcolatori elettronici. Si è venuto così a creare un nuovo atteggiamento mentale che porta in primo piano nuovi aspetti della Matematica, quale l'esigenza di frequenti sperimentazioni numeriche, che permettono di verificare l'attendibilità di ipotesi fatte. Da tale atteggiamento trarranno nuovo impulso anche le matematiche pure, che sempre hanno condotto in termini logici le intuizioni o le astrazioni fatte sull'esperienza del mondo sensibile (si pensi al passaggio dalla geometria intuitiva alla geometria di Euclide); infatti gli elaboratori elettronici permettono di fare esperienze numeriche, un tempo impensabili, dalle quali dedurre e saggiare congetture che, se confermate dalla logica matematica, accresceranno il numero delle verità eterne conosciute dall'uomo. $\frac{1}{2} = 0{,}4999$. Bieberbadi rapp. conforme.

Anche le Scienze applicate e la tecnica devono riesaminare la loro situazione quando vogliono utilizzare un elaboratore elettronico. C'è infatti in tutti la tendenza più o meno inconscia di far rifare all'elaboratore elettronico tutti i passi che prima venivano compiuti manualmente; si corre così il rischio di utilizzare lo strumento in modo assai marginale, facendogli ricavare dati inutili; infatti l'elaboratore può giungere al risultato in modo assai più diretto e quindi, a parità di tempo impiegati, si possono ottenere un maggior numero di risultati.

Può darsi che il metodo più idoneo a essere utilizzato dal calcolatore sia stato già scoperto dall'uomo qualche secolo fa e poi abbandonato perché non si prestava al calcolo manuale per il quale sono poi stati elaborati metodi ulteriori; di ciò si hanno esempi frequenti (frazioni continue, differenze finite).

Compiti

Attualmente tutte le scienze possono ricevere nuovi impulsi dall'uso dei calcolatori.

Volendo esaminare, in linea schematica, come un calcolato-

re possa essere utilizzato in una scienza, si possono distinguere tre fasi essenziali:

I) Organizzazione e semplificazione dei dati (sperimentali, statistici ecc.).

II) Scoperta, dopo l'elaborazione dei dati, delle eventuali relazioni che li legano e formulazione, in base ad esse, di ipotesi che appaiano attendibili.

III) Controllo delle ipotesi fatte, simulando sul calcolatore il fenomeno usando un appropriato modello matematico.

Esaminiamo un po' più da vicino queste tre fasi.

La ricerca nelle scienze sperimentali implica la raccolta di molti dati e la necessità di analizzarli per ricavarne quelli essenziali; quanto più aumentano i mezzi della ricerca, tanto più numerosi si accumulano i dati e la loro analisi si fa sempre più complessa.

Ciò accade anche nelle scienze sociali, in cui le tecniche moderne permettono di rilevare dati relativi a fenomeni che un tempo non si pensava nemmeno che potessero essere soggetti ad analisi. Vi sono poi scienze nelle quali si possiedono già enormi quantità di dati, che non si sono mai potuti analizzare, presentando tale studio difficoltà ritenute insormontabili. Si pensi ad es. alla mole di dati ricavati in campo geologico dalle ricerche petrolifere, che si sono svolte con intensità sempre crescente ormai in ogni parte della terra; un'analisi globale di tali dati per una ragione assai vasta può solo essere tentata da un grande elaboratore elettronico e portare a risultati generali che sfuggono all'osservatore finora costretto a esaminare soltanto una piccola parte dei dati a disposizione.

La cosa essenziale è che il calcolatore può scoprire, in questa grande massa di dati, relazione fra essi e regole che il gran numero di variabili nasconde ai nostri occhi. Lo scienziato allora è portato a chiedersi il perché di queste relazioni e ciò lo porterà a immaginarsi in un certo modo la struttura del fenomeno; il calcolatore ha così contribuito a suggerirgli alcune ipotesi come più plausibili di altre. Sulla base di questa ipotesi, allora egli costruirà un modello del fenomeno e la conferma della bontà delle ipotesi fatte si avrà qualora le ulteriori proprietà suggerite dal modello siano confermate da successive analisi condotte sui dati.

Come ulteriore esempio pensiamo alla massa di dati che sono conosciuti nell'economia italiana; dati delle singole aziende e dei settori più riposti e altri dati che indicano le relazioni fra i settori diversi. Se tutti questi dati potessero essere ordinati rivelando relazioni che ancora ci sfuggono, si potrebbe costruire un modello dell'economia italiana, sia pure contenente un gran numero di variabili, che rappresenti con sufficiente approssimazione la realtà tanto complessa; tale modello permetterebbe, variando opportunamente i parametri, di prevedere le conseguenze di determinati provvedimenti settoriali o fiscali, valutandone per tempo la convenienza e la tempestività.

È opportuno chiarire cosa si intenda per modello e per simulazione di un fenomeno. La teoria dei modelli, sviluppata ben prima dell'era dei calcoli elettronici, tendeva a riprodurre « in scala » il fenomeno in modo da ricavare alcuni dati sperimentali, dai quali dedurre quelli reali.

Ad esempio un modello di aereoplano introdotto in una galleria del vento permette di ottenere le caratteristiche aerodinamiche delle varie parti costituenti l'aeroplano; un modello di una diga o di un canale o di un porto, permette di studiare, nei laboratori di idraulica, le varie azioni idrodinamiche.

Vi sono poi altri tipi di modelli, detti analogici, che sono fisicamente diversi dal fenomeno reale e nei quali viene riprodotto un fenomeno diverso, ma soggetto alle stesse leggi matematiche; ad es. un sistema elastico, come le sospensioni di un autoveicolo (costituite da inerzie varie, molle, ammortizzatori idraulici ecc.) può essere simulato su un circuito elettrico, in quanto che le componenti di questo circuito (resistenze, induttanze, condensatori ecc.) soddisfano alle stessi leggi formali delle componenti del sistema elastico; infatti le equazioni differenziali che legano tra loro tensione e corrente sulle varie componenti del circuito elettrico sono le stesse che esprimono la relazione fra forza e velocità delle corrispondenti del sistema elastico.

Entrambi tali tipi di modelli si possono far risalire all'origine della scienza moderna, la scienza sperimentale, nata con Galileo; infatti l'invenzione dell'esperimento in modo da riprodurre il fenomeno non quale ce l'offre la natura, ma nelle condizioni ideali per poterlo più facilmente osservare, può concepirsi come il primo modello nella storia della Scienza. Ad es. Galileo, per studiare la caduta libera dei gravi, impossibile ad osservarsi con gli strumenti dei tempi, e ricavarne l'ancora ignota legge, sostituì al

fenomeno naturale quello del più lento rotolamento di una pallina su un piano inclinato; fenomeno che, nell'ipotesi di assistenza di attrito, Galileo aveva intuito dover soddisfare alla stessa legge (cioè alla stessa equazione differenziale) della caduta libera.

I calcolatori elettronici hanno infine recentemente dato vita a un tipo completamente nuovo di modelli, i modelli simbolici. Non sono più modelli aventi una loro struttura fisica; sono soltanto un complesso ordinato di operazioni logiche e matematiche. Essi sono dotati di grande flessibilità e sono in grado di rappresentare svariatissimi tipi di fenomeni, non aventi in apparenza relazione fra loro.

Uno stesso calcolatore può essere programmato, ad esempio, per simulare i fenomeni atmosferici e dare efficaci previsioni del tempo. Infatti si conoscono i sistemi di equazione differenziali che reggono i fenomeni atmosferici; i rilevamenti degli osservatori meteorologici consentono di individuare la situazione nelle zone interessate a un dato istante e il calcolatore permette di dedurre, risolvendo il sistema differenziale con quei dati iniziali, le funzioni incognite nel tempo successivo. Tutto ciò è reso possibile dalla rapidità fulminea di calcolo che consente oggi di effettuare in pochi minuti calcoli che fino a pochi anni or sono non erano nemmeno pensabili. Lo stesso calcolatore, mutando il programma, potrà poco dopo simulare la rete di traffico di una grande città e di una regione, segnalando i punti critici nelle varie condizioni, indicando le variazioni che si avrebbero qualora si effettuassero determinati interventi. Ancora quel calcolatore potrà simulare il moto di un missile, la situazione economica di un paese, la situazione di un mercato, indicando l'accoglienza di un nuovo prodotto e la convenienza di determinate operazioni. Potrà ancora simulare un fenomeno fisiologico, come il sistema respiratorio o la circolazione sanguigna in un organo e far prevedere le conseguenze di alcuni interventi su tutto il sistema.

Tutte le volte che un sistema reale non sia accessibile alla sperimentazione (per il costo, il pericolo o la eccessiva complicazione) il calcolatore ne permette la simulazione simbolica, che può dare preziose indicazioni, con risparmio di tempo e riduzione di costi.

Il problema della simulazione con gli elaboratori elettronici è così importante che solo nel prossimo mese avremo su di esso un congresso scientifico internazionale a Pisa presso la sede del Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico e uno, di

carattere più applicativo, a Venezia, presso la Fondazione Cini, organizzato dall'Associazione italiana di calcolo automatico.

Moltissimi altri sono i contributi che i calcolatori elettronici possono dare alle varie scienze, in particolare quando siano in gioco fenomeni di carattere aleatorio, per il cui trattamento gli elaboratori elettronici sono particolarmente indicati, potendo essi eseguire serie di esperimenti in un numero talmente grande (e in tempo relativamente esiguo) da poter sostituire alle ignote distribuzioni di probabilità quelle dedotte sperimentalmente dalle frequenze degli eventi.

Applicazioni

Non si possono tacere altre grandi applicazioni già realizzate o in corso con l'uso dei calcolatori elettronici e che contribuiscono notevolmente al progresso più avanzato. Si è già accennato al problema della previsione del tempo e a quello della regolazione del traffico in una rete stradale; analogamente si sta organizzando il traffico aereo, si organizza il controllo della produzione, nelle sue varie fasi, il controllo numerico delle macchine utensili e più in generale l'automazione nell'industria, che porterà l'uomo a produrre di più avendo a disposizione più tempo libero; si può organizzare razionalmente l'amministrazione di una azienda o dello Stato (compreso il sistema fiscale), di un grande ospedale (controllando con sicurezza le operazioni più periferiche, come la somministrazione delle medicine ai malati); si può avere una gestione razionale di un grande magazzino, organizzare la traduzione tra lingue diverse, il confronto fra testi per ricavarne particolarità filologiche, organizzare archivi e compiere infine un altro essenziale servizio per le Scienze moderne: ordinare la marea sempre più alta di dati bibliografici che da ogni parte del mondo affluiscono e che rendono impossibile agli scienziati di conoscere adeguatamente lo sviluppo della loro stessa specialità o attività. Prima di ogni ricerca seriamente organizzata e che ormai solo una équipe di studiosi, rappresentante le varie competenze occorrenti, può affrontare, occorre un aggiornato esame delle conoscenze antiche e recenti sull'argomento: entrano così nella scienza due concezioni che si sono andate imponendo soltanto dopo il secondo conflitto mondiale e cioè i metodi della Ricerca operativa e il contributo del calcolatore elettronico fin dalla fase iniziale per fornire i dati bibliografici per la preparazione della ricerca. Si rom-

pono così le barriere tra le varie scienze, tra quelle fondamentali e quelle applicate, barriere che erano state create dall'impossibilità per un solo uomo di conoscere quanto nelle altre scienze veniva fatto e che poteva essere utile per la sua. I giovani, che con il loro entusiasmo avvertono quali sono i rami vitali della Scienza, sono quelli che con maggior audacia si sono lanciati in questa direzione. Ad esempio nella mia Università lavorano insieme gruppi di medici, biologi, chimici, fisici e matematici per studiare problemi come quello della simulazione del comportamento di sistemi fisiologici assai complessi, in particolare di quello cardiocircolatorio; gruppi che hanno come coadiutore essenziale nel loro lavoro il calcolatore elettronico, che ha reso così possibile il ritorall'unità della Scienza.

Numerose sono le ricerche che si sono potute compiere nel campo medico a Pisa mediante la collaborazione di studiosi di diverse discipline; particolarmente importante sono quelle realizzate, col contributo finanziario dell'Euratom, per perfezionamenti al cuore artificiale e per la progettazione e costruzione di un apparato atto alla diagnosi precoce dei tumori, (in brevissimo tempo) nel quale un calcolatore elettronico disegna una pianta topografica del paziente indicando i punti in cui una anormale attività cellulare fa sospettare l'esistenza di cellule cancerogene; lo stesso apparecchio serve anche per effettuare più precise localizzazioni e disegni atti ad aiutare il chirurgo nella fase operatoria.

Questa attività che aveva avuto già ambiti riconoscimenti in campo internazionale, recentemente ha avuto il premio più degno dal C.N.R., che sta creando in questi giorni a Pisa un Istituto nazionale nel quale ricercatori di tutte le Scienze lavoreranno insieme con i medici per risolvere, unendo le loro forze, problemi di fisiologia clinica.

L'organizzazione degli archivi, l'ordinamento e la selezione dei dati sono aspetti particolari di quello che oggi usa chiamarsi il trattamento delle informazioni e a cui i calcolatori elettronici hanno dato nuove dimensioni.

È questo un problema antico quanto la civiltà umana. L'uomo ha imparato a comunicare agli altri uomini dapprima col linguaggio, le sue informazioni; poi, imparata la scrittura, le ha trasmesse oltre che ai contemporanei anche alle generazioni successive accumulando masse di dati e di conoscenze che sono racchiusi nei libri e nelle biblioteche. Ma altre invenzioni ha fatto l'uomo per avere mezzi per ordinare e dare un senso a questa massa di informazioni. Ha inventato un sistema di numerazione e la relativa aritmetica, in epoca relativamente recente rispetto allo sviluppo di altri rami del sapere; ancora prima, esigenze pratiche e conoscitive avevano fatto sviluppare la geometria che oggi diciamo Euclidea, maestra di ogni ramo della Scienza, perché ha per prima messo in luce le regole logiche e i teoremi che permettono di ridurre verità complesse ad altre più semplici.

Si sono poi sviluppati gli altri rami delle matematiche e delle altre scienze, sempre seguendo questo sentiero e cioé cercando di scoprire quei fatti essenziali e semplici nella natura dai quali gli altri discendono come conseguenza e le leggi che li governano. Si accumulano così grandi quantità di dati, il cui numero cresce vertiginosamente; ma la Scienza non può limitare la sua opera soltanto alla loro raccolta. Essa deve ordinare ed elaborare i dati bruti in modo da trattare solo quelli essenziali: solo allora la Scienza ha costruito e ha fatto compiere un passo alla Conoscenza.

A questo processo instancabile, iniziato con le origini della civiltà, il calcolatore elettronico sta dando un contributo essenziale, proprio mentre si stava avvicinando il pericolo che il processo entrasse in crisi per il vertiginoso aumento del numero dei dati continuamente affluiti.

Il contributo del calcolatore elettronico non si limita soltanto a raccogliere e a registrare questi dati, ma ad eseguire su di essi le operazioni logiche e matematiche, che erano già note e che il calcolatore può solo eseguire in tempo brevissimo e in quantità enorme; così il calcolatore ordina e seleziona i dati, mettendo in evidenza quelli che sono essenziali.

Applicazioni Medicina U.S.A.

In una visita che ho fatto il mese scorso alle Università della California ho potuto vedere un centro di calcolo elettronico a completo servizio di una Facoltà di medicina; i medici hanno subito notizie bibliografiche altrimenti impossibili ad aversi, su ricerche che interessano o su precedenti casi clinici per confrontarli con quelli che sono in esame. Inoltre sono state compiute ricerche in medicina, che solo con l'ausilio del calcolatore possono avere un senso. Ad esempio a Los Ange

les si iniziò nel 1950 una ricerca di questo tipo con l'esame di 2.000 persone sane, che negli anni successivi sono state riesaminate altre due volte. Ogni esame di ogni individuo implica la raccolta di circa 1000 dati, relativi, ad esempio, all'età, all'altezza, al peso, alla circonferenza del braccio, del polso, del petto, della vita, del polpaccio; agli esami del sangue e dell'urina, alla storia medica del paziente e dei suoi ascendenti; alla sua dieta, al suo grado di istruzione e alla sua occupazione; ai dati del suo cuore ecc. La sola voce « dolori al petto » è divisa in dodici tipi (senso di pesantezza, oppressione, fastidio, ecc.) ad ognuno dei quali corrisponde un numero secondo un codice prestabilito. Di queste 2.000 persone ne sopravvivono dopo 15 anni circa 1.500. Delle 500 scomparse nel frattempo molte sono morte per malattie di cuore.

Il confronto tra questi milioni di dati raccolti può essere fatto solo da un calcolatore, che ha messo in evidenza, tra le cause determinanti delle malattie di cuore con effetto letale l'alta pressione sanguigna e l'alta quantità di colesterolo e come questo varia con l'età e durante l'anno al variare delle stagioni.

L'importanza dell'uso dei calcolatori elettronici nella ricerca medica è ormai così sentita che in questi giorni si sta svolgendo a Copenhagen un importante congresso internazionale dedicato proprio a questo tema.

Si è sempre però sottinteso il fatto fondamentale e cioé che il calcolatore per poter lavorare, con l'efficacia e lo zelo eccezionali che ho cercato di mettere in evidenza, attende le istruzioni dell'uomo, attende cioé che gli sia dato un programma che egli fedelmente e rapidamente eseguirà.

La diffusione dell'impiego dei calcolatori, che ha ormai raggiunto un ritmo impressionante ha quindi posto un problema assai grave e importante: quello della preparazione in tempo utile del personale atto ad usare e a programmare i calcolatori ai vari livelli e in quantità tale da rispondere alla sempre crescente domanda.

È questo uno dei campi in cui è essenziale la collaborazione fra Università e Industria.

Occorrono tecnici e ricercatori per lo studio, la progettazione e il progresso in questo campo; tecnici per la manutenzione e l'assistenza agli utenti. Matematici e programmatori per l'esercizio di un centro di calcolo. Infine, per l'utilizzazione per scopi scientifici, si è rivelato essenziale che la programmazione venga

fatta o almeno seguita da studiosi che collaborano a quella ricerca. Ciò è possibile con la diffusione dei linguaggi di programmazione che permettono anche a persone di modesta cultura matematica di eseguire un programma; è questa una scoperta assai recente e di grande importanza che ha permesso la grande diffusione a tutte le scienze dell'uso dei calcolatori elettronici CSCE - CEP - 1953 Fermi - CNUCE 70-90 - IBM - Industria, borse di studio, corsi per programmatori.

È ben noto cosa si intenda in Matematica per Probabilità; ad esempio, se si lancia un dado a sei facce la probabilità che esca la faccia 1 è 1/6, rapporto fra il numero dei casi favorevoli a quello dei casi possibili. Invece se si esegue una serie di prove si dice frequenza della faccia 1 il rapporto fra il numero di volte in cui è uscita la faccia 1 e il numero delle prove effettuate. La probabilità è sempre 1/6, la frequenza invece è variabile e dipende dalla serie di prove effettuate; la probabilità è calcolata a priori, la frequenza a posteriori e noi ci attendiamo che se il numero delle prove è abbastanza grande, la frequenza sarà molto prossima a 1/6. Questa presunzione è stata precisata e approfondita nel calcolo delle probabilità classico.

Vi sono eventi nei quali la probabilità è un numero dipendente da altri parametri, cioè, come usa dirsi, la probabilità è una funzione. Ad esempio in un gruppo sociale omogeneo la probabilità che ha un individuo di raggiungere una certa età, dipende da questa età e da quella che ha attualmente quell'individuo.

La ricerca di queste probabilità che sono funzioni la si fa risolvendo delle equazioni, dette appunto funzionali, le più comuni delle quali sono dette equazioni differenziali; queste equazioni permettono di risolvere anche problemi di natura assai diversa, allo stesso modo che una semplice equazione di 2° grado, a seconda del significato della variabile, può tradurre un problema di geometria o di fisica o di chimica. Il guaio è che queste equazioni funzionali, anche se soltanto differenziali, si sanno risolvere solo in casi molto semplici, e in generale bisogna accontentarsi di soluzioni approssimate.

Così da qualche secolo si è creata l'abitudine a sostituire alla ricerca della frequenza di un evento quella della sua probabilità a priori; per trovare questa probabilità si devono risolvere complesse equazioni funzionali, le cui soluzioni possono interessare problemi di natura assai diversa. Ad esempio il calcolo del potenziale di un campo elettrico, dipende dalla soluzione di una

equazione differenziale detta di Poisson, che è la stessa che si ottiene per calcolare la probabilità di un certo evento.

C'era stato nel passato qualche tentativo di andare contro corrente; ne ricordo uno fatto, ai primi di questo secolo dal prof. Pizzetti, che insegnava Geodesia nell'Università di Pisa. Era nota la formula che esprime la probabilità che un ago lanciato a caso cada entro una striscia piana più stretta della lunghezza dell'ago. L'ago cadrà dentro se sarà sufficientemente inclinato rispetto all'asse della striscia; si tratta cioè di un problema di angoli e quindi non c'è da stupirsi che nell'espressione che dà la probabilità compaia il numero.

Pizzetti fece eseguire a un suo docile assistente 10.000 noiosissimi lanci dello stesso ago valutando così la frequenza in quella serie di prove. Considerando questa frequenza come approssimazione della nota probabilità, egli ottenne una espressione approssimata di π, esatta nelle prime quattro cifre decimali. Questo tentativo rappresentava un controllo sperimentale di una formula matematica e venne considerato come una semplice curiosità di uno studioso.

In questo dopo guerra E. Fermi ha ripreso questa idea, usando i calcolatori elettronici e ideando un metodo cui ha dato il nome suggestivo di Metodo Montecarlo, che è oggi fra i più usati nel calcolo elettronico.

Volendo risolvere una complessa equazione funzionale si programma sul calcolatore la simulazione di un fenomeno la cui probabilità soddisfi alla stessa equazione. Si ordina al calcolatore di ripetere un gran numero di volte, β con dati scelti a caso, quel fenomeno; ciò è facile per il calcolatore che deve soltanto ripetere più volte lo stesso programma e che quindi può fare serie numerosissime di prove.

La frequenza che si ottiene dà quindi la soluzione approssimata dell'equazione funzionale che si voleva risolvere.

ALESSANDRO FAEDO