

# La Simulazione

di Valter Di Dio

*Se cercate su un'enciclopedia la parola simulazione molto probabilmente troverete una definizione di questo tipo: "Tentativo di far apparire qualcosa che non è vera, come se lo fosse; ovvero comportamento inteso a provocare la falsa credenza di uno stato non vero...", tra le altre voci troverete anche simulazione di reato e stato di simulazione nei disturbi mentali. Dell'uso scientifico attuale di questo termine non si fa alcuna menzione.*

*Se volessimo una definizione la possiamo trovare nel libro "Systems Simulation: The Art and Science" di Robert Shannon (ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall 1975) dove si legge: "Simulazione è il processo di creazione del modello di un sistema reale e la conduzione su di esso di esperimenti al fine sia di capirne il funzionamento sia di valutare gli effetti di varie strategie nell'uso del sistema".*

*Due punti emergono subito dall'analisi della definizione in relazione al titolo del libro: la fase "Arte" in cui viene creato il modello e la fase "Scienza" in cui si studiano le reazioni del modello agli stimoli.*

*In questa seconda fase tutta la validità del lavoro dipende dall'accuratezza con cui è stato pensato e realizzato il modello: pensate allo studio del profilo di una carrozzeria in galleria del vento nel caso in cui il falegname che realizza il modello abbia sbagliato le misure.*

*Non è certo da poco tempo che durante le varie fasi di sviluppo di un progetto vengono usati dei modelli, la novità sta nel tipo di modello che si utilizza e nell'uso del computer.*

Le applicazioni della simulazione sono innumerevoli e ogni giorno più numerose, questo perché la simulazione al di là del semplice giochino è un vero e proprio strumento di analisi: potente, versatile, veloce ed economico. Tra i vari utilizzi citiamo la gestione dei trasporti, la distribuzione delle merci ai clienti, la gestione delle risorse e della manodopera, la suddivisione delle risorse idriche, il disegno aeronautico, lo sviluppo dei sistemi urbani e, non ultimo, il disegno assistito da computer, con cui è possibile avere la stessa visione che avrebbe una persona che cammini dentro una casa prima che questa sia costruita.

La simulazione si divide in due tipi: la simulazione continua e quella discreta. La suddivisione deriva ovviamente dal tipo di realtà che andiamo ad osservare.

Il caso continuo è quello in cui le leggi che governano la realtà sono fondamentalmente equazioni differenziali che anziché essere risolte con metodi analitici tradizionali vengono risolte numericamente (e quindi approssimate). Un classico esempio di simulazione continua è la famosa "Asta che cade" i cui programmi esistono ormai per quasi tutte le macchine. In questi articoli non ci interessiamo alla simulazione continua, oltretutto visto che, a patto di prendere degli intervalli di tempo abbastanza piccoli, si può approssimare con quella discreta. La simulazione discreta si occupa principalmente di quei processi in cui gli eventi si verificano ad intervalli di tempo variabili e abbastanza lunghi (a volte può passare anche un anno tra un evento e l'altro). Questo tipo di successione di eventi viene chiamato "Fila d'attesa": si può infatti paragonare alla coda che si forma davanti allo sportello di un ufficio postale in cui le persone (gli eventi) arrivano a intervalli casuali e utilizzano le risorse (lo sportello) per durate anch'esse casuali.

La teoria delle file d'attesa viene utilizzata ad esempio per gestire il traffico aereo

e per la progettazione di impianti destinati generalmente al pubblico.

Il tipo di simulazione da usare, continua o discreta, dipende essenzialmente dal tipo di ricerca che si vuol fare. Ad esempio la crescita di una popolazione è un evento continuo, con un delta-I costante, se visto nel corso di un anno, ma discreto (file d'attesa) se analizzato giorno per giorno.

## I modelli

La parola modello ci porta subito alla mente un qualcosa tipo il trenino elettrico in scala o il plastico di una villetta; infatti sono proprio questi i più semplici e i più antichi modelli utilizzati. In realtà esisteva in precedenza, e purtroppo viene ancora utilizzato troppo spesso, un modello ancora più semplice: la "TRADIZIONE".

Non esiste una vera e propria classificazione del modello tradizionale che perciò chiameremo "modello storico". Per storico si intende il fatto che tale modello è basato su precedenti esperienze riuscite vincenti in condizioni analoghe.

Facciamo un esempio: il muratore che decide di farsi una casa per conto suo ha bene in mente il tipo di casa da costruire e ha anche una certa idea delle strutture che dovrà realizzare affinché la nuova costruzione sia sufficientemente solida. Non esegue quindi nessun progetto, né effettua test sui materiali o sul terreno, e costruisce basandosi unicamente su una sorta di sensibilità acquisita nel corso della sua professione. Se infatti ha costruito una volta un balcone di sei metri per due con un certo spessore e ancora non è crollato vuol dire che va bene così (almeno fino al prossimo terremoto).

È ovvio che un simile modello non regge più nel momento in cui vengono a mancare esperienze precedenti, inoltre raramente i lavori sviluppati su simili modelli riescono ad essere ottimizzati, anzi spesso sono

completamente disastrosi sotto il profilo economico. Un altro esempio di modello storico economicamente pericoloso è la gestione delle giacenze di magazzino effettuata "ad occhio"; che, se pure può funzionare momento per momento, non è certo utilizzabile per effettuare previsioni di acquisti futuri o decisioni di differenziazione (acquistare un nuovo prodotto in vista di una diversa richiesta del mercato).

Una cosa è però importante riconoscere al modello storico: la sua stretta parentela con il modello statistico che vedremo più avanti. Si può quasi dire che il modello statistico sia nato dalla necessità di razionalizzare il modello "occhio-metrico" al fine di superarne i limiti senza perdere quell'aggancio con la tradizione spesso indispensabile ad una corretta previsione.

## Il modello fisico

Il modello fisico è quello che più siamo abituati a riconoscere come tale. In genere si tratta di un modello in scala ridotta, ma non mancano esempi di modelli in scala 1/1 o addirittura ingranditi. Il modello fisico si usa di solito per scoprire relazioni e comportamenti più fisici che socioeconomici, e in questo campo funziona tuttora abbastanza bene, forse solo per motivi di abitudine. Un esempio di modello fisico è la locomotiva costruita in scala per vedere se un nuovo tipo di trasmissione funziona correttamente o meno, oppure il modellino di un nuovo scafo da provare nel bacino idrico per verificarne le doti di scorrevolezza. Il principale difetto del modello in scala è il fatto che non tutte le leggi fisiche lavorano allo stesso modo indipendentemente dalla dimensione del modello. Una legge che, ad esempio, non rispetta questa scala e che spesso non è possibile ignorare è l'attrito: se volessimo provare effettivamente la resistenza aerodinamica assoluta di un modello di automobile in scala 1/10 utiliz-

zando una galleria del vento dovremmo aumentare proporzionalmente la densità dell'aria in modo da recuperare la differenza di attriti tra il modello in scala e l'automobile vera. Proprio per eliminare questo problema i modelli tendono oggi ad essere, quanto più possibile, in scala 1/1. Si realizzano quindi gallerie del vento molto grandi in cui mettere dei modelli in legno a grandezza naturale. Certo che se dovete provare un nuovo profilo alare per un jumbo jet credo che avreste dei seri problemi a trovare la galleria del vento adatta. Per lo Shuttle, ad esempio, hanno risolto il problema montando il modello (in scala 1/1) direttamente sopra un Jumbo adattato a laboratorio.

Pur tuttavia, anche risolvendo il problema delle dimensioni, il modello fisico ha il difetto di essere difficilmente modificabile (occorre in genere ricostruire il modello) e alquanto costoso specie nelle prove distruttive; basta ricordare quando le case automobilistiche, non molti anni orsono, sfasciavano decine di automobili (vere) per effettuare i test di resistenza agli urti. Un altro tipo di modello fisico, adesso in disuso, era il modello analogico in cui si simulava il comportamento di certi componenti meccanici con un circuito elettrico equivalente (per analogia), un classico esempio è quello di simulare il comportamento di una sospensione (braccio oscillante, molla, e carico) con un circuito oscillante (induttanza, condensatore e resistenza); le variazioni del fulcro rispetto al terreno della sospensione corrisponderanno alla variazione di tensione ai capi del modello analogico. Se il circuito è dimensionato correttamente (identiche costanti di tempo e stessi valori di smorzamento) è possibile vedere su un oscilloscopio (tubo a raggi catodici) le stesse variazioni di "altezza dal suolo" che si osserveranno poi realmente nell'uso della sospensione. Pensate che i primi calcolatori balistici utilizzati sulle navi per la determinazione del tiro delle batterie erano di tipo analogico, il calcolo si impostava con una serie di potenziometri e il risultato si leggeva su un voltmetro.

## Il modello matematico

Un tipo di modello può tuttavia risolvere alcuni dei problemi che assillano il modello fisico: il modello matematico.

Per provare ad esempio la resistenza alle sollecitazioni trasversali di un ponte sospeso non è necessario costruire il ponte più un ventilatore alto cinquanta metri, ma si può semplicemente ricorrere alle equazioni che governano la resistenza alle sollecitazioni delle strutture in acciaio, cemento o altro. Si può così sapere in precedenza come una struttura, comunque complicata, si comporterà in presenza di forze comunque disposte. Questa procedura è tuttora utilizzata con successo in tutta la attuale progettazione di strutture. Il fatto è però che, per quello che riguarda travi, telai e strutture varie, la trattazione matematica è già stata

fatta una volta per tutte e sono ormai varie decine di anni che la si usa. Questo garantisce la perfetta (o quasi) corrispondenza tra le reazioni del modello matematico e quelle della struttura fisica. Ma se noi dovessimo utilizzare il modello matematico su un problema nuovo, occorrerebbe prima di scoprire le leggi che lo governano, le relazioni tra le varie parti e i vincoli che ne impediscono l'estensione oltre certi limiti (posso progettare una torre alta 10 miglia ma è difficile che trovi un terreno in grado di sostenerla).

È comunque vero che, una volta sviluppato il modello matematico e dopo aver effettuato le opportune verifiche, questo diventa oltremodo comodo e versatile. È facile adattarlo ad altri tipi di materiali oppure posso cambiarne le costanti o aggiungere e togliere pezzi praticamente senza ulteriori costi (se devo costruire un ponte sulla luna posso usare gli stessi programmi di calcolo che uso sulla terra cambiando solo la costante gravitazionale e ignorando il carico al vento e gli agenti atmosferici).

In effetti anche il modello matematico di strutture non è perfetto: ad esempio i vincoli con cui la struttura è fissata al terreno, per semplificare i calcoli, sono considerati privi di attrito. Quindi, quello che in fase di progetto è pensato come un carrello (appoggio scorrevole), è nella realtà, molto più vicino ad una cerniera.

Il principale problema del modello ma-

tematico risiede perciò nella costruzione della matrice che definisce il sistema; se questa matrice diventa troppo complessa per la ricerca di una soluzione può richiedere troppo tempo, oppure se ci troviamo in un campo in cui le leggi non sono più deterministiche ma entra in gioco il fattore "CASO" il modello matematico deve cedere il passo al modello statistico.

## Il modello statistico

Nato appunto per poter applicare il metodo matematico a modelli in cui il caso dominava quasi tutta la realtà, tipicamente tutti i problemi sociologici ed economici ma anche tutta la fisica quantistica, il modello statistico si è infine rivelato molto più potente del modello matematico/deterministico. Di questo ha ereditato la flessibilità e la possibilità di adattarsi a qualsiasi tipo di problema, ma l'introduzione delle leggi del caso ha semplificato di molto le complesse matrici del modello matematico. È chiaro che la risoluzione di un modello statistico, se avvicinata con approccio analitico, richiede lo stesso sforzo, anzi maggiore, che non il modello matematico; ma il modello statistico proprio per la sua struttura ha aperto la strada a un nuovo approccio: la simulazione.

Con la simulazione non si tende più a trovare la soluzione unica del problema, ma semplicemente si prova a vedere come

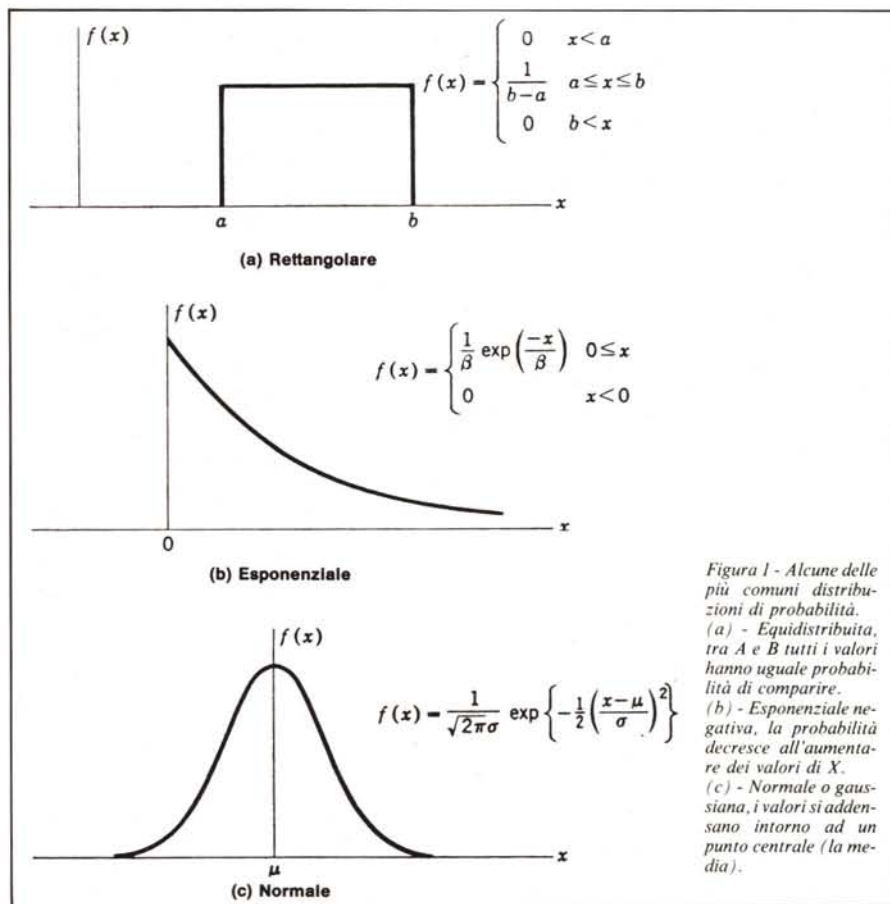


Figura 1 - Alcune delle più comuni distribuzioni di probabilità. (a) - Equidistribuita, tra A e B tutti i valori hanno uguale probabilità di comparire. (b) - Esponenziale negativa, la probabilità decresce all'aumentare dei valori di X. (c) - Normale o gaussiana, i valori si addensano intorno ad un punto centrale (la media).

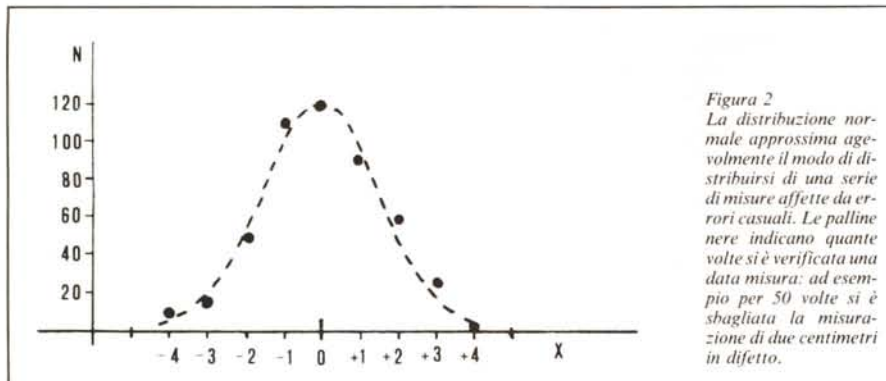


Figura 2  
La distribuzione normale approssima agevolmente il modo di distribuirsi di una serie di misure affette da errori casuali. Le palline nere indicano quante volte si è verificata una data misura: ad esempio per 50 volte si è sbagliata la misurazione di due centimetri in difetto.

si comporta il modello alle sollecitazioni cui noi pensiamo andrà incontro nella realtà. Per far questo scegliamo dei parametri di lavoro e poi facciamo eseguire al calcolatore una serie, la più lunga possibile, di cicli di lavoro sul modello. Possiamo ad esempio far effettuare al modello matematico dello Shuttle 1.000 o 10.000 rientri e vedere, anzi contare, il numero delle piastrelle del rivestimento termico che hanno ceduto. Possiamo allora interrompere la simulazione nel caso che questo numero diventi eccessivo per tentare con un altro angolo di discesa o con un diverso tipo di materiale, il tutto in pochi minuti di tempo macchina e senza muoverci dalla nostra stanza.

### Le leggi del Caso

La statistica, nel corso degli anni, ha sviluppato diverse leggi matematiche utili allo studio dei fenomeni fisici e sociali; queste leggi sono particolarmente utili alla simulazione in quanto consentono di conoscere l'evoluzione di un fenomeno noto oppure, se il fenomeno è sconosciuto, possono facilmente adattarsi grazie alla loro capacità di appoggiarsi, con errori abbastanza piccoli, ad una serie di punti (eventi noti) rilevati precedentemente con un campionamento oppure ricavati da precedenti indagini su eventi simili.

Una tipica, e molto conosciuta, distribuzione di probabilità è la gaussiana (figura 1) conosciuta dagli studenti liceali anche

come curva degli errori, dato che si usa per calcolare il valore più probabile di una misura inevitabilmente affetta da errori.

Ad esempio se misuriamo con un metro la lunghezza di un muretto ed effettuiamo un centinaio di misure queste saranno diverse tra loro: mettendo sull'asse delle X i metri e su quello delle Y il numero di volte che si è misurata una certa lunghezza i punti così trovati avranno un andamento simile a quello di figura 2. Questo andamento si può ben approssimare con la gaussiana, da cui sappiamo che il valore più probabile della misura è la media dei valori misurati (cioè la somma di tutte le misurazioni diviso il numero di misurazioni fatte); questo ci dice che se usiamo la media per stimare il valore reale della lunghezza del muretto otterremo un valore tanto più preciso quanto maggiore sarà il numero delle misurazioni eseguite.

La curva di Gauss compare in talmente tanti fenomeni che in statistica prende il nome di "curva Normale". Altre curve sono la Poisson che si usa di solito per studiare gli andamenti delle code di attesa, l'esponenziale negativa e la logaritmica per fenomeni di guasti, usura e affidabilità in generale.

### Un esempio

Chi ha visto il film "2001 Odissea nello spazio" sicuramente ricorderà quando il calcolatore di bordo, HAL 9000, comunica un prevedibile guasto all'antenna radio.

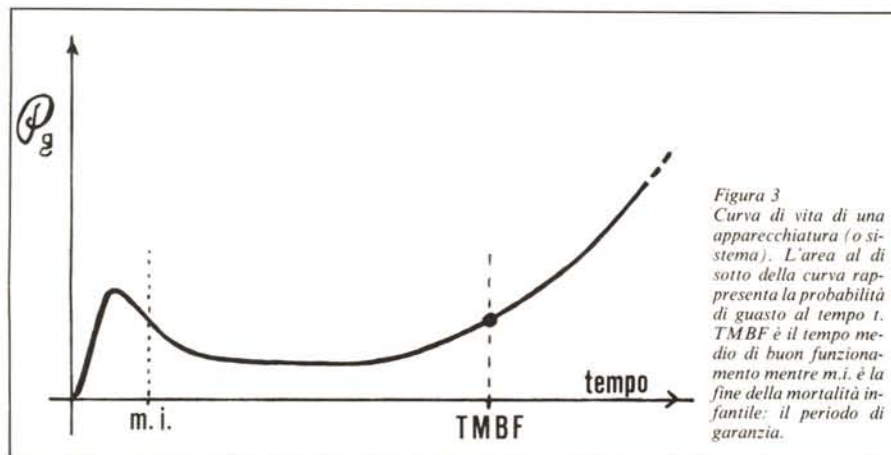


Figura 3  
Curva di vita di una apparecchiatura (o sistema). L'area al di sotto della curva rappresenta la probabilità di guasto al tempo t. TMBF è il tempo medio di buon funzionamento mentre m.i. è la fine della mortalità infantile: il periodo di garanzia.

Bene, questa non è fantascienza, nei programmi di manutenzione per gli aerei i pezzi vengono sostituiti prima che si guastino, e quando un costruttore deve stabilire la durata della garanzia di un apparecchio televisivo o di una lavatrice non si affida alla buona stella, ma è tutto calcolato. Come? Immaginiamo di dover costruire la sala energia per un grosso transatlantico; questa sarà dotata di tre gruppi elettrogeni in grado ciascuno di sopportare metà del carico elettrico richiesto dalla nave. Perché la nave possa funzionare occorre quindi che due gruppi elettrogeni funzionino contemporaneamente, il terzo sarà la riserva che entra in funzione automaticamente appena uno dei gruppi principali si guasta. A questo punto una squadra di meccanici provvede a riparare il gruppo guasto che appena riparato prende la funzione di riserva degli altri due che intanto stanno alimentando la nave.

È chiaro che se uno dei due gruppi principali si guasta prima che la riserva sia stata riparata allora abbiamo un'avaria totale e la sala energia non può più provvedere alle richieste della nave. Il progettista ci ha chiesto di calcolare dopo quante ore di funzionamento è prevedibile un evento di questo genere; in questo modo si potrà sapere quale sarà l'autonomia della nave in navigazione.

Per calcolare un tal tipo di avaria ci vengono forniti i Tempi Medi di Buon Funzionamento dei singoli gruppi elettrogeni e i Tempi Medi di Riparazione dei guasti ai gruppi. Questi tempi sono stati forniti dalla ditta che produce i gruppi elettrogeni e li ha rilevati da altri gruppi precedentemente installati.

Un calcolo puramente matematico di un simile "Sistema" è molto complicato, ricorriamo perciò alla simulazione.

### Il programma

Dobbiamo realizzare un flow-chart (figura 5) della sala energia con tutti gli scambi automatici, poi dobbiamo trasferire il flow-chart in un programma Basic. La variabile principale sarà il tempo che ad ogni giro del programma viene incrementata di un'ora (o meno a seconda della precisione desiderata) nel loop principale andiamo a vedere lo stato di tre variabili che rappresentano i motori, questi possono assumere tre stati: in funzione, in riserva o in riparazione.

Se il motore è in funzione incrementiamo di uno (un'ora) una variabile "tempo di funzionamento motore x", se è in riserva non facciamo nulla, se invece è in riparazione decrementiamo di uno il contatore "Tempo necessario alla riparazione del motore x"; se questo tempo diventa zero rimettiamo il motore in "Riserva".

Per sapere ora se un motore va in avaria dobbiamo utilizzare i TMBF (Tempi Medi di Buon Funzionamento) forniti dalla casa: questi ci dicono dopo quante ore la probabilità di guasto supera il 50%; ma non ci dicono nulla sulla curva di distribu-

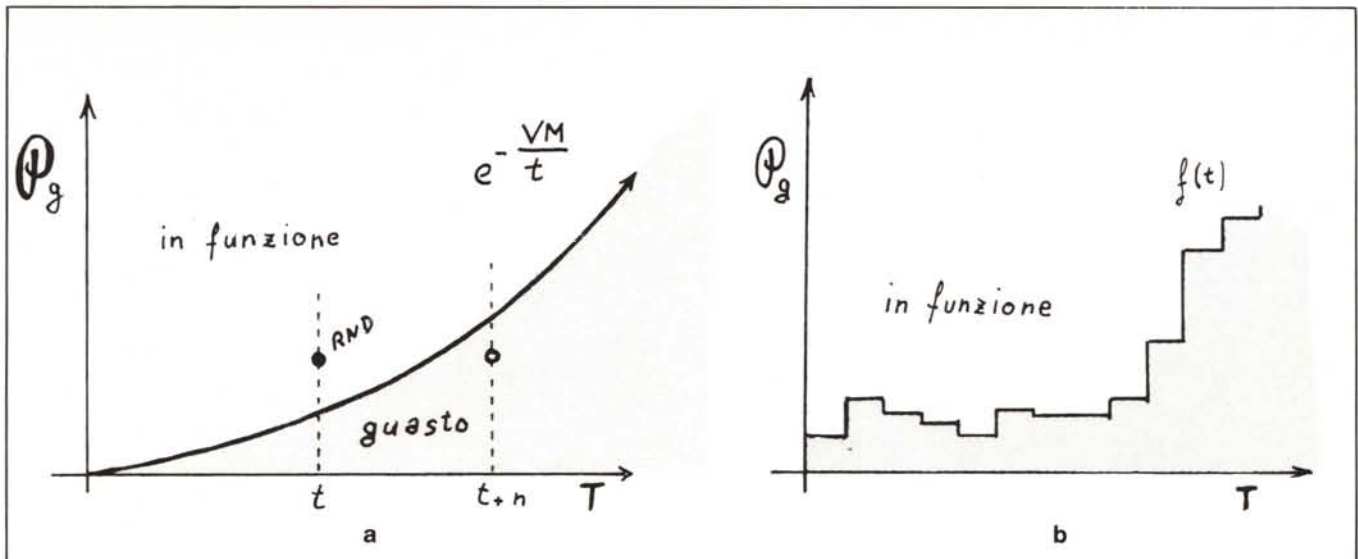


Figura 4 - Per ottenere funzioni di distribuzioni qualsiasi dai numeri casuali generati dal computer, che sono equidistribuiti, si sovrappongono questi alla funzione di densità che ci interessa.

Il punto RND della figura (a) si trova nell'area sopra la curva (in funzione); questo significa che il sistema, al tempo  $t$ , funziona ancora, ma se ci spostiamo al punto  $t+n$  vediamo come lo stesso punto RND cada, questa volta, al di sotto della curva di vita; quindi il sistema va in avaria (guasto). Il fatto che il punto finisca sopra o sotto la curva di vita dipende unicamente dalla forma di questa (più precisamente dall'area sotto la curva) e non dai numeri casuali generati dal computer. Da notare che si può usare anche una distribuzione di probabilità data per punti (figura b) qualora la funzione utilizzata abbia delle discontinuità notevoli.

```

10 TEXT : HOME.
20 PRINT " INIZIO SIMULAZIONE": PRINT

30 PRINT "ORE:  0 AVVIATI GRUPP
   I 1 E 2"
100 REM AFFIDABILITA' DI UNA
110 REM SALA ENERGIA CON 2
120 REM GRUPPI ELETTROGENI
130 REM IN PARALLELO PIU'
140 REM UNO DI RISERVA.
150 :
160 REM PARAMETRI
170 MB = 900: REM TMBF MOTORI
180 MR = 40: REM TMR MOTORI
190 DT = 1: REM DELTA-T = 1 ORA
195 :
200 REM FUNZIONI
210 :
220 REM PROBABILITA' DI GUASTO
230 REM DOPO L ORE DI SERVIZIO
240 :
250 DEF FN PG(L) = EXP ( - MB /
   L)
260 :
1000 REM START TIME
1010 M(1) = 100:R(1) = 1
1020 M(2) = 1:R(2) = 1
1030 M(3) = 50:R(3) = 0
1050 T = T + DT
1060 FOR I = 1 TO 3
1070 IF R(I) = 1 THEN 2000
1080 IF R(I) < 0 THEN 3000
1100 NEXT : GOTO 1050
2000 REM IN FUNZIONE
2010 M(I) = M(I) + DT:B = FN PG(
   M(I))
2020 IF RND (1) > B THEN 1100
2030 REM GUASTO
2035 PRINT "ORE: "T" GUASTO GRUP
   PO "I
2040 R(I) = - INT ( RND (1) * M
   R):M(I) = INT (M(I) / 2)
2050 ON I GOTO 2100,2200,2300
2100 IF R(3) = 0 THEN R(3) = 1: GOTO
   1100
2110 IF R(2) = 0 THEN R(2) = 1: GOTO
   1100
2120 GOTO 5000: REM AVARIA
2200 IF R(3) = 0 THEN R(3) = 1: GOTO
   1100
2210 IF R(1) = 0 THEN R(1) = 1: GOTO
   1100
2220 GOTO 5000: REM AVARIA
2300 IF R(1) = 0 THEN R(1) = 1: GOTO
   1100
2310 IF R(2) = 0 THEN R(2) = 1: GOTO
   1100
2320 GOTO 5000: REM AVARIA
3000 REM IN RIPARAZIONE
3010 R(I) = R(I) + DT
3015 IF R(I) = 0 THEN PRINT "OR
   E: "T" GRUPPO "I" RIPARATO"
3020 GOTO 1100
5000 PRINT : PRINT " AVARIA DOPO
   "T" ORE"
5010 PRINT " GRUPPO "I" GUASTO "
5020 FOR G = 1 TO 3
5030 IF R(G) < 0 AND G < > I THEN
   5050
5040 NEXT
5050 PRINT " RISERVA "G" IN RIPA
   RAZIONE"

```

Listato 1

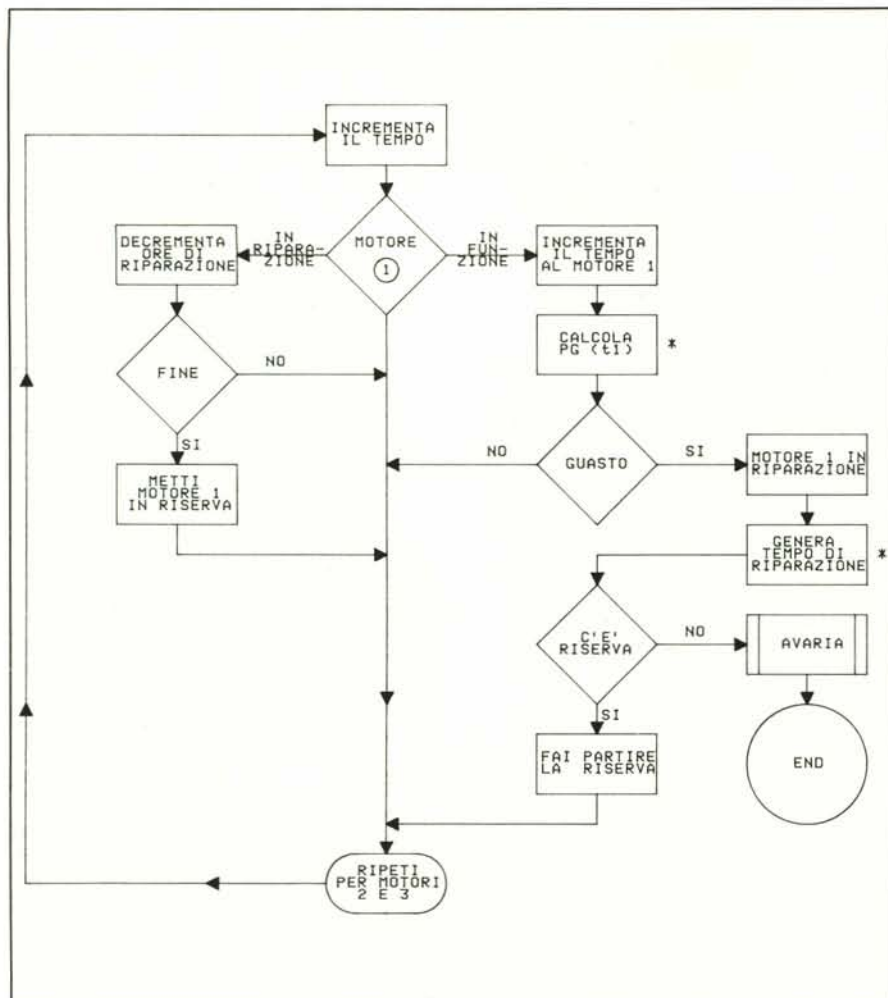


Figura 5 - Flow-chart del sistema in esame. I rettangoli con l'asterisco sono quelli in cui si deve agire con le funzioni statistiche del sistema.

zione di questa probabilità. Dai testi sacri (di statistica) scopriamo che la curva di vita di un motore è quella di figura 3; la prima "gobba" è la cosiddetta mortalità infantile dovuta a difetti di fabbricazione

(la famosa garanzia); per comodità supponiamo che i gruppi in esame abbiano superato già il rodaggio e si trovino quindi nella fase centrale della curva di vita. Da questo punto in poi l'andamento è tipicamente

esponenziale per cui usiamo una funzione tipo:

$$PG(t) = e^{-\frac{VM}{T}}$$

dove PG è la probabilità di guasto dopo t ore e VM è la TMBF dell'unità in esame. Ancora per semplificare i calcoli supponiamo che le TMBF dei motori siano tutte e tre uguali.

Ad ogni giro del programma calcoliamo fPG(x) ovvero la probabilità di guasto al tempo T dell'x-esimo motore; poi generiamo un numero random tra 0 e 1, e vediamo se questo è minore o maggiore della probabilità appena calcolata.

Se è minore vuol dire che siamo al di sotto della curva di Buon Funzionamento e quindi il gruppo si guasta (figura 4).

Appena un gruppo si guasta facciamo partire la scorta e generiamo un tempo di riparazione; questo tempo di regola dovrebbe avere distribuzione "normale" e media la TMR del detto gruppo (non è detto che queste debbano essere uguali per tutti e tre i gruppi, infatti uno potrebbe essere montato in posizione più scomoda rispetto agli altri) la distribuzione Normale richiede per essere identificata anche la Varianza (ovvero lo scarto tra la minima e la massima rilevazione).

Avendo media e varianza potremmo usare la normale, ma anche qui per comodità di calcolo abbiamo preferito usare la equidistribuita, cioè una distribuzione in cui tutti i numeri hanno uguale probabilità di essere estratti. Abbiamo così generato un numero RND compreso tra la media -A e la media +A dove A è appunto lo scarto diviso due.

Il listato 1 si riferisce al programma in Basic della simulazione.

La figura 6 mostra l'uscita del programma e il momento in cui si è avuta l'avaria totale, facendo girare il programma un numero elevato di volte e facendo la media dei tempi risultanti si ottiene una buona stima del tempo medio di buon funzionamento della sala energia nel complesso.

Dalle prime simulazioni si è scoperto che se i gruppi, al momento dell'installazione, sono tutti ugualmente vecchi (o giovani) la probabilità di guasto totale era molto più alta, si è quindi deciso di partire con un gruppo più "usato" degli altri (righe 1010÷1030) guadagnando parecchie ore in affidabilità totale rispetto al sistema con tre gruppi nuovi.

### Conclusioni

Questo piccolo esempio dimostra, pur nei suoi limiti, la incredibile potenza della simulazione soprattutto se implementata su grossi e veloci elaboratori ed usando gli appositi linguaggi (Simula, Gasp, Simpas e il Dynamo esistente anche per l'Apple).

Prossimamente vedremo altre interessanti applicazioni: il dimensionamento di un parco macchine, un recente metodo per il calcolo del Rischio in un portafoglio (economico), un divertente esempio "politico" e un gioco.



```

INIZIO SIMULAZIONE
ORE: 0 AVVIATI GRUPPI 1 E 2
ORE: 119 GUASTO GRUPPO 1
ORE: 135 GRUPPO 1 RIPARATO
ORE: 266 GUASTO GRUPPO 2
ORE: 305 GRUPPO 2 RIPARATO
ORE: 337 GUASTO GRUPPO 3
ORE: 355 GRUPPO 3 RIPARATO
ORE: 374 GUASTO GRUPPO 1
ORE: 384 GRUPPO 1 RIPARATO
ORE: 470 GUASTO GRUPPO 3
ORE: 498 GRUPPO 3 RIPARATO
ORE: 552 GUASTO GRUPPO 2
ORE: 575 GRUPPO 2 RIPARATO
ORE: 621 GUASTO GRUPPO 1
ORE: 622 GRUPPO 1 RIPARATO
ORE: 657 GUASTO GRUPPO 2
ORE: 678 GRUPPO 2 RIPARATO
ORE: 707 GUASTO GRUPPO 1
ORE: 722 GRUPPO 1 RIPARATO
ORE: 737 GUASTO GRUPPO 3
ORE: 740 GRUPPO 3 RIPARATO
ORE: 848 GUASTO GRUPPO 2
ORE: 862 GRUPPO 2 RIPARATO
ORE: 875 GUASTO GRUPPO 1
ORE: 891 GRUPPO 1 RIPARATO
ORE: 944 GUASTO GRUPPO 3
ORE: 966 GRUPPO 3 RIPARATO
ORE: 996 GUASTO GRUPPO 2
ORE: 1009 GUASTO GRUPPO 1
AVARIA DOPO 1009 ORE
GRUPPO 1 GUASTO
RISERVA 2 IN RIPARAZIONE
    
```

Figura 6 - Messaggi di uscita del programma di esempio.



# electronic devices srl

Via Ubaldo Comandini, 49 (Romanina, Il Università) 00173 Roma  
Tel. 06/6132394-6132619-2562757 Tx 616248 Eldev-I

## "FRIENDLY" MAIL SERVICE

VENDITA DIRETTA E PER CORRISPONDENZA

DIVISIONE INFORMATICA

### LINEA COMMODORE

Commodore 64 (manuale in italiano) + Registratore originale 1531 (C2N) + una cartuccia software ..... Lit. 590.000 (IVA inclusa)

Commodore 64 (man. in ita.) ..... Lit. 490.000 (IVA inclusa)

Registratore 1531 (C2N) ..... Lit. 90.000 (IVA inclusa)

Drive 1541 ..... Lit. 510.000 (IVA inclusa)

Stampante MPS 802 ..... Lit. 600.000 (IVA inclusa)

Monitor Hantarex 14" colore + suono per Commodore 64 e VIC 20 ..... Lit. 550.000 (IVA inclusa)

E inoltre programmi, libri, dimostrazioni etc.

### LINEA C PLUS II/ELITE III

#### ELABORATORI

Commodore Vic 20 ..... Lit. 185.000

Commodore 64 KByte ..... Lit. 490.000

C Plus II A-48 KByte, tastierino numerico, alimentatore 5A, compatibile Apple ..... Lit. 700.000

C Plus II B-64 KByte ..... Lit. 730.000

C Plus II C-64 KByte, Z 80 (Dual Processor) ..... Lit. 800.000

C Plus II D-64 KByte, Z 80, 40/80 Colonne ..... Lit. 900.000

Elite III-64 KByte Dual Processor, tastierino numerico, tasti funzione, Basic e CPM ..... Lit. 890.000

#### SISTEMI

STARTER 1: C Plus II A + Drive Controller + Driver Mitac meccanica Shugart 5" + Monitor Philips 12" TP 200 + Joy Stick autocentrante ..... Lit. 1.230.000

STARTER 2: C Plus II C + Drive Controller + Driver Mitac 5" + Monitor Philips 12" TP 200 ..... Lit. 1.400.000

STARTER 3 SISTEMA UFFICIO: C Plus II B o Elite III + 2 Drivers Mitac 5" + Drive Controller + Monitor Philips 12" TP 200 + Interfaccia grafica per stampante + Stampante grafica e letter quality 80 Colonne 120 /cps + Corso Word Processing ..... Lit. 2.750.000

### PERIFERICHE E INTERFACCE

Interfaccia per driver ..... Lit. 79.000

Interfaccia grafica per Epson ..... Lit. 127.000

Interfaccia parallela Centronics ..... Lit. 79.000

RS 232 ..... Lit. 118.000

Via card ..... Lit. 83.000

16K Ram ..... Lit. 99.000

Z 80 ..... Lit. 99.000

80 Colonne Videx ..... Lit. 127.000

80 Colonne con Switch ..... Lit. 185.000

Pal card ..... Lit. 105.000

Forth card ..... Lit. 87.000

Integer card ..... Lit. 99.000

6809 con Software e Manuale ..... Lit. 300.000

Wild Card ..... Lit. 110.000

Driver Mitac 5" meccanica Shugart compatibile Apple ..... Lit. 460.000

Hard Disk Mitac 5/10

M Byte 5 M ..... Lit. 2.900.000

con Adapter per Apple e IBM 10 M ..... Lit. 3.300.000

Driver Slim trazione diretta compatibile Apple ..... Lit. 550.000

Tastiera Mak II 91 Tasti Multitech ..... Lit. 240.000

E moltissime altre. Telefonateci o scrivete. Sconti speciali per scuole, enti pubblici, ditte, giornalisti e rivenditori.

### COMPATIBILI IBM

Sistema C IBM compatibile HARD/SOFT con il PC IBM. Versioni:

C IBM A: Microprocessore 8088, 128K Ram grafica colore, doppio drive slim 5" 360 KB, monitor 12" verde o ambra + pacchetto 5 programmi ..... Lit. 4.200.000

C IBM B: come C IBM A ma con un drive 360 K e un Winchester 10 MB ..... Lit. 6.200.000

### STAMPANTI

Stampante Epson RX 80 F/T ..... Lit. 765.000

Stampante Epson FX 80 ..... Lit. 1.150.000

Stampante Epson FX 100 ..... Lit. 1.600.000

Stampante Panasonic F/T grafica e letter quality 80 Colonne 120/cps, interfaccia parallela Apple ..... Lit. 1.050.000

Stampante Panasonic grafica 80 Colonne 120/cps, interfaccia parallela Apple ..... Lit. 950.000

Stampante PX 80, 80 cps, grafica bidirezionale, frizione, trattore, compatibile EPSON 80 RX FT ..... Lit. 680.000

### MONITORS

Monitor Philips TP 200 12" fosfori verdi ..... Lit. 160.000

Monitor Hantarex CTM 2000 12" fosfori verdi, ambra ..... Lit. 200.000

Monitor Hantarex CTM 2000 15" fosfori verdi, ambra ..... Lit. 305.000

### FLOPPY DISK

SKC 5" singola faccia, doppia densità ..... Lit. 3.800

SKC 5" doppia faccia, doppia densità ..... Lit. 4.700

ed inoltre DATALIFE, FLEXETTE, VEREX.

### JOY STICK

Joy stick a manopola e 2 pulsanti per Commodore Vic 20, 64K, Atari, ecc. .... Lit. 16.000

Joy stick autocentrante per Apple ..... Lit. 30.000

Joy stick autocentrante per Apple con regolazione e 2 pulsanti, scatola metallo ..... Lit. 52.000

ed inoltre paddles, trackball, tavolette grafiche per Commodore, Apple, IBM.

### OPTIONALS

Nastri per stampante EPSON, Commodore. Blocchi carta 24 x 11 per stampante 2000 fogli ..... Lit. 27.000

### CONDIZIONI DI FORNITURA

Tutti i prezzi salvo diversa indicazione si intendono IVA esclusa. Non possiamo accettare ordini privi del tagliando o sua fotocopia. Puoi effettuare il pagamento tramite: vaglia postale, assegno circolare o assegno postale o contrassegno intestandoli a: ELECTRONIC DEVICES Srl Via Ubaldo Comandini, 49 - 00173 Roma PER FAVORE, NON INVIARE DENARO CONTANTE Incasseremo gli assegni solo a spedizione effettuata. Le spese di spedizione saranno addebitate alla consegna. Consegna immediata al ricevimento ordine (se disponibile in magazzino). I prezzi indicati non subiranno variazioni per almeno 30 gg. Una tua visita presso i ns. uffici sarà molto gradita. Per informazioni puoi telefonare tutti i giorni al: 06/6132394-6132619-2562757 (Chiedere della Divisione Informatica)

SCONTI PARTICOLARI AI SIGG. RIVENDITORI



Joystick per Vic 20 C 64, Atari Sinclair Apple



Registratore dati per Vic 20, C 64



Elite Dual Processor 6502, Z80

**NOTE:**  
I prezzi si intendono I.V.A. esclusa e f.co ns. Magazzino. I Prezzi relativi a detto listino sono stati stilati in base al cambio del US\$ 1 US\$ = Lit. 1.670 e sono quindi soggetti a variazioni

### TAGLIANDO D'ORDINE

Vogliate inviarmi:  
 gratuitamente il vostro ricco catalogo hard/soft illustrato  
 il seguente materiale (indicare quantità e descrizione)

Cognome ..... Nome .....  
Professione ..... C.F. o P.I. ....  
Telefono ..... Indirizzo .....  
Importo ..... I.V.A. 18% .....

Modalità di pagamento preferito .....  
Firma per esteso .....

**ELECTRONIC DEVICES S.R.L. (S.F.M.S.)**  
00173 Roma - Via Ubaldo Comandini, 49  
Tel. 06/6132394-6132619-2562757