

La Simulazione

di Valter Di Dio

Con l'avvento del calcolatore elettronico la simulazione ha trovato il suo più valido alleato. Ma il calcolatore elettronico da solo non è sufficiente, occorrono anche i programmi necessari allo sviluppo ed al collaudo dei modelli. Anche i modelli devono poi essere adatti all'uso del computer e per ottenere questa adattabilità occorrono molte prove e molte versioni differenti sia di programmi che di modelli. Se spesso il ricercatore è perfettamente in grado di analizzare, correggere ed adattare il modello matematico alla realtà oggettiva, non altrettanto è in grado di fare con il programma del computer. Come sempre succede nel mondo dell'informatica è stato proprio il computer a venire incontro all'utente con programmi applicativi sempre più sofisticati al punto da divenire veri e propri linguaggi in grado di accettare modelli in forma descrittiva e generare automaticamente le funzioni matematiche corrispondenti.

Anche per quello che riguarda poi alcuni specifici «attrezzi di lavoro» come la gestione delle liste di attesa, dei ritardi, delle distribuzioni di probabilità (anche le più strane) si è trovato il modo di farli creare e controllare direttamente dalla macchina senza appesantire il programma dell'utente. Un po' quello che succede anche nei nuovi Basic che implementano già le routine di CIRCLE, BOX, FILL ecc., così da poter utilizzare la grafica anche senza conoscere la trigonometria.

I linguaggi per la simulazione

La richiesta di programmi applicativi da parte dei ricercatori ha così portato alla creazione di linguaggi sempre più orientati al modello piuttosto che al problema programmatico; si sono così andati sviluppando degli specifici linguaggi di simulazione per ciascun campo di applicazione. Ecco quindi nascere il SIMULA, il CAPS, il SIMPAS o il DEMOS e i più recenti SIMSCRIPT, GPSS, GASP e SLAM, tutti rivolti alla simulazione di eventi discreti; vedi ad esempio il seguente programma in SLAM che gestisce un casello autostradale:

```
PRGM casello;  
CREATE, EXPON (25);  
QUEUE (1);  
ACTIVITY/1, RNORM (20,5);  
TERMINATE, 100;  
END.
```

La prima riga, dopo il nome del programma, crea una funzione di arrivo esponenziale con media 25, la seconda una coda di attesa singola, la terza riga determina l'attività uno come un servizio con distribuzione normale con media 20 e varianza 5. Il processo avrà termine dopo cento arrivi (riga 4) dopodiché il programma stamperà una lista di tutto quello che è successo durante la simulazione.

Per quanto riguarda la simulazione di eventi continui questi si basano sulla variazione nel tempo di una serie di quantità che determinano il sistema, il loro modello matematico è quindi basato sulle equazioni differenziali, e la sola tecnica utilizzabile per risolvere qualsiasi tipo di equazione differen-

ziale è l'integrazione numerica, che diventa così il fulcro di tutti i programmi di simulazione continui. Per quanto riguarda le applicazioni fisiche o ingegneristiche è facile trasformare delle leggi fisiche in modelli differenziali, non altrettanto accade con le scienze sociali in cui, per prima cosa non si conoscono delle leggi esatte, e secondariamente ci sono dei legami molto stretti tra tutte le quantità del sistema e evidenziarle completamente in forma matematica è un compito spesso irrisolvibile. Nasce così la necessità di distinguere la simulazione di fenomeni fisici da quella di eventi sociali. I linguaggi CSMP, CSSL-IV e DARE sono tutti orientati alla simulazione di fenomeni fisico-meccanici; per i problemi sociali si deve ricorrere invece al DYNAMO.

È questo delle scienze sociali uno dei problemi più belli nell'ambito della simulazione, perché non essendo pensabile di prevedere il comportamento di una massa sociale in base alle scelte dei singoli componenti, occorre sviluppare delle tecniche che consentano di seguire lo sviluppo del fenomeno (ad esempio l'emigrazione) guardando alla popolazione nel suo insieme e valutando il modo di comportamento complessivo al mutare delle condizioni sociali. J.W. Forrester, autore dei più importanti testi di simulazione dei fenomeni sociali racconta che molto spesso è stato chiamato a risolvere dei problemi presso grosse società; i problemi erano ben determinati e tutti all'interno della società ne erano a conoscenza. I manager delle società avevano poi già sviluppato una politica di intervento mirata a risolvere il problema, problema che poteva essere sia di instabilità delle vendite che di scarso profitto o errori nella gestione del mercato, e si erano curati che questa politica fosse applicata in tutti i settori della loro azienda. J.W. Forrester costruiva allora un modello al computer della azienda e delle politiche attuali di intervento e spesso scopriva che l'intervento effettuato era da solo sufficiente a determinare le difficoltà in cui versava l'azienda, indipendentemente da quello che stava succedendo al di fuori degli uffici. In pratica gli interventi di correzione erano i soli responsabili delle difficoltà attuali.

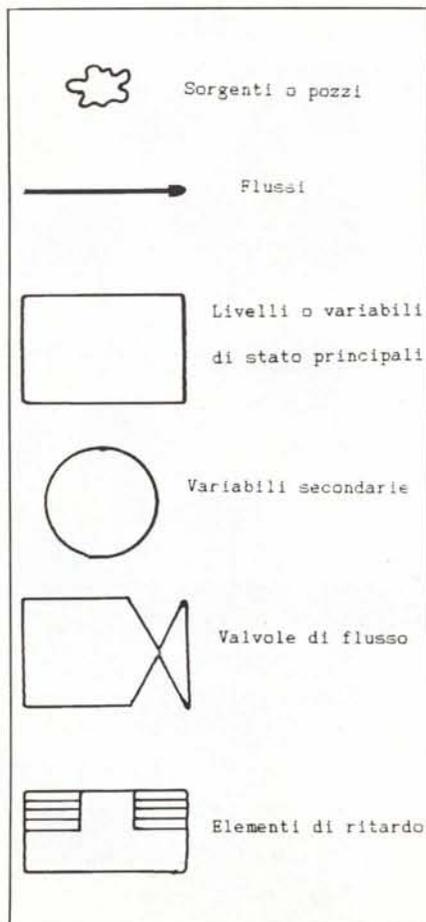


Figura 2 - Simboli grafici adottati per la rappresentazione dei diagrammi di flusso. Ad ogni simbolo corrisponde un elemento del programma di simulazione in DYNAMO.

Si racconta anche che un giorno il filosofo Jean Jacques Rousseau costruì un modello della popolazione inglese partendo da tre presupposti: 1) la natalità a Londra è inferiore a quella della campagna inglese; 2) la mortalità a Londra è maggiore di quella delle località rurali; 3) la popolazione delle località rurali si trasferisce a Londra con un ritmo crescente.

In base a questi assunti Rousseau concluse che la popolazione inglese si sarebbe rapidamente ridotta a zero. Trascritto recentemente il suo modello in un programma per computer si sono ottenute invece le conclusioni opposte. Infatti se è vero che la natalità a Londra è inferiore a quella della campagna, l'immigrazione compensa di gran lunga la minore natalità; succede così che la gente continua a nascere in campagna e a trasferirsi a Londra in sempre maggior numero (cosa che infatti si è puntualmente verificata).

In un recente studio presso l'università di Roma è stato costruito un modello che permette di creare dei comprensori (insiemi di più comuni) in cui i comuni sono il più possibile simili tra loro, in modo da poter sviluppare delle politiche industriali, edilizie e sanitarie parimenti utili a tutti gli appartenenti al comprensorio. È stata introdotta nel modello una quantità notevole di dati statistici sulla composizione delle famiglie, sul tipo di industria e attività commerciale o agricola e sullo stato sanitario ed edilizio. Quando sono usciti i dati dal computer si è scoperto che questo aveva aggregato insieme comunità montane ed isole. A posteriori infatti ci si rende conto che i problemi di un comune montano e di un'isola sono molto simili: sono ambedue isolati la maggior parte dell'anno, hanno scarsità di territorio edificabile o coltivabile e nessuna attività industriale.

Questi comportamenti controintuitivi dei fenomeni sociali hanno portato alla creazione del DYNAMO che permette di avere a disposizione un modello matematico sociale su cui lavorare con un programma che ne consenta lo studio e la simulazione di interventi onde permettere di ovviare alle evidenti difficoltà di analisi e di previsione dei problemi sociali.

II DYNAMO

Un particolare programma di simulazione socioeconomica è stato sviluppato da Alexander L. Pugh III su IBM nell'ambito del Gruppo di Dinamica Industriale del MIT (Massachusetts Institute of Technology) e chiamato DYNAMO (Dynamic Models).

Una delle prime applicazioni, forse un po' eccessiva, di questo programma è stata la creazione di un modello

completo del Mondo con le sue interazioni tra popolazione, capitale, inquinamento e risorse naturali; uno degli ultimi modelli «MONDO 3» lo potete vedere in figura 1. Il DYNAMO è un programma che compila e risolve problemi di simulazione con modelli di tipo continuo, modelli cioè il cui funzionamento dipende da un flusso concatenato di azioni e reazioni piuttosto che dal verificarsi o meno di singoli eventi distinti. Ad esempio i problemi dello sviluppo industriale non dipendono dal fatto che in una certa industria arrivi o meno una certa macchina

in un dato momento, ma da una serie di condizioni generali che determinano ad un certo punto le trasformazioni all'interno del modello.

Basti pensare a quello che è successo al dollaro, che è calato durante la malattia di Reagan, ed è risalito dopo l'annuncio dell'avvenuta guarigione, per rendersi conto di come non sia pensabile la costruzione di un modello economico generale che tenga conto anche di eventi particolarissimi come questi.

Se però si guarda la situazione globale si scopre che la malattia del presi-

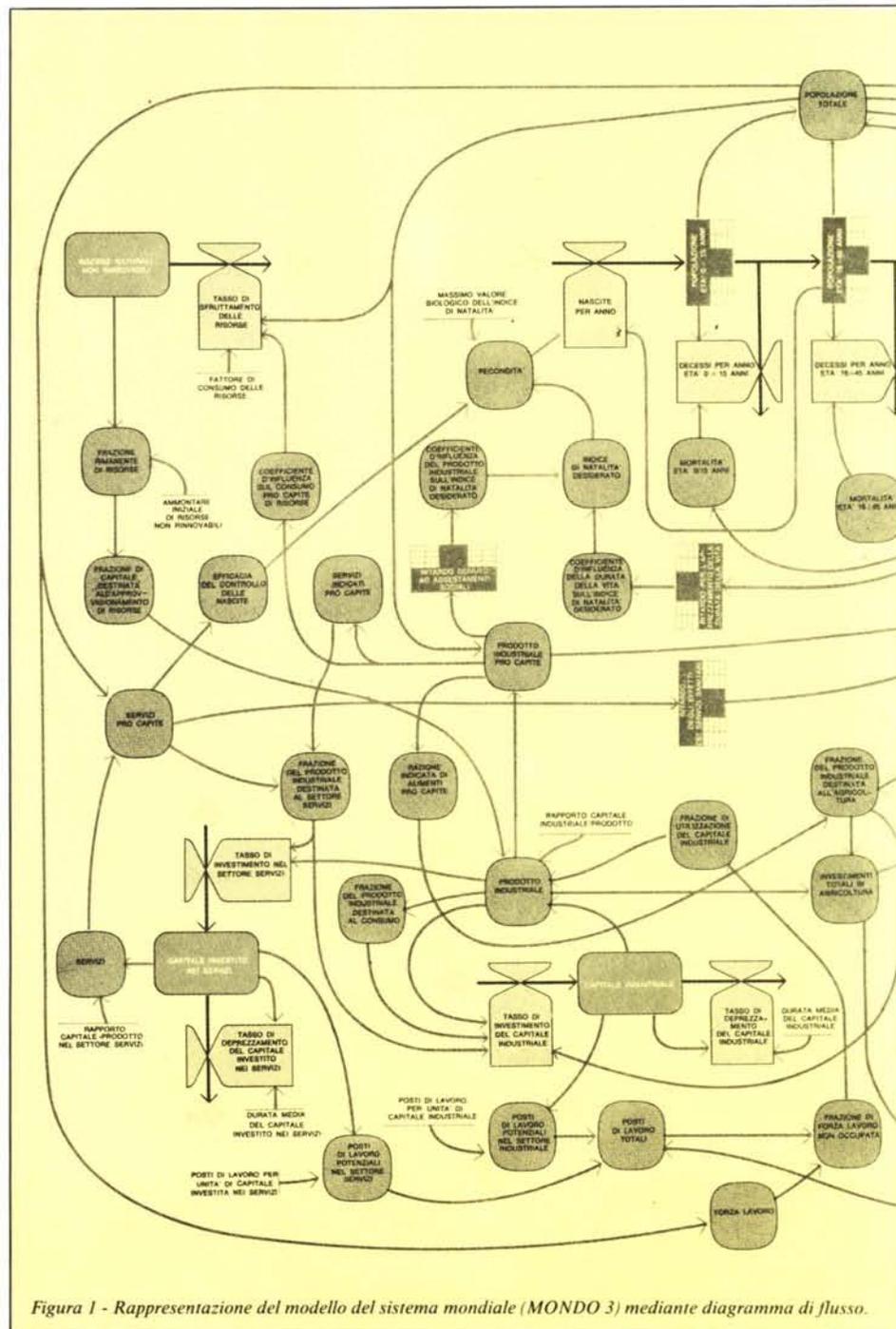


Figura 1 - Rappresentazione del modello del sistema mondiale (MONDO 3) mediante diagramma di flusso.

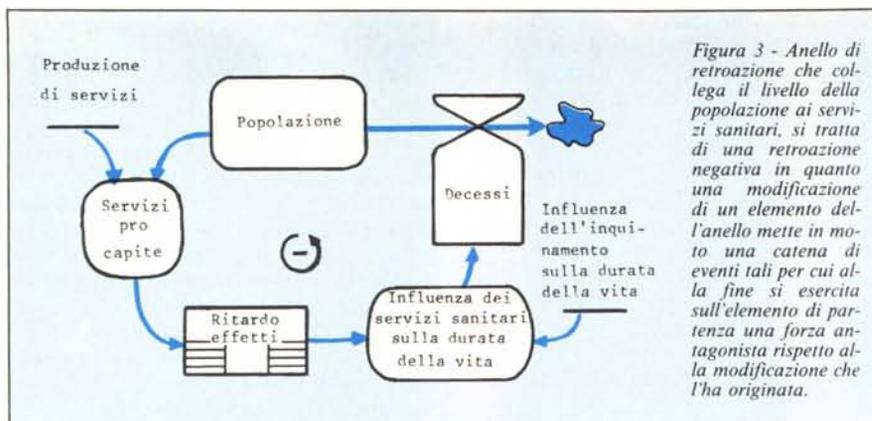


Figura 3 - Anello di retroazione che collega il livello della popolazione ai servizi sanitari, si tratta di una retroazione negativa in quanto una modificazione di un elemento dell'anello mette in moto una catena di eventi tali per cui alla fine si esercita sull'elemento di partenza una forza antagonista rispetto alla modificazione che l'ha originata.

In tutti e due i casi è possibile inserire nei nodi di controreazione dei ritardatori. Un nodo con controreazione e ritardo diventa un elemento periodico in grado di attenuare o amplificare i flussi che si presentano al suo ingresso con un periodo uguale al tempo di ritardo.

Il funzionamento del DYNAMO è simile a quello di un moderno Spreadsheet in cui ad ogni ciclo si ricalcolano i nuovi valori in base a quelli del ciclo precedente. In pratica i cicli sono due lo stato attuale che si chiama tempo K e lo stato successivo che è il tempo L; ad ogni ciclo si calcolano i valori X(L) in base al valore di X(k) + le variazioni D(k,1); fatto questo per tutti i livelli si sostituiscono le variabili X(K) con quelle X(L) e si riparte.

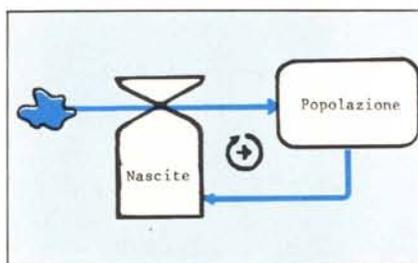


Figura 4 - Anello di retroazione che lega il livello della popolazione all'indice di natalità; in questo caso si tratta di retroazione positiva in quanto la modificazione di un elemento, ripercuotendosi attraverso la catena, finisce per esercitare una forza sull'elemento di partenza che accresce la modificazione originaria.

Il controllo della popolazione

Vediamo ora una applicazione del DYNAMO ad un problema sociale quale il controllo delle nascite e quindi della popolazione in una società primitiva. Lo studio è stato effettuato da S. B. Shantzis e W. Behrens III sulle basi di una analisi degli usi e costumi della società degli Tsembaga eseguiti da Roy A. Rappaport e descritti nel suo «Pigs for the Ancestors» (New Haven 1968).

Gli Tsembaga sono una tribù di indigeni della Nuova Guinea che vivono molto isolati all'interno degli altipiani orientali. Gli Tsembaga per sopravvivere praticano un tipo di coltura detta «taglia e brucia» che consiste nel tagliare una parte della foresta e bruciarla in modo da ricavarne terreno fertile. Dopo alcuni anni di coltivazioni il terreno si inaridisce e viene abbandonato dagli Tsembaga che ripetono il processo altrove. Dal momento che la disponibilità di terreno coltivabile non è illimitata, gli Tsembaga per

garantire la sopravvivenza della specie devono ricorrere ad un elaborato sistema di controllo della popolazione che si basa sulle feste tribali. Le feste tribali derivano e integrano un'altra attività degli Tsembaga: l'allevamento dei maiali. Infatti mentre gli uomini coltivano la terra le donne Tsembaga allevano maiali; il numero dei maiali posseduti determina direttamente il grado sociale di uno Tsembaga per cui chi ha più maiali riceve riconoscimenti materiali, ha fortuna con le donne ed è ammirato dagli altri membri della tribù, quindi tutti gli Tsembaga tendono ad allevare il massimo numero possibile di maiali che non vengono mai uccisi (salvo un sacrificio obbligatorio in caso di lutto). Naturalmente i maiali devono essere nutriti con parte del raccolto, inoltre occorre tempo e fatica ad accudirli. L'aumento esponenziale del numero dei maiali porterebbe rapidamente al collasso l'agricoltura degli Tsembaga, ma a questo punto interviene la Festa. Quando il numero dei maiali supera un certo livello rispetto alla popolazione degli uomini (poco più di un maiale a testa) si crea uno stato di malessere negli Tsembaga che sfocia nella Festa. La Festa altro non è che un complesso meccanismo di controllo ecologico: durante la festa si macellano i maiali e si banchetta, inoltre viene abolito il tabù sulla guerra. L'abolizione del tabù sulla guerra provoca immediatamente l'apertura delle ostilità. Lo stato di guerra si protrae presso gli Tsembaga per alcune settimane, durante le quali gruppi più o meno equivalenti si fronteggiano ai lati opposti di una radura lanciandosi grida e raramente frecce.

Questi scontri provocano pochi morti per cui la guerra si protrae finché gli schieramenti stanchi di combattere (durante la guerra non si coltiva la terra e i rapporti sessuali sono vietati) non si accordano per la pace. Pace che può avvenire solo se le perdite dalle due parti sono uguali; dal momento che la cosa capita raramente gli Tsembaga si accordano per una tregua che verrà interrotta automaticamente alla festa successiva. La Festa uccide l'85% dei maiali e la guerra al massimo il 10% della popolazione. Dal momento che la guerra non porta agli Tsembaga vantaggi materiali è evidente che il suo unico scopo è il controllo della popolazione per evitare che l'aumento di questa, insieme a quello dei maiali, finisca per procurare una carestia che ucciderebbe ben più del 10% degli Tsembaga.

Una volta creato il modello della popolazione Tsembaga (vedi figura 5) ed effettuata la trasformazione in DYNAMO, si inizia la simulazione. Alle condizioni attuali si vede che la popolazione Tsembaga è pressoché stabile

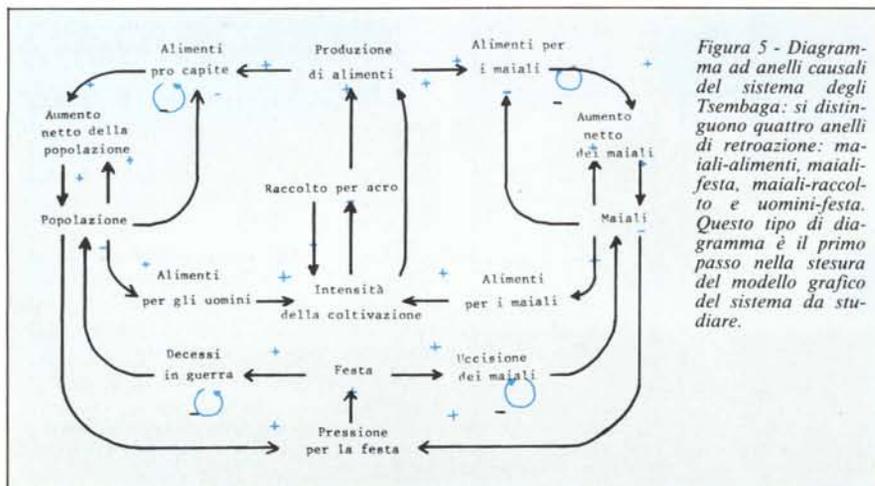


Figura 5 - Diagramma ad anelli causali del sistema degli Tsembaga: si distinguono quattro anelli di retroazione: maiali-alimenti, maiali-festa, maiali-raccolto e uomini-festa. Questo tipo di diagramma è il primo passo nella stesura del modello grafico del sistema da studiare.

e oscilla al ritmo delle feste che avvengono ogni dieci anni circa. Inoltre (vedi diagramma di figura 6) il livello della popolazione (e dei maiali) si tiene sempre molto al di sotto del livello di inaridimento della terra; livello che se superato provocherebbe la carestia nella tribù.

Un primo tipo di intervento sui meccanismi di controllo della popolazione è stato provato dai ricercatori simulando un aumento della natalità, cosa questa che si verifica sempre quando si migliorano le condizioni sanitarie.

Alla simulazione l'aumento del tasso di nascita ha portato come unica conseguenza un più rapido avvicinarsi delle feste (vedi figure 7 e 8). Il tentativo successivo di eliminare completamente la guerra lasciando alla festa la sola funzione di controllo del numero di maiali ha rapidamente por-

tato la popolazione Tsembaga a superare la soglia di fertilità della terra (figura 9) e quindi ha ridotto il numero degli Tsembaga a meno della metà di quello attuale, impedendo così l'accumulo delle pressioni sociali necessarie allo svolgimento della festa e il rapido degrado della «cultura» Tsembaga.

Questi tipi di interventi simulati sono invece proprio quelli che si vengono a creare nel contatto tra popolazioni primitive e culture «evolute», e dimostrano come l'opera di «colonizzazione» ha spesso apportato alle popolazioni «aiutate» più danni sociali che benefici reali.

Conclusioni

Termina così questa passeggiata nello strano mondo della simulazione, resta ovviamente aperto il discorso e se ci saranno nuovi sviluppi o partico-

lari applicazioni sicuramente troveranno posto nella nostra rivista, o nel software della macchina su cui sono state sviluppate, o in appositi articoli. Se pertanto state pensando di simulare al computer un sistema qualsiasi, mandatecene pure una copia per la pubblicazione.

È rimasto un po' fuori il discorso sulla simulazione grafica in tempo reale, un ramo in forte espansione, sia perché è veramente un argomento molto esteso e particolare che necessita di specifiche e costose apparecchiature, sia perché in piccole dosi lo potete trovare nella rubrica di grafica di Petroni.

A noi resta la soddisfazione di aver fatto conoscere a quanti lo ignoravano un argomento così eccitante, e quello che, forse, sarà il principale strumento di lavoro del futuro.

MC

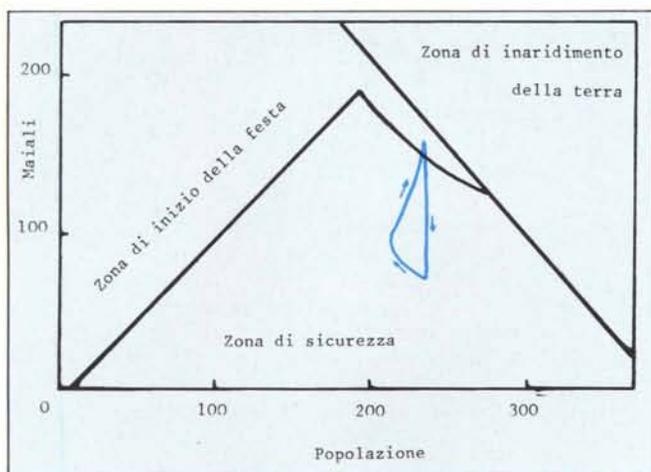


Figura 6 - Visualizzazione del comportamento del sistema mediante un punto che percorre un cammino nel grafico cartesiano popolazione-maiali. Il piano è inoltre diviso in tre regioni che indicano aree a diverso comportamento del sistema.

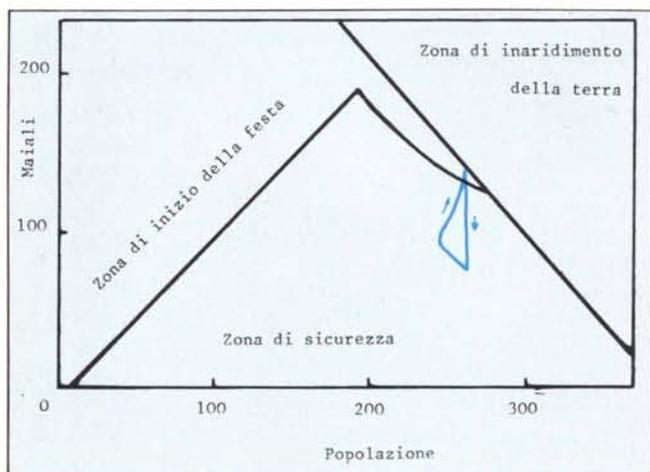


Figura 7 - Risultato di una simulazione in cui il migliorato sistema sanitario ha apportato un incremento delle nascite dell'1.4% annuo. Il ciclo si è ora spostato verso destra avvicinandosi alla soglia di inaridimento della terra; inoltre le dimensioni ridotte indicano un più frequente avvicinarsi delle feste rituali.

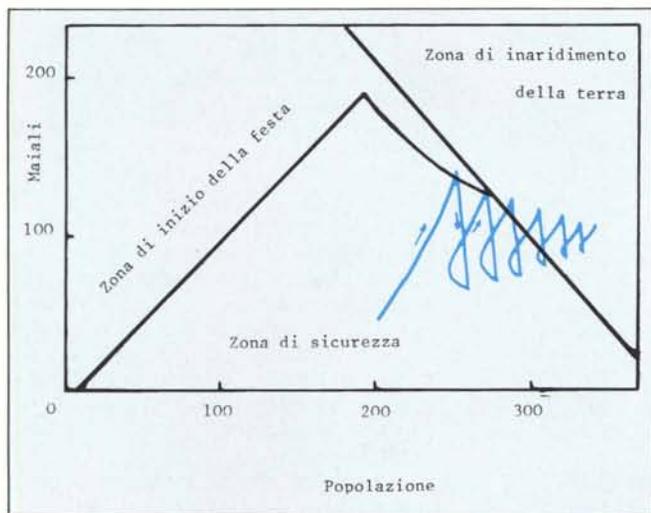


Figura 8 - Portando l'incremento del tasso di natalità al 2% annuo, si può vedere che ogni ciclo successivo si innesca per valori sempre crescenti della popolazione umana. In queste condizioni in circa cento anni la popolazione suina si riduce quasi a zero e l'80% degli Tsembaga moriranno di fame.

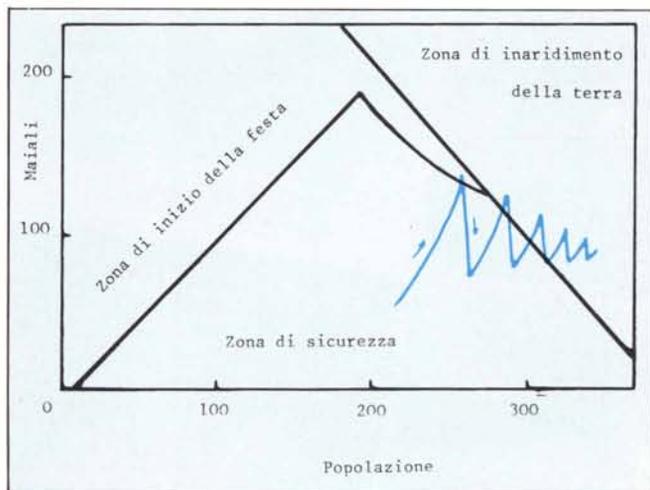


Figura 9 - Simulando allora una rinuncia da parte degli Tsembaga alla guerra che accompagna ogni festa (ciò comporta la riduzione della sola popolazione suina), si osserva ancora una volta lo spostamento del ciclo in zona distruttiva; la popolazione umana, oltrepassata la capacità di sostentamento della terra, si ridurrà in misura ancora superiore che nel caso precedente.

**APPLE E IBM
COMPATIBILI**

**PERIFERICHE ED ACCESSORI
SOFTWARE ED ASSISTENZA DIRETTA**

ETP

**ELECTRONIC AND
TECHNICAL PRODUCTS Srl**

Via del Macao 10 e 4
00185 Roma
tel. 06/474 30 80 - 475 58 75



COMPATIBILI IBM

**IMPORTAZIONE DIRETTA
SCONTI PER RIVENDITORI
PER ACQUISTI PROGRAMMATI
E GROSSI QUANTITATIVI
PREZZI INSUPERABILI**



**COMPATIBILI
APPLE**



JOYSTICK POTENZIOMETRICO

- Compatibile Apple II, IIe, IIc, IBM, tramite switch
- Autocentrante con Quick Fire



GUN SHOT

- Doppio pulsante e Autofire
 - Cavo extralungo
 - Impugnatura anatomica
- per Commodore 64, VIC-20, Atari

MICROSWITCH

- Joystick a Microswitch con Autofire e doppio pulsante
 - Anatomico con anima in metallo
- per Commodore 64, VIC-20, Atari



GRAPHIC MOUSE
Per Apple II, IIe, IIc
con Software dedicato



DISC DRIVE

- 163 kb Formattati
 - Velocità controllata da Microprocessore
 - Slim-line
 - Ultrasilenzioso
- Compatibile APPLE