

*Nel campo dell'economia*

# LA MANO INVISIBILE DEI SISTEMI COMBINATORI

*Una teoria per spiegare  
i comportamenti collettivi*

*Piero Mella*

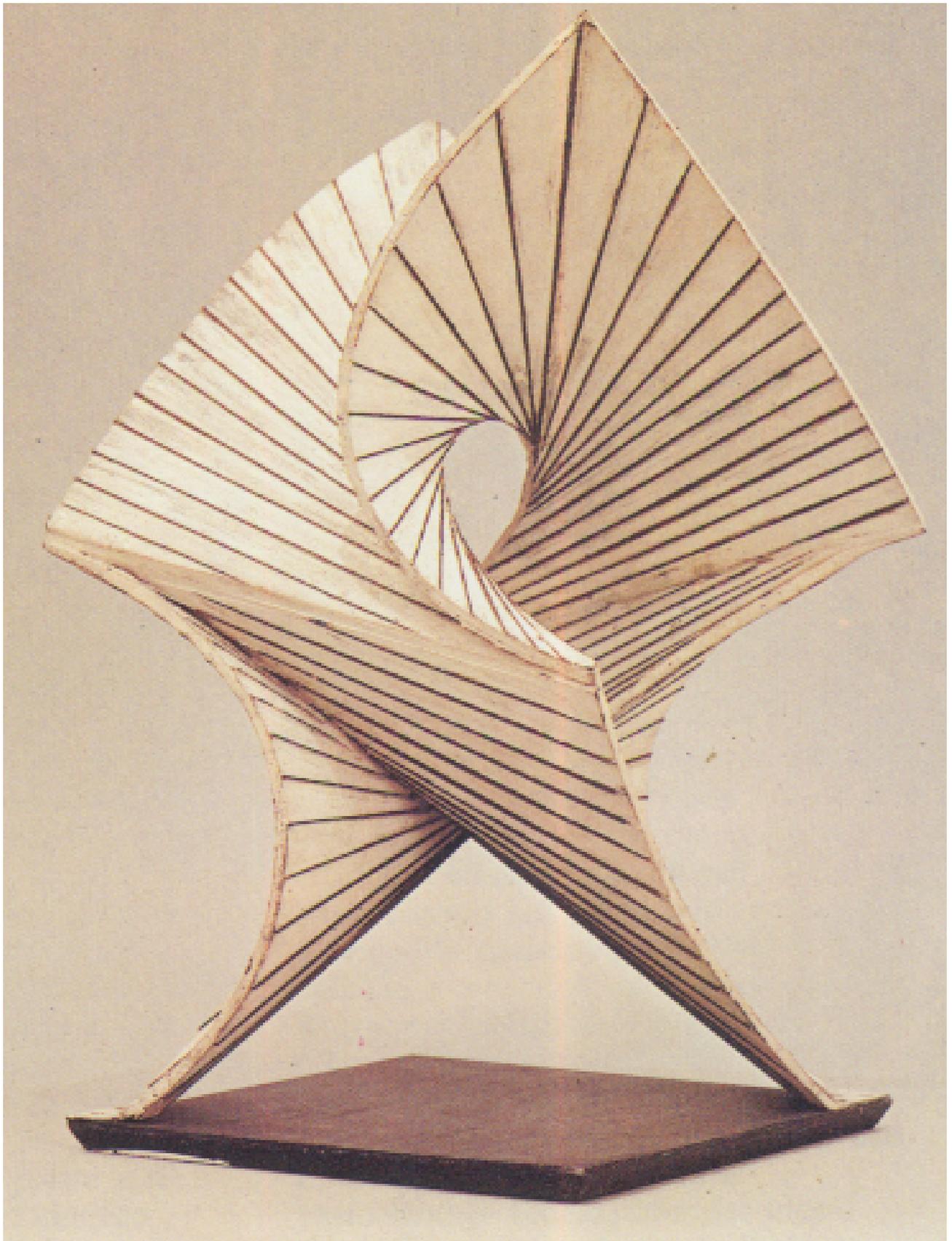
## PARTE PRIMA. TEORIA DEI SISTEMI COMBINATORI

**Fenomeni diversi** - Osserviamo spesso fenomeni, connessi all'agire di collettività, o popolazioni, di agenti di qualche specie - molti dei quali possono essere osservati in ambito sociale, biologico, politico, economico, aziendale e organizzativo - che sembrano provocati da una mano invisibile che guida le azioni analoghe di individui simili, per produrre un fenomeno emergente che non può ridursi alla semplice somma di effetti derivanti dai comportamenti individuali, ma deve essere attribuito alle collettività come un tutto e non solo ai singoli agenti che le compongono.

Perché si formano i sentieri? Per quale ragione una moda sorge rapidamente e poi, altrettanto repentinamente, scompare? Come mai alcune panchine nel

parco o alcuni muri sono ricoperti di graffiti, mentre altri vicini appaiono immacolati? Come nasce una faida? Perché nella Pavia medievale, in circa 200 anni, sono sorte oltre 150 torri, tutte simili, senza funzione apparente se non quella simbolica? Quali meccanismi giustificano il mantenimento degli idiomi e delle inflessioni dialettali anche in aree ristrette? Perché in alcuni siti si formano spontaneamente cumuli di immondizia? Cosa spinge al miglioramento continuo della qualità dei prodotti? Perché si inseguono i record (il grattacielo più alto, l'aereo più veloce, l'orologio più complicato saranno presto superati). E che dire del movimento di un branco di elefanti in fuga, una terribile massa distruttrice?

Si tratta di fenomeni diversi, tutti riconducibili a un unico schema interpretativo che ho denominato Teoria dei sistemi combinatori, che mi sembra in grado di descriverli, interpretarli e spiegarli, insieme con



*Anton Pezner, Superficie sviluppabile, Collezione Peggy Guggenheim, Venezia*

i loro effetti osservabili, come derivanti dalla combinazione di comportamenti individuali; per questo ho impiegato la denominazione “sistemi combinatori”.

**Guidati da una mano invisibile** - Poiché desidero guidare il lettore alla comprensione della teoria dei *sistemi combinatori*, mi sembra utile iniziare riconoscendo i caratteri comuni di tutti quei fenomeni, malgrado le differenze specifiche.

Innanzitutto, è immediato osservare che essi derivano, o sono provocati, dall'azione di una pluralità di elementi tra loro *analoghi* che pongono in atto comportamenti *simili*. I graffiti sono apposti da una molteplicità di persone che, giorno dopo giorno, incidono o scrivono nomi, detti, sigle e messaggi; così pure un mucchio di immondizia è il risultato di numerosi atti di abbandono di rifiuti; le carreggiate in autostrada sono il risultato del passaggio di chissà quanti autotreni; i record sono raggiunti e superati dall'azione, a volte, di migliaia di atleti che, pur in tempi e in luoghi diversi, competono nella stessa disciplina; un branco di elefanti che fugge, una “nuvola” di pesci, uno stormo di uccelli sono formati da numerosi esemplari; un applauso non scoppia, e il brusio in una sala non si forma, se non vi è una concentrazione sufficiente di presenti. Anche le mode e le epidemie si possono diffondere solo nell'ambito di una collettività.

Comprendiamo, dunque, che si tratta di fenomeni derivanti dall'azione di una *collettività* (popolazione, pluralità, matrice, insieme, tessuto, ecc.) di *agenti analoghi* che, comunque sia formata, denomineremo *base* del sistema, sia essa *osservabile* (nugolo di pesci), o anche solo *supposta* (autotreni che percorrono in una giornata un tratto autostradale).

L'*azione collettiva* che attribuiamo alla *base* (percorso di uno stesso sentiero o di uno stesso tratto autostradale, ola allo stadio, danza circolare dei ballerini in una sala da ballo, sosta sulla stessa panchina, incisione di graffiti, e così via) sarà denominata *macro comportamento* del sistema.

Gli *effetti osservabili* dell'azione collettiva (sentiero, carreggiate in autostrada, onda che percorre lo stadio, moto rotatorio, “nuvola” di graffiti, diffusione di un genere di moda, ecc.) si definiscono i *macro effetti* del comportamento del sistema.

Ma come si può formare il brusio in una sala se i singoli presenti non parlano tra loro? Come può nascere un applauso, se i singoli spettatori non applaudono? E come si trasmette una moda, se i singoli appartenenti alla collettività non sviluppano atti di imitazione? Anche una “nuvola” di graffiti è pur sempre formata da singoli graffiti.

Ecco una seconda osservazione: i *macro* comportamenti, e i correlati *macro* effetti, derivano dall'*azione individuale* di ciascun agente, che pone in atto un *micro comportamento*, che può produrre un effetto particolare, un *micro effetto*.

Nel seguito, per semplicità, se non diversamente specificato, supporremo che il micro comportamento di ogni agente si possa identificare con una successione di *cambiamenti di stato* di una sola *micro variabile*, la stessa che caratterizza tutti gli elementi della base.

Analogamente, il macro comportamento del sistema corrisponde al cambiamento di stato di una *macro variabile* che associamo all'azione della collettività.

Una “nuvola” di graffiti (macro variabile) si forma perché singole persone incidono il loro nome su una panchina o scrivono una frase su un muro (micro variabile). Il micro comportamento si identifica con uno dei due stati: incido/non incido, oppure scrivo/non scrivo. Il nome inciso o scritto è il micro effetto del comportamento individuale di coloro che scrivono o incidono.

Appare intuitivo desumere che la dinamica dei cambiamenti di stato della *macro variabile* sia provocata dai micro comportamenti che, “combinati insieme”, determinano il *macro comportamento* riferibile all'unità.

Rileggiamo alcuni fenomeni impiegando la terminologia appena introdotta.

Una coppia di individui (elemento) parla (micro comportamento) con un dato livello di voce (micro effetto) in un locale chiuso. La sala affollata (base) di persone vocianti (macro comportamento) sviluppa un brusio di fondo (macro effetto).

Un portatore di influenza (elemento) entra in contatto con altre persone (micro comportamento) e diffonde il virus (micro effetto) e in una popolazione (base) di persone che interagiscono (macro comportamento) presto si sviluppa un'epidemia (macro effetto).

Molti individui (base) attraversano un campo (macro comportamento); ciascun individuo (elemento) attraversando (micro comportamento) calpesta l'erba (micro effetto), così che si forma il sentiero (macro effetto).

È un utile esercizio considerare anche gli altri fenomeni in termini di micro e macro comportamenti. Per interpretare compiutamente i fenomeni collettivi dobbiamo, però, compiere un *terzo passo*: individuare il processo che lega tra loro i *micro* e i *macro* comportamenti, oppure i *micro* e i *macro* effetti.

Per comprendere in modo agevole tale processo, consideriamo ancora il fenomeno del formarsi del

brusio in una sala affollata. Da cosa è formato il brusio? Dal livello di voce tenuto dai presenti nel parlare tra loro. Ma perché i presenti parlano a voce alta? Perché c'è il brusio. Se il brusio cresce, i presenti, per farsi udire dai loro interlocutori, *devono* alzare la voce. Ma ciò, *inevitabilmente*, fa crescere il brusio che impone ai presenti di alzare ancor più la voce, che aumenta il brusio..., in un ciclo che si ripete. Il brusio è formato dal livello di voce dei parlanti, ma il livello di voce dipende, a sua volta, dal brusio.

In termini equivalenti, il macro effetto (brusio) derivante dal macro comportamento (chiacchierio collettivo) deriva dalla *combinazione* (media) dei micro effetti (livello di voce) prodotti dai micro comportamenti (parlare tra coppie). Reciprocamente, il macro comportamento (scambio di informazioni tra i presenti) e il macro effetto (brusio) influenzano i micro comportamenti (tentativi di comunicazione) e i micro effetti (livello di voce).

Questa mutua dipendenza tra micro e macro comportamenti (o loro effetti) può essere definita *feedback micro-macro* ed è rappresentata nel modello di figura 1.

Nel processo di trasmissione di una lingua nell'ambito di una popolazione, ogni genitore trasmette ai figli la lingua madre (micro comportamento) e i figli l'imparano (micro effetto). La popolazione parla (macro comportamento) la lingua madre (macro effetto) e costringe le famiglie a insegnare quella lingua ai figli. Il *feedback* è evidente.

Perché si possa individuare un sistema combinatorio, non è sufficiente descrivere un fenomeno in termini di micro e macro comportamenti (o effetti); è *necessario* anche riconoscere la mutua dipendenza tra gli aspetti micro e quelli macro.

*Riconoscere l'esistenza di un feedback micro-macro è indispensabile per interpretare i fenomeni collettivi come derivanti da un sistema combinatorio.*

Dalla sussistenza del *feedback micro-macro* derivano due conseguenze essenziali:

1) il macro comportamento del sistema non può essere considerato una semplice somma di micro comportamenti dei suoi elementi (o di loro effetti); il *feedback micro-macro* genera macro comportamenti (o effetti) "emergenti" attribuibili

alla collettività;

2) il macro comportamento – e il derivante macro effetto – dirige i micro comportamenti, come se una "mano invisibile", una Superiore Autorità, costringesse gli agenti della base a uniformarsi ai macro comportamenti emergenti della collettività. Non c'è nulla di strano o di misterioso: la mano invisibile non è altro che l'azione del *feedback micro-macro*. Come non andare con la mente alla mano invisibile di Adam Smith (*An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, 1776, p. 456, riprodotto in *Sources of the Western Tradition*, Mif-

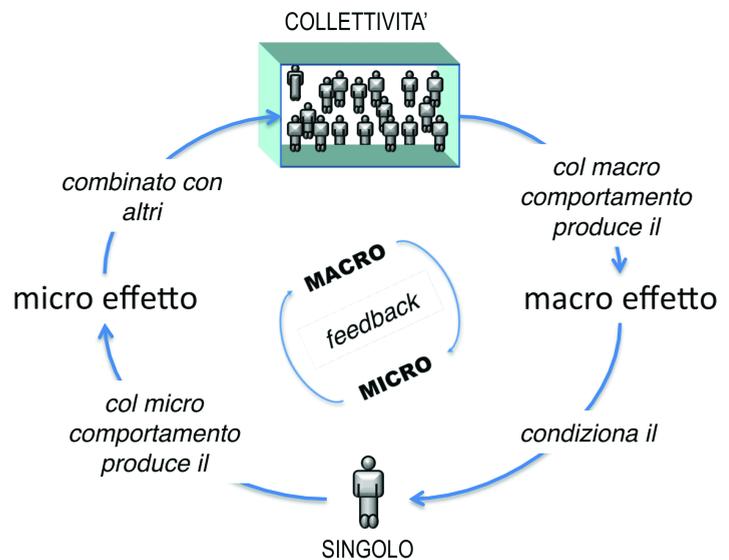


Fig. 1 – Feedback micro-macro ovvero: la mano invisibile

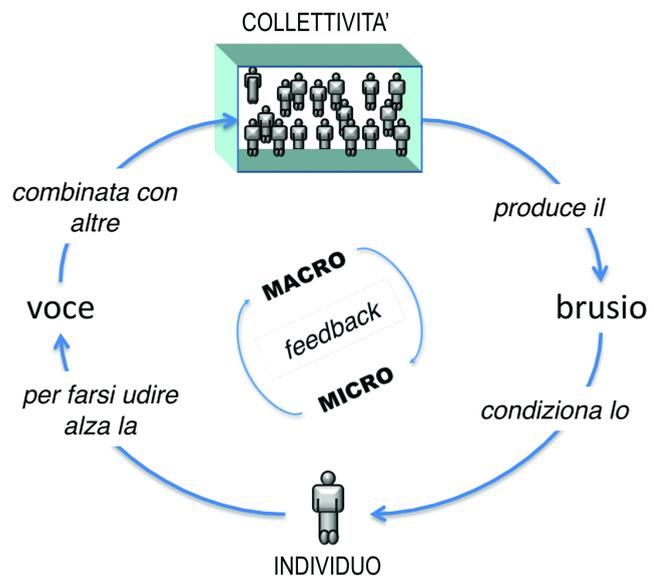


Fig. 2 - Feedback voce-rumore

flin, Boston 1999), che “misteriosamente” sembrava dare equilibrio al fluire caotico dei mercati in concorrenza arrivando alla formazione di un unico prezzo, dal quale nessun operatore poteva distaccarsi? E di mano invisibile parla anche Haken, il fondatore della sinergetica, la scienza che studia i sistemi complessi, formati da una molteplicità di elementi, i cui micro comportamenti non possono essere osservati individualmente, ma possono dar luogo a fenomeni “macro” osservabili e descrivibili:

“Riscontreremo che le varie parti si ordinano come guidate da una mano invisibile e d'altra parte sono proprio i singoli sistemi che a loro volta creano questa mano invisibile, tramite il loro effetto coordinato. Questa mano invisibile che dà ordine a tutto la chiameremo ‘ordinatore’” (H. Haken, *Sinergetica*, Boringhieri, Torino 1983, p. 17).

È un utile esercizio verificare come tutti i fenomeni indicati nel primo paragrafo possano essere rappresentati con lo stesso schema indicato in figura 1.

In figura 2 raffiguriamo il fenomeno del brusio che si origina in una sala affollata.

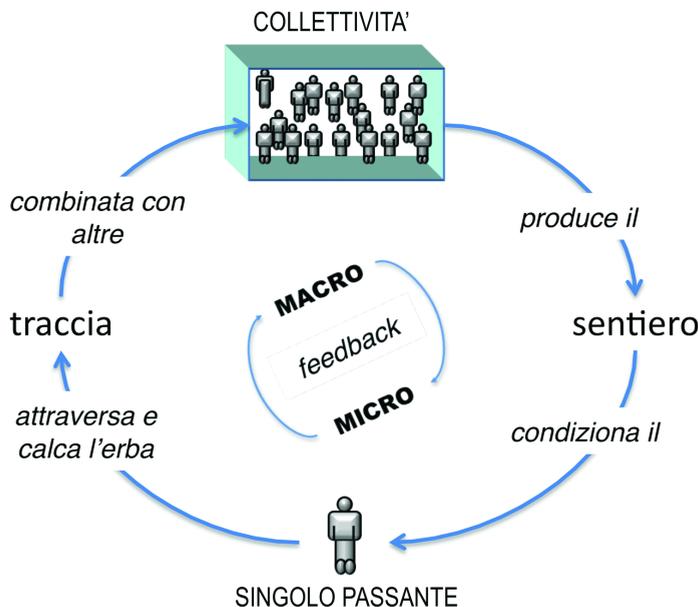


Fig. 3 - Feedback da cui si origina un sentiero

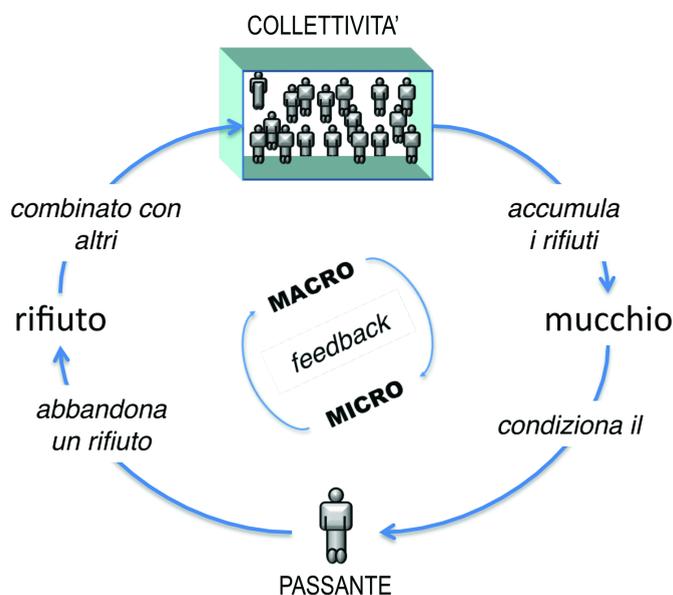


Fig. 4 - Feedback da cui si origina un mucchio di immondizia

La figura 3 evidenzia, invece, il *feedback* da cui trae origine il fenomeno del formarsi di un sentiero, quando molti individui (collettività immaginata come successione di passanti in un periodo di tempo) attraversano un campo (macro comportamento), formando una traccia permanente di erba calpestata; ogni successivo passante (agente) attraversa (micro comportamento), seguendo la traccia visibile sull'erba, calpestandola nuovamente (micro effetto) e rendendo ancora più evidente e permanente il sentiero (macro effetto).

La figura 4 illustra il *feedback micro-macro* che genera il fenomeno della formazione di un cumulo di immondizia.

La figura 5 offre un chiaro esempio del potere del sistema combinatorio che porta alla formazione del mucchio di immondizia. Nella fotografia si osserva il cestello di una bicicletta pieno di rifiuti lasciati dalla “collettività” di pedoni che camminavano in una strada centrale di Tokyo. Il cestello della seconda bicicletta sta per essere riempito.

Come indicato nel modello di figura 6, le ballerine di cancan danzano in cerchio singolarmente (micro effetto) ma, osservando la posizione delle due capofila, si coordinano formando una fila che ruota unitariamente (macro effetto), in un *feedback micro-macro* tra rotazione della singola ballerina (micro comportamento) e rotazione della fila (macro comportamento).

Se non è possibile individuare l'esistenza *feedback micro-macro*, non è possibile attribuire un dato fenomeno collettivo a un si-

stema combinatorio.

Il “caso” e la “necessità” - Nel paragrafo precedente abbiamo evidenziato le tre condizioni fondamentali per la sussistenza di qualsivoglia sistema combinatorio: (1) attuazione di *micro* comportamenti individuali che producono *micro* effetti osservabili; (2) sviluppo di *macro* comportamenti collettivi che portano a *macro* effetti; (3) esistenza di un *feedback* tra *micro* e *macro* comportamenti o tra loro effetti.

Pur essendo necessarie, esse non sono però sufficienti a farci comprendere il processo di formazione dei fenomeni collettivi; dobbiamo riconoscere un altro elemento essenziale: la congiunta azione di “caso” e di “necessità”.

Perché mai in una sala affollata si forma il brusio? Perché qualcuno dei presenti *per caso* inizia a parlare. Non si può sapere chi saranno coloro che parleranno per primi, ma perché il fenomeno del brusio si produce è indispensabile che un certo numero di presenti (la densità minima *d* perché si formi il primo brusio) inizi *per caso* a parlare. Il primo brusio che così si forma avvia il *feedback* *micro-macro* che farà il resto. Il brusio crescerà e i presenti parleranno con voce più alta, facendo alzare il brusio fino a quando un fracasso assordante impedirà a molti di udire e di farsi udire (si è raggiunto il brusio massimo sopportabile); allora alcuni smetteranno di parlare e il brusio si abbasserà (il *feedback* agisce sempre) fino a quando, tornata un po' di calma, riprenderanno a parlare.

La maggior parte dei fenomeni collettivi si avvia quando *per caso* si raggiunge una *densità minima*, cioè un dato *livello di attivazione*, specifico per ogni diverso fenomeno (a volte, è sufficiente l'azione di un solo elemento; altre volte, tutti gli elementi della collettività devono agire), e cessa quando si raggiunge una *densità massima*, cioè un dato *livello di saturazione*.

Superata la densità minima, il *feedback* *micro-macro* garantisce che il macro comportamento di *necessità* si avvii e si sviluppi, alimentandosi dei micro comportamenti successivi ma, nello stesso tempo, condizionandoli. A volte, si osserva una dinamica espansiva del macro comportamento (o dei suoi effetti); altre volte, un progressivo af-

fiolimento, fino alla cessazione; altre, ancora, una fluttuazione ciclica.

Per renderci conto del modo in cui agisce il binomio *caso-necessità*, riprendiamo il sistema combinatorio che spiega il formarsi di un sentiero nei campi; se molti individui attraversassero lo stesso campo secondo diverse direttrici, le molteplici tracce lasciate nell'erba non indicherebbero alcun sentiero. Se, *per caso*, invece, diversi individui scegliessero la stessa direttrice (densità di attivazione), le loro tracce si con-



Fig. 5 – Un sistema di accumulazione in azione

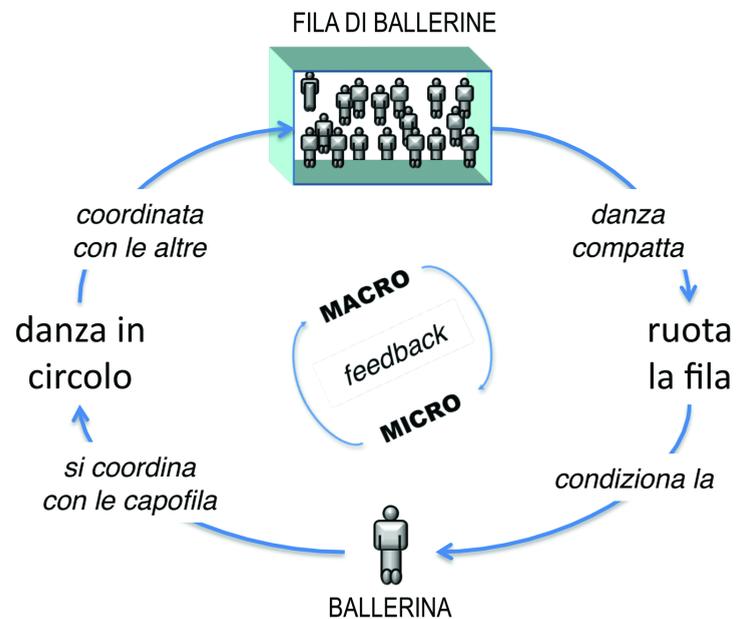


Fig. 6 - Feedback da cui si origina un moto rotatorio

soliderebbero e altri passanti, per non bagnarsi le scarpe, oppure ritenendo più razionale camminare dove l'erba è già calpestata, sarebbero indotti ad attraversare seguendo la traccia e rendendola permanente.

**Fattori ricombinanti e necessitanti** - Ma ecco sorgere spontaneo un nuovo interrogativo: perché si sviluppano i *micro* comportamenti? Per quali meccanismi essi sono influenzati dal *macro* comportamento? Come il *macro* comportamento della collettività deri-

va dai *micro* comportamenti degli agenti? In altri termini, perché può formarsi il *feedback micro-macro* e operare per molteplici cicli?

La teoria dei sistemi combinatori offre una risposta semplice.

Il *caso* da solo non è mai sufficiente ad avviare il *macro* comportamento; sui singoli agenti *deve* operare qualche *fattore necessitante* (un vincolo, una regola, una condizione, una legge, un convincimento, ecc.) che imponga a ciascun agente di riadeguare il proprio *micro* comportamento al *macro* comportamento del sistema o ai suoi *macro* effetti; al *caso* deve affiancarsi la *necessità*. Spesso tali *fattori necessitanti* derivano dall'obbligo, dalla convenienza, dall'utilità, dalla volontà dei singoli elementi; e, nella maggior parte dei casi, agiscono senza che gli individui ne siano consapevoli.

La sussistenza di uno o più fattori *necessitanti* è indispensabile ma non ancora sufficiente; occorre anche che il sistema sia in grado di *ricombinare* i *micro* comportamenti (o i *micro* effetti), per produrre il *macro* comportamento (o il *macro* effetto); il sistema agisce quando opera qualche *fattore ricombinante* (regola, convenzione, algoritmo, cultura, vincolo, ignoranza, ecc.), così che, tramite il *feedback micro-macro*, possa agire il *fattore necessitante*.

Si pensi a quanto sia diverso l'effetto ricombinante, per la formazione della ola, di uno stadio con un numero elevato o ridotto di gradinate, circolare, ovale o rettangolare. Oppure quanto differente sia l'effetto di una mandria impazzita che fugge, a seconda che il terreno sia pianeggiante od ondulato. In un ambiente di montagna è molto più semplice disperdere a caso i propri rifiuti che accumularli. In un territorio ad alta densità abitativa è più facile che si diffonda una moda; anche l'azione di promozione pubblicitaria, unitamente all'abbondanza di punti di vendita, rende molto forte, veloce e persistente l'effetto ricombinante di tale sistema.

Considerando anche i fattori *necessitanti* e *ricombinanti*, possiamo modificare il modello di figura 1 in quello di figura 7.

È questo un punto delicato ma è necessario esserne consapevoli: *per interpretare l'attività dei sistemi combinatori occorre sempre comprendere la natura sia dei fattori*

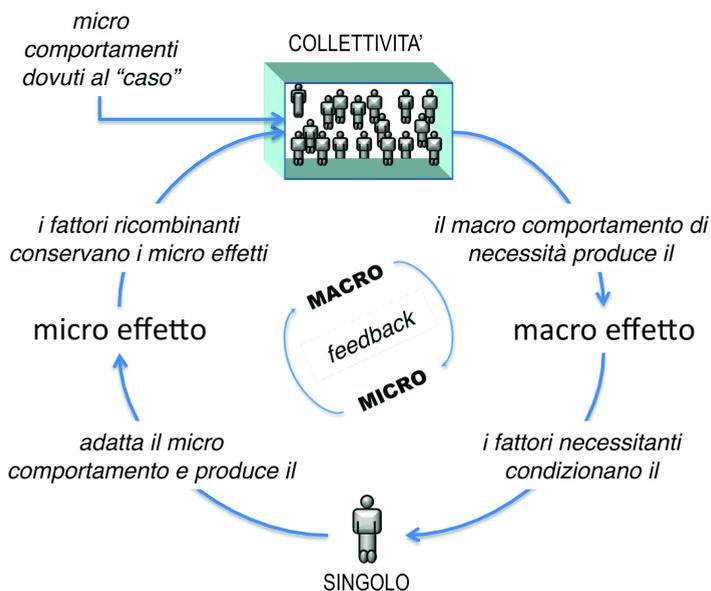


Fig. 7 – Il caso e la necessità

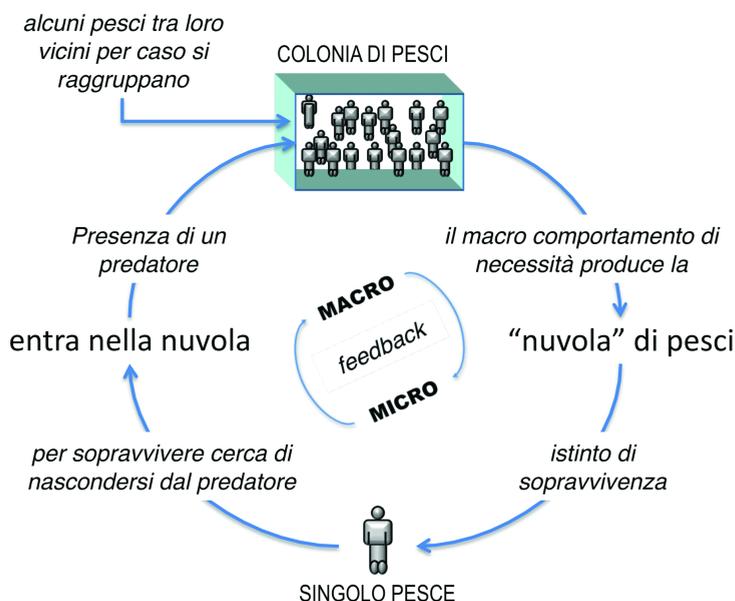


Fig. 8 - Macro e micro controllo di un sistema combinatorio

*ricombinanti sia di quelli necessitanti perché, senza la congiunta azione di tali fattori, non vi sarebbe feedback micro-macro e non si produrrebbero i fenomeni che vogliamo spiegare.*

Il *fattore necessitante* può essere anche naturale e agire in forma inconsapevole. Nel sistema della diffusione di un'epidemia, l'azione necessitante non dipende dalla volontà del portatore dell'agente patogeno di infettare altri individui quanto, piuttosto, dal meccanismo operativo di aggressione del virus. Anche il funzionamento del sistema combinatorio che origina la diffusione di una specie animale o vegetale dipende da un *fattore necessitante* molto forte (istinto di riproduzione), del quale probabilmente gli individui non sono coscienti. Pure il sistema che porta alla formazione delle "carreggiate in autostrada" dipende dalla necessità, avvertita dai singoli camionisti, di non correre il pericolo di sbandare, viaggiando al di fuori della carreggiata, e non certamente dalla convenienza a rinforzarla.

Anche i *fattori ricombinanti* svolgono un ruolo fondamentale. Se la collettività, in qualche forma, non è in grado di "combinare insieme" i micro comportamenti (o i loro effetti), il *feedback micro-macro* non può agire.

L'effetto ricombinante deriva, solitamente, dall'ambiente in cui la base opera; altre volte da convenzioni o da vincoli esterni al sistema.

Si pensi a quanto sia diverso l'effetto ricombinante del passaggio di autotreni per formare le carreggiate in autostrada, a seconda che il tratto di strada sia rettilineo o curvilineo. In un ambiente di campagna è molto più semplice disperdere a caso i propri rifiuti che non accumularli. In città, la rimozione sistematica dei rifiuti, del resto, rende quasi impossibile l'avvio del sistema combinatorio che ammuccia immondizia.

Per completare questa breve illustrazione della logica dei sistemi combinatori, ritengo necessaria un'ultima osservazione. Per quale ragione i singoli elementi del sistema arrivano a porre in atto i loro micro comportamenti, pur sapendo, a volte, che essi possono originare *effetti globali* indesiderati, dannosi, talora addirittura catastrofici? Per quale ragione si continua a parlare la propria lingua, quando l'inglese è tanto più utile? Cosa spinge gli elefanti che fuggono in branco a dirigersi verso il crepaccio, così da precipitare tutti, con un prevedibile esito disastroso? Perché le imprese continuano ad aumentare la produttività, pur nella consapevolezza di ridurre i posti di lavoro e di creare tensioni sociali?

La risposta deve essere ricercata nel meccanismo se-

condo il quale i *singoli elementi* del sistema decidono il loro micro comportamento; ogni elemento, infatti, non è consapevole (in genere) dell'esistenza del *feedback micro-macro*, ma è condizionato solo dal *macro effetto* derivante dal macro comportamento del sistema, che rappresenta per lui l'*informazione globale*, su cui assume le proprie decisioni di cambiamento di stato. In alcuni casi, nemmeno percepisce tale informazione globale, ma agisce sulla base di informazioni circa il micro comportamento di pochi altri elementi che può osservare direttamente (*informazione limitata*).

Chi parla in una sala affollata non pensa che, se stesse zitto, il brusio (informazione globale) diminuirebbe ma, per farsi udire dal proprio interlocutore, grida ancora di più.

Il sistema combinatorio che dà vita all'insediamento di imprese o alla formazione di un distretto industriale (macro effetto), si avvia quando una data area può offrire un differenziale positivo di economicità rispetto ad altre aree (fattore necessitante). La presenza di una concentrazione di imprese è il segnale (informazione globale) che vi sono vantaggi economici di insediamento (fattore ricombinante) e ciò attira nuove imprese, nel tipico *feedback micro-macro*.

**Il controllo dei fenomeni collettivi** - Come abbiamo osservato, per comprendere i meccanismi operativi di un sistema combinatorio è indispensabile riconoscere l'azione del *feedback micro-macro* e individuare i fattori *necessitanti* e *ricombinanti* che lo sorreggono.

Nel fenomeno della formazione del sentiero, ad esempio, il fattore necessitante potrebbe essere rappresentato dal desiderio di non sporcarsi le scarpe; perciò, vedendo l'erba appena calpestata (informazione globale), il passante segue la traccia; il fattore ricombinante è costituito dalla presenza di erba che rimane calpestata e dalla frequenza di passaggio dei vari pedoni. Se il terreno fosse sassoso e il passaggio a bassa frequenza, molto probabilmente nessun sentiero si formerebbe.

Quest'esempio ci consente un'*ultima importante considerazione*: se il sentiero fosse considerato utile, in quanto indicante una corretta direzione e un facile attraversamento del prato, potrebbero essere posti dei segni rossi o anche dei paracarri, e potrebbe intervenire la pubblica amministrazione per allargare la traccia, per asfaltarla; il sistema combinatorio si istituzionalizzerebbe. Ipotizziamo, invece, che il sentiero attraversi un prato di un agricoltore che veda in quel macro effetto un danno per il raccolto. In questa ipotesi, è facile immaginare le diverse azioni a difesa della pro-

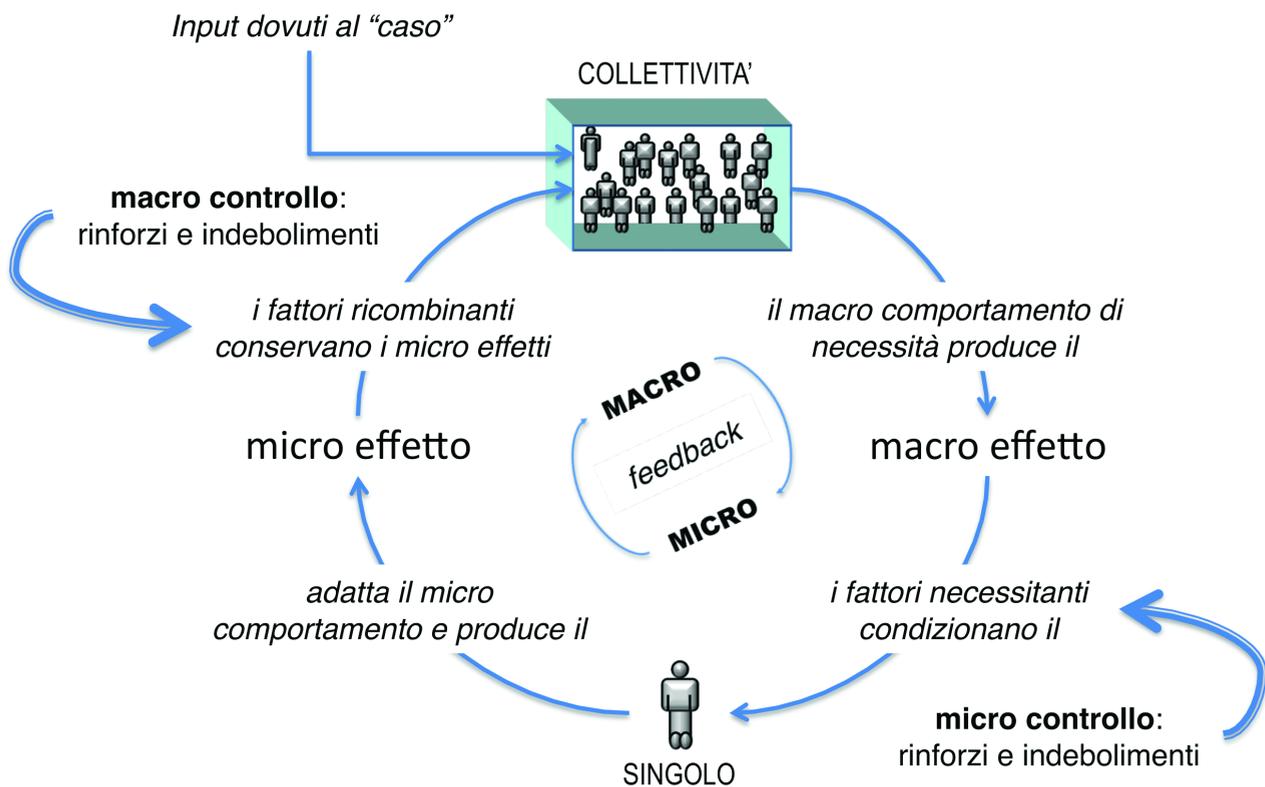


Fig. 9 - Micro e macro dinamiche prodotte da un automa combinatorio

prietà, la più drastica delle quali potrebbe essere quella di cingere il campo con un muretto. Il sistema combinatorio cesserebbe presto di operare.

Pertanto, pur in presenza di condizioni analoghe (collettività, singoli, fattori necessitanti e ricombinanti), i fenomeni collettivi si possono presentare con dinamiche alquanto diverse; ciò deriva dal fatto che in alcune circostanze l'ambiente *rinforza* il sistema perché i suoi macro comportamenti, o gli effetti, sono ritenuti utili; altre volte, invece, il sistema subisce un'azione di *indebolimento*, fino a scomparire.

Grazie a opportune azioni di rinforzo e di indebolimento è, pertanto, possibile arrivare al *controllo* del sistema combinatorio, cioè a far sì che il macro comportamento si conformi a un modello desiderato.

La figura 7 può ora essere completata come indicato nella 8.

Supponiamo che l'autorità, per combattere la droga che dilaga, sviluppi una più intensa azione antispaicio o blocchi il "traffico" all'origine con un'efficace azione di sorveglianza nei porti di importazione, controllando esternamente il sistema. E, invece, che le singole famiglie sviluppino una forma di educazione che crei nei giovani la volontà di evitare l'assunzione di sostanze stupefacenti. Il sistema, in questo caso,

modificherebbe il proprio macro comportamento proprio per effetto del controllo interno esercitato sui micro comportamenti degli elementi che ne formano la base.

**I modelli dei sistemi combinatori** - Per applicare la teoria dei Sistemi Combinatori, al fine di spiegare i fenomeni collettivi, occorre costruire un modello che rappresenti, in modo semplice e chiaro, i meccanismi operativi dei sistemi che quei fenomeni producono.

I Sistemi Combinatori possono essere rappresentati con modelli di tipo differente e di crescente difficoltà.

I più semplici sono i modelli descrittivi che indicano, in linguaggio lessicale, gli elementi fondamentali necessari per comprendere la logica operativa del sistema combinatorio, così come sono stati indicati nei paragrafi precedenti. In particolare, devono specificare gli agenti, la base, i micro e i macro comportamenti, l'impulso iniziale, i micro e i macro effetti, i fattori necessitanti e quelli ricombinanti; devono, soprattutto, evidenziare come agisce il feedback micro-macro; possono, da ultimo, indicare varie specie di rinforzi o di indebolimenti e le possibili forme di controllo.

Più interessanti sono i modelli euristici che cercano di simulare la dinamica del sistema, esplicitando, o co-

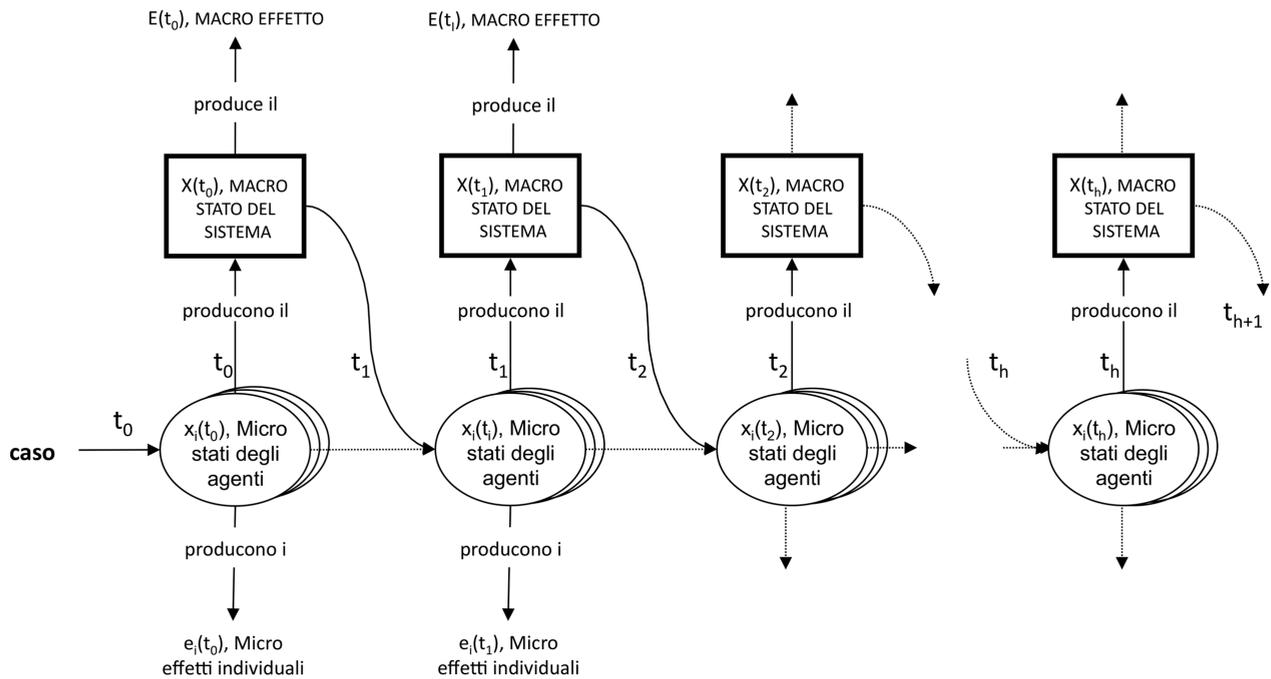


Fig. 10 - Modello di automa combinatorio

struendo ad hoc, le regole di funzionamento che dirigono tanto il micro comportamento degli agenti della base - che denomineremo regole micro o regole necessitanti -, quanto il sistema nel suo complesso, e parleremo, allora, di regole macro o regole ricombinanti. I modelli euristici, in ogni caso, devono esplicitare la logica del feedback micro-macro che consente al sistema combinatorio di produrre i fenomeni osservati.

Le regole devono essere necessarie e sufficienti, nel senso che dalla loro congiunta azione deve generarsi il feedback micro-macro che consente al sistema di sviluppare la propria dinamica, producendo i fenomeni osservati. Ovviamente i singoli agenti della base non sono, di norma, consapevoli di tali regole; esse, tuttavia, devono simulare quanto possibile il modus operandi del sistema. Il modello euristico (così come quello verbale) può comprendere anche un modello grafico che descriva tutti gli elementi caratteristici.

Si possono costruire, infine, particolari modelli matematico-statistici di simulazione che offrono una rappresentazione del comportamento dei sistemi, cercando di simulare la dinamica del macro effetto e/o del macro comportamento anche in termini probabilistici.

Tra i modelli matematico-statistici, particolarmente efficaci sono gli automi combinatori (combinatory automata) che rappresentano i Sistemi Combinatori in una disposizione a matrice, nelle cui N celle - per

un dato istante  $t_h$  - sono rappresentati i micro stati degli N agenti,  $x_i(t_h)$  - con i che assume i valori da 1 a N -, e/o i micro effetti,  $e_i(t_h)$ , corrispondenti a tali stati individuali. La combinazione, secondo regole ricombinanti, degli  $x_i(t_h)$ , consente di quantificare il macro stato,  $X(t_h)$ , della popolazione considerata come un tutto, e/o un macro effetto globale  $E(t_h)$ . Il macro stato  $X(t_h)$ , o più spesso il macro effetto  $E(t_h)$ , può essere interpretato come un'informazione globale autoprodotta, sulla cui base gli agenti determinano il loro nuovo micro stato,  $x_i(t_{h+1})$ , da cui deriva il nuovo macro stato,  $X(t_{h+1})$  - congiuntamente con i micro e macro effetti -, come descritto dal modello di figura 10 (per semplicità, ho supposto che i micro stati derivassero dal macro stato del sistema, anziché dal macro effetto).

Gli automi combinatori consentono di determinare la dinamica delle variabili micro e macro che definiscono i comportamenti del sistema, come nel modello di figura 11 che evidenzia come il feedback micro-macro congiunga le macro e le micro dinamiche.

Nella Parte Seconda, presenterò i modelli euristici di alcuni Sistemi Combinatori che agiscono in modo pervasivo e ubiquo nell'ambiente in cui viviamo, rinviando alla nota bibliografica i riferimenti nei quali il Lettore potrà trovare esempi di automi combinatori.

**Sistemi naturali e artificiali** - Come si può consta-

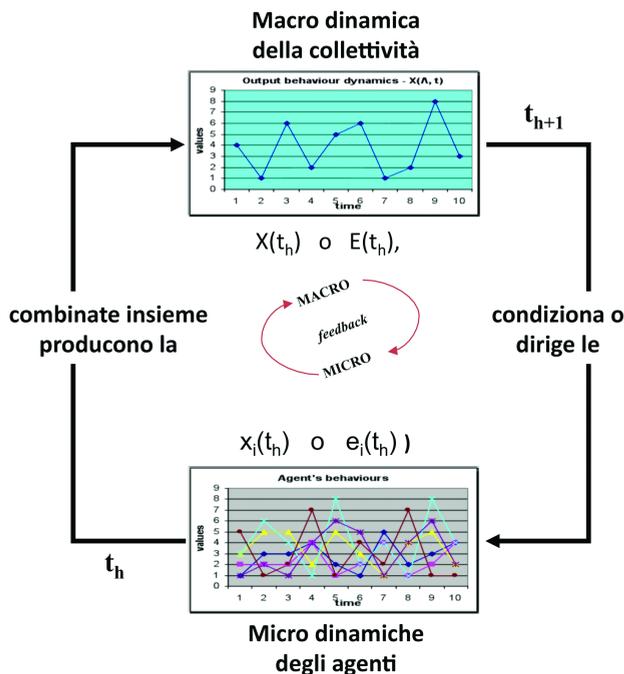


Fig. 11 - Micro e macro dinamiche prodotte da un automa combinatorio

tare anche dagli esempi presentati, molti sistemi combinatori hanno formazione apparentemente spontanea. Ciò significa che le micro e macro regole sono già inserite "naturalmente" negli elementi del sistema.

I sistemi spontanei possono essere definiti naturali e portano a micro comportamenti ordinati che possono essere pensati quali forme di sincronizzazione (tutti i parlanti adeguano contemporaneamente il livello di voce; le ballerine adeguano la loro danza rotatoria) e di auto organizzazione, fenomeno tipico dei sistemi combinatori "d'ordine", che sembrano produrre e mantenere un ordine spontaneo nel micro comportamento degli elementi componenti (gli autotreni percorrono le carreggiate formate nell'asfalto; le coppie danzano secondo un movimento rotatorio complessivo; i pedoni percorrono ordinatamente un sentiero appena tracciato).

Un caso evidente di autorganizzazione è quello della ripartizione di un flusso di agenti che si incrociano disordinatamente nelle due direzioni in due flussi ordinati monodirezionali. Questo sistema si osserva invariabilmente quando numerosi individui (base) devono (fattore necessitante) entrare o uscire contemporaneamente da una porta da opposte direzioni o camminare in direzioni contrapposte su un marciapiede nel quale intervenga un ostacolo al flusso. Dopo alcuni passaggi scomposti, se per caso inizia a formarsi un primo flusso ordinato - per esempio, se le persone che devono uscire escono in fila dal lato destro (o sini-

stro) della porta o i passanti sul marciapiede, che percorrono la strada nello stesso senso, si allineano per passare a destra (o a sinistra) dell'ostacolo - allora, di necessità, anche gli individui che devono entrare o camminare tenderanno a disporsi in un flusso ordinato sul lato destro (o sinistro), costringendo i passanti dell'opposto senso a transitare sul lato sinistro (oppure destro). Il flusso scomposto si è trasformato in due flussi ordinati e persistenti (macro effetto); il disordine iniziale è diventato ordine, grazie all'autorganizzazione provocata dal feedback micro-macro che rende necessario uniformarsi all'ordine quando, per caso, questo si è formato. Il caso agisce anche nel determinare il senso di ciascun flusso, destro o sinistro.

Oltre che per caso, i Sistemi Combinatori possono generarsi anche per specifica progettazione, definendo opportunamente le regole micro e macro che li determinano; i sistemi progettati sono artificiali.

Per comprendere i meccanismi di progettazione di sistemi artificiali, supponiamo che uno scienziato, mediante manipolazione genetica di un individuo in una popolazione di batteri, riesca a provocare una mutazione. Se la mutazione si propaga fino ad arrivare al numero di attivazione, inizia ad operare il sistema combinatorio che modifica la precedente specie o che dà origine a una nuova specie.

Ecco altri esempi di sistemi combinatori artificiali.

Una banda di criminali costringe un gruppo di individui ad assuefarsi a una droga, trasformandoli in spacciatori per pagarsi le loro razioni. Se si raggiunge la densità minima, si avvia il sistema combinatorio della diffusione della droga.

Una grande impresa automobilistica spinge le ricerche verso un nuovo tipo di motore. Se hanno successo, il motore viene utilizzato e apprezzato. Inizia il sistema combinatorio di adozione di quel motore. Se il motore è elettrico e risolve il problema dell'inquinamento, è probabile che si attuino rinforzi importanti: eliminazione delle colonnine carburante, installazione di punti di rifornimento di energia, detassazione dell'acquisto delle nuove automobili, ecc.

**Espansione e organizzazione** - Nei sistemi combinatori, in generale, e in quelli naturali in particolare, si manifestano alcune caratteristiche interessanti: da un lato, si possono espandere al di là dell'ambiente in cui sono originariamente osservati; dall'altro, si possono organizzare in sottosistemi specializzati. I Sistemi Combinatori nel tempo possono anche presentare ramificazioni.

Relativamente alla prima caratteristica, ricordo che i Sistemi Combinatori sono definiti nell'ambito di un

dato ambiente, nel quale sia le regole micro sia quelle macro possono agire sugli N agenti del sistema che formano un insieme chiuso in un ambiente limitato.

Molti sistemi naturali di specie biologica sono in grado di espandere i loro effetti su elementi appartenenti a un ambiente più ampio.

Una moda, ad esempio, nasce in una città ma si può diffondere in tutto il Paese. Una malattia esplose in epidemia in un continente ma si espande in altri. La vita umana è tipica della terra ma sono in atto procedure per la sua espansione, ricercando altri pianeti abitabili.

L'organizzazione è caratteristica tipica dei sistemi operatori, ma può essere osservata anche in molti Sistemi Combinatori naturali biologici nei quali i singoli elementi, per es. le cellule, possono assumere più di due stati differenti. Ogni cellula specializza la propria funzione, assumendo lo stato appropriato, in relazione alla posizione occupata nel sistema, secondo le regole micro incluse nel codice genetico.

Un'area desertica viene colonizzata; dopo un certo numero di insediamenti, inizia a operare il Sistema Combinatorio che porta a un insediamento-urbano. All'inizio tutti gli insediamenti hanno la stessa natura (sono, per esempio, insediamenti di contadini) ma, quando la densità cresce, alcuni coloni diventano allevatori, altri industriali, ecc. e si formano parziali sistemi combinatori specializzati (i contadini, gli allevatori, gli industriali, i guerrieri, i sacerdoti), dando vita a un sistema operatore tipico di una città o addirittura di una nazione.

**Robustezza e persistenza** - È facilmente verificabile come alcuni sistemi combinatori siano molto fragili; è sufficiente un modesto indebolimento, per farne cessare l'azione, o addirittura per disgregarlo. In altri casi, invece, i sistemi resistono a ogni forma di indebolimento e, anche senza particolari rinforzi, operano e si sviluppano, arrivando addirittura ad organizzarsi.

Definisco robustezza la caratteristica di un sistema combinatorio a resistere a perturbazioni o controlli che, in qualche forma, tentino di limitare il prodursi del macro comportamento o del macro effetto. Il sistema combinatorio più robusto è quello che agisce anche quando una parte della base venga eliminata o quando l'ambiente modifichi la sua forma.

Definisco persistenza la caratteristica di un sistema combinatorio a resistere nel tempo, a operare durevolmente. Il più persistente è quello che riproduce nel tempo il macro comportamento anche quando la base attiva è ridotta alla densità minima e, addirittura, a un solo elemento (seme eolico che attecchisce in un'i-

sola deserta). Il più volatile è quello che, pur raggiungendo in tempi ridotti la densità massima, altrettanto repentinamente cessa di produrre il proprio macro comportamento.

Tra i più robusti e persistenti Sistemi Combinatori, ricordo quello della diffusione e del mantenimento della lingua madre o di una religione.

Un sistema debole e volatile è quello che produce il brusio nei locali affollati, oppure l'applauso.

Non sempre sistemi robusti sono anche persistenti ma, in genere, robustezza e persistenza sono caratteristiche che si riscontrano congiuntamente.

**Tipologia di sistemi combinatori** - In relazione al macro effetto prodotto, i sistemi combinatori possono essere ordinati e classificati in cinque classi:

- 1) Sistemi d'accumulazione [SA], il cui macro comportamento produce un macro effetto percepibile come accumulo di oggetti, di comportamenti, o di effetti di qualche specie; questa logica si applica all'interpretazione di un ampio spettro di fenomeni collettivi, tra cui la formazione di insediamenti abitativi o industriali (distretti), la localizzazione di negozi dello stesso tipo nella stessa strada, l'accumulazione di rifiuti, il formarsi di nuvole di graffiti, incisi o scritti, lo scoppio dell'applauso, la formazione di colonie, orde di elefanti, "nuvole" di pesci, branchi e foreste.
- 2) sistemi di diffusione [SD], che hanno, quale macro effetto, la diffusione di un carattere o di una particolarità o di uno "stato" da un numero limitato a un numero elevato di elementi del sistema, come si osserva nei fenomeni di propagazione delle mode e delle abitudini, delle epidemie, delle innovazioni, di monumenti dello stesso tipo nello stesso luogo (le 100 torri di Pavia), e la diffusione di nuove lingue (l'inglese come lingua universale).
- 3) sistemi d'inseguimento [SI], che producono un comportamento consistente in uno spostamento graduale del macro effetto verso un obiettivo, proprio come se il sistema, quale entità unitaria, inseguisse una meta o cercasse di transitare verso stati sempre più avanzati; tali sistemi interpretano numerosi fenomeni collettivi, quali l'inseguimento dei record di ogni specie, la formazione del brusio nei locali affollati, il mantenimento delle faide e delle guerre, il superamento dei limiti di ogni tipo (il grattacielo più alto, la cattedrale più ricca).
- 4) sistemi d'ordine [SO], che producono un macro comportamento, o un macro effetto, percepibile come il raggiungimento e il mantenimento di una disposizione ordinata tra gli elementi che formano

il sistema stesso, come lo spontaneo formarsi di sentieri e di aree di sosta, di piste sulla neve, di carreggiate nelle autostrade, o le *ole* nello stadio, il cancan, le sfilate, ecc.

- 5) sistemi di miglioramento e progresso [SP], che hanno l'effetto di produrre un *progresso* nello stato complessivo di una collettività, quale conseguenza della ricerca del *miglioramento* individuale degli agenti. Tali sistemi derivano direttamente dai sistemi di inseguimento e agiscono per stimolare gli agenti a eliminare il gap tra il loro stato e lo stato del sistema, producendo un progresso economico e sociale che stimola il miglioramento individuale a produrre nuovo progresso, nel tipico *feedback micro-macro*. Tutte le leggi (metafisiche) del *progresso continuo* non sono altro che il riconoscimento dell'azione del *feedback micro-macro* che dirige i sistemi combinatori biologici e sociali verso performance sempre più elevate.

Per rendere evidente la logica di tipici Sistemi Combinatori che producono effetti collettivi a tutti evidenti, ne presenterò una selezione attraverso il *modello euristico* che li descrive, attribuendo loro un nome tipico, per ricordarne immediatamente l'effetto.

## PARTE SECONDA.

### MODELLI DI SISTEMI COMBINATORI

**Insediamiento-urbano** [SA] - Una città appare come la risultante delle decisioni individuali di edificare un'abitazione in un posto favorevole; la presenza di una città (o anche di un semplice villaggio) rappresenta proprio l'informazione globale che sono state trovate condizioni favorevoli di vita, e ciò influenza i successivi micro comportamenti individuali di insediarsi in quel luogo, per fruire dei vantaggi della vita collettiva, secondo il modello euristico seguente.

Micro comportamenti e fattori necessitanti - Se hai necessità di costruire un'abitazione, cerca le condizioni favorevoli; se c'è una città, lì si presume che vi siano tali condizioni; aggiungi una nuova abitazione e lasciala in eredità ai discendenti.

Macro comportamento e fattori ricombinanti - La costruzione di nuove case rafforza l'insediamento urbano e conferma l'informazione che vi sono condizioni favorevoli (opportunità, servizi, protezione, ecc.); quanto più antica e ampia è la città, tanto più alto è l'incentivo di insediamento per i nuovi venuti.

*Feedback* micro-macro. Caso e necessità - Una città sorge *per caso* ma, una volta iniziato, il fenomeno *di necessità* si mantiene nel tempo fino a quando opera il fattore necessitante.

Rinforzi, indebolimenti e controllo - Eccessivo affollamento, crescita dei tempi di attraversamento, inquinamento, desiderio di solitudine ed esigenza di conservazione del territorio circostante rappresentano fattori di indebolimento. Pericolo di invasioni, presenza di bellezze turistiche, incentivi fiscali all'edilizia, offerta di servizi urbani apprezzabili costituiscono esempi di fattori di rinforzo. Il macro controllo può agire mediante la pianificazione urbanistica; il micro controllo opera rafforzando il desiderio di abitare in città o, in senso inverso, di uscire dall'affollamento.

La logica dell'Insediamento-urbano interpreta anche gli insediamenti industriali di imprese a produzione omogenea. Lo stesso modello è applicabile anche per i sistemi naturali. Perché alcuni scogli sono ricoperti da conchiglie monovalva, mentre su altri scarseggiano? Perché le spugne e i ricci di mare si addensano in certe zone marine e non in altre che, pure, hanno analoghe condizioni? Perché dove *per caso* attecchisce un seme e nasce una pianta si può formare un bosco di piante analoghe?

**“Scoppia-l'applauso”** [SA] - L'applauso, un atto di consenso, di apprezzamento, di riconoscenza molto diffuso nella cultura occidentale, è un fenomeno collettivo che, se spontaneo, normalmente segue le regole del sistema combinatorio.

Una folla (base) sta ascoltando un oratore in una sala o in una piazza (ambiente); questi interrompe il discorso e prolunga la pausa ... aspettando un applauso. Quante volte abbiamo vissuto quest'esperienza!

Improvvisamente qualcuno, *per caso*, batte le mani (micro comportamento) producendo il tipico rumore (micro effetto). Se il numero di coloro che accennano ad applaudire non raggiunge il numero minimo di attivazione, l'applauso “muore sul nascere”; ma se le prime battute non “muoiono”, altre si uniscono e l'applauso scroscia; i micro comportamenti si traducono in un macro comportamento (la folla applaude), del quale l'applauso, inteso come tipico rumore unitario, rappresenta il macro effetto.

I singoli, battendo le mani, formano l'applauso ma questo impone a tutti, *di necessità*, di continuare a battere le mani, per sostenere l'applauso stesso fino a quando qualcuno smette e il macro effetto si affievolisce; il *feedback micro-macro* inevitabilmente agisce anche in senso opposto e l'applauso pian piano si spegne.

L'oratore può rinforzare o indebolire l'applauso con gesti plateali di compiacimento oppure volti a zittire.

“Scoppia-l'applauso” è analogo al sistema combinatorio che si manifesta quando in una folla, o in un

gruppo di persone, alcuni si alzano in punta di piedi per vedere meglio, costringendo tutti ad alzarsi in punta di piedi. Ciò richiama alla mente il capitolo XIII de *I promessi sposi*: “E tutti, alzandosi in punta di piedi, si voltano a guardare da quella parte donde s’annunziava l’inaspettato arrivo [del gran cancelliere Antonio Ferrer]. Alzandosi tutti, vedevano né più né meno che se fossero stati tutti con le piante in terra; ma tant’è [spinti dal *feedback* micro-macro] tutti s’alzavano”.

Per quanto producano fenomeni completamente diversi, la logica di tali sistemi può essere descritta con un modello euristico del tutto analogo a quella dei sistemi precedentemente illustrati.

“**Torre-di-babele**” [SD] - Tra i sistemi combinatori più potenti, diffusi e facili da verificare vi sono quelli che mantengono una data lingua in una popolazione.

La religione cattolica ha trovato nella presunzione e nel fallimento della costruzione della Torre di Babele una spiegazione della presenza di tanti linguaggi diversi; la teoria dei sistemi combinatori fornisce la giustificazione sia del loro mantenimento, di generazione in generazione, sia della loro modificazione. Il “volgare” toscano non ha sostituito gradualmente il latino, che pure per secoli ha resistito come lingua dotta? L’inglese non sta diventando la seconda lingua “universale”?

Il seguente modello euristico che si applica non solo alle lingue correnti ma anche ai linguaggi tecnici e artistici.

Micro comportamenti e fattori necessitanti - È indispensabile che i tuoi figli possano comunicare nell’ambito della collettività; durante il processo di crescita dei figli e di educazione dei giovani insegna la lingua dei tuoi avi; considera errore qualunque deviazione di sintassi e di semantica e cerca di eliminarla.

macro comportamento e fattori ricombinanti - La comunità conserva e diffonde la lingua degli avi che viene parlata dalla collettività, di generazione in generazione; la lingua viene codificata e trasmessa, il più possibile, immutata.

*Feedback* micro-macro. Caso e necessità - La lingua (macro effetto) si mantiene perché è parlata dalla collettività (macro comportamento) e ciò costringe i genitori ad insegnare (micro comportamento) quella lingua ai figli (micro effetto). La lingua è la risultante dei micro comportamenti storici ma condiziona i micro comportamenti futuri. Una nuova lingua, o una variante di una vecchia lingua, può essere introdotta *per caso* (immigrazione) in un dato territorio; se si

raggiunge la densità di attivazione, il sistema di necessità mantiene la matrice linguistica con la trasmissione ai nuovi nati.

Rinforzi, indebolimenti e controllo - La formazione di un sistema scolastico collettivo e la catalogazione delle regole linguistiche rinforzano notevolmente il sistema; periodiche immigrazioni possono, invece, indebolirlo.

“**Faida-etera**” [SI] - Se Abele avesse avuto un figlio vendicativo, probabilmente questi si sarebbe vendicato con Caino o con suo figlio e avrebbe avuto origine la faida più antica dell’umanità.

Il sistema faida è più diffuso di quanto non si pensi, poiché rientrano in questa tipologia non solo le faide tra famiglie singole o fazioni (Guelfi e Ghibellini), ma anche quelle tra contrade, tra tribù e perfino tra popoli e nazioni, come le secolari guerre medio-orientali, nordafricane e balcaniche testimoniano ancora oggi.

Anche il fenomeno faida può essere interpretato come sistema combinatorio semplice, da descrivere in quanto analogo al sistema record.

Qualcuno, *per caso*, subisce un torto; se perdona, o se chiede giustizia presso le competenti autorità, la faida non inizia. Si avvia, invece, quando chi ha subito il torto (micro effetto) si vendica (micro comportamento), creando l’occasione per una contro-vendetta che, a sua volta, richiede una reazione violenta che, *di necessità*, mantiene questa barbara usanza (macro comportamento).

Micro comportamenti e fattori necessitanti - Se la tua famiglia ha subito un grave torto, devi lavare il disonore con la vendetta; se non senti personalmente il desiderio di vendetta e non vuoi “lavare l’onta” del torto subito, i tuoi parenti e amici ti considereranno un vigliacco, un traditore e ti creeranno solo problemi; pertanto, alla prima occasione, restituisci quanto hai ricevuto.

Macro comportamento e fattori ricombinanti - L’ambiente familiare e del clan, se non le favorisce, quanto meno accetta o tollera le faide; ogni nuova vendetta aumenta l’odio tra le famiglie avversarie che diventa proporzionale al numero di offese ricevute, a nulla valendo quelle restituite per vendetta; quanto più elevato è l’odio, tanto più questo è trasmesso alle successive generazioni, che cercheranno vendetta non appena possibile.

*Feedback* micro-macro. Caso e necessità - Ogni vendetta aumenta l’odio che, a sua volta, richiede una nuova vendetta. Il primo torto può essere considerato frutto del *caso*, come pure la prima vendetta; dopo il primo anello della catena delle vendette, può interve-

nire il perdono o la giustizia esterna; in questa ipotesi non si manifesta alcun sistema combinatorio; se, invece, al primo si aggiungono altri anelli di vendetta, allora nasce il sistema combinatorio che si mantiene *per necessità* di lavare l'onta subito, di vendicare i torti; la faida cessa – oltre che per mancanza di “parenti” di una delle fazioni – anche quando, *per caso*, la catena si interrompe per un periodo sufficiente *per dimenticare*.

Rinforzi, indebolimenti e controllo - La repressione della faida da parte delle autorità è fattore di notevole indebolimento, mentre le vendette trasversali rinforzano il sistema. Il controllo si può attuare con azioni di “convincimento al perdono” e di “allontanamento” dei contendenti.

“Traccia-il-sentiero” [SO] - Osservando il fianco di un colle, un ampio tratto di campagna, un bosco o anche, semplicemente, un prato erboso, è facile accorgersi dell'esistenza di sentieri; a volte ne appare uno solo, ben tracciato; altre volte numerosi viottoli attraversano la stessa area, alcuni chiaramente delineati, altri appena accennati.

Come si formano i sentieri? Lascio la descrizione alle parole di von Hayek – integrate con la terminologia dei sistemi combinatori - che considera la formazione dei sentieri come un ordine spontaneo (fondato sul solo caso) e così scrive: “Solo nei casi più semplici si riesce a dimostrare brevemente e senza alcun apparato tecnico come le azioni indipendenti dei singoli generano un ordine che non rientra affatto nelle loro intenzioni; in questi casi la spiegazione è di solito talmente ovvia che non ci soffermiamo mai ad esaminare il tipo di argomentazione che ci conduce a quel risultato. Il modo in cui si formano i sentieri in una zona disabitata e accidentata è un esempio di questo genere. In un primo momento ciascuno cerca per proprio conto quello che gli sembra il percorso migliore. Ma il semplice fatto che il sentiero sia stato usato una volta [caso] rende presumibilmente più facile il passaggio, e è quindi probabile che quel sentiero venga usato ancora [necessità]; e così gradualmente si formano sentieri [macro-effetto] dal tracciato sempre più netto che finiscono con l'essere utilizzati ad esclusione di altri possibili percorsi [macro-comportamento]. I movimenti umani in quella zona tendono a conformarsi [fattore necessitante] a un modello ben definito che, pur essendo il risultato di decisioni deliberatamente prese da molte persone, non è stato consapevolmente progettato da nessuno [sistema spontaneo]” (F.A. von Hayek, *Conoscenza, mercato, pianificazione*, Il Mulino, Bologna 1988, p. 132).

Una spiegazione più completa è data dal seguente modello euristico.

Micro comportamenti e fattori necessitanti - Se hai necessità di attraversare un sito, cerca di percorrere l'ambiente (campo, pendio, parete, ecc.) con la massima razionalità; se c'è un sentiero nella giusta direzione, o in direzione non troppo diversa da quella desiderata, seguilo; altrimenti cerca il percorso che ottimizza i tuoi parametri di razionalità individuale.

Macro comportamento e fattori ricombinanti - Dal successivo sovrapporsi di tracce singole (micro effetti) si forma il sentiero (macro effetto) che indirizza un flusso di persone ad attraversare (micro comportamento) nella direzione da esso indicata, formando così il macro comportamento della collettività dei passanti.

*Feedback* micro-macro. Caso e necessità - Non si può sapere da dove il *caso* farà provenire gli individui e verso dove questi saranno indirizzati, ma quando il sentiero si è formato in una data direzione, esso rappresenta l'informazione globale che spinge i successivi passanti ad attraversare percorrendo il sentiero che, in tal modo, continuamente si rinforza.

Rinforzi, indebolimenti e controllo - Se il sentiero sorge in un ambiente libero, e è considerato percorso efficiente, possono essere attuate azioni di rinforzo: posizionamento di paracarri, lastricatura e asfaltatura (i primi sentieri romani sono diventati strade che ancora oggi danno la direzione più efficiente), indicazione su cartine topografiche, ecc.; se il sentiero attraversa un territorio privato, il proprietario può porre in essere azioni di indebolimento, la più drastica delle quali è rappresentata dal «divieto di accesso» e dalla sorveglianza relativa. Il macro controllo si manifesta con azioni sul sentiero (asfaltatura, cartelli segnaletici, ecc.); il micro controllo con interventi sui passanti (convincimento, minacce, ecc.).

“Qualità-crescente” [SP] - Un sistema combinatorio veramente importante, che porta ad un progresso nel modo di produrre e di utilizzare i beni ottenuti, è quello che opera sulla qualità dei beni prodotti.

Il modello euristico del sistema può essere così rappresentato.

Micro comportamenti e fattori necessitanti - Se le tue vendite si riducono a favore di altri produttori che hanno introdotto *miglioramenti di qualità* nei loro prodotti o processi, e vuoi rimanere nel sistema economico come produttore - e se non puoi agire sulla produttività, riducendo i costi e i prezzi -, devi a tua volta cercare di migliorare la qualità dei tuoi prodotti.

Macro comportamento e fattori ricombinanti - Un

miglioramento della qualità in un prodotto innalza il livello medio di qualità dei prodotti analoghi del sistema produttivo; la qualità individuale di ciascun produttore deve almeno eguagliare - o, preferibilmente, superare - il livello medio di qualità del sistema.

*Feedback* micro-macro. Caso e necessità - Il miglioramento della qualità media a livello di sistema produttivo è la risultante dei micro comportamenti passati, ma condiziona esso stesso la ricerca di nuovi miglioramenti qualitativi da parte dei singoli produttori. Un'innovazione idonea a produrre un aumento della qualità viene introdotta *per caso*, ma essa costringe altri produttori a trovare *di necessità* i mezzi e le forme per migliorare la qualità dei loro prodotti.

RINFORZI, INDEBOLIMENTI E CONTROLLO - Incentivi all'innovazione, presenza di centri di ricerca specializzati, alta motivazione al profitto sono esempi di rinforzi al sistema; condizioni di monopolio e scarsa sensibilità dei consumatori sono esempi di indebolimenti del sistema. Il macro controllo può essere esercitato con leggi che favoriscano o inibiscano l'introduzione di innovazioni, o con interventi sul sistema educativo del paese, in cui le imprese reperiscono le risorse umane; il micro controllo agisce, invece, sui singoli produttori con incentivi di vario genere per lo sviluppo della ricerca e della creatività.

**Conclusioni. Il valore euristico della teoria dei sistemi combinatori** - Sorge spontaneo domandarsi come la teoria dei sistemi combinatori, pur essendo fondata su semplici regole, possa interpretare così tanti e così vari fenomeni.

Per la risposta, occorre ricordare che ci sono almeno tre tecniche di spiegazione:

- a) *spiegazione classica* o di causa-effetto (o funzionale); secondo questa tecnica, normalmente impiegata nelle scienze sperimentali, un fenomeno viene spiegato facendolo derivare da altri che sono le sue cause, tenendo conto di alcune condizioni particolari relative alla situazione in cui il fenomeno osservato si manifesta;
- b) *spiegazione sistemica* o interfunzionale; a volte non esiste la causa di un fenomeno; esso è funzione di una pluralità di altre variabili e contemporaneamente influisce su quelle in un intrecciarsi di *loop* di rinforzo e di bilanciamento; la spiegazione consiste allora nel ricostruire il sistema nel quale il fenomeno osservato è inserito e nell'analizzarne la dinamica (P. Mella, *Guida al Systems Thinking*, Il Sole 24 Ore, Milano 2007);
- c) *spiegazione procedurale*; ricorriamo ad essa in tutti i casi in cui un fenomeno non derivi da altri che lo

producono (cause) o che sono interrelati (sistema), ma sia, piuttosto, il risultato dell'applicazione di qualche procedura (processo, programma, elaborazione, algoritmo, ecc.) che consente di ottenerlo quale risultato da regole date o supposte. La teoria darwiniana dell'evoluzione, per esempio, è un potente strumento di spiegazione procedurale.

Appare evidente che anche la Teoria dei Sistemi Combinatori costituisce un efficace strumento per la *spiegazione procedurale* dei fenomeni dinamici che derivano dall'azione di collettività, quando queste sono considerate come *unità* osservative e non solamente come aggregati di individui.

Quattro sono gli aspetti che rendono la teoria particolarmente efficace:

- 1) non si limita a descrivere il macro comportamento di una collettività, ma impone soprattutto di ricercare e di rendere palese il *feedback* tra macro e micro comportamenti o tra i loro effetti;
- 2) impone di ricercare e di rendere palesi i *fattori necessitanti* e i *ricombinanti*, tramite i quali *il caso* innesca le dinamiche che *di necessità* poi si mantengono;
- 3) la spiegazione procedurale offerta dalla teoria ci consente anche di individuare le forme più efficaci di controllo;
- 4) non si limita a considerare le interazioni locali tra gli individui, secondo le procedure dei sistemi complessi tradizionali, né le sole dinamiche globali, come la sinergica, ma cerca di individuare le interazioni tra macro e micro comportamenti ed effetti.

Piero Mella

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Per approfondire la teoria dei sistemi combinatori, rinvio al mio volume *Razionalità e libertà del comportamento collettivo*, Franco Angeli, Milano 1977, dal quale ho rielaborato alcune parti di questo articolo.

Ho trattato i sistemi e gli automi combinatori in diversi articoli in particolare, in:

P. MELLA, *Observing Collectivities as Simplex Systems: The Combinatory Systems Approach*, "Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences", 9, 2, 2005, pp. 121-153;

P. MELLA, *Spatial co-localisation of firms and entrepreneurial dynamics The combinatory system view*, "International Entrepreneurship and Management Journal", 2, 2006, pp. 391-412.

P. MELLA, *Combinatory Systems and Automata: Simulating Self-Organization and Chaos in Collective Phenomena*, "The International Journal of Knowledge, Culture & Change Management", Common Ground, N. 7/2, 2007, pp. 17-28

P. MELLA, *Observing Collectivities: The Combinatory Systems Approach in Social Sciences*, "The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences", 3/1, 2008, pp. 213-223.

Per un approfondimento più tecnico, e per consultare una copiosa bibliografia, è utile il materiale contenuto nel sito [www.ca2000.it/cst](http://www.ca2000.it/cst), (in inglese), nel quale è pubblicato un *tutorial* in diapositive.