

Cesare Marchetti

## **L'ordine nel caos: strutture semplici nei sistemi economici, sociali e individuali e loro uso per la previsione**

III Corso di Perfezionamento Seminariale

Venezia, 19 gennaio 1986

I sistemi biologici di certo costituiscono delle strutture ordinate. Il DNA, includendo gli enzimi di manutenzione, è una struttura di grande stabilità e li codifica digitalmente. Il DNA, considerato come un sistema di costruzione e gestione implica anche una raffinatissima “conoscenza” delle regolarità del mondo esterno cioè, usando espressioni antropomorfe, delle leggi della chimica e della fisica. Nei sistemi biologici avanzati, gli animali, il DNA ha costruito un secondo livello di information processing, il sistema nervoso per manipolare l'informazione ad alta velocità in strutture di grandi dimensioni. L'obiettivo fondamentale e primitivo è la gestione del movimento, cioè del sistema muscolare, nonché dell'informazione che questo movimento deve orientare, cioè del sistema sensorio. Questo comporta l'evoluzione e la fissazione di algoritmi altamente complessi e di straordinaria precisione quando applicati.

Afferrare una palla al volo, non solo richiede un calcolo di traiettoria, ma la perfetta coordinazione spaziale e temporale di centinaia di muscoli. Un terzo livello è apparso con l'uomo, dove un nuovo meccanismo di gestione dell'informazione, il linguaggio sintattico, permette di operare all'esterno dell'individuo, in maniera interattiva con altri individui, e con memorie oggettive (scritture). Gli obiettivi, e in larga misura i meccanismi, non sono però cambiati.

Il linguaggio può essere visto infatti come uno strumento per evolvere e fissare algoritmi d'azione. La cultura è stata molto appropriatamente definita come “una formula per la sopravvivenza”. Fatto curioso, i tre livelli non sono in grado di comunicare tra di loro, così che le splendide “conoscenze” dell'uno non possono venire trasferite all'altro. (A dire il vero l'ingegneria genetica ha cominciato un processo di cross-talk, ancora però ad uno stadio quanto mai elementare). Così ciascuno ha dovuto ricominciare da capo nella sua ricerca di ordine e di invarianti nel “grande caos” del mondo esterno.

Che il caos abbondi ce lo dice la fisica, punta di diamante del terzo livello. Il fatto che questa sala sia ferma e contenga oggetti riconoscibili può essere visto come un miracoloso successo del secondo livello nell'estrarre invarianti dal caos stesso. Vista a livello atomico la stanza è un flusso di strutture mai identiche a se stesse. Ma certe sovrastrutture sono invarianti, e sono queste che vengono identificate dai nostri elaboratori cerebrali e percepite come oggetti. Ho cercato di fissare gli invarianti nell'operazione e nell'evoluzione dei tre livelli in un piccolo studio intitolato “Logos the empire builder” ed ho trovato che sono essenzialmente gli stessi: massimizzazione di territorio, controllo e flusso di negentropia. Par di leggere il Machiavelli.

Non entrerà di certo nei dettagli in questa sede, ma voglio solo affermare che se le regole del gioco sono sempre le stesse, anche la matematica che il gioco descrive deve sempre essere la stessa. Questa affermazione è di grande potenza euristica volendo affrontare in maniera autoconsistente con le scienze naturali il problema della quantificazione del comportamento economico, sociale e, perché no, individuale. Le scienze relative hanno cercato di sviluppare delle strutture concettuali autoctone, e la loro maniera di guardare al sistema dal di dentro, con tutti i condizionamenti emotivi che questo comporta, le ha condotte secondo me dentro dei vicoli ciechi.

La qualità che loro manca, e questa è la base prima della mia opinione, è la capacità a prevedere (e a “postvedere”!), pietra di paragone di ogni scienza. Le analisi che vi mostrerò cercano di ovviare all'infangamento facendo marcia indietro sul secondo livello dove il successo di quantificazione e previsione sta diventando dirompente, e adottando delle metodologie da sperimentare sul terzo. Questo garantisce almeno l'autoconsistenza logica dell'operazione, altra condizione necessaria per la pratica scientifica.

La metodologia che adotterò consiste nell'utilizzare le equazioni di Volterra-Lotka sulla competizione nei sistemi ecologici come descrittore di cose umane. Queste equazioni sono molto curiose perché di grande efficienza malgrado una rudimentarietà concettuale assoluta. Esse dicono in sostanza che il pesce grosso mangia il pesce piccolo, e che l'operazione può essere caratterizzata nel tempo da un solo parametro, che contiene il concetto centrale della “fitness” di Darwin, e si presenta come un “rate” cioè una velocità di reazione nel senso dei chimici.

Il concetto evidentemente drena acquiferi profondi, perché, come ha ben mostrato Manfred Eigen, ricevendone anche un premio Nobel, equazioni sostanzialmente analoghe regolano la lotta per la vita al livello della manipolazione ed evoluzione informatica nel DNA. Simili procedure sono d'altronde portanti nello sviluppo della scienza, la teoria della relatività generale è attaccata al chiodo della invarianza della velocità della luce e la termodinamica, una delle più solide

strutture mai create nella scienza, a quello del calore che fluisce sempre verso il più freddo. Il mio tentativo di portare le equazioni di Volterra all'interno del sistema socioeconomico è operativamente legittimato da questa tradizione. In termini darwiniani la sola legittimazione valida è a posteriori e viene dalla selezione, cioè dal successo.

Da laborioso sperimentatore qual sono ho applicato la procedura a circa seicento casi, presi ai quattro lati del mondo per assicurare una esauriente varietà, e devo dire che il successo è stato generale. Le equazioni rappresentano dunque una struttura essenziale e stabile, un'invariante all'interno dei sistemi sociali, e in tal senso possono essere utilizzate per descrivere e prevedere. Come al solito le cose sono un po' più complesse in pratica.

È vero che le equazioni di Maxwell contengono tutto l'essere elettromagnetico, ma quando poi devono calcolare un'antenna un po' astuta, gli ingegneri devono sudare assai e magari fare anche dei modelli per orientarsi meglio. Comunque i seicento casi citati, pur essendo scelti tra quelli più semplici, danno un quadro affascinante della precisione, stabilità e, diciamo pure, intrinseco determinismo da omeostasi, dei sistemi sociali e di quelli economici e culturali che li esprimono.

Le equazioni del tipo Volterra-Lotka sono state studiate da molti autori e la miglior trattazione d'insieme per chi le vede da un punto di vista applicativo è probabilmente quello del Montrollò, pubblicato su «Review of Modern Physics» nel 1971. Malgrado la loro semplicità formale, danno luogo a una grande varietà di soluzioni, di solito di tipo oscillante.

Come ho detto, io ho scelto le soluzioni, le più semplici, quelle che danno luogo a sistemi di funzioni logistiche, e ho esplorato il loro campo di applicazione. Questi sistemi di logistiche vanno bene quando la competizione è molto dinamica, cioè quando nuovi concorrenti entrano nell'arena prima che i loro precursori abbiano completamente conquistato i mercati (o riempito le nicchie), situazione che sembra regolarmente verificarsi durante gli ultimi duecento anni, gli anni della cosiddetta rivoluzione industriale. Logistiche semplici valgono anche nel caso dell'autoconcorrenza, quando la nicchia ha dimensioni limitate e i membri della popolazione competono per le risorse. In questa forma le equazioni logistiche erano state utilizzate dai demografi, un secolo prima che Volterra e Lotka avessero stabilito il loro quadro teorico. A questo punto passo, diciamo così, all'azione, mostrando un campionario dei risultati ottenuti.

Il primo caso, che poi è anche il primo che abbiamo analizzato alla IIASA con questa tecnica, è quello delle fonti energetiche primarie a livello mondiale, un soggetto incidentalmente di ovvio interesse per l'ENI. Il risultato del fitting è riportato nella fig. 1 dove la frazione di mercato in termini energetici è riportata per ciascuna fonte primaria (curve spiegate); le equazioni sono rappresentate dalle curve lisce.

All'epoca in cui questa analisi venne fatta, nel 1975, nel mezzo di una maxiconfusione delle lingue, il risultato apparve quasi miracoloso. Bisogna tener presente che le equazioni di fittaggio hanno in realtà un solo parametro importante da aggiustare, quello della velocità di "reazione" e il miracoloso è che questo parametro non cambia, magari per cento anni, malgrado tutto il polverio di tattiche e innovazioni che i contendenti mettono in gioco. La stessa cosa accade d'altronde nella competizione tra specie. Agli unti da Dio non resta che vincere, salvo poi essere vinti dai bisunti.

Il secondo parametro da fissare è semplicemente un cursore temporale che localizza i fatti nel tempo storico. La cosa più affascinante per me in queste analisi è l'incredibile stabilità del sistema, che di certo devia qua e là, ma che le forze omeostatiche sistematicamente riportano sulla traiettoria ideale quantificata dalle equazioni. Questa stabilità suggerisce che forse abbiamo messo le mani su degli invarianti e che forse abbiamo la possibilità di fare delle previsioni solide, come nei sistemi fisici, all'interno delle strutture che questi invarianti definiscono. Fare previsioni con sistemi che hanno costanti di tempo di cinquanta o cento anni, richiede una grande pazienza nelle verifiche.

Si può però sempre spostare l'esperimento indietro nel tempo, utilizzando parte dei dati statistici per impostare le equazioni, e il resto per verificare le estrapolazioni. È quanto è stato fatto nella fig. 2 (a b c). Le statistiche dal 1900 al 1920 sono state prese come base dati per impostare le equazioni. Che poi sono state confrontate con i dati al di fuori della base, in configurazione predittiva (dopo il 1920) o di ricostruzione storica (prima del 1900). Come si vede previsioni o ricostruzioni a cinquant'anni funzionano come meccanismi a orologeria, visto il contesto, con errori che non superano il 2 per 1000.

È chiaro inoltre che queste deviazioni sono di carattere perturbativo, in quanto vengono sistematicamente riassorbite come se esistessero delle esplicite forze di richiamo. Un altro aspetto affascinante, e che secca moltissimo i miei amici economisti, è che l'analisi è fatta senza mai coinvolgere indicatori monetari e contesti economici o politici. La costante di reazione sembra contenere tutto, come nel caos biologico dove la chimica del cervello dei contendenti o l'acuità della loro vista pur essendo ovviamente importanti, finiscono nello stesso calderone. La cosa sarebbe digeribile se i sistemi in competizione fossero delle strutture statiche. Però non lo sono, basti pensare a quanto è cambiata la

tecnologia e la geografia del petrolio e del carbone in cinquant'anni. Ma i cambiamenti sembrano avere un carattere puramente ed esattamente compensatorio. E questo è difficile da digerire per le implicazioni che comporta.

Mi sono a lungo scervellato per cercare di organizzare logicamente questo dilemma. Per il caso biologico ho forse trovato una linea di attacco che riporto perché potrebbe servire da falsariga per meglio spiare nei meccanismi dell'evoluzione industriale. La dinamica di cambiamento delle strutture (innovazione o mutazione) può essere ridotta a un processo evolutivo a sua volta ridotto a mutazione, cioè cambiamento dei "codici" e selezione, cioè valutazione dell'efficacia di questi cambiamenti. Il processo va tenuto sotto controllo perché mutazioni troppo frequenti introdurrebbero una confusione distruttiva, e troppo rare un immobilismo altrettanto insidioso. Gli organismi viventi hanno tutti dei meccanismi di correzione delle mutazioni a livello DNA, che le tolgono di mezzo prima che si propaghino e codifichino i fenotipi.

Questo controllo fa parte della strategia a lunghissimo termine della specie, e di conseguenza deve appartenere ai livelli profondi specialmente difesi contro la mutazione stessa. Di conseguenza la capacità a mutare, dunque la capacità a migliorare i termini della competizione, deve rimanere più o meno costante nei tempi relativamente brevi durante i quali la competizione si esplica. Traslato in termini socioeconomici l'attitudine verso l'innovazione del sistema carbone e del sistema petrolio non sono sostanzialmente cambiate durante gli ultimi cento anni, per cui chi andava più forte al principio lo va anche alla fine. Come ho detto si tratta solo di una linea d'attacco, che però ha il vantaggio di essere direttamente sperimentabile e potrebbe dare lo spunto per una ricerca storica. L'implicazione è però dura. Non c'è speranza per chi sta perdendo. I fatti mostrano che è proprio così.

In questo momento è il petrolio che comincia a tirar le cuoia. Fino a questo momento ci siamo sollazzati negli involucri teorici, che sono talvolta di grande utilità, come le impalcature per costruire un ponte. A me personalmente interessano i ponti e le intelaiature le ripongo quando hanno adempiuto alla loro funzione. Mostrerò dunque la variegata molteplicità di strutture invarianti all'esterno del nostro sistema, e il loro uso per quantificare e in notevole misura prevedere, per lo meno fino a quando dei fenomeni di "vorticosità" non cominciano a intorbidare i processi. Le chiavi di lettura saranno introdotte via via.

Avendo cominciato con l'energia mostrerò per primo una serie di esempi in questo campo. L'analisi della competizione tra le fonti primarie negli USA è data nella fig. 3. Il ginocchio in fondo alla linea del legno può essere dovuto a un mercato irriducibile, forse non strettamente energetico (caminetti). Ma è più probabile che sia dovuto a un cambiamento dell'ufficio che fa le statistiche, avvenuto di fatto in coincidenza col ginocchio. Molto più seriamente il consumo di metano appare basso rispetto alla "prescrizione" delle equazioni. Sulla base dell'esperienza empirica da centinaia di casi, queste deviazioni sono di durata limitata, sono spesso dovute a barriere istituzionali e vengono riprese elasticamente. I primi due punti si attagliano al caso del metano negli Stati Uniti. Dovremmo dunque vedere una spettacolare rimonta nei prossimi anni.

Il primo passo della "deregulation" il primo gennaio 1985, è un primo segno che le cose si muovono nella direzione giusta. Guardiamo quanto ci vorrà per far saltare le "regulation" sugli impieghi (ad esempio nelle centrali termoelettriche). Nel caso del carbone lo smangio durante gli anni Venti-Trenta può venire attribuito agli innumerevoli scioperi e insanabili controversie tra i minatori. Il petrolio ne approfittò allegramente. Queste controversie vanno classificate tra gli impedimenti istituzionali, e sono spesso associate al periodo di "saturazione" di uno dei concorrenti. Il non aumento della quota di mercato crea non solo dei problemi organizzativi e finanziari a istituzioni che si sono organizzate (e drogate) con la crescita, ma dà molto sui nervi a chi ne è impiegato. Direi a ragione. Solo che le reazioni ricordano molto la distruzione delle panetterie da parte della folla inferocita quando il pane scarseggia. Curiosamente anche il prezzo del carbone era aumentato di un fattore quattro negli anni Venti, e il petrolio è la fonte oggi in saturazione. Il messaggio più importante che si può estrarre dalla fig. 3 è però il fatto che il gas naturale appare dominare lo scenario energetico dei prossimi cinquant'anni. Questo perché le costanti di tempo della sostituzione, nella fattispecie, il nucleare, sono così straordinariamente lunghe. Anche per un paese apparentemente neofilo come gli Stati Uniti si va sull'ordine dei cento anni.

Incidentalmente, dimenticando la congerie di sciocchezze che la stampa riporta a proposito dell'energia nucleare negli Stati Uniti, l'energia prodotta segue una perfetta logistica in chiave con lo schema della fig. 3. Naturalmente le velocità di penetrazione sono molto inferiori a quelle pronosticate dagli entusiasti degli anni Settanta, ma questo mostra solo che il "sistema" si fa i fatti suoi indipendentemente dalle opinioni degli entusiasti. Vorrei dire anche dei cosiddetti decision maker, ma qui si entra in un problema complesso cui accennerò in seguito.

Vorrei a questo punto introdurre un caveat nella lettura dei grafici. Le curve rappresentano frazioni di mercato, il quale mercato è sempre rinormalizzato all'unità. Una frazione calante può al limite corrispondere a una produzione crescente in assoluto, se il mercato nel suo insieme cresce abbastanza alla svelta. I meccanismi e gli umori appaiono però essere sempre controllati da fattori relativi. Un po' come essere povero o ricco.

Da un punto di vista sistemico è interessantissimo il fatto che le equazioni funzionino bene anche con una "nicchia" di ampiezza variabile. Mostrerò ora una serie di casi in cui la competizione avviene all'interno di una nicchia di cui si conosce l'ampiezza, o che si conoscerà al momento in cui una eventuale previsione verrà verificata.

La fig. 4 mostra la competizione tra le varie tecnologie per estrarre carbone negli Stati Uniti. Le definizioni sono quelle delle statistiche del National Coal Association. Nella fig. 4a sono riportate le quantità estratte in Mton/anno. Le curve appaiono piuttosto anodine e le tecnologie "nuove" Longwall e Auger irrilevanti. Applicando però l'analisi di competizione (fig. 4b), lo spettacolo si ravviva, ognuno esplicita il suo ruolo e il modesto Longwall si manifesta come il vincitore della competizione in profondo. L'estrazione in superficie però finirà per vincere come la fig. 4c finalmente rivela. I ganci della fig. 4c mi danno l'occasione per riaprire l'argomento delle deviazioni dal trend. Essi sono dovuti all'introduzione di una nuova legislazione per la sicurezza nell'industria mineraria che costrinse varie miniere marginali a chiudere bottega, con il conseguente vantaggio per le miniere a cielo aperto. Senonché qualche anno dopo fu introdotta una legislazione "ecologica" per le seconde, che ha generato la seconda piegatura del gancio. Così, con un colpo al cerchio e uno alla botte il "sistema" ha rimesso le cose sulla giusta via.

La fig. 5 mostra una sostituzione di tecnologia, i diesel che prendono il posto delle locomotive a vapore nelle ferrovie inglesi. Il processo appare molto regolare e, visti i tempi intrinseci dei sistemi ferroviari, anche molto rapido. La costante di tempo (quindici anni), ricordo ancora, rappresenta il tempo necessario per andare da una sostituzione del 10% a una del 90 per 1000. La fig. 6 mostra la competizione tra le fonti energetiche primarie nella Germania Federale. Il fitting per i dati del passato è assolutamente perfetto. Volendo utilizzare le equazioni per la previsione si va però incontro a delle sorprese. A parte il nucleare di cui non si poteva ancora stimare l'andamento quando questo preciso grafico fu fatto, nel 1975, e a parte la dominanza del gas naturale che è abbastanza generalizzata e in ogni caso legata allo sviluppo del nucleare, la cosa che più colpisce è la scomparsa del petrolio dalle energie primarie verso la fine del secolo. Va bene che la maggioranza degli utilizzatori fissi può andare a metano, e che secondo certi miei amici geologi la Germania sul metano ci galleggia, ma a cosa andranno le auto tedesche?

Si parla oggi (nel 1984) di mandare Diesel e Otto a metanolo, presumibilmente da metano, e magari importato dalla Russia e dal Golfo. Ma il tutto appare come una conseguenza dell'emozione suscitata dal "Waldsterben" di wagneriana risonanza. Le equazioni questo di certo non lo sapevano. Di fitti misteri devo dire ne ho trovati molti e forse la "mano invisibile" degli economisti vittoriani risiede semplicemente nelle logiche profonde del sistema. Sia ben chiaro, e lo ripeterò di tanto in tanto, le equazioni di Volterra provvedono un utensile analitico, non interpretativo. Continuando con la parentesi filosofica, dirò che queste strutture così precise sono immerse in un brodo di caos, e uno si domanda cos'è che le fa stare insieme. Secondo me sono i processi di ottimizzazione a livello microdecisionale.

Mi spiego con un esempio. Se si guarda una foto dall'elicottero di un circuito di corse d'auto, si vede che le tracce dei pneumatici seguono traiettorie ben definite e ripetitive, evidentemente del tutto diverse da quelle che lascerebbe un guidatore della domenica che va in giro a scuotere la famiglia. La differenza nasce dal fatto che il pilota di formula uno deve minimizzare i tempi di percorso in un processo di esasperata ottimizzazione, con un flusso costante di microdecisioni. L'ottimizzazione come è noto elimina gradi di libertà e finalmente il nostro pilota si ritrova su una traiettoria, deterministica come un binario.

Una cosa che di solito non dico quando sciorino le mie centinaia di diapositive, è che tutti i casi trattati si riferiscono a processi che hanno avuto successo nella competizione per la sopravvivenza, e la competizione come è noto costringe ad aguzzare l'ingegno, cioè in pratica a ottimizzare. Poiché l'analogia biologica è così ricca di suggestioni, dirò che la situazione è identica anche in quell'area. Tutto cominciò con il fatto che la "zuppa primeva", il brodo di molecole organiche in cui strutture automoltiplicanti cominciarono a proliferare, era in quantità limitata. Sono i limiti alla crescita esponenziale che generano la concorrenza e questa evoluzione. Nel caso degli esseri viventi la linea evolutiva può essere consistentemente interpretata come una riduzione dei tempi. Le cinetiche della chimica del nostro corpo sono miracolose. Tanto per non cercar lontano. Ritornando a terra, cioè alle nostre esplorazioni empiriche di strutture socioeconomiche, riporto il caso, ripreso da uno studio di Fisher e Pry, della sostituzione di prodotti e processi sul mercato americano. Unica notazione è che le costanti di tempo sono piuttosto lunghe, circa quarant'anni, anche se le

sostituzioni appaiono a prima vista banali, tipi diversi di vernici, o di grassi alimentari, e anche se chi cambia sono gli ingegneri e non le massaie.

La fig. 8, ancora da Fisher e Pry, mostra che il tipo di economia non pare modificare i meccanismi del processo. Nei pochi casi in cui ho potuto estrarre statistiche convincenti dai paesi socialisti, il fatto è stato sempre confermato. Questi processi di sostituzione valgono non solo per oggetti o prodotti ma anche per servizi, e riporterò due esempi presi da aree molto distanti. Nel primo riporto la concorrenza tra i vari modi di trasporto per i passeggeri “intercity” negli USA (fig. 9).

Nel secondo la concorrenza tra acceleratori di particelle nell’attirare esperimenti (fig. 10). Quest’ultimo è stato fatto dai fisici del CERN a Ginevra che rimasero molto impressionati da un seminario in cui mostravo le mie tecniche da fisico che si insinuavano nell’area tabù del sociale. Con molto aplomb cominciarono subito ad applicarle al loro subsistema sociale, e hanno pubblicato un paper molto divertente in tal senso. Fino a questo punto ho mostrato dei casi in cui la dimensione della nicchia era conosciuta, sia essa un mercato o un numero di locomobili in servizio. Questo spesso non si ha quando si analizza l’autocompetizione, cioè il caso di una specie che cresce in un nuovo habitat. Quale sarà ad esempio il mercato finale, cioè il numero di oggetti in uso per auto, apparecchi di televisione, o piegabaffi, in un certo contesto socioeconomico?

Questo problema affatica molto la gente negli uffici vendite, nonché i teorici dell’economia, però le formule a tutt’oggi concepite mi convincono poco, e in ogni caso tutte le previsioni che ho visto nel campo dell’energia, dove so qualcosa in presa diretta, sono state un fallimento assoluto. Dovrei a questo punto dire, salvo le mie, però non posso perché non ho usato nessuna delle tecniche affastellate sopra. Devo però anche dire che sporadicamente, da circa due secoli a questa parte, dei fitting logistici sono stati tentati e poi abbandonati secondo me perché mancava la forza organizzante e protettiva delle equazioni di Volterra, nonché la sicurezza che viene dalla loro utilizzazione in sistemi complessi come quelli ecologici.

Chi sa quanto la nicchia è grande è, implicitamente, la specie che ci sguazza dentro ed è lì che bisogna estrarre l’informazione. La cosa è formalmente presto fatta assumendo che la specie cresca logisticamente e lasciando la dimensione della nicchia come parametro libero da fittare. In pratica il problema è di assegnare una credibilità a questo livello, la precisione del calcolo dipendendo sia dal livello di penetrazione della nicchia che dalla dispersione dei dati.

Nella fig. 11 è riportata l’evoluzione della popolazione di macchine in Italia (numero di macchine immatricolate) sia in forma lineare sia nella forma normalizzata dove il livello di saturazione (ventuno milioni) è stato calcolato con un processo iterativo di fittaggio. Per chi volesse inoltrarsi in queste procedure, o ad ogni buon conto farsene un’idea, suggerisco di provare a calcolare il livello di saturazione usando dati per periodi di tempo cresciuti ad esempio dieci, quindici o venti anni e vedere di quanto si stringe il livello di incertezza sul valore numerico del mercato. L’esempio è scelto con astuzia perché la popolazione di macchine evolve con incredibile stabilità, cioè senza oscillazioni e fluttuazioni. Uno si domanda a cosa servano le campagne pubblicitarie e i modelli biturbo contro questa impassibile muraglia di autoregolazione.

La mia esperienza di analisi di casi che faccio quasi sempre a mano prima di darli in pasto al computer è in genere molto buona, benché i trabocchetti abbondino, nonché le sorprese. Ad esempio, un’altra specie può comparire nella nicchia senza segnalarsi, e questo rompe la matematica precedente. Il mistero maggiore è però il passaggio da un’evoluzione “laminare” e strettamente deterministica, a una “turbolenta”, dove il determinismo è più attenuato. Questo passaggio avviene di solito quando circa tre quarti della nicchia sono stati riempiti e si manifesta con oscillazioni più o meno selvagge che spesso superano il livello di saturazione.

Spero che il Prof. Arecchi, il quale trova cose di questo genere nei sistemi fisici, possa trovare una struttura concettuale che imbrigli il fenomeno. Devo dire che cose simili accadono anche nelle econicchie biologiche. Si dovrebbe dunque trattare dei feedback regolativi che vanno a pallino. Non sono però ancora riuscito a dare un nome a questi feedback nel caso economico. Potrebbe trattarsi anche di fenomeni del tutto psicologici, cioè sbardati dalle concezioni monetaristiche e di massimazione economica.

Una serie di esempi tratti al solito da campi diversi sono riportati nel seguito. Tanto per stare nel campo delle automobili, descrivo la produzione di macchine nel dopoguerra da parte della Fiat (fig. 12) della Volkswagen (fig. 13) e della Mercedes. Questi grafici mi ricordano molto il filo di fumo che sale dritto dal fuoco di una sigaretta e improvvisamente si rompe in volute eleganti. Riporto non per notazione poetica ma perché ci deve essere una profonda affinità nella matematica di questi processi. Le eleganti volute vengono viste con meno distacco da chi sta dentro ai sistemi stessi, che le percepisce come violenti scuotimenti e riprese di rotta acrobatiche.

Un problema di cui comincio a occuparmi, con occhio di fisico però, è quello dei legami causali di queste turbolenze. L'instabilità è intrinseca all'industria, ai compratori, ai feedback che uniscono i due, alle congiunzioni astrali, o che? Come al solito rivolto tutte le pietre, a modo dei cacciatori di granchi, per vedere dove si nascondono gli animalini.

Una cosa curiosa è che dove l'oscillazione è abbastanza lenta per poterlo fare, gli spezzoni sono logistici, ma con punto di saturazione percepito diverso da quello originale. Sembra quasi che il sistema faccia esperimenti per accertare la dimensione esatta della nicchia provando un po' sopra e un po' sotto (fig. 14).

Altra cosa curiosa è che queste oscillazioni si trasmettono attraverso sistemi non comunicanti. Perché il '79 debba essere un buon anno per le auto in Europa e in Russia, ma l'80 no, è certo misterioso. Dopotutto la Russia è un mercato che assorbe qualsiasi produzione, dunque i compratori non dovrebbero essere colpevoli, né ovviamente le fluttuazioni nelle esportazioni che possono venire istantaneamente compensate dal mercato interno. L'ipotesi che sto seguendo non è economica in senso stretto. Penso che le spiegazioni vadano cercate nei loop informatici della società, sul piano culturale in senso lato. Le auto che abbiamo trattato sono un concetto già abbastanza astratto, mettendo insieme Topolino e Rolls Royce per non parlare dei biturbo. Ma se la mia ipotesi è corretta si può andare a livelli ancor più astratti e trovare strutture ordinate analogamente. Ad esempio si può pensare che un'invenzione o un'innovazione vengono generate in risposta a una domanda, o a una potenziale domanda, e di conseguenza la "popolazione" di innovazioni debba crescere secondo le regole della popolazione di auto o di lavapiatti.

So per esperienza che molti ingegneri e manager considerano questo riduzionismo uno sputo in faccia, e li capisco perché toglie formalmente molto lustro alla loro posizione sociale. Ma tant'è, meglio guardare le cose in faccia.

Come la fig. 18 mostra, l'idea funziona splendidamente, non solo, ma rivela anche un nuovo tipo di strutturazione all'interno delle società occidentali, che ci porterà diritti dentro al problema dei cicli economici, e della recessione dentro cui stiamo piatendo. Questi "mercati" per l'innovazione si aprono infatti ogni 54 anni e vengono "riempiti" con regolarità impressionante. I 54 anni sono misurati sui punti centrali. Quello che è più impressionante ancora, e direi un tantino umiliante per gli ingegneri, è che anche l'invenzione segue simili tracce. Invenzione è qui definita come data del prototipo funzionante o del pilota. Sia ben chiaro che invenzioni e innovazioni avvengono anche fuori dello schema, ma non entrano nel sistema.

In altre parole, il successo sembra dover sottostare a regole rigorose. Ciò che ho riportato nella fig. 13 si riferisce ovviamente solo a innovazioni che si sono sviluppate in industrie e alle invenzioni che ne sono alla base. Tanto per rincarare la dose c'è un'altra regolarità non esplicitata: gli ordini temporali nelle serie di invenzioni e di innovazioni corrispondenti sono sostanzialmente conservati. Questo significa che data un'innovazione, se avrà successo, si può prevedere la data della sua applicazione industriale (fig. 15).

Visto che si parla accidentalmente di idrogeno mostrerò un'altra curiosissima analisi dove non si parla né di oggetti né di idee, ma della "concorrenza" tra due elementi chimici per soddisfare i nostri bisogni energetici.

I combustibili fossili possono venire visti infatti come composti di idrogeno e carbonio in varie proporzioni. Per un certo numero di ragioni il mercato chiede prodotti sempre più leggeri, cioè più ricchi di idrogeno. La fig. 16 mostra il rapporto H/C in prospettiva storica. La regolarità è impressionante. A questo punto i ricercatori puri dovrebbero cominciare a sbirciare in giro sospettosi, perché il prossimo morsacchio potrebbe essere per loro. E lo è.

La fig. 17 mostra infatti come il processo di scoperta degli elementi stabili cada nella stessa rete. Naturalmente una volta iniziato può anche essere previsto. Anche il genio fa parte degli ingranaggi. A chi si diletta di modelli suggerirei di provarne uno in cui la probabilità di scoprire un nuovo elemento è proporzionale al prodotto tra numero di ricercatori che cercano elementi ancora da trovare. E il reclutamento dei ricercatori è proporzionale alla derivata (positiva o negativa) del numero di scoperte recenti. Una macchinetta del genere può dare notevole insight sui meccanismi delle mode di ogni tipo, includendo anche la moda tout court che sembra tanto importante per aiutare l'Italia ad attraversare il deserto recessivo.

A proposito di recessione, è chiaro che l'analisi appena fatta provvede una falsariga per razionalizzarla, almeno formalmente. Le date delle innovazioni sono nella nostra definizione l'anno zero per le industrie corrispondenti, le quali impiegano grosso modo cinquant'anni a saturare (al 70-90%) i mercati corrispondenti. A questo punto le industrie lavoreranno per la sostituzione soltanto, perciò a produzione costante.

L'industria auto è in questa situazione ormai da sette-otto anni. Poiché per effetto di varie pressioni, e specialmente quella concorrenziale e salariale, la produttività aumenta a prodotto costante, l'occupazione diminuisce. È qui fra l'altro che l'industria entra in regime turbolento. Diminuisce qui, diminuisce là, la fetta dei disoccupati reali cresce. Le

operazioni mimetiche come la pensione anticipata o la redistribuzione del non reddito con la diminuzione degli orari non bastano di certo, specie sul lungo.

È la nuova ondata di innovazioni che sfrutterà la manodopera e i capitali disponibili e rilancerà l'economia. Schumpeter aveva capito tutto ma solo l'analisi alla Volterra par mettere ogni cosa al suo posto quantitativamente.

La fig. 18 mostra le straordinarie sincronizzazioni tra un certo numero di cose, le ondate di innovazioni, il lancio di nuove fonti energetiche primarie, il prezzo dell'energia straordinariamente costante in moneta costante per circa duecento anni, con fiammate in sincrono, e finalmente l'evoluzione di insieme dell'attività economica e sociale usando il consumo energetico come indicatore. La sinusoide in alto mostra (per gli USA) la deviazione del consumo energetico totale e di quello elettrico (dopo il 1900) dai trend secolari, fittati al meglio con una logistica. L'insieme mostra che la guerra del Kippur è stato solo un innesco per far precipitare una situazione intrinsecamente instabile. L'altro lato della medaglia è che la durata di questi impulsi è di una decina d'anni, il che mi indusse circa cinque anni fa a predire una caduta dei prezzi del petrolio dall'84 in poi, tra i cachinni degli esperti. Stiamo a vedere ancora un paio d'anni. Per quanto riguarda la recessione purtroppo ci sarà ancora da patire per una decina d'anni.

Mala tempora currunt, specie per i politici che devono cercare di tenere insieme il sistema. La massa di esempi che ho a disposizione mi induce ad allagare, ma il mio scopo è di mostrare una linea di analisi e le sue conseguenze; devo perciò rientrare nella logica. La maggior parte dei casi analizzati si riferisce a sistemi molto grandi e tempi vicini ai nostri. Quanto si può zoomare nel piccolo e nel passato? Per quel che riguarda il piccolo, una compagnia è già grande abbastanza.

Da qui l'esempio della Lufthansa (fig. 19) quantificata col numero di aerei della sua flotta. Tutto regolare, anzi visto che ci stiamo avvicinando al fatidico 90% c'è da aspettarsi un ingresso al regime turbolento. La linea a destra mostra la frazione di 747 nella flotta. Si vede, ad esempio, che quando fu acquistato il primo lotto c'era un aereo e mezzo di troppo. Uno fu subito venduto e il mezzo fu riassorbito dalla crescita del sistema.

Un metodo oggettivo di analisi aziendale? Andando ancora nel più piccolo sto analizzando ora gli individui singoli. I risultati sono brillanti da esser scioccanti e ve ne faccio grazie. Per quel che riguarda il passato remoto sto in questi giorni analizzando l'imprenditorialità nel Medioevo. Poiché ho bisogno di dati quantitativi e di buona qualità, devo ovviamente andare a cercare un tipo di imprenditorialità che ha lasciato tracce e documenti.

L'analisi è centrata sull'artigianato della stampa nell'area di lingua tedesca tra il 1450 e il 1700. I libri sono di fatto dei documenti concepiti per durare e che contengono della documentazione sui libri essi stessi. Un servizio incrociato difficile da trovare in altri prodotti. Così ho studiato l'apertura di nuove botteghe di stampa in una ventina di città di lingua tedesca nel periodo sopra indicato. Queste aperture le ho prese come indicatore quantitativo del clima imprenditoriale. Riporto solo due esempi (fig. 20 e 21).

Devo dire che a prescindere dalle strutture di comportamento straordinariamente rigorose, di cui queste figure non danno che un guizzo, il mondo in questione è affascinante assai e direi adatto ad ambientare un altro Nome della rosa. A questo punto ho deciso di tirare i remi in barca, cioè di tirare le conclusioni.

Sistemi estremamente complessi che sotto molti aspetti appaiono operare sotto stimoli stocastici, rivelano con analisi appropriate un'anatomia ben definita e spesso rigida. Gli esempi che ho mostrato discendono quasi tutti da un'analisi volterriana, che è di certo la più fruttifera ma non la sola. Non sono entrato in altre aree di invarianza per evitare di defocalizzare l'attenzione. Come questo ordine e organizzazione vengono generati è un problema che sta occupando i biologi da sempre e che negli ultimi venti anni, grazie soprattutto ai progressi della genetica, sta trovando delle soluzioni all'altezza delle scienze fisiche.

L'ipotesi che sto perseguendo è che il linguaggio sintattico sia un analogo matematicamente identico al DNA, e che i processi di mutazione, selezione, fissazione nonché di proliferazione avvengano dunque secondo le stesse regole. Questo provvede un'immagine mentale ed una falsariga matematica per mappare le manifestazioni dell'uomo a vari livelli di aggregazione, manifestazioni che considero come "fenotipi" di strutture informatiche a livello mentale e culturale.