

QUO VADIS HOMO ?

Atti del Convegno Internazionale
SMAU/UGIS
Fiera di Milano

MARCHETTI-42



Salone
Internazionale
per l'ufficio



Unione
Giornalisti Italiani
Scientifici

Smau - Comufficio, Milano 1988

**Innovazione e società:
da un passato di 200 anni ai
prossimi 50 anni**
di Cesare Marchetti



Cesare Marchetti, Ricercatore presso l'Istituto Internazionale per i sistemi di analisi applicata

C. Marchetti: Gli organismi biologici hanno un imperativo categorico che è quello di innovare. Innovare significa creare le strutture che permettono di utilizzare delle nuove nicchie biologiche, di utilizzare meglio il contesto fisico che è presente sulla terra. D'altra parte, è la premessa necessaria per vincere quello che Darwin ha definito la «lotta per la vita». Darwin è riuscito a condensare in una frase molto breve l'essenza di questa operazione che consiste nel *mutare* (cioè introdurre stocasticamente qualcosa di nuovo nelle strutture preesistenti), *selezionare* (cioè mettere alla prova la nuova struttura) e una volta che è provata superiore a quelle precedenti, *diffondere*: cioè *mutazione*, *selezione*, *diffusione*. La matematica di questa operazione è stata sviluppata a pezzi e a bocconi. Nell'ultimo secolo, attorno al 1845, si cominciò a studiare la dinamica della crescita delle popolazioni. Nel 1920 si cominciò a studiare la sostituzione di una specie con un'altra, di un mutante con un altro all'interno di una nicchia biologica e verso la fine degli anni Venti, due matematici, uno da Pisa, il Volterra e uno polacco trasferito in America, il Lotka indipendentemente, costruirono delle equazioni generali per la competizione. Le equazioni, purtroppo, malgrado i brillantissimi matematici che vivono in Italia e in particolare a Pisa, non sono ancora risolte in maniera chiusa. Ad ogni modo ci si arrangia sempre con delle soluzioni numeriche. Pur essendo estremamente semplici, permettono con notevole precisione la descrizione della dinamica della competizione nei sistemi biologici.

La società umana è ovviamente un «out-crop», un'ulteriore evoluzione di questi sistemi, il loro coronamento evolutivo. Questi processi di mutazione, selezione e diffusione hanno portato la biosfera, il sistema biologico, dall'estrema semplicità dei primi esseri viventi all'estrema complessità di animali, come gli uccelli, o dell'uomo con le sue sovrastrutture culturali. Dunque il gioco (anche se in principio molto semplice), è in realtà molto complesso e può portare a dei risultati estremamente importanti ed estremamente sofisticati.

Come dicevo, questa matematica descrive bene le strutture biologiche e vorrei mostrarvi oggi come «veste» in maniera incredibilmente precisa anche il comportamento della società: in particolare, il comportamento della società sotto l'aspetto che è di maggiore interesse nel Convegno di oggi, ossia la società innovatrice. Naturalmente il concetto di innovazione va inteso in senso lato. Non soltanto è innovazione l'inventare una macchina nuova; è innovazione anche inventare una maniera nuova di gestire la società, ed è anche innovazione trovare dei soggetti nuovi di ricerca ed applicare la macchina sociale, o la sottomacchina sociale della ricerca, a questi soggetti.

Vi mostrerò una serie di diapositive che indicano la vastità di applicazione di questi semplici concetti e, come dicevo, la incredibile precisione con cui questa matematica, del resto semplicissima, «veste» i fatti.

Il primo esempio è un caso di innovazione molto popolare (cominciamo dal popolare per andare poi all'astratto e all'a-

strattissimo), quello dei trasporti personali negli Stati Uniti, dove all'inizio del secolo i cavalli sono stati sostituiti con le automobili.

Il primo grafico (*fig. 1*) riporta semplicemente i veicoli presenti sul mercato. La retta, in questo grafico semilogico, mostra che il trasporto personale cresce esponenzialmente. A un certo punto, però, si vede che la tecnologia di trasporto basato sul cavallo è stata sostituita da un'altra, quella dell'auto, in un periodo di 20-30 anni. Analizzerò più precisamente questo processo di sostituzione, utilizzando appunto il concetto di competizione in senso darwiniano e la matematica di Volterra-Lotka.

La presentazione del risultato (*fig. 2*) è fatta in maniera un po' speciale che permette di semplificare la visualizzazione. La nicchia, cioè l'insieme degli oggetti che servono al trasporto personale presi come unitari è il mercato. Esaminiamo la sostituzione all'interno di questo mercato, espressa come frazione F aperta dall'uno e $(1-F)$ dall'altra dei due concorrenti. Abbiamo i cavalli con frazioni di mercato $(1-F)$ decrescenti, le automobili con frazioni F crescenti. Le frazioni di mercato sono riportate in chiaro per alcuni punti sulla destra del grafico, però le vere ordinate del grafico sono quelle di sinistra, e la curva rappresenta il «lay» $F/1-F$. In queste figure la linea del vincitore, l'auto, sale, e quella del cavallo scende. Di solito sui grafici verrà riportato soltanto il progresso del vincitore, seguendo il principio che Dio sta con i vincitori.

In questo grafico le linee sottili rappresentano i dati statistici e le linee più

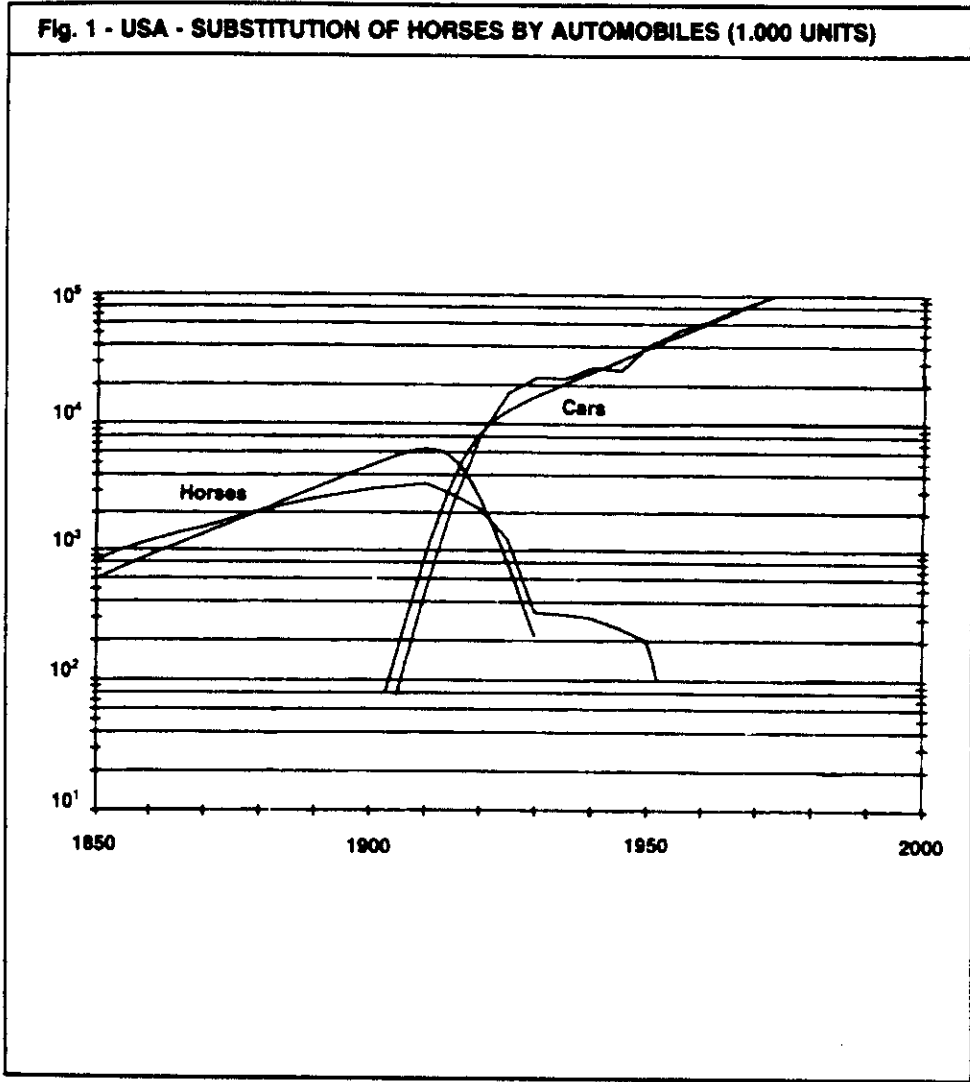


Fig. 1 - Evoluzione del trasporto personale negli U.S.A.. scala semilogica.

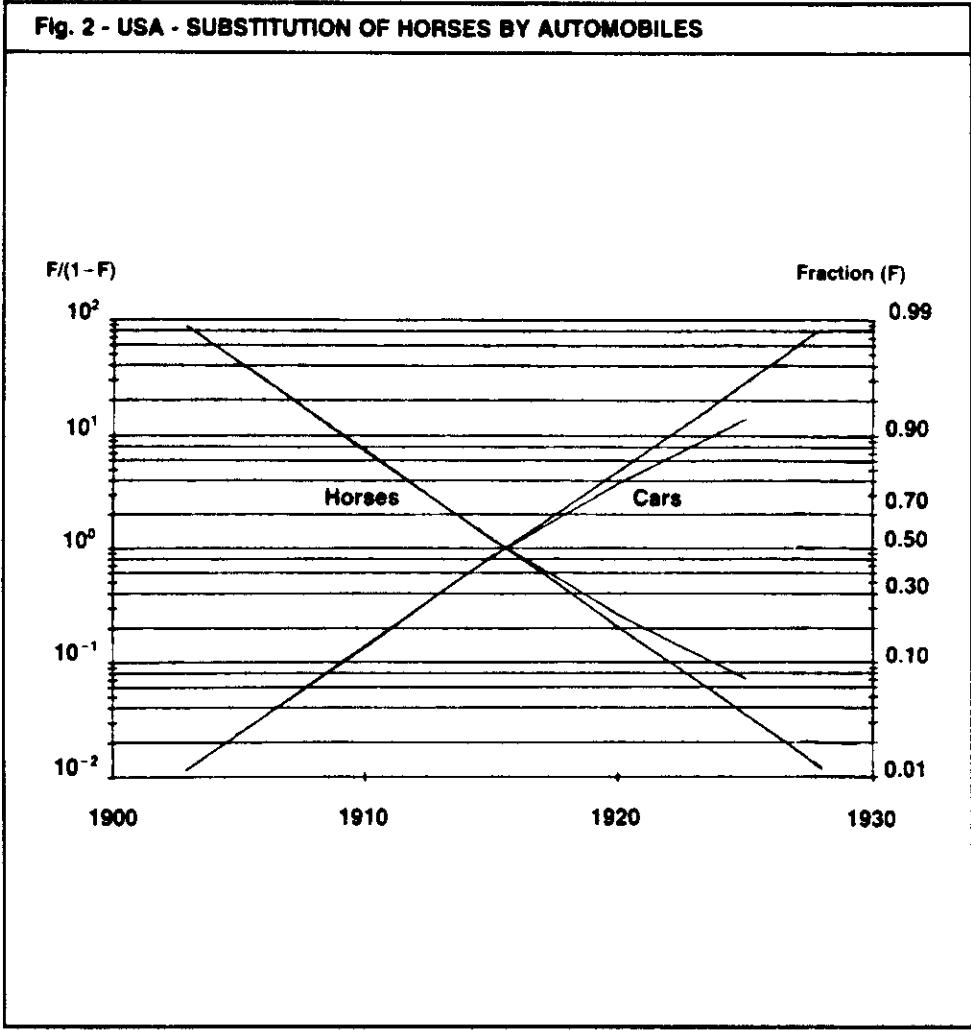


Fig. 2 - La sostituzione dei cavalli con le auto (fig. 1) rappresentata qui in termini di competizione darwiniana. F rappresenta la frazione di mercato delle auto in questo caso ed $1 - F$ quella dei cavalli. La scala è semilogica. Le linee rette in questo tipo di grafico rappresentano equazioni logistiche.

spesse e lisce rappresentano l'equazione di Volterra della sostituzione. In altre parole, la sostituzione di due oggetti all'interno dell'economia avviene appunto con le stesse leggi della sostituzione biologica. Questo è il messaggio. Qui porto tre o quattro esempi, tanto per non far pensare che la cosa funziona solo in un caso. Incidentalmente, abbiamo analizzato mille casi e per ora ha sempre funzionato.

Per rimanere sempre nel caso dei trasporti, che è molto popolare, si ha per gli Stati Uniti la sostituzione di un mutante: le automobili con la carrozzeria chiusa sostituiscono le prime automobili che erano a carrozzeria aperta, fatte in analogia con le carrozze di allora. (*fig. 3*).

Passiamo ora a una struttura più complessa: la competizione simultanea tra tre concorrenti. Rimanendo sempre nel campo delle tecnologie automobilistiche, qui analizziamo la situazione dei cambi (*fig. 4*) sempre negli Stati Uniti: a tre marce, automatico e il cambio a quattro o cinque marce all'europea. Le linee piene rappresentano le equazioni, sono fra l'altro molto semplici, occorrono soltanto due parametri per definirle. Le equazioni fittano piuttosto bene, salvo il rumore inevitabile in un sistema tecnologico così controverso, come quello dei cambi delle auto.

La *fig. 5* riporta, per l'Inghilterra, un altro esempio di sostituzione multipla di tecnologia. Si tratta dell'evoluzione della tecnica di propulsione nel campo dei trasporti marini, con vela, vapore e motore a combustione interna che si sostituiscono l'uno all'altro. Si possono fare qui delle osservazioni di carattere gene-

rale. Uno è che la fedeltà dell'equazione ai dati statistici è impressionante ciò perché il processo di sostituzione si mantiene inalterato per dei periodi di tempo lunghissimi (questo vale per un centinaio di anni) e i parametri dell'equazione sono sempre gli stessi. Anche per cento anni il sistema è estremamente autocontrollato, omeostatico è il termine biologico più corretto, per cui, se delle deviazioni, delle perturbazioni vengono dall'esterno, le compensa. Passo ora ad un esempio molto divertente in questo senso. Siamo nel campo della scienza. Nella figura appare la concorrenza fra varie macchine acceleratrici di particelle per rubacchiarsi i ricercatori (*fig. 5*). La sostituzione è misurata in termini di lavori, di papers, fatti utilizzando una o l'altra macchina. È chiaro che l'equazione della concorrenza darwiniana funziona benissimo anche in questo caso. Incidentalmente, questa è la conseguenza di un seminario che feci al CERN di Ginevra. I fisici vedendo attraverso questi concetti la possibilità di introdurre le «hard sciences» nelle aree delle «soft sciences», molto coraggiosamente hanno cominciato ad applicarli a se stessi.

Nella *fig. 6* viene mostrata in chiaro la penetrazione di una nuova tecnologia all'interno di un sistema. Si tratta delle automobili in Italia. La curva è una logistica ed è appunto una delle soluzioni delle famose equazioni. La ragione per mostrare questa figura è per far vedere come gli italiani che pensano di essere dei garibaldini, poi, in pratica, si adattano fedelmente a certe linee generali di comportamento, che sono poi quelle della sostituzione culturale e l'adozione

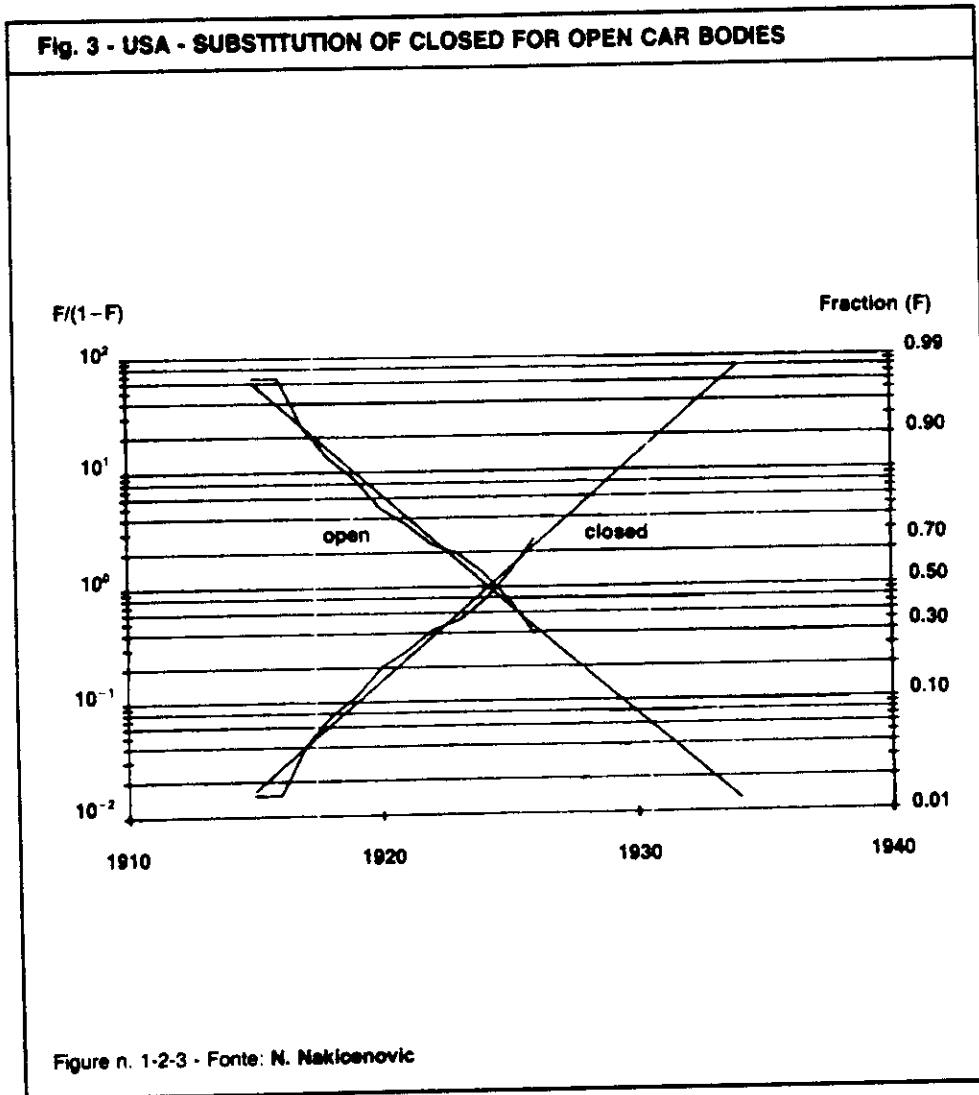


Fig. 3 - Negli anni fine '20 e '30 le auto a carrozzeria chiusa sostituirono quelle a carrozzeria aperta, discendenti dalla tecnica delle carrozze. Anche qui le logistiche di sostituzione «vestono» bene i dati statistici.

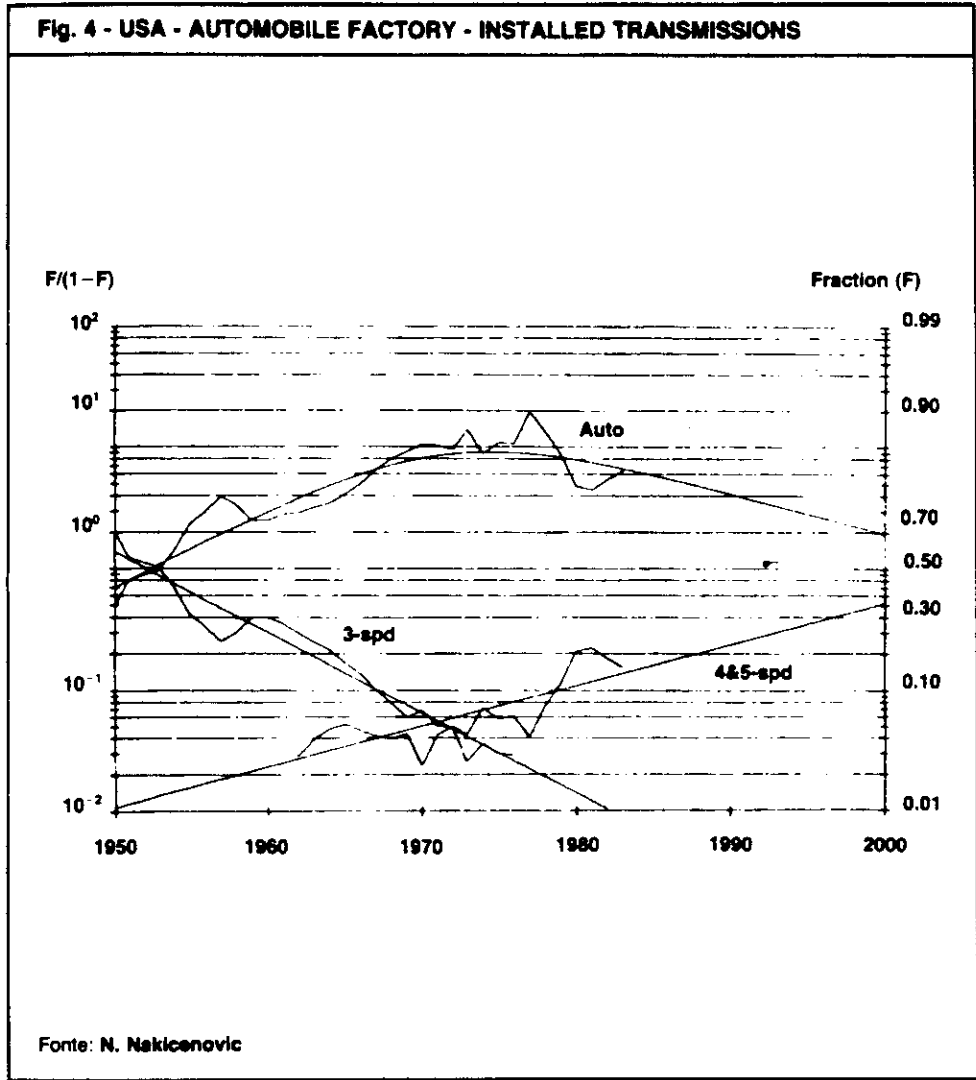


Fig. 4 - In questo caso si analizza una sostituzione multipla di tecnologie auto. Le linee di fittaggio sono equazioni a due parametri che discendono dalle equazioni della competizione di Volterra - Lotka.

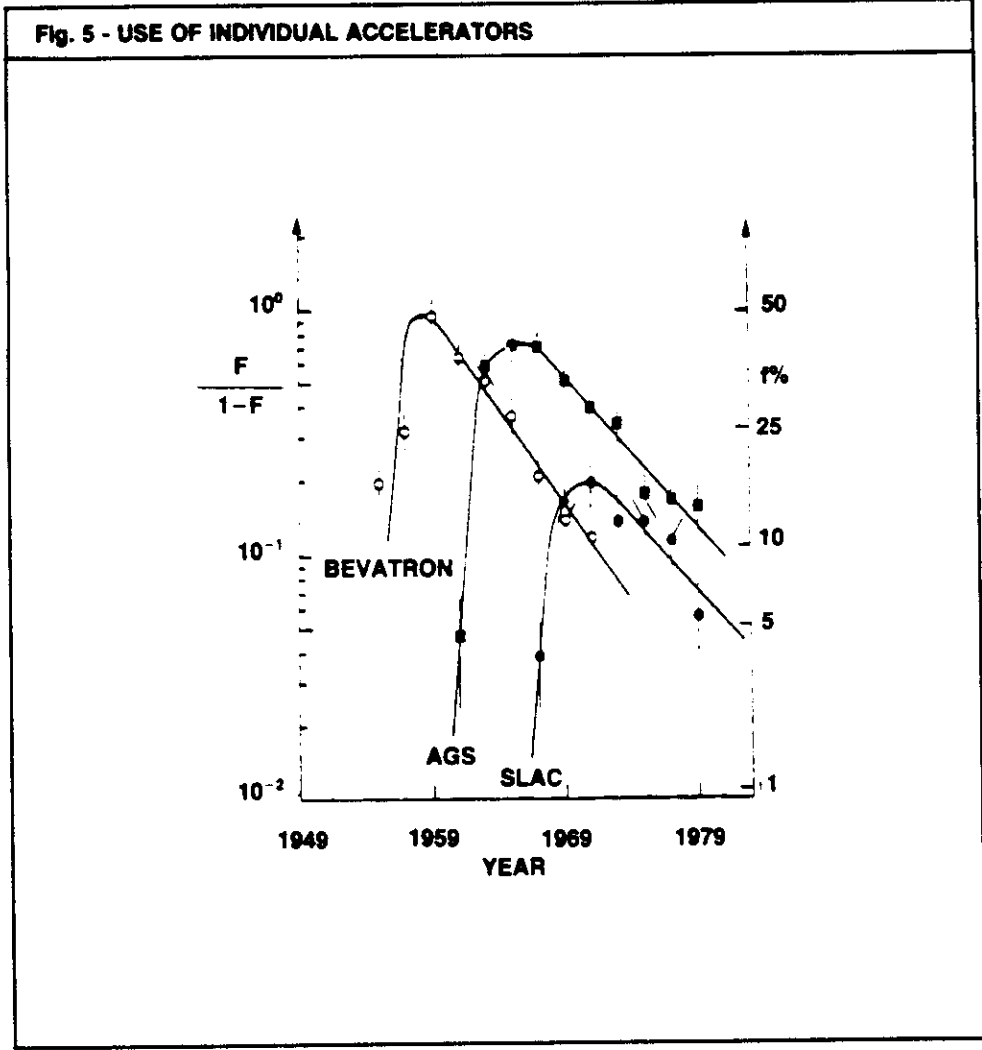


Fig. 5 - Per mostrare la generalità di questo approccio analitico è riportata qui l'analisi della competizione tra alcuni acceleratori di particelle elementari, misurate attraverso il numero di esperimenti compiuti in ciascuno di essi. Solo una parte del mercato viene qui analizzata e la somma delle frazioni F è inferiore all'unità.

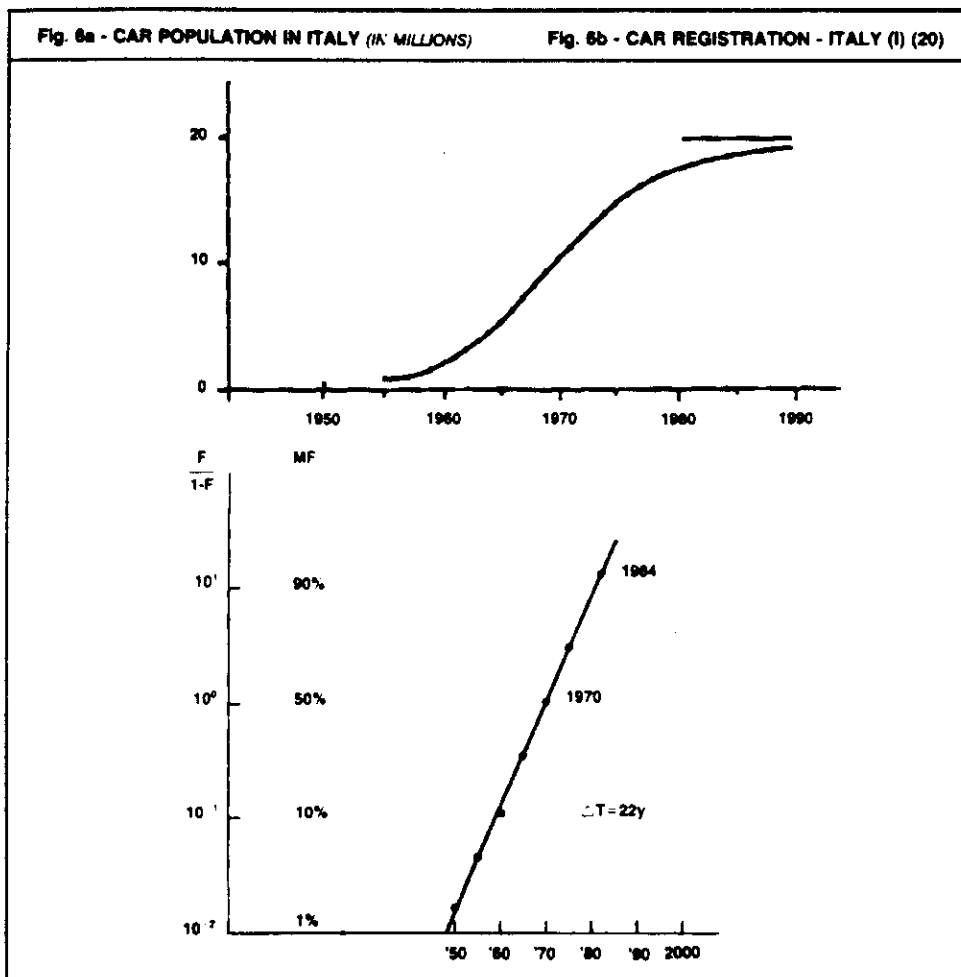


Fig. 6 a - b - Le equazioni darwiniane di Volterra danno come soluzione una logistica, per una popolazione che cresce senza concorrenti in una nicchia a risorse finite. Un mercato è assimilabile ad una nicchia ed il numero di auto in circolazione ad una popolazione. Questo grafico (6a) mostra la crescita del parco auto in Italia, fittate con una logistica. Gli stessi dati sono riportati in 6b, nella forma $F/(1-F)$ che linearizza la logistica. Il punto di saturazione è calcolato per fittaggio. Quando queste logistiche si avvicinano al punto di saturazione cominciano ad oscillare intorno al livello di saturazione con ampiezza anche del 10% o 15%.

appunto di nuove tecnologie sulla falsariga di questa sostituzione. I punti sono i dati statistici riferiti alla importanza del parco macchine in Italia, la curva rappresenta l'equazione logistica interpolante.

È interessante notare che questa curva non rivela assolutamente le perturbazioni dovute, per esempio, all'aumento del prezzo del petrolio o dovute all'introduzione di nuovi modelli di auto, il che indebolisce molto la razionalità di certe operazioni, ad esempio di tipo pubblicitario.

Parlando di automobili, guardiamo la «grande bestia» ed in *fig. 7* è riportata la penetrazione delle automobili avvenuta in due grandi impulsi negli Stati Uniti. Il gancio in cima alla prima curva è l'effetto della grande depressione negli Stati Uniti e questo è un caso in cui l'omeostasi del sistema non è riuscito a compensare la perturbazione esterna. Il primo impulso ha portato le automobili a 25-26 milioni, il secondo impulso le ha fatte crescere di oltre 145; il numero delle automobili negli U.S.A. arriverà dunque a saturazione a livello 160 milioni. La cosa interessante è che gli impulsi sono due. Questa situazione riapparirà sotto forma di serie di impulsi innovativi e di impulsi di attività industriale all'interno della società, si tratta di una manifestazione dei famosi cicli riproduttivi.

Naturalmente queste automobili sono state fabbricate da ditte. Allora possiamo fare un salto in astrazione ed andare a vedere, oltre alla produzione di automobili che vi ho appena mostrato, la produzione delle società che sono entrate sul mercato per costruire automobili.

Qui si assiste ad una scena tragica, come quelle che si vedono nei film della natura, in cui c'è la rana: mille uova da cui nascono 500 girini e poi finalmente esce una rana da questi 500 girini. In breve, la selezione del mercato è estremamente dura.

La popolazione delle società che hanno fabbricato automobili, cioè il numero cumulativo di marche di automobili messe sul mercato è riportato in *fig. 8*, il punto di saturazione è di 1400. La curva tratteggiata rappresenta la popolazione dei morti, cioè il numero cumulativo delle ditte che dopo qualche anno e dopo aver fatto qualche migliaio di automobili non ce l'hanno più fatta e sono morte. Il numero è grosso modo lo stesso, cioè in sostanza tanti sono i nati, tanti sono i morti. In questa rappresentazione i sopravvissuti sono così pochi da esser riassorbiti nell'imprecisione del calcolo e saran trenta o quaranta. I più bravi hanno poi riassorbito i pochi sopravvissuti e infine oggi ne sono rimasti tre o quattro: di 1400 entrati nel mercato ne sono cioè rimasti 3 o 4.

La cosa curiosa che si è avuta nel dopoguerra è una nuova ondata di costruttori molto più piccola. Lì sono tutti morti i «kamikaze»: ci sono anche nell'industria. La cosa non è diversa altrove. In *fig. 9* ho riportato il ciclo di vita di uno dei «girini» che ha fatto un ranocchietto che poi è campato abbastanza a lungo. La figura mostra in sostanza il ciclo di vita di una certa società: la Packard ha estremamente sofferto, ed è esteso su due cicli di Kondratiev. In *fig. 10* ho analizzato la storia recente della Fiat, che mi sembra stia andando verso una

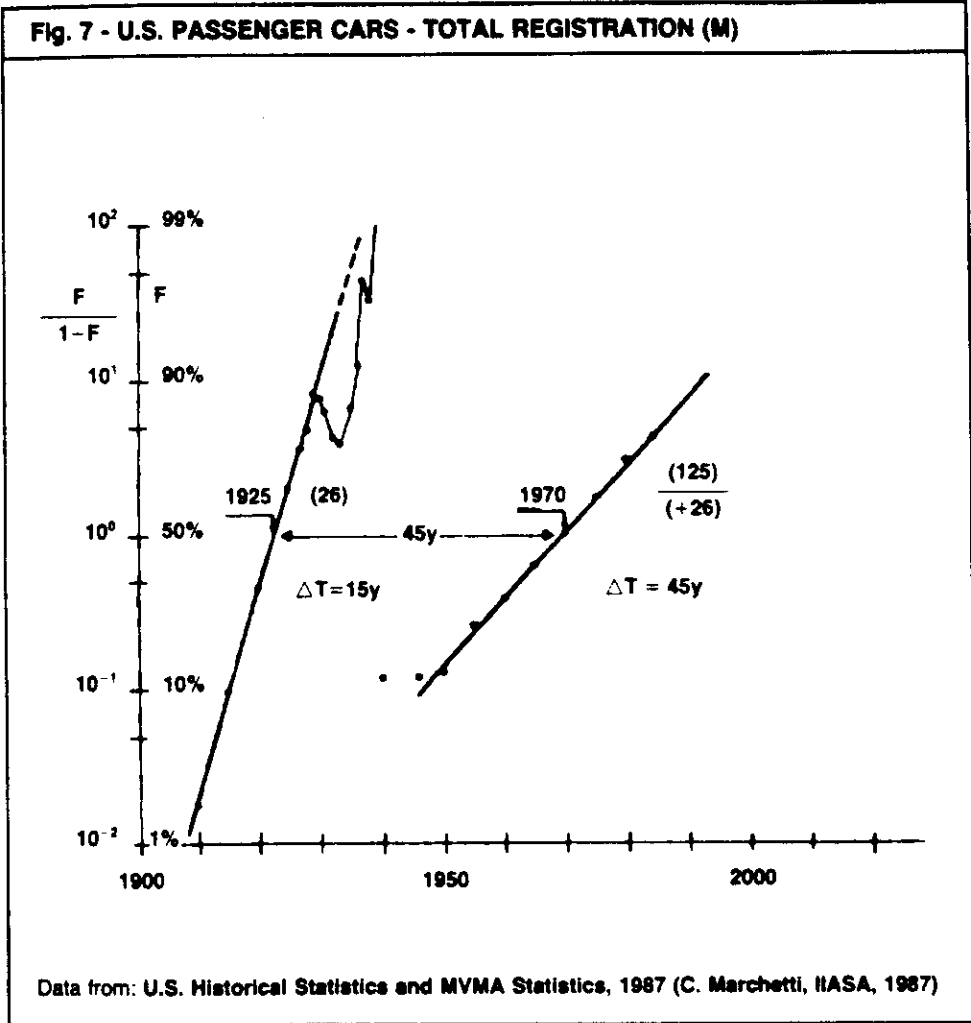
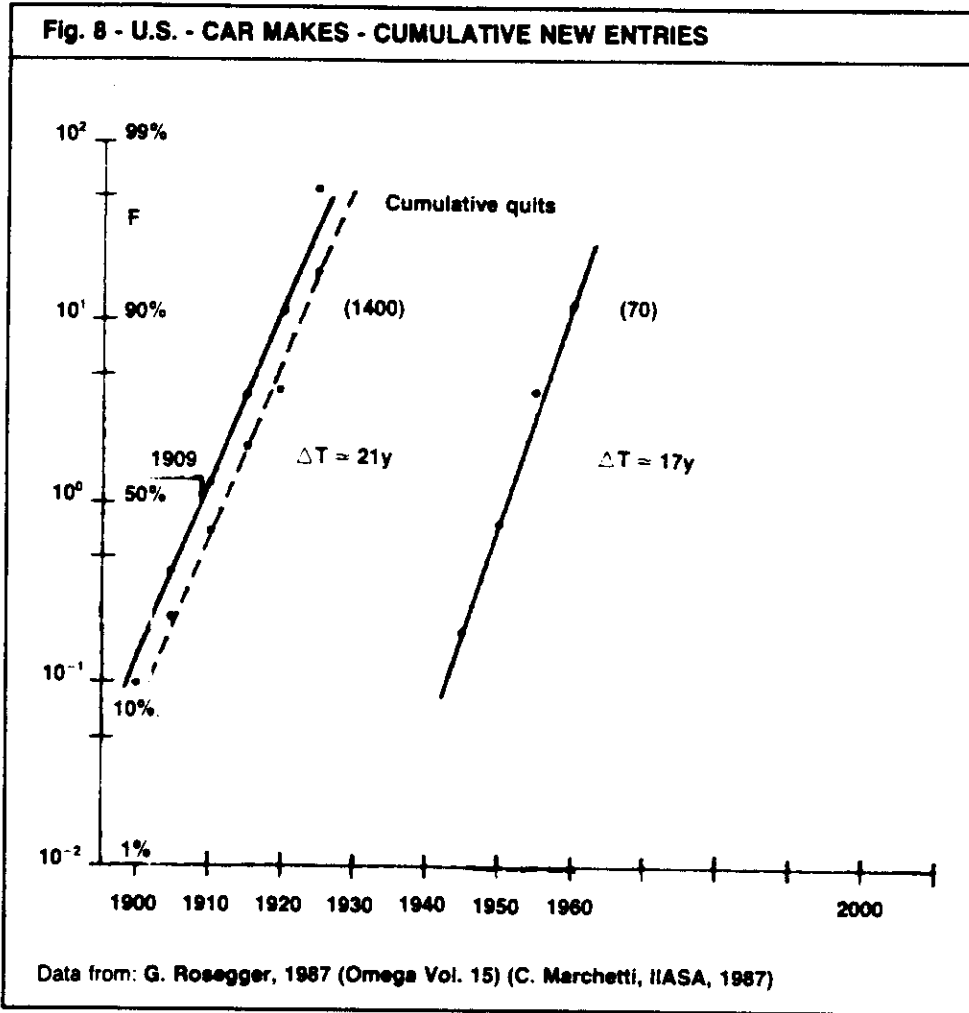


Fig. 7 - Questi fenomeni di crescita sono modulati da «scatole» temporali nell'ordine di 55 anni, corrispondenti ai cicli di Kondratiev. Ad una tecnologia che satura durante un ciclo, si apre spesso un nuovo mercato nel ciclo seguente. Nel grafico è riportato il caso della popolazione di auto negli U.S.A., che è saturata a 26 milioni nel 1940 circa, e saturerà a 125 milioni (più 26) nel 1995 circa. Il «gancio» alla fine del primo impulso è dovuto alla grande depressione.

Fig. 8 - U.S. - CAR MAKES - CUMULATIVE NEW ENTRIES



Data from: G. Rosegger, 1987 (Omega Vol. 15) (C. Marchetti, IIASA, 1987)

Fig. 8 - Quando un'innovazione entra nel mercato, molti imprenditori si lanciano a fabbricarla. Il numero cumulativo delle imprese che entrano nel mercato può essere considerato come una popolazione. Cresce in ogni caso logisticamente. Così come la popolazione di quelle che lasciano il mercato. La mortalità infantile è elevatissima; come il grafico mostra, la vita media in questo caso è di quattro anni ed i sopravvissuti qualche per cento. Gli Stati Uniti hanno avuto due ondate di imprenditorialità in questo campo. La seconda, nel ciclo di Kondratiev, che comincia nel '40, non ha sopravvissuti.

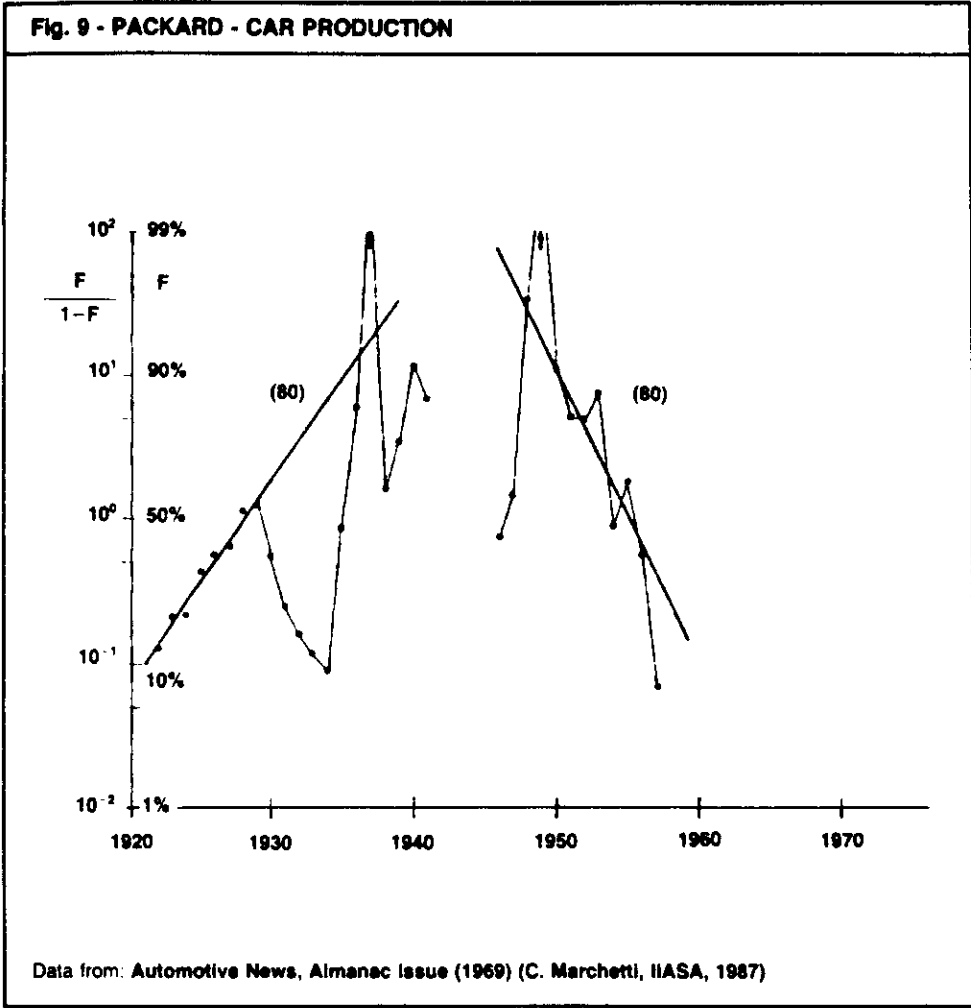


Fig. 9 - La tormentata storia di un produttore, la Packard, che è faticosamente salita durante un ciclo di Kondratiev e dolorosamente discesa nel seguente, è riportata qui. I dati riportati si riferiscono alla produzione di auto, misurate in termini di saturazione finale della logistica di crescita.

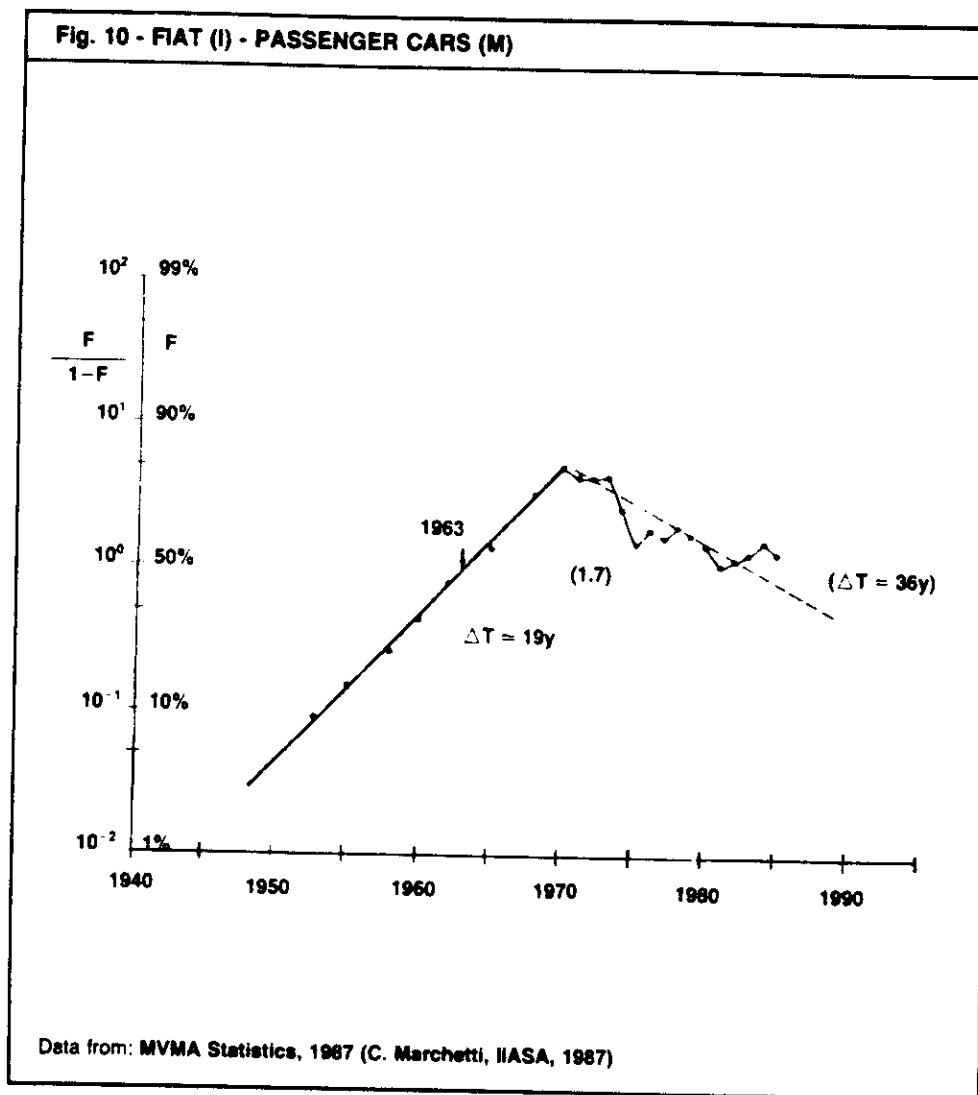


Fig. 10 - L'esercizio precedente è ripetuto per la Fiat, ma solo per il periodo postbellico. Non sono incluse le macchine prodotte da Lancia, Autobianchi ed Alfa Romeo.

situazione molto meno interessante del passato, ma non entriamo in dettagli dolorosi.

Tanto per mostrare che il mondo non è cambiato negli ultimi cento o cinquecento anni, ho riportato qui un'analisi curiosa che ho potuto fare grazie alla disponibilità inaspettata di dati sull'imprenditoria nel Medio Evo che si muove come quella del nostro secolo appena visto. In questo caso sono riportati i due impulsi di lancio delle botteghe di stampe ad Augusta Trevicorum, l'attuale Strasburgo. Anche qui, il concetto darwiniano della popolazione che riempie la nicchia è seguito con assoluta perfezione, infatti i dati statistici e le equazioni vanno perfettamente d'accordo.

Entriamo ora nel cuore della mia presentazione, che consiste nel mostrare come tutto questo processo innovativo non si manifesta così a caso ma è quantificabile con grande precisione e fortemente regolato dalla società stessa.

Quello che mostrerò con un salto in astrazione piuttosto grande è l'evoluzione non tanto degli oggetti che entrano nel mercato, non tanto dei fabbricanti che fabbricano questi oggetti, ma dei concetti, cioè delle innovazioni di base che stanno dietro a questi oggetti. Nella *fig. 11* la locomotiva è presa come esempio per mostrare come i dati vengono classificati. Invenzione è la macchina che funziona. Innovazione è la macchina che si vende.

Con questo concetto Gerhard Mensch, all'Università di Berlino, ha raccolto con molta cura e pazienza i dati delle invenzioni e innovazioni di basi negli ultimi duecento anni. Il grafico della *fig. 12*

mostra quante di queste innovazioni siano avvenute in periodi di dieci anni.

Il grafico rivela una cosa curiosa. Contrariamente alla nostra intuizione che il processo innovativo sia un processo continuo e crescente, il processo è crescente, ma non è continuo, cioè avviene ad impulsi. Ciascuno di questi impulsi è rappresentato da un gruppo di innovazioni. Queste «ondate innovative» erano già state identificate dal Mensch.

Io ho fatto un passo in avanti, concettualmente piuttosto lungo, che è stato quello di considerare le innovazioni come oggetti: come l'auto è un oggetto che penetra dentro un certo mercato, anche l'innovazione è un oggetto che penetra dentro un mercato più astratto, che è il mercato delle innovazioni. Se questa ipotesi è vera, dovrei organizzare questo set di innovazioni, considerandole appunto come delle popolazioni di oggetti che riempiono un mercato, cioè possono applicare la stessa matematica darwiniana usata per le auto.

La cosa può sembrare tirata per i capelli, ma, darwinianamente parlando, è buona perché funziona. In effetti si vede che il numero cumulativo delle invenzioni in una certa ondata ad esempio nella prima, si comporta appunto come una popolazione e dà le solite linee rette in questo tipo di grafico (*fig. 13*). A questo punto, per lo meno a livello di singolo impulso, tutto il processo sia dell'invenzione che dell'innovazione è quantificato con molta precisione. Abbiamo messo delle date per i tempi delle ondate, abbiamo trovato delle costanti di tempo e soprattutto scoperto che il processo è re-

Fig. 11 - THE LOCOMOTIVE CASE AS AN EXAMPLE OF DATES DEFINITIONS

1769	Watt: Low pressure machine	1811	Blenkinskop: First toothed gear locomotive
1770	Cugnot: Steam gun vehicle	1813	Hadley: Locomotive on rails
1790	Read: Steam road vehicle	1814	Stephenson starts work
1800	Watts: Patent on steam engines expires	1824	Stephenson builds first locomotive plant
1801	Trevithick starts work on locomotives	1825	Stephenson opens Stockton-Darlington line
1804	Evans: Road locomotive		

Fig. 11 - Un'analisi dei processi storici di invenzione ed innovazione richiede una definizione precisa dei punti salienti del processo evolutivo di un'idea. Nella terminologia del prof. G. Mensch, la prima realizzazione operante è l'invenzione, il primo oggetto venduto definisce la data dell'innovazione.

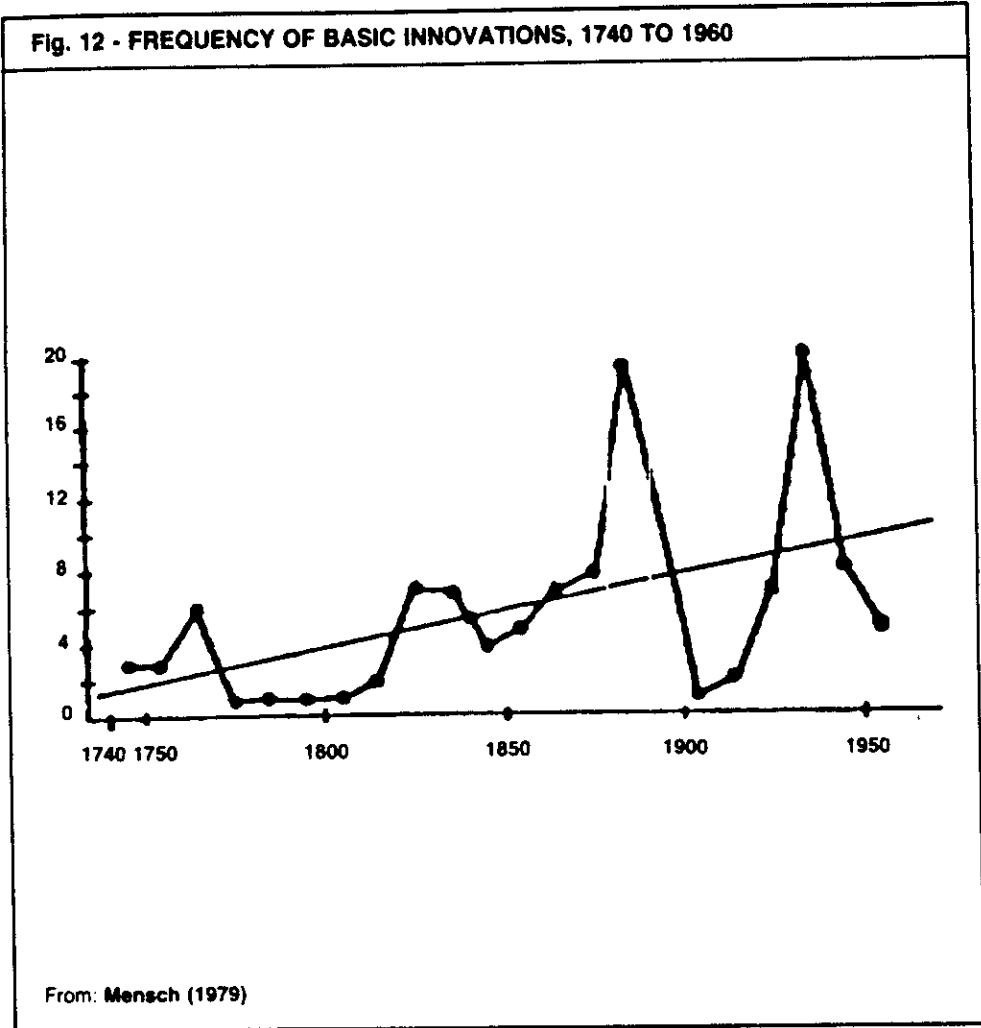


Fig. 12 - Volendo quantizzare le innovazioni di base, introdotte con successo per periodi di 10 anni, Mensch ha trovato una notevole periodicità nel processo innovativo. Questo gli ha permesso di separare nettamente tre ondate innovative durante gli ultimi duecento anni, nonché tre ondate di invenzione che le precedono.

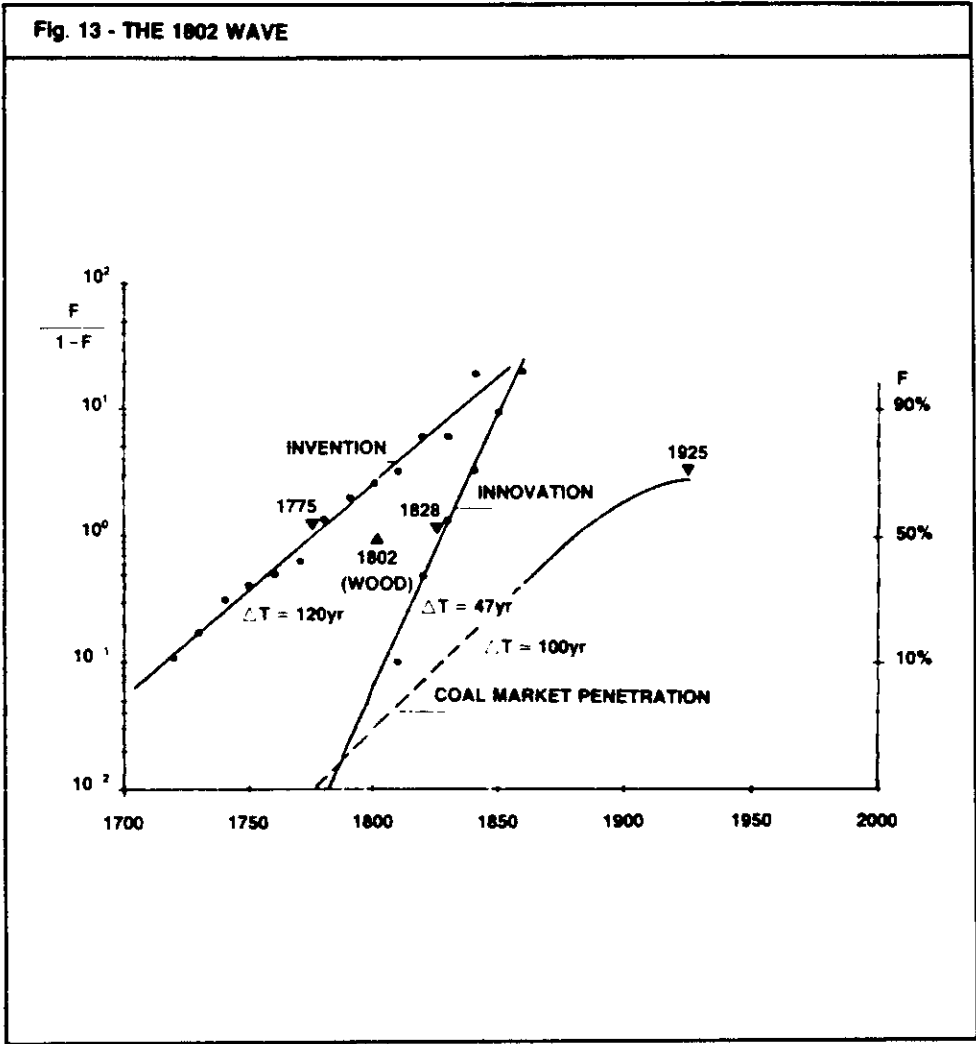


Fig. 13 - Considerando l'insieme delle invenzioni o delle innovazioni di un'onda, come una popolazione, si può cercare di analizzarne la crescita fittandola con una logistica. La prima coppia è analizzata nel grafico in questa maniera. Anche le energie primarie, come prodotti penetrano logisticamente il mercato, ed uno spezzone di questa linea di penetrazione è riportato qui per il carbon fossile.

golato. Sullo stesso grafico appare anche uno spezzone di curva che rappresenta la «market penetration», di una tecnologia energetica: di una cioè delle energie primarie: petrolio, gas, carbone, che competono per il mercato energetico.

La *fig. 14* riporta in sintesi le tre ondate di invenzione e di innovazione, i numeri dispari indicano le invenzioni, i numeri pari le innovazioni. Il sistema guardato attraverso i numeri dell'analisi darwiniana è estremamente regolare, si possono trovare delle regole semplici per calcolare l'ondata di invenzione e innovazione successiva, che di fatto poi è la nostra. Questa ondata di innovazioni parte nel 1984 (10%) e finirà (90%) circa nel 2000, raggiungendo una massima intensità di gettito di innovazioni sul mercato, cioè di nuove industrie o di nuovi servizi, verso il '92-'93.

Questo è ciò che si ricava dai calcoli e bisogna aspettare il 2000 e oltre per fare la conta di quello che è sopravvissuto e verificare. C'è però un certo numero di verifiche indirette. Una di queste, molto interessante è la seguente: se si guardano le ondate innovative soltanto, lasciando perdere le ondate di invenzione, si vede che ciascuna ondata innovativa si è portata dietro (o si è portata davanti, perché comincia un po' prima) una nuova tecnologia energetica, cioè carbone, petrolio, gas, nucleare, che nasce appunto alla radice (l'1%) della curva (*fig. 16*).

L'ultima ondata innovativa è calcolata, però il nucleare esiste già ed è nato esattamente dove doveva nascere secondo queste regole. Con un po' di audacia si può fare la precisione per l'impulso suc-

cessivo e si vede che la prossima fonte energetica verrà lanciata intorno al 2025.

Molto probabilmente sarà la fusione term nucleare. Il grafico della *fig. 17* è una grande sintesi per mostrare la sincronia dei vari aspetti dell'invenzione economica. Le fonti energetiche, le invenzioni e le innovazioni, nonché il consumo energetico negli U.S.A., sia come consumo elettrico che come consumo totale per gli Stati Uniti, il tutto si muove molto regolarmente con una periodicità di circa 55 anni.

In effetti già nell'80, potei prevedere che il prezzo del petrolio sarebbe sceso a 14-15 dollari nell'85-'86, cosa che ha fatto molto piacere ad alcuni dei miei consultati. Questa periodicità rigorosa nell'innovazione spaziata di 55 anni si riflette su tutta l'attività della società. Porto qui un solo esempio sugli start-ups, cioè l'apertura della prima linea di reti metropolitane. Questi «starts» avvengono ad ondate, ed il loro numero cumulativo (popolazione) è organizzato da una logistica e gli impulsi sono spaziati di circa 55 anni.

Questa periodicità permette anche di spiegare con una razionalità semplicissima e che non richiede nessun ragionamento complesso di carattere economico il *perché delle recessioni*.

In effetti, quello che succede all'inizio dell'ondata (succederà, ad esempio, negli anni Novanta) è che una nuova schiera di industrie viene lanciata sul mercato. Queste industrie crescono e curiosamente la costante di tempo per riempire i mercati è quasi sempre di una quarantina di anni. Quando queste industrie,

Fig. 14 - INVENTION AND INNOVATION WAVES - THE SECULAR SET

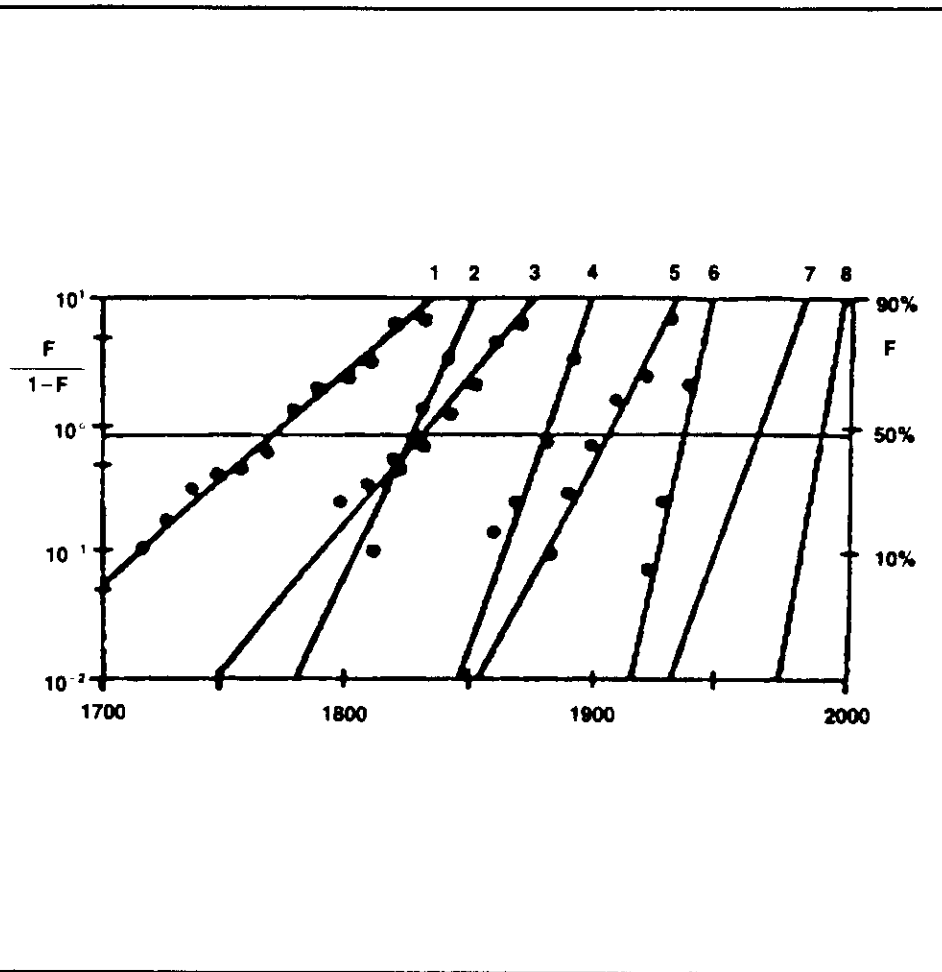


Fig. 14 - Le tre coppie storiche di invenzione / innovazione sono qui riportate senza la numerologia associata come in fig. 13. La grande regolarità nella sequenza permette di costruire la coppia successiva riportata in fig. 15. I numeri dispari indicano ondate di invenzione e quelli pari ondate di innovazione.

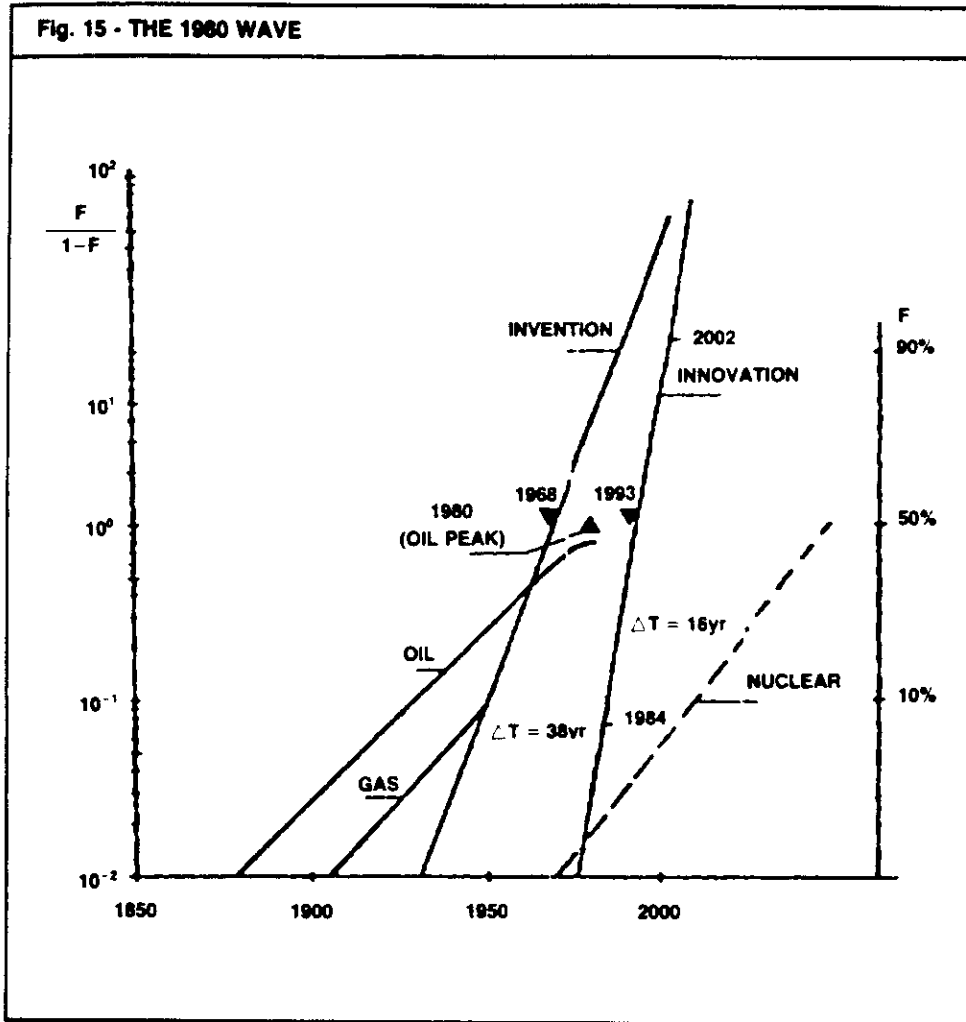


Fig. 15 - La nostra coppia di invenzione / innovazione è riportata qui in dettaglio. È solo calcolata. Poiché i dati risultano dalla verifica del successo delle innovazioni, bisognerà attendere ancora una quindicina d'anni prima di poter fare una verifica completa di questa precisione. Dal grafico appare che quasi tutte le innovazioni, le quali alimenteranno l'impulso innovativo, sono già state fatte. Appare anche che i prossimi dieci anni saranno i più attivi imprenditorialmente.

Fig. 16 - INNOVATION WAVES AND THE START OF NEW ENERGY SOURCES

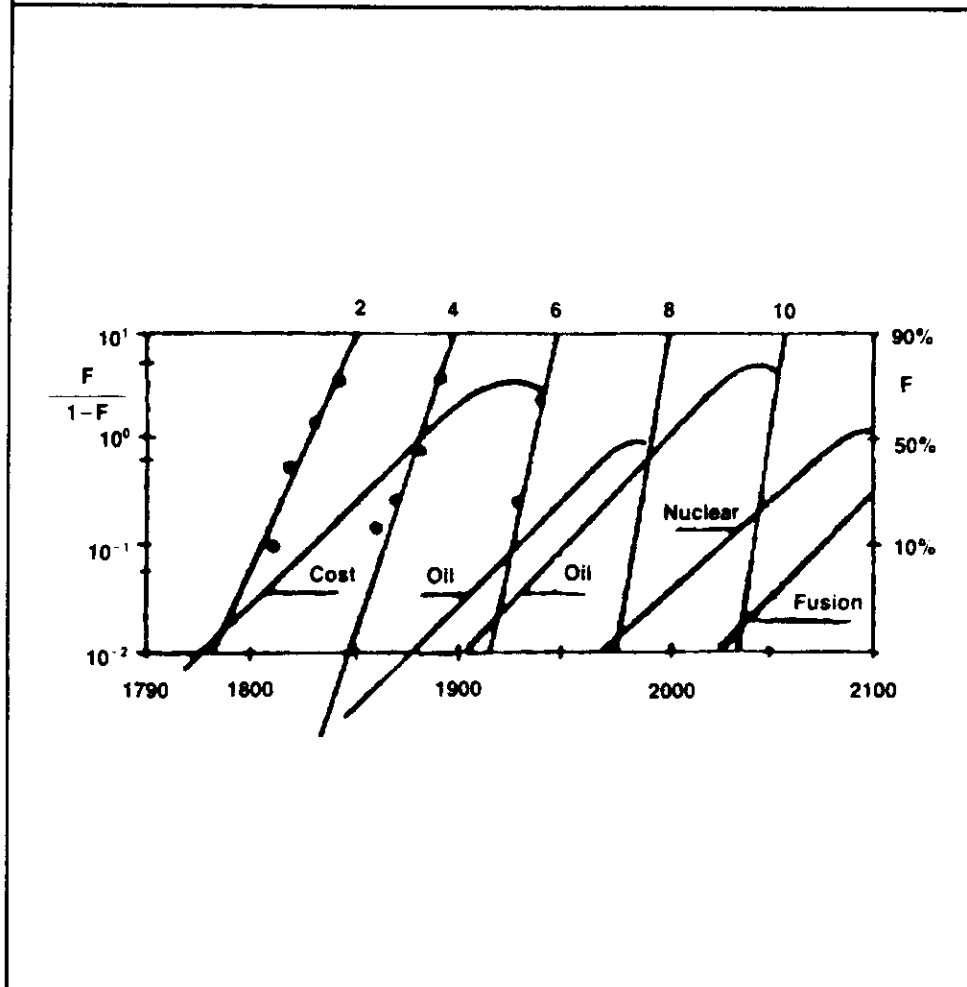


Fig. 16 - Le ondate innovative incorporano ogni sorta di attività. In questo grafico si è voluto mettere in evidenza come ad ognuna sia associata l'introduzione di una nuova fonte energetica. Anche per l'onda calcolata, l'ultima, cui è associata, al punto giusto, l'energia nucleare.

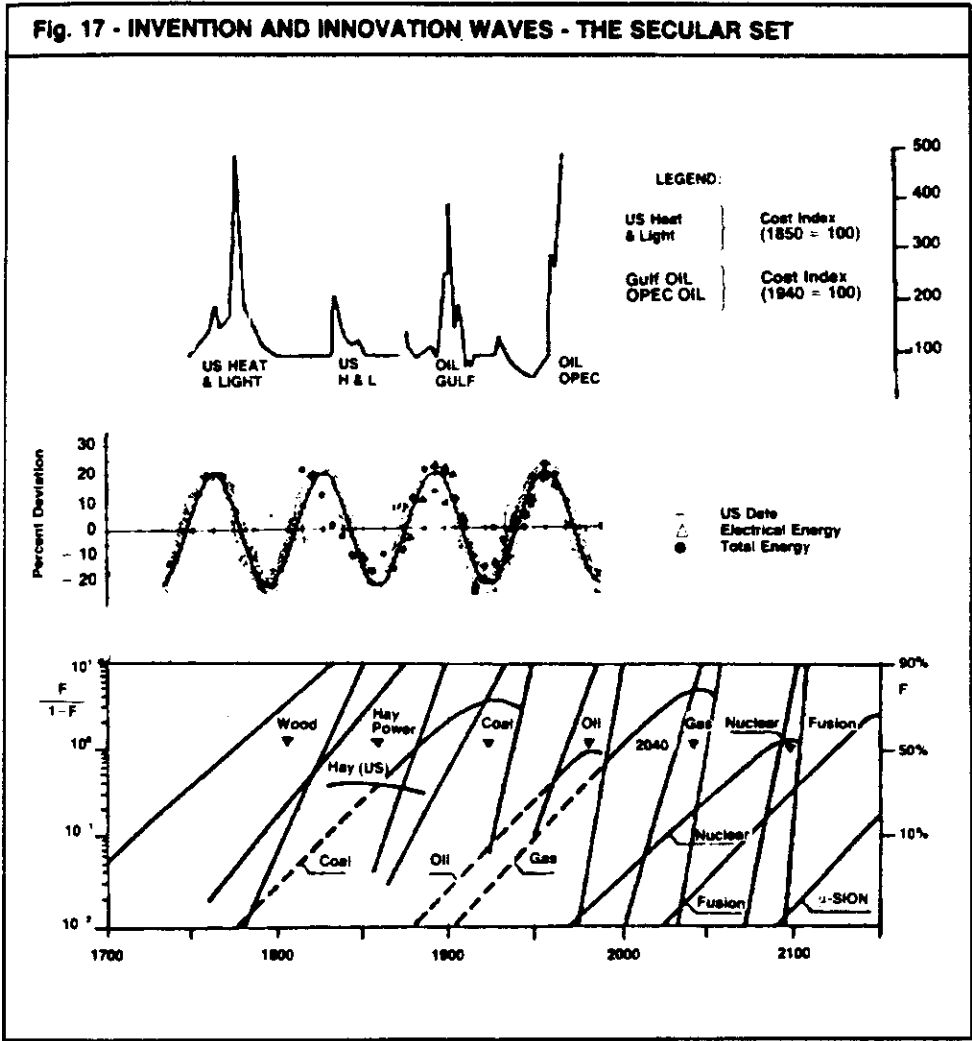


Fig. 17 - Questo grafico è un coacervo di fenomeni messi insieme per mostrare la sostanziale periodicità e sincronia del sistema sociale ed economico. In alto sono riportati i prezzi dell'energia in moneta corrente. Al centro le deviazioni dal trend nei consumi di energia, totale ed elettrica, negli Stati Uniti. In basso, invenzioni e penetrazioni di mercato delle fonti energetiche primarie.

per esempio quelle nate negli anni Cinquanta, arrivano a saturare il nostro mercato, succede una cosa estremamente semplice: che la produzione serve soltanto alla sostituzione.

La sostituzione dà luogo ad una produzione essenzialmente costante (crescita zero) ed è quello che si vede dappertutto in giro. Però con sottinteso un aumento di produttività: ad esempio 2/3% per l'industria auto per mantenersi in concorrenza con gli altri. Questo 2/3% di aumento di produttività e produzione costante significa che le società o gli attori della vita economica devono ridurre ogni anno le loro forze lavoro del 2/3%. In un anno non succede niente, dopo due non succede niente, ma dopo 10 anni questo significa espellere il 20/30% della forza lavoro: questo è appunto quello che è successo alla Fiat, che «espulse» le previsioni che le avevo fatto (questo nell'Ottanta), che doveva licenziare 100.000 persone o giù di lì per via di questi meccanismi strutturali.

Poiché tutti sono nella stessa situazione, la società si ingorga di disoccupati da un lato e dall'altro lato si ingorga di soldi, perché gli investimenti che normalmente sarebbero andati a finanziare la crescita dell'economia vengono a mancare, ed i soldi restano lì a fare della speculazione. Spesso anzi vanno a finire nelle mani di gente che non li renderà mai indietro, causa fondamentale delle grandi crisi finanziarie.

Tanto per mostrare che, anche se si va più sul «soft», la musica non cambia: ho riportato la crescita quantificata in impulsi logistici della popolazione di messaggi scambiati a livello della Svizzera

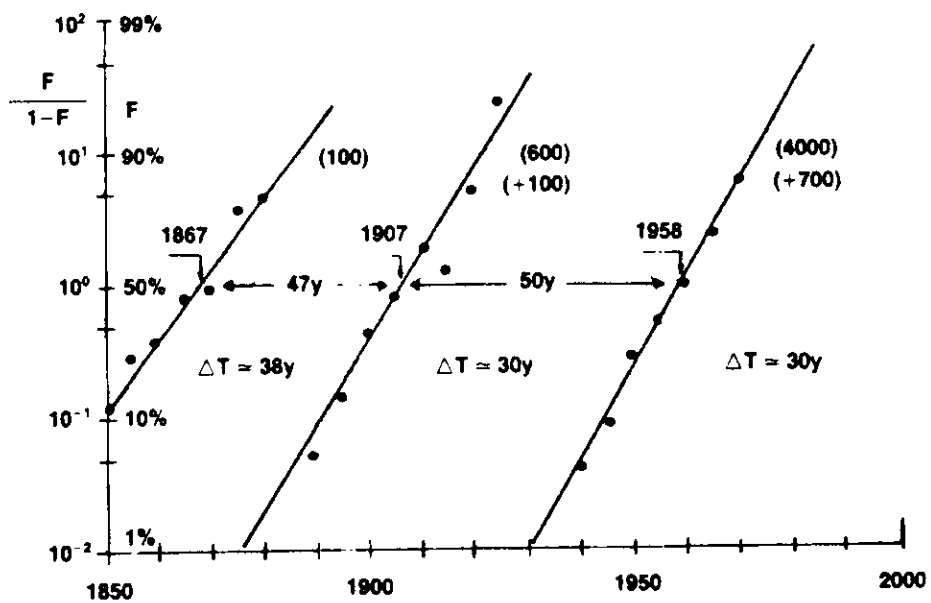
sotto forma di lettere, telegrammi, telefonate (fig. 18). Come si vede, la periodicità è pressoché perfetta e il numero totale di messaggi scambiati alla fine di ciascuna di queste ondate aumenta di un fattore 10 ed anche di più rispetto alla precedente. Il sistema per ora si espande esplosivamente, però all'interno di questa esplosione esponenziale la struttura è tempificata.

Nella fig. 19 è riportato tutto il ciclo di vita di una grande industria, l'industria dell'acciaio in Inghilterra, misurato attraverso la quantità di acciaio prodotto: un impulso in su, un altro impulso in su e poi un altro impulso in su e poi improvvisamente il declino. Se non interverrà pesantemente il «tax payer» il sistema finirà entro il 2000. Naturalmente l'Inghilterra continuerà a fare prodotti presumibilmente importando le Gillette dal Brasile o da qualche altra parte!

Si può andare a livelli anche più astratti, ad esempio a livello sociale, dove tutte queste innovazioni comportano dei cambiamenti di struttura: cioè un cambiamento del mix dei vari tipi di lavoratori. In fig. 20 vengono analizzate tre categorie aggregate secondo il colore dei colletti, quelli marroni (i contadini), quelli bianchi (gli impiegati) e quelli blu (gli operai). Ho messo anche i poliziotti tra i colletti blu, perché se devono correre per prendere un ladro, fanno la loro sudata.

Queste tre «popolazioni» competono per la nicchia occupazionale e c'è chi sale e chi scende. La cosa interessante è che la costante di tempo, cioè il tempo necessario per andare dal 10% al 90%

Fig. 18 - SWITZERLAND: POINT TO POINT MESSAGES - LOGISTIC SPLICE (LETTERS + TELEGRAMS + TELEPHONE CALLS) (M)



Data from: Mitchell-Historical European Statistics (C. Marchetti - IIASA 1987)

Fig. 18 - Gli utensili analitici illustrati precedentemente hanno una grandissima generalità. In questo grafico viene analizzata la trasmissione di «messaggi» sotto forma di lettere, telegrammi e telefonate, in Svizzera. Il loro numero, crescente pressoché esponenzialmente, può essere decomposto in tre impulsi logistici spazati dai cicli di Kondratiev.

Fig. 19 - UK CRUDE STEEL PRODUCTION (MT)

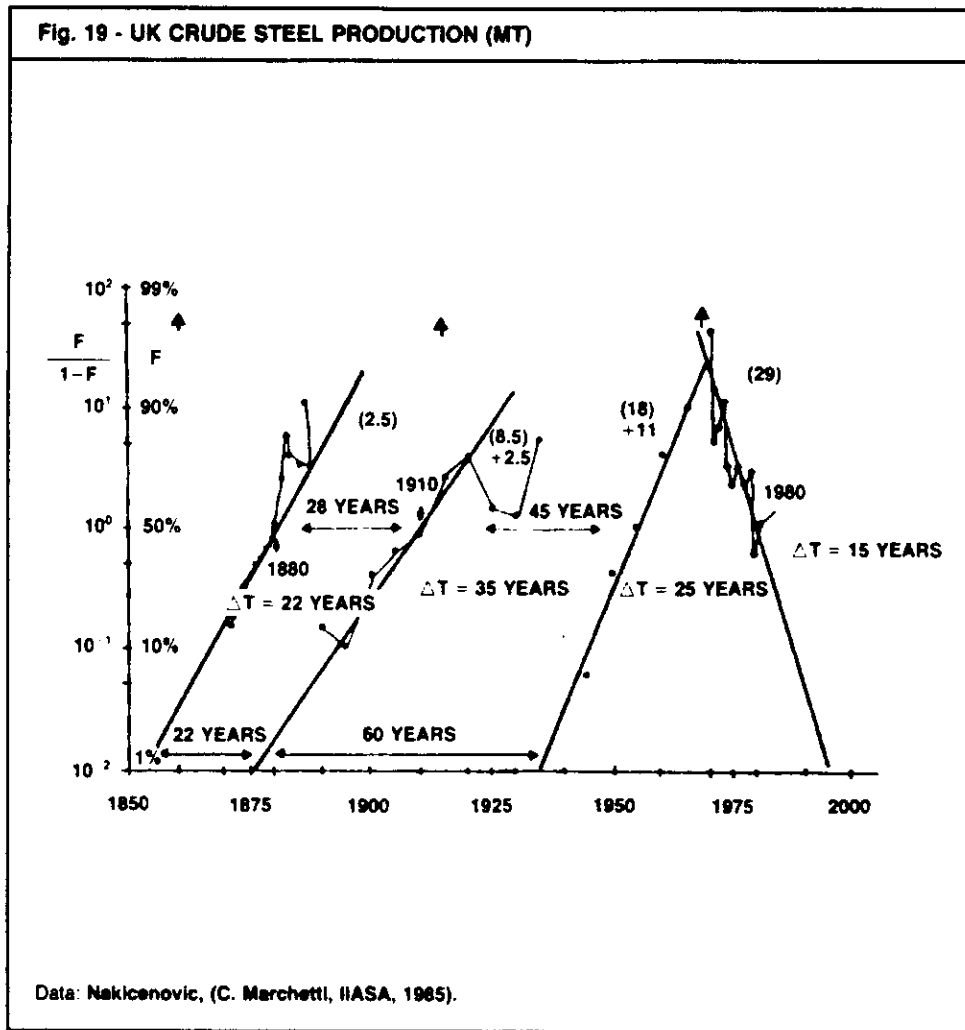


Fig. 19 - La produzione di acciaio primario nel Regno Unito è analizzata in questo grafico ed appare definita da una serie di impulsi a crescere e da una finale a calare. Molto probabilmente l'acciaio primario verrà nel prossimo futuro quasi totalmente importato, così come si fa oggi con i minerali di ferro ed i prodotti.

Fig. 20 - DYNAMICS OF TRADES IN US

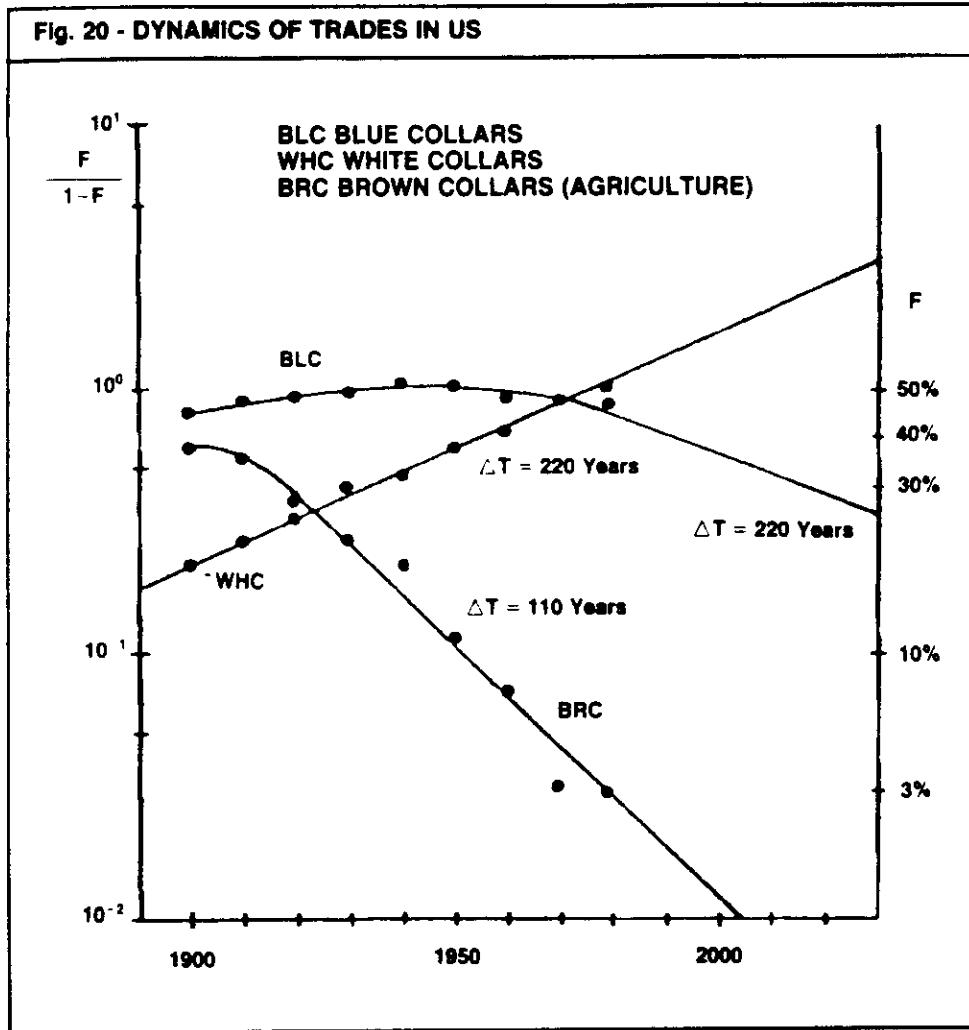


Fig. 20 - Il concetto di competizione all'interno di una nicchia o di un mercato è, come abbiamo visto, di generalissima applicazione e riportiamo qui il caso delle competizioni tra grandi classi d'impiego: l'agricoltura (colletti marroni), l'industria e le professioni fisiche (colletti blu) e le professioni amministrative ed intellettuali (colletti bianchi). La società dei colletti bianchi non sembra essere dietro l'angolo, anche negli Stati Uniti. Visto l'elevatissima costante di tempo coprirà il 90% degli impieghi fra un secolo circa.

del mercato del lavoro per i colletti bianchi è di circa 200 anni. Siccome ora sono al 50%, negli U.S.A., arriveranno al 90% fra 100 anni circa, la società del colletto bianco non sembra essere dietro l'angolo e i colletti blu e quelli dei loro figli che vorranno seguirli avranno del lavoro ancora per un po', e spariti quasi completamente sono i contadini, ma qui stiamo parlando degli Stati Uniti. Anche per l'Italia l'evoluzione è di questo tipo, ma non ho potuto racimolare dati decenti per fare un grafico simile.

Ora vorrei entrare rapidamente su un'analisi che mostra come si possano prevedere, utilizzando questo tipo di aritmetica e molta concettualizzazione di carattere fisico, le domande di nuove tecnologie che oggi sono lì allo stato di concetti o di sviluppo, ma che non si sa se poi verranno utilizzate o meno. È un problema di immensa importanza: è una domanda da un miliardo di dollari, come la chiamiamo all'Istituto, per quelli che investono nello sviluppo di queste tecnologie.

Il problema che mi propongo ora di analizzare schematicamente se l'ipersonico, cioè un aereo commerciale da Mach 6/Mach 7 ha speranze, cioè se il sistema lo vorrà o non lo vorrà. Lo sviluppo di questo esempio mostra come si può arrivare ad una soluzione.

La *fig. 21* riporta l'aumento dei passeggeri/Km trasportati dalle compagnie aeree commerciali a livello mondiale. Attiro l'attenzione sul fatto che gli aumenti di prezzo del petrolio nel '74 e nell'80, che hanno moltiplicato il prezzo del *jet-fuel* di 4/5 volte, non hanno assoluta-

mente modificato questa traiettoria anche se hanno costretto le compagnie aeree a modificarsi profondamente. Queste compagnie hanno omeostaticamente reagito in maniera da conservare il loro «output» essenziale, che è il traffico a spese di altre cose, ad esempio l'occupazione.

Detto questo, è ragionevole proiettare questa curva e considerare il suo punto di saturazione verso il 1995. Tutto satura nel '95 ma il mondo non finisce, è l'effetto dei cicli «K» di Kondratiev.

Se si mette questa domanda, che è riportata in tratteggiato nella *fig. 22* insieme agli aerei che la soddisfa misurata in termini di produttività (pass/Km/h), si vede che il sistema si è attrezzato con aerei sempre più grandi, la cui produttività è cresciuta logisticamente e curiosamente in parallelo con il traffico. In altre parole, se il traffico (pass/Km/anno) si moltiplica di dieci, la produttività degli aerei si moltiplica di un fattore dieci. Siccome il traffico è prevedibile usando la logistica di «charter» anche la produttività degli aerei è in certe misure prevedibile: si può dire ad esempio che grosso modo il Jumbo 1000 verrà messo in servizio fra 4 o 5 anni.

Il problema degli aerei che diventano sempre più grossi è un problema anche di motori ed in *fig. 23* sono riportate due curve di sviluppo tecnologico indicizzate con la potenza massima dei motori disponibili commercialmente. Anche queste potenze crescono logisticamente e si vede che in un caso, quello dei motori a pistone, saturano a circa 2.5 Megawatt e per i motori a reazione a 25 Megawatt. Tutti e due i sistemi hanno l'aria di esse-

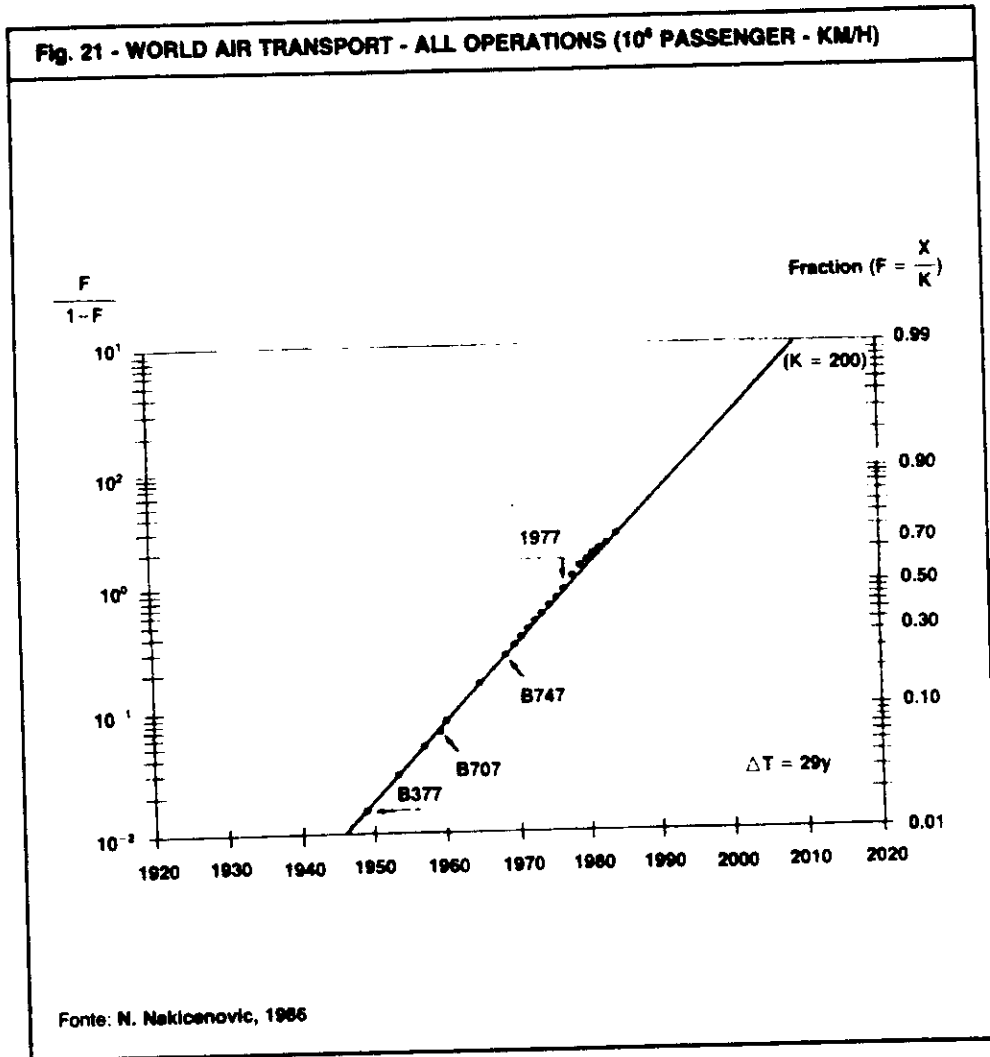


Fig. 21 - Anche l'evoluzione dei passeggeri/km trasportati dalle linee aeree commerciali negli ultimi 30 anni può venir molto fedelmente rappresentata con una logistica, che come al solito satura intorno al 1995, quando finisce il presente ciclo di Kondratiev. Da notare come gli aumenti vertiginosi del costo del «Jet fuel» nel 1974 e nel 1980 non hanno intaccato le performance del sistema dei trasporti aerei.

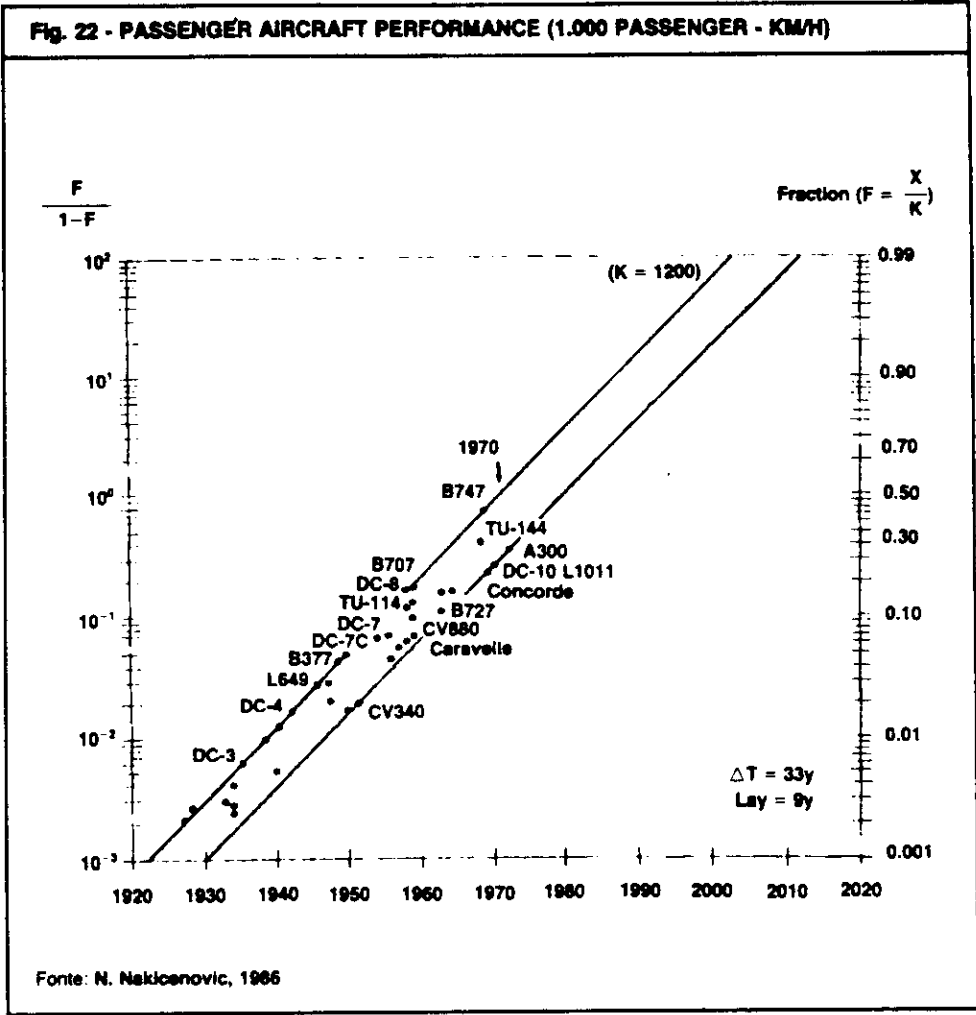
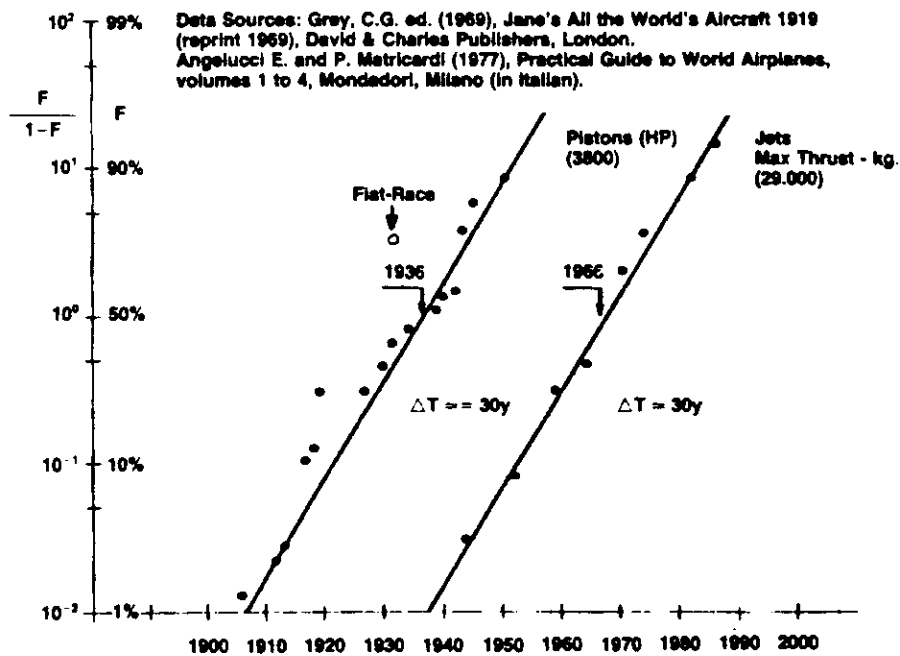


Fig. 22 - La performance di un aereo può essere indicizzata in un flusso, pass·km/h, ed è dunque omogenea a quella del sistema (pass·km/anno). Portando in ordinate il flusso degli aerei di primo livello quando furono per la prima volta introdotti sul mercato, si trova un'altra logistica, parallela a quella del traffico. I due crescono di fatto omoteticamente, ed una controprova è che la flotta commerciale (IATA) opera da quarant'anni sempre con circa 4000 aerei.

Fig. 23 - AERO ENGINES CAPACITY (WORLD) - (BEST ON MARKET)



Fonte: A Gröbler - NASA, 1986

Fig. 23 - Aerei sempre più grandi e veloci. richiedono motori sempre più potenti e la storia di due tecnologie, motori a pistoni e motore a reazione, è qui tracciata prendendo la partenza come indicatore. La potenza dei motori a pistoni è saturata negli anni Cinquanta a circa 2,5 Megawatt e quella dei motori a reazione sta saturando ora a 25 Megawatt circa. Questo prelude ad una terza tecnologia, presumibilmente quella ipersonica.

re a corto di respiro. Di conseguenza, ci si può domandare come i nuovi aerei soddisferanno l'aumento del traffico.

C'è in via di principio una soluzione semplice che salva capra e cavoli; siccome il motore è una macchina termodinamica, si tratta di aumentare il flusso d'aria nel motore facendo andare il motore più forte. I problemi sarebbero risolti dal punto di vista del sistema, se gli ingegneri sapranno risolvere quello di fare un aereo che voli a Mach 7 e dunque con una produttività di un'ordine di grandezza superiore a quella di un aereo attuale che vola a circa Mach 0.8, avviamento e dimensioni uguali.

Nella *fig. 24* analizzo cose che interessano lo SMAU e qui siamo nel campo dei computer. La società «cavia» è la Honeywell. Ho riportato il numero cumulativo di nuovi modelli di calcolatori introdotti dalla Honeywell nel campo dei mainframe. Anche questa popolazione cresce logisticamente.

Nella *fig. 25* l'esercizio è riportato per le maggiori case costruttrici di computer. Si vede che grosso modo la velocità di innovazione è uguale per tutti in termini relativi. Sembrano tutte vivere all'interno di un ciclo di 50 anni circa quello di Kondratiev, con la sola eccezione dell'IBM. Sembra che l'IBM abbia una longevità doppia estendendosi su due cicli Kondratiev, con una costante di tempo di cento anni.

Se si cerca l'innovazione complessiva di tutto il sistema, si può guardare alla popolazione di nuovi computer lanciati sul mercato (*fig. 26*): seguono con una fedeltà angosciante (la differenza è del percento) la curva di crescita di una po-

polazione malthusiana. Naturalmente non si può guardare anche al numero cumulativo di fabbricanti di computer (*fig. 27*). Si può fare il rapporto e si trova un risultato doloroso: che ogni fabbricante lancia sul mercato tre modelli in media e poi muore. Siccome i grossi nella loro vita ne faranno 100-200, vuol dire che la maggior parte di questi fabbricanti nasce, fa un computer e muore. Vita durissima.

Vorrei fare un brevissimo flash all'indietro, nel senso di mostrare che le stesse cose valgono anche nella scienza, cioè non è solo la tecnologia che è autoregolata da meccanismi del sistema con questa precisione, ma lo è anche la scienza. Il grafico della *fig. 28* mostra le ondate di scoperta degli elementi chimici in tre impulsi, uno di elementi chimici nel senso classico, uno di elementi chimico-fisici, ad esempio i gas rari non identificabili con le tecniche di reazione classiche, e il terzo di chimici inventati, cioè gli elementi fabbricati utilizzando delle macchine acceleratrici. Si vede che in tutti e tre i casi il numero cumulativo, cioè le popolazioni così scoperte, crescono secondo la legge darwiniana. Questo permette, ad esempio, (cosa che offende sempre i cattedratici, quando gliela racconto, ma spero che non ce ne siano molti qui) che, una volta incominciata l'operazione di scoperta, io fitto la mia equazione e poi dico quanti elementi verranno scoperti e quando. Magari durante i prossimi cento anni.

Può darsi che la cosa valga solo per operazioni molto aggregate. Nella *fig. 28* ci sono duecento anni di chimica: di fatto,

**Fig. 24 - INNOVATION IN COMPUTER INDUSTRY
MAINFRAME COMPUTER MODELS: HONEYWELL**

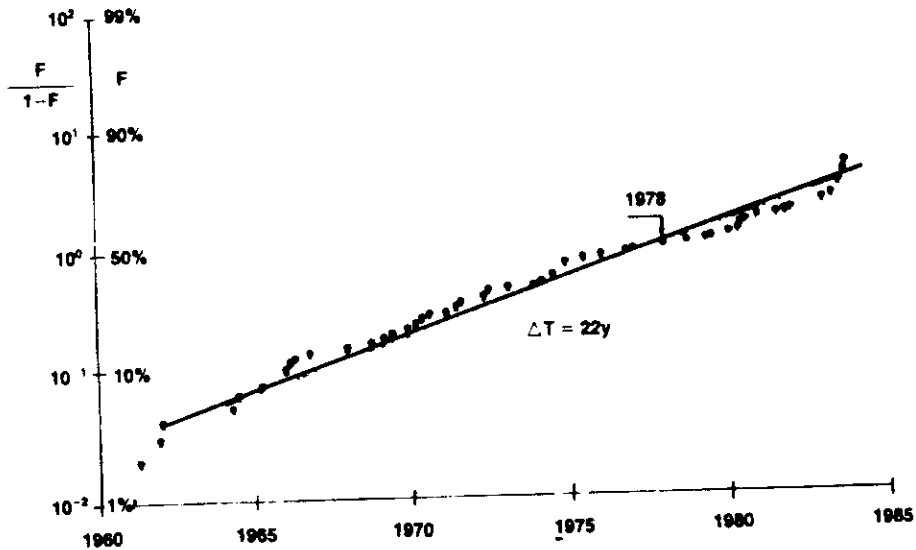


Fig. 24 - *Innovare o morire*, sembra essere il «diktat» della concorrenza. Uno degli indicatori dell'attività innovativa di una compagnia è il numero di modelli che produce. In questo caso il numero cumulativo di modelli di mainframe, messi sul mercato dalla Honeywell, è fittato con un'equazione logistica.

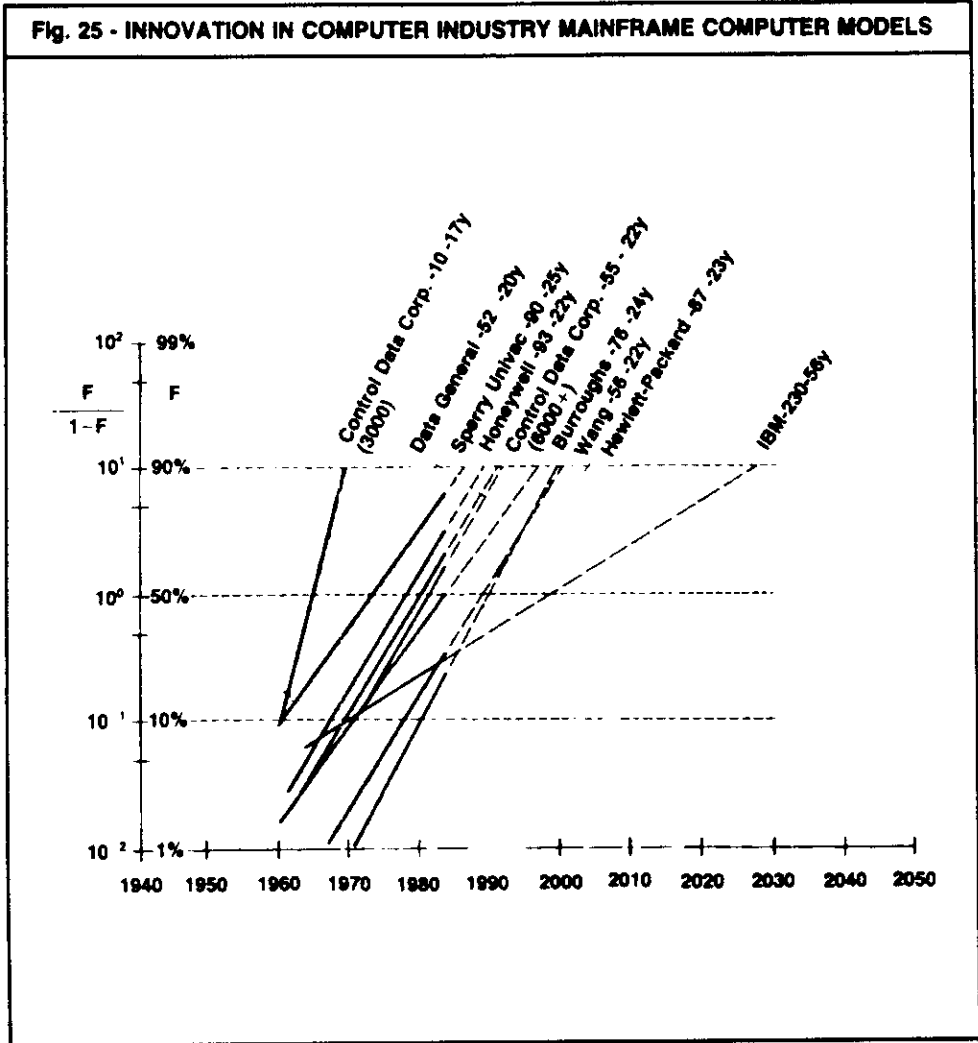


Fig. 25 - L'esercizio fatto per la Honeywell in fig. 24 è qui ripetuto per i maggiori costruttori di mainframe e riportato in forma semplificata per facilitare il confronto. Le costanti di tempo, che indicano l'arco di vitalità, sono curiosamente analoghe e concluse in un ciclo di Kondratiev, con l'eccezione della IBM che sembra coprirne due.

Fig. 26 - INNOVATION IN COMPUTER INDUSTRY - NEW MODELS, ALL MANUFACTURERS

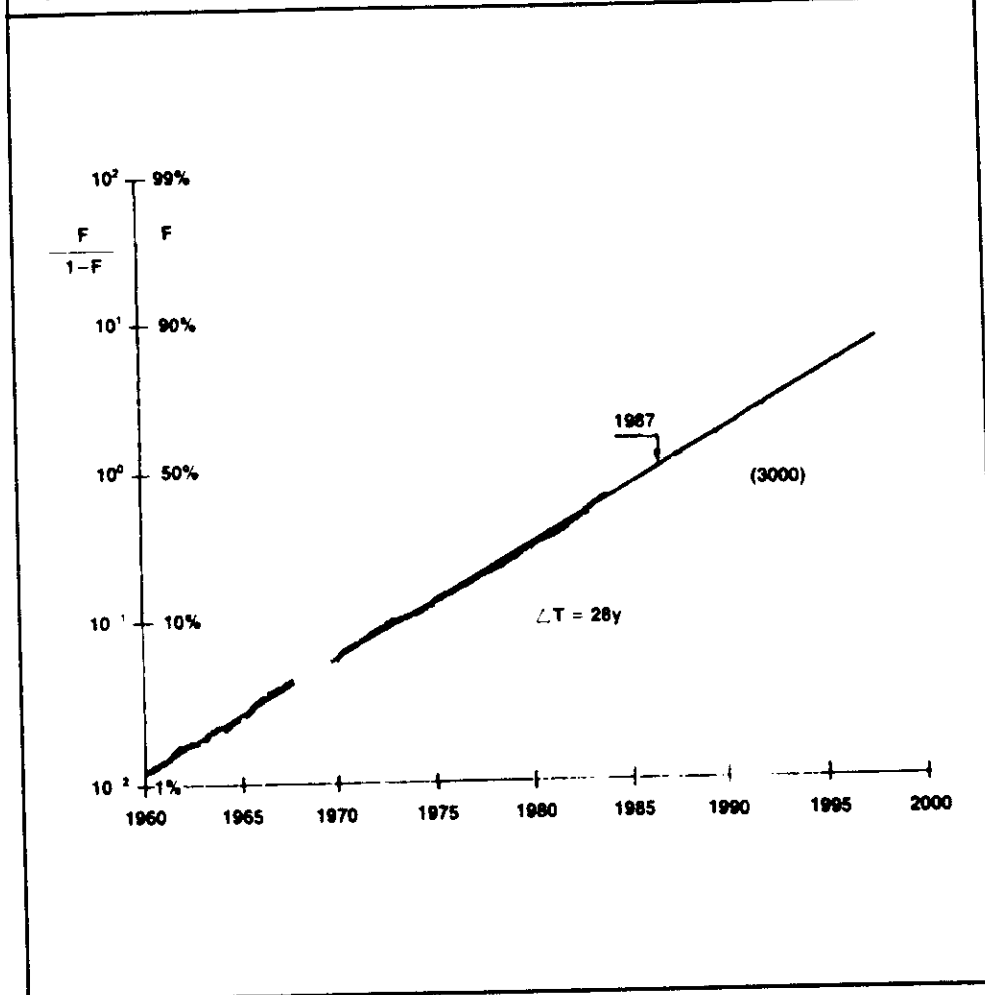


Fig. 26 - L'industria può essere vista nel suo insieme ed il numero cumulativo di modelli (mainframe) messo sul mercato, fittato con una logistica. Il risultato è di precisione straordinaria e questo dà molto peso alla previsione sul punto di saturazione e la dinamica di mercato per quanto riguarda la realizzazione di nuovi modelli nei prossimi 10 anni.

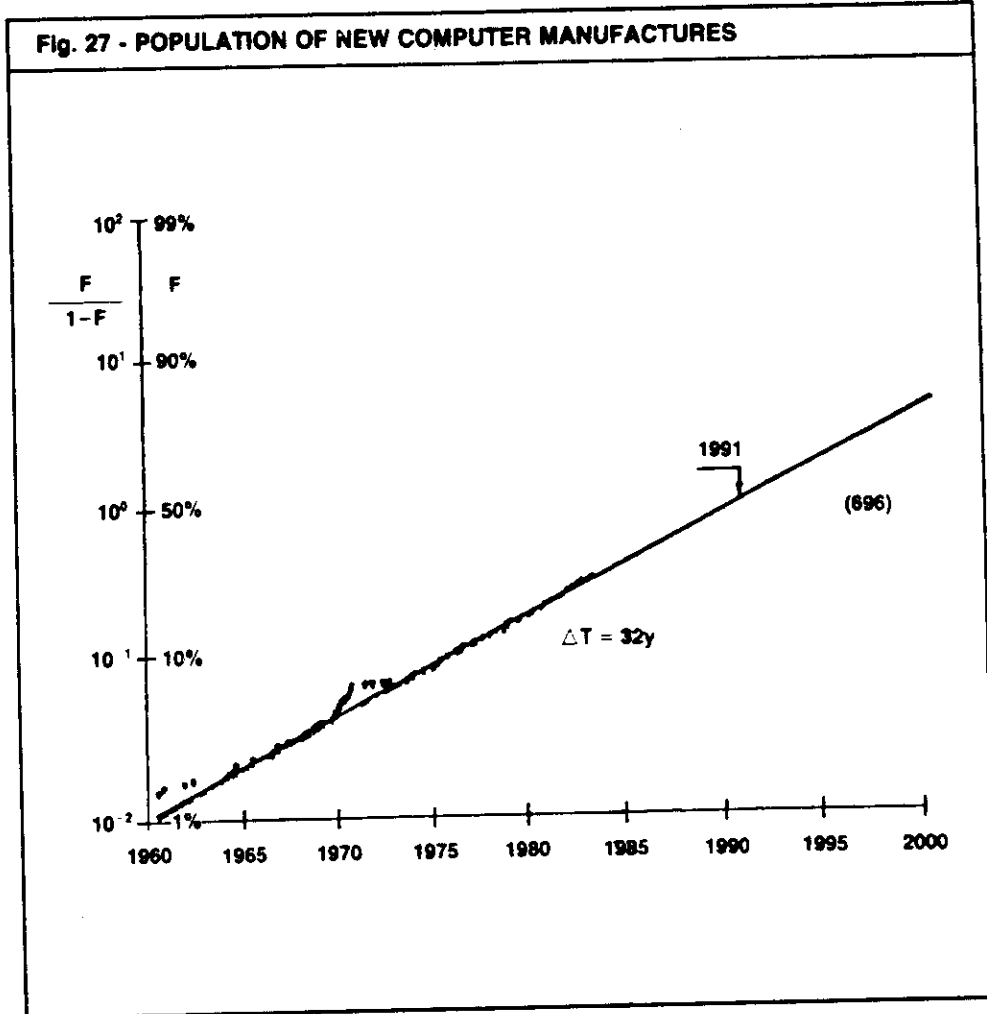


Fig. 27 - Si può con la solita tecnica guardare anche alla popolazione di fabbricanti, cioè al numero cumulativo di produttori di computer, mainframe, che si sono affacciati al mercato. Anche qui abbiamo una perfetta logistica con un piccolo sprint nei primi anni '70, rapidamente riassorbita. Confrontando questa curva con quella di fig. 26 si trova che in media ciascun produttore ha messo in commercio tre modelli. Poiché i grandi vanno sui 50 - 100, molti piccoli devono aver prodotto un modello per poi scomparire.

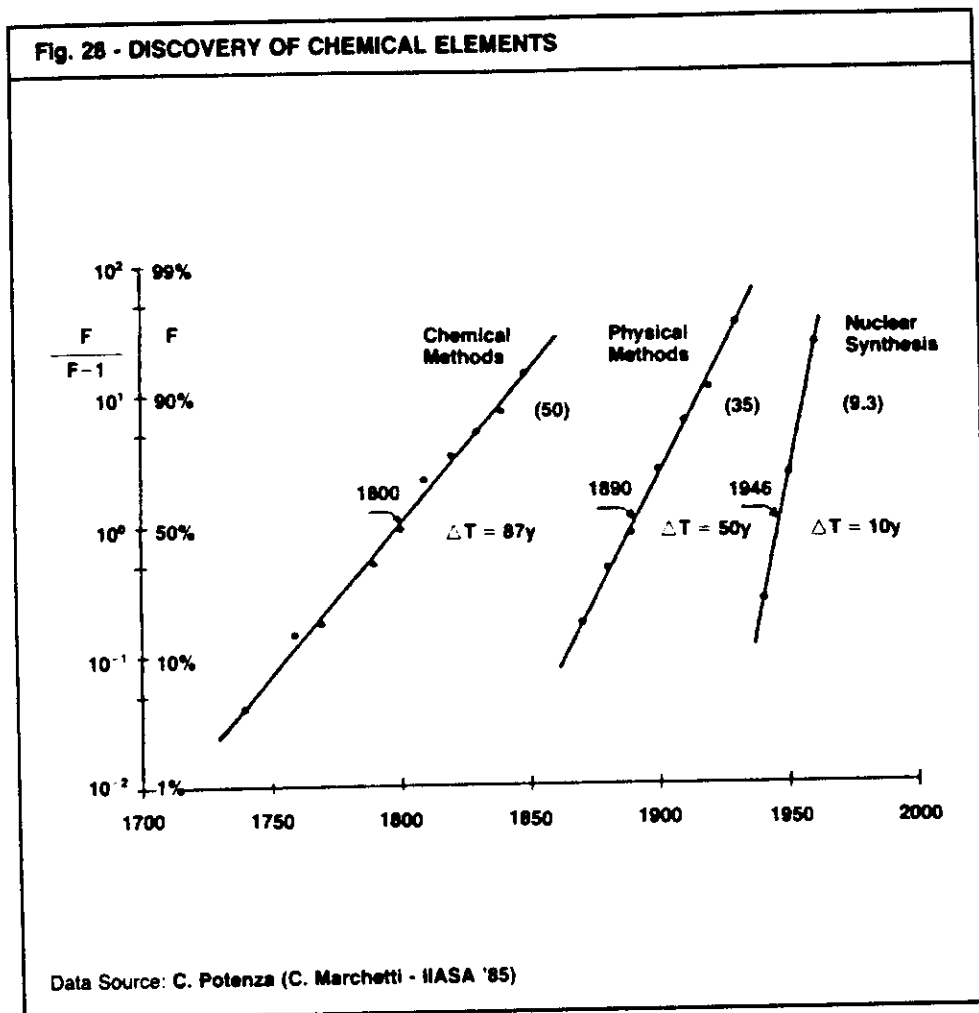


Fig. 28 - La metodologia funziona anche andando a livelli molto più astratti, quale la ricerca. Qui il «mercato» è il numero di «oggetti» che possono venir scoperti usando una certa tecnica esplorativa. Le tre linee mostrano il numero cumulativo di elementi chimici scoperti usando le normali tecniche chimiche di analisi; le tecniche fisiche; le tecniche nucleari con creazione di nuovi elementi.

andando a zoomare sopra una ricerca focalizzatissima, ad esempio l'effetto dell'acetilcolina sulla «Miastemia Gravis», ricercando la sequenza temporale dei documenti fondamentali scritti su questo argomento, si vede che l'evoluzione segue esattamente lo stesso corso (fig. 29). Poiché le costanti di tempo sono relativamente lunghe, si può sapere che tutto il processo dura 15/20 anni, ed esplorando in giro quali sono gli oggetti su cui investire per far fruttare i soldi più rapidamente. Si può anche prevedere quando tirare i remi in barca. La gestione della scienza può quindi essere fatta senza tirare troppo e indovinare.

L'analisi vale non solo nel caso in cui la ricerca porta una sequenza di successi, ma anche in quello di una ricerca negativa, cioè in cui il risultato è un solo insuccesso finale.

La fig. 30 riporta il numero cumulativo d'esperimenti (costosissimi) per scoprire una particella nuova, l'anomalone che poi non esiste.

Per dimostrare come questi processi possano esser visti essenzialmente come processi diffusivi, ho riportato un piccolo esempio: quello della morte da peste a Londra nel '600 (fig. 31).

Si vede come il processo sia gestito dalle equazioni logistiche in maniera quasi perfetta. Il grafico rappresenta il numero cumulativo di morti da peste (la popolazione). Ritornando alla «cultura» in globale, ho scelto dei processi un po' stravaganti, per mostrare la generalità di questo tipo di analisi. In fig. 32 è riportata la «caccia alle streghe» in Scozia. Il numero cumulativo di streghe mandate in tribunale è una popolazione Maltusiana!

Nell'esempio della fig. 33 ci sono state due stagioni di caccia alle streghe.

Vorrei, per finire, mostrare una cosa molto consolante: la ripopolazione dei Premi Nobel in Europa e negli Stati Uniti non sfugge alle regole (fig. 34). L'Europa ha due impulsi uno prima e uno dopo quello degli Stati Uniti. I carnieri europei saranno un po' più pieni nei prossimi 20 anni. A chi il quarto impulso?

P. De Paoli: Grazie, dott. Marchetti, per il Suo intervento e per queste Sue affermazioni sulla periodicità delle innovazioni, che in seguito Le porteranno molte domande da parte del pubblico. Proseguendo i nostri lavori, abbiamo un intervento del prof. Piergiorgio Spaggiari, che rappresenta il presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche e ci parlerà di «Formazione e qualità - le nuove professioni: dai progetti finalizzati alle aree di ricerca».

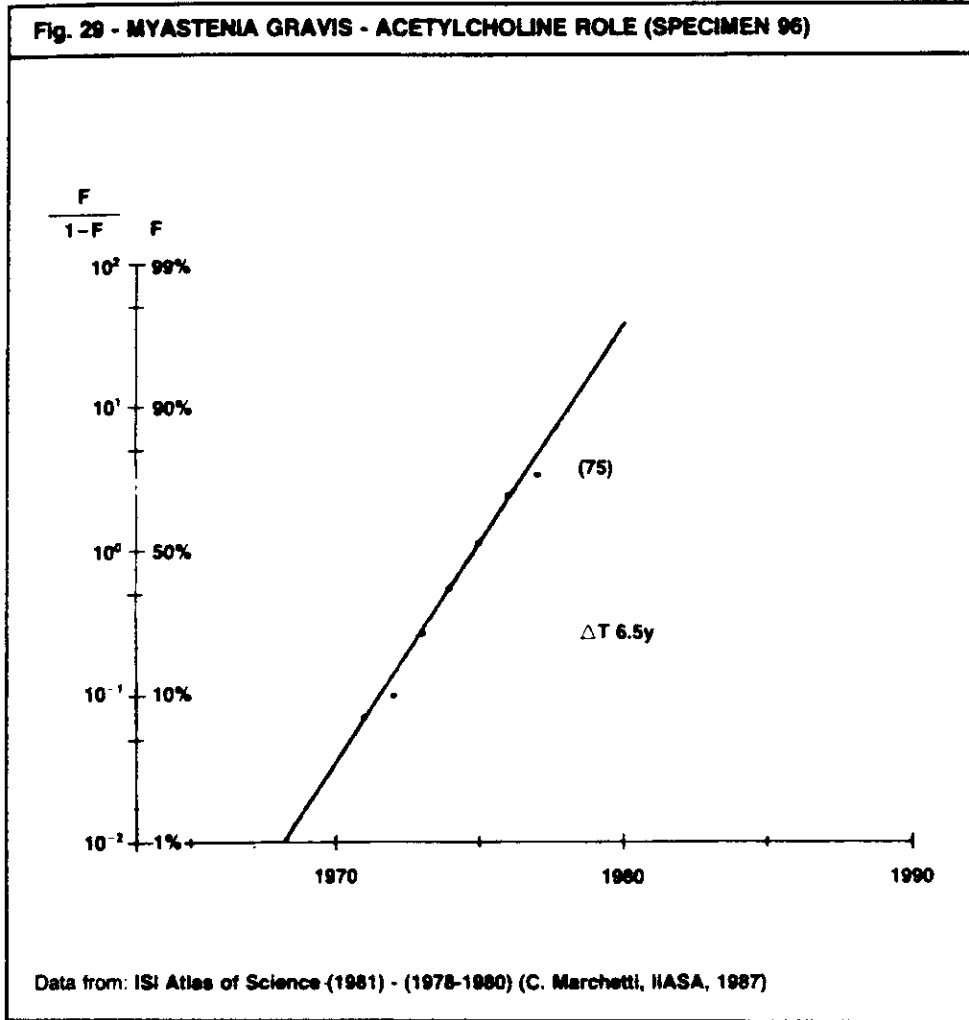


Fig. 29 - Si può anche andare ad esplorare le mode nella ricerca. L'ape esploratrice riporta un albero in fiore e le «bettinatrici» si precipitano. Finché la sorgente è esaurita. Il processo ha un carattere diffusivo ed il numero cumulativo di papers sul soggetto è un buon indicatore dell'attività esplicitata fino a quel punto. Il soggetto è qui estremamente specializzato e questo facilita la sua delimitazione agli effetti dell'analisi.

Fig. 30 - EXPERIMENTING ON ANOMALONS CUMULATIVE NO. OF EXPERIMENTS

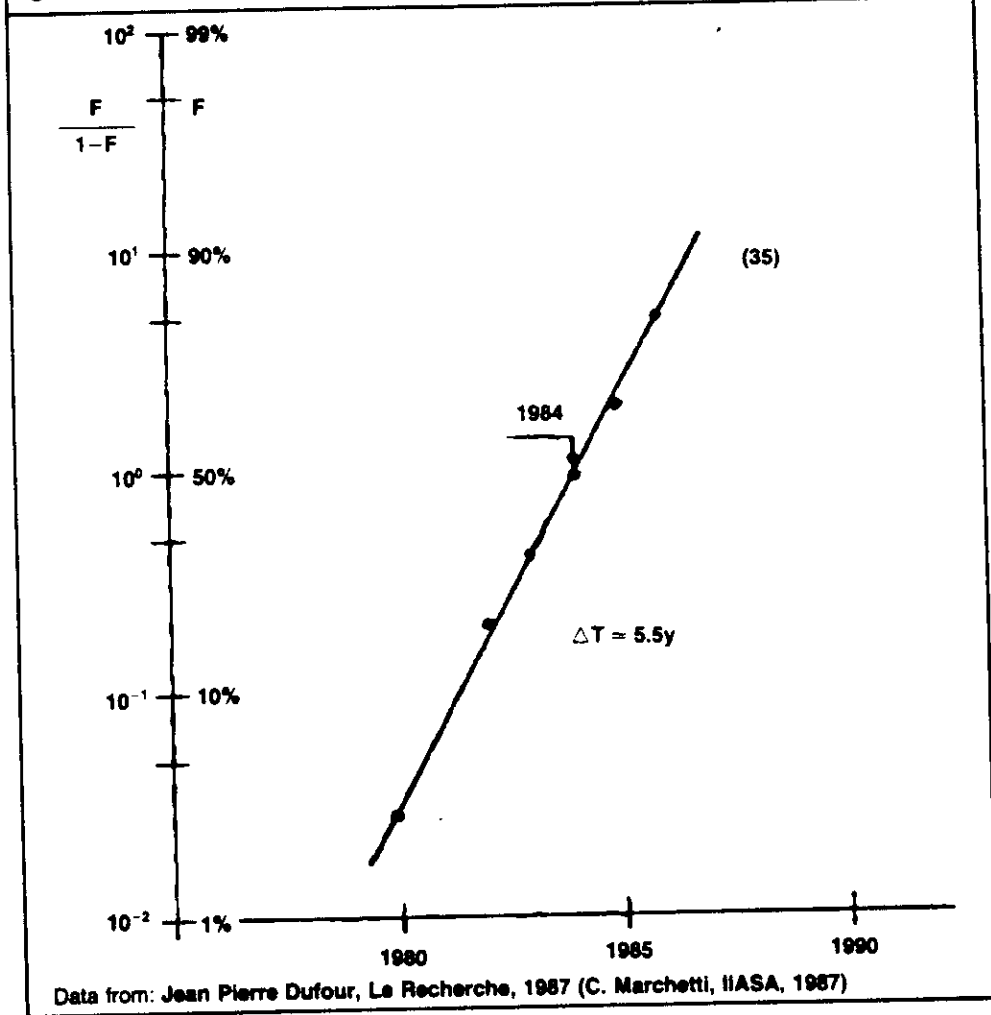


Fig. 30 - La situazione descritta in fig. 29, può anche essere indicizzata usando gli esperimenti come indicatori. Qui sono riportati gli esperimenti per identificare l'esistenza di una particella elementare ipotizzata, l'anomalone, che però non è stata trovata. Secondo l'analisi, inoltre, questo tipo di ricerca sta volgendo alla fine e presumibilmente l'anomalone non esiste.

Fig. 31 - LONDON'S PLAUGE (1665) CUMULATIVE DEATHS (OFFICIALLY COUNTED)

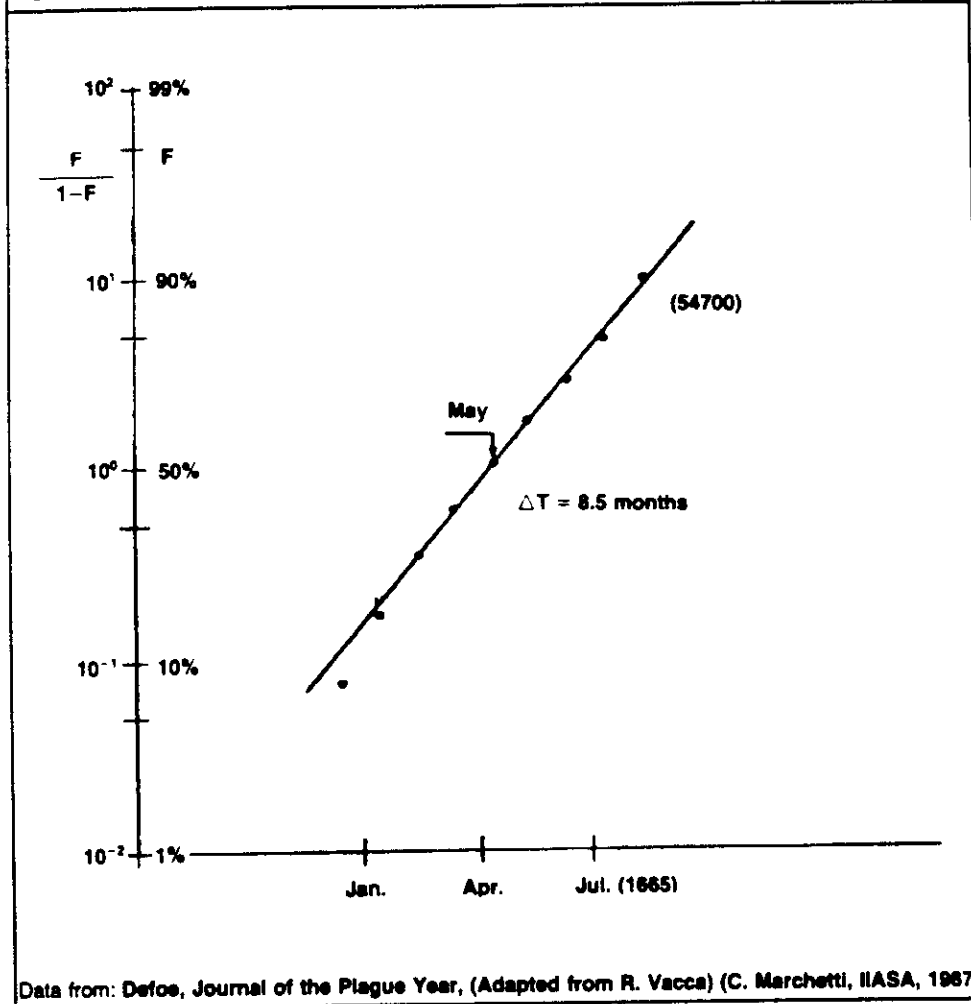
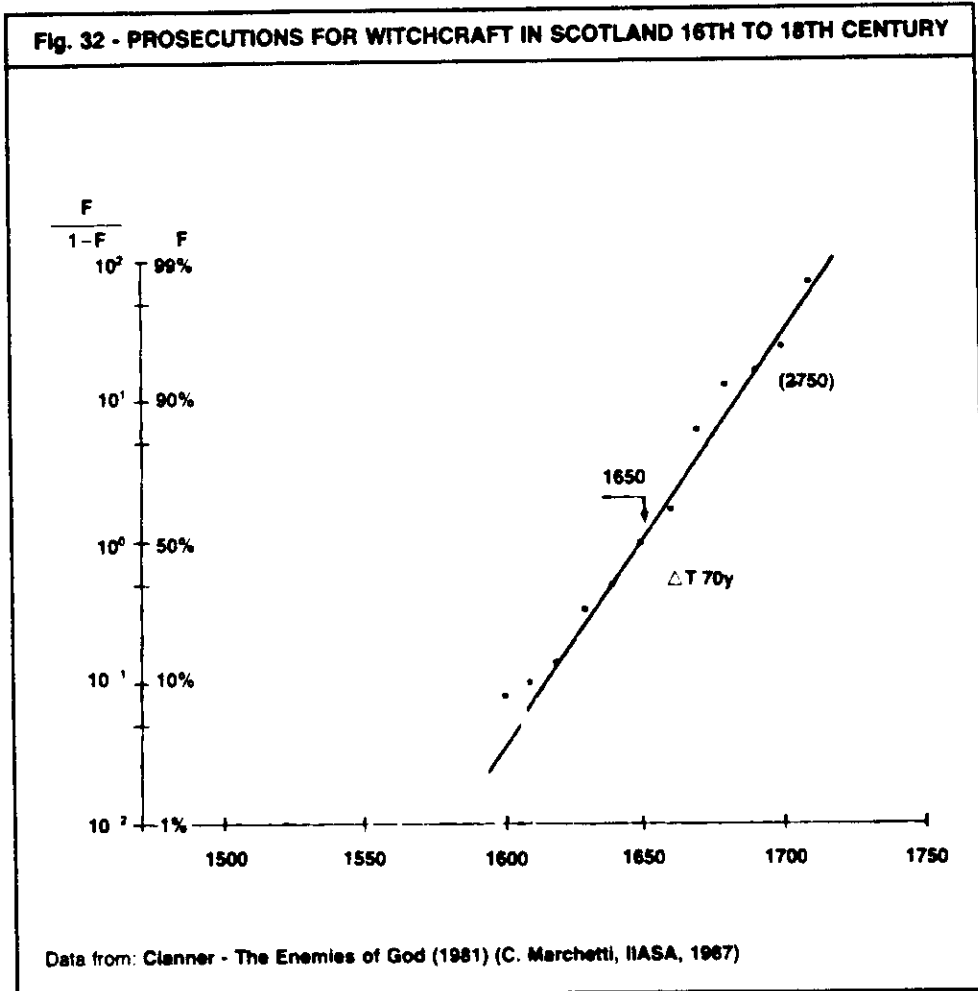


Fig. 31 - La diffusione di una pestilenza è l'esempio classico di un processo diffusivo, qui indicizzato con un numero cumulativo di morti. Visto a rovescio, sembra che le statistiche di mortalità da peste fossero buone.

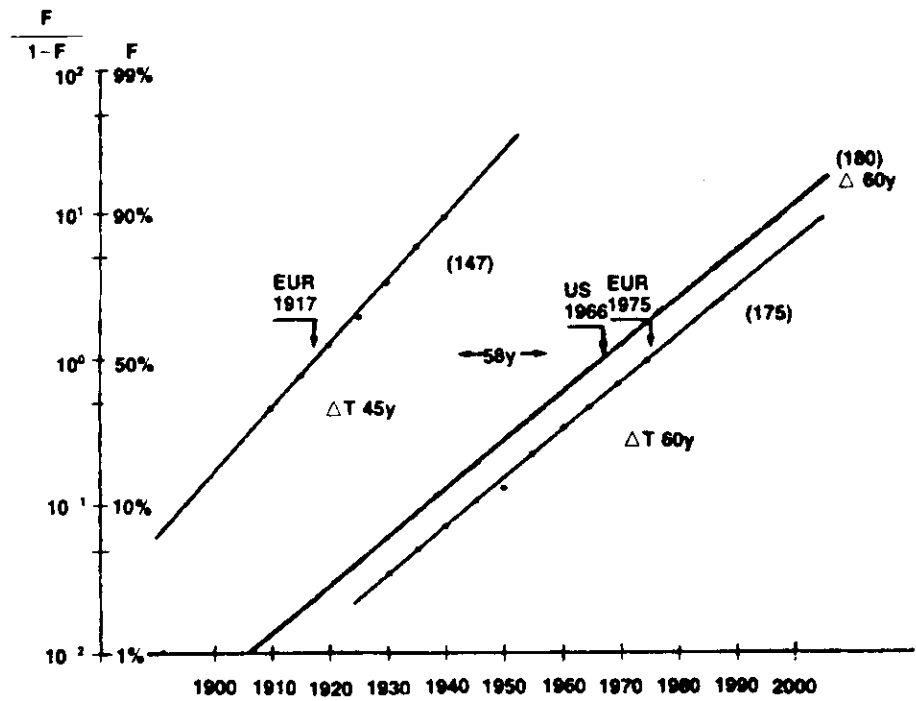
Fig. 32 - PROSECUTIONS FOR WITCHCRAFT IN SCOTLAND 16TH TO 18TH CENTURY



Data from: Clanner - The Enemies of God (1981) (C. Marchetti, IIASA, 1987)

Fig. 32 - Il concetto generale di una struttura concettuale che entra in una diffusione culturale e si realizza in azioni, è qui ben esplicitata, misurando il fenomeno della «caccia alle streghe». La linea mostra il *fitting* logistico con il numero cumulativo di streghe processate in Scozia.

Fig. 33 - NOBEL PRIZES - EUROPE



Fonte: C. Marchetti, IIASA, 1987

Fig. 33 - Finiamo con un caso di astrazione estrema, l'applicazione dei Premi Nobel, divisi per area geografica. Quasi tutti i Premi Nobel sono andati all'Europa e agli Stati Uniti. L'Europa si è aggiudicata la prima ondata, gli Stati Uniti la seconda e l'Europa di nuovo la terza. Visti i punti di saturazione e lo spostamento nel tempo della linea europea, nei prossimi 15 anni il bottino di Nobel sarà leggermente favorevole all'Europa. La metodologia non permette di dire chi si approprierà della quarta ondata.