

# Della Manutenzione dei Saperi

## Reflessioni di un analista di sistemi

*Cesare Marchetti*

International Institute for Applied Systems Analysis

Laxenburg, Austria

**MARCHETTI-23**

Preparato per la riunione del 19/3/98 sulla manutenzione dei saperi  
presso il CENSIS di Roma

## La vita, l'informazione e Darwin

Gli esseri viventi sono delle macchine informatiche, dei saperi viventi, che se la sono sbrogliata brillantemente per piú di tre miliardi di anni, popolando ogni nicchia concepibile, dalle profondità della terra a quelle dei mari.

I loro saperi sono contenuti in strutture molecolari organiche complesse, tendenzialmente fragili. Di conseguenza il problema della manutenzione diventa centrale, e, visto il loro successo e durata, si possono dicerto trarre dei suggerimenti per la manutenzione dei saperi umani.

Il DNA, *liber librorum* dell'informazione genetica, viene continuamente riveduto da enzimi correttori che operano sulla ridondanza dell'informazione, sia trasversale (le stringhe di DNA sono in coppie identiche), sia longitudinale (le sequenze hanno logiche interne che permettono di eliminare errori).

L'efficienza di queste procedure é mostrata dal fatto che, sia pur coll'aiuto a latere della selezione, certe molecole come l'ATP, sono oggi identiche a quelle di un miliardo di anni fa, e certi animali, come l'Horse Shoe Crab sono rimasti identici per centinaia di milioni di anni.

I saperi degli esseri viventi sono *prima facie* pragmatici. L'essere vivente deve funzionare bene nel suo contesto. Di fatto però solo circa il 20% del DNA é operativo. Il resto costituisce in parte una memoria storica, in parte una preparazione di scenari operativi per l'incerto futuro (*genetic drift*).

Poiché i contesti piú o meno velocemente cambiano, certi saperi dell'essere vivente tendono a diventare obsoleti, e dunque la manutenzione deve lasciare spazio all'innovazione.

In effetti i sistemi di restauro sono regolati in modo da lasciar passare un certo numero di mutazioni, che dei sistemi di prefiltraggio assicurano essere di plausibile applicazione.

Queste mutazioni possono finire direttamente nel DNA operativo, o in quello quiescente. In un recente lavoro *On the Limits to Knowledge* ho rilevato le *precise analogie tra la funzione del genetic drift e quella della scienza nel sistema umano*.

Per gli esseri viventi, incluso il sistema uomo, c'è continuamente un *information shedding*. Una specie che si estingue o la biblioteca di Alessandria che brucia sono esempi da manuale di questo processo.

Come ho discusso nel lavoro sopracitato, l'uomo è, come essere vivente, un sistema informatico, e l'umanità un supersistema in cui gli uomini sono parallelizzati, come i computers, attraverso i linguaggi. La descrizione matematica dei processi è identica, come accennerò nel seguito.

Anche i saperi condensati nel linguaggio, nel disegno e nel know-how, sono strutture informatiche che vengono maneggiate usando gli stessi schemi formali del DNA: mutazione, *preselezione* (attraverso operatori interni di plausibilità: per l'uomo l'estetica e la logica), *selezione* (l'esperimento) e *diffusione* all'interno di nicchie del sistema.

Questo insieme di conoscenze che potremmo definire *cultura*, serve fondamentalmente ad assicurare la sopravvivenza e fa parte dell'*inclusive fitness* in parallelo a quella biologica. Molte conoscenze possono venir acquisite con l'impulso istintivo ad esplorare, scelte con i preselezionatori e con l'esperimento, ma senza un obiettivo pragmatico.

Quest'ultima operazione ha forti analogie formali e quantitative con il *genetic drift*. Quando il contesto cambia l'informazione muta del drift può provvedere soluzioni plausibili per far fronte ai cambiamenti ed accelerare l'adattamento.

Così come *la scienza che dovrebbe dunque essere perseguita per la sua*

*qualità di ricostruzione del mondo esterno senza obbiettivi impliciti di utilità.*  
L'investimento, molto piccolo in termini di metabolismo sociale, é in vista del futuro.

Le memorie sono tracce decodificabili degli eventi che le hanno causate. Se ci si affida alla memoria sociale, quella nella testa degli uomini, lo *shedding* é molto elevato visto nei millenni, anche se la toponomastica dà numerosi esempi in contrario.

## **Le memorie esterne**

É dunque naturale l'evoluzione che ha portato all'uso di tracce esterne, di documenti, nella loro varietà. Disegni, edifici, modificazioni del paesaggio sono documenti molto antichi, arrivano fino a 30.000 anni fa. Difatto poi anche le scimmie li usano, sia pure solo a livello di segnali.

La scrittura, che codifica i concetti con immagini (ideogrammi) o con le parole che li rappresentano, inclusi i legami sintattici, é molto recente, ed ha drasticamente ridotto lo *shedding* allungando la vita media del messaggio.

Questo longitudinalità é molto utile in quanto crea un contesto per nuovi saperi e preseleziona gli esperimenti. Purché naturalmente si riesca a gestire poi la massa che può crescere in esponenziale.

Documenti scritti, dipinti o costruiti, sono soggetti a degrado informatico. Essendo delle strutture altamente improbabili, come la termodinamica insegna ogni cambiamento tende ad aumentare la probabilità, cioè a distruggere il messaggio.

Molti saperi non sono documentati con memorie esterne, ma risiedono, come alle origini, nelle memorie collettive di una popolazione. Ho assistato con stupore alla improbabile ricostruzione di fatti usando efficientemente

questa memoria collettiva, ad es. nella trasmissione “Chi l’ha visto”.

Essendo però la vita media di questa memoria relativamente corta, ora che la stampa e l’elettronica ci forniscono vastissime memorie esterne, sarebbe forse opportuno fissare, a buona memoria, un certo numero di cose.

La globalizzazione del sistema che consegue allo sviluppo della velocità dei trasporti, tende a distruggere le culture che si erano sviluppate in sistemi regionali, siano esse dialetti, piante coltivate o storie per i bambini.

La distruzione di questa varietà rappresenta un indebolimento del sistema perché cancella scelte che si erano rivelate efficienti e che costituivano dei punti di forza per sopravvivere a cambiamenti del contesto.

La possibilità di realizzare grandi memorie offerta dalle tecniche elettroniche, permette oggi di preservare saperi che venivano trasmessi sostanzialmente per imitazione, e che le schematizzazioni scolastiche stanno rapidamente distruggendo, ad es. il sapere degli artigiani e dei contadini. Si può filmare l’artigiano in azione, e nell’atto di trasmettere il suo sapere.

Venendo alle tecniche elettroniche, quando si parla di una biblioteca globale, tutti pensano istantaneamente all’Internet. Certo se si mette tutto lì, ci sarà poi il problema del retrieval, che concettualmente si può fare organizzando il sistema in una gerarchia quasi frattale accessibile con parole chiave.

Difatto, per ora, siamo di fronte ad un mare magno, poco organizzato, con alcuni “motori” che cercano di facilitare la navigazione. Una logica di organizzazione generale dovrebbe venir stipulata e rispettata.

D’altra parte, se si va a vedere i meccanismi, niente è più effimero di Internet, sia per il veloce turnover delle tecnologie informatiche, *che per lo*

*hardware stesso*. Bisognerebbe forse che Internet riversasse i suoi contenuti in tavole di bronzo che possano resistere 2000 anni nell'acqua di mare come le statue di Riace. La preoccupazione à presente tra gli esperti del ramo.

Gli esseri viventi hanno molto efficacemente risolto il problema della fragilità del messaggio di per sé e dei suoi portatori, *moltiplicando a trilioni le copie*, così che, statisticamente qualcuna se ne salva sempre.

Certe copie, come quelle contenute nelle spore che piante, funghi e batteri sono capaci di fabbricare, hanno tutte le caratteristiche della durabilità del bronzo. Grazie a processi di eliminazione dell'acqua che rendono il DNA inattaccabile. Anche un volo nel freddo arido dello spazio é possibile.

Spore di batteri vissuti 50 milioni di anni fa, e rimaste impigliate in gocce di resina diventate poi ambra, sono ritornate a vivere e riprodursi una volta rimesse in un contesto adatto. Nessuno dei documenti creati degli uomini, forse anche le piramidi, possono sperare tanto.

Le memorie sono tracce decodificabili dei fatti, come detto sopra. Le nostre memorie sono costruite in modo da essere decodificabili. Ma la scienza sta costruendo dei decodificatori che leggono tracce che son lì, giusto come conseguenza degli eventi stessi.

Si può ad es., misurando le concentrazioni isotopiche dell'ossigeno in una scheggetta di guscio di conchiglia, risalire ai cicli giornalieri dalla temperatura dell'acqua in cui viveva 100 milioni di anni fa, con la precisione di mezzo grado Celsius. E siccome la temperatura ha anche un ciclo annuale, contare i giorni dell'anno (erano di più). E ricostruire così l'evento astronomico della variazione di velocità di rotazione della terra.

Imparare a leggere tracce, sempre più sottili, ci permetterà progressivamente di costruire una storia non filtrata dalle percezioni e dagli interessi

personali, ma basata soprattutto su documenti-tracce. Idea che aveva già avuto Sherlock Holmes. E così che stiamo ricostruendo 100 mila anni di clima e di meteorologia.

## Della tecnologia e della scienza

Vorrei ora focalizzare sui sistemi che vengono (erroneamente) considerati come le cassaforti supreme dei saperi: la tecnologia e la scienza. Ho tenuto i due concetti separati perché come lo storico Lynn White ha mostrato con dovizia di documenti, essi sono storicamente separati.

Mentre in effetti la tecnologia è una ricerca di *soluzioni* di problemi pratici, sia pur con il suo fiorire di fantasia del possibile, la scienza è una ricerca di *meccanismi* del mondo fisico. *I modelli della tecnologia devono funzionare e quelli della scienza devono prevedere.*

Poiché ambedue le operazioni avvengono nel mondo fisico una loro interazione è inevitabile, anche se si è effettivamente sviluppata solo nell'800 in maniera formale e sistematica. Fino ad allora i due saperi si sono sviluppati separatamente e sono stati trasmessi con canali e formalismi diversi.

La scienza si nutre soprattutto di misure. Con le misure che diventano sempre più variegata e precise, i modelli diventano sempre più complessi, sottili e precisi.

L'attivismo dei ricercatori, alcuni dediti ai grandi balzi in avanti, altri ad una industriosa attività di *coloring book* sembrano riempire di conoscenza ogni campo aperto all'investigazione. Ma la situazione è molto diversa.

Una ventina di anni fa, ricercando dei cicli chimici capaci di decomporre l'acqua degradando solo energia termica (cicli termo-chimici di *watersplitting*) fummo confrontati con un potenziale difficilmente esplorabile con

carta e matita.

Ricorremmo dunque ad una combinatoria fatta col computer e basata sulle proprietà termodinamiche di elementi e composti. La meraviglia dei miei chimici quando cominciarono a scorrere la lista, fu che quasi nessuna delle reazioni elencate era mai stata sperimentata.

Tutti noi pensiamo che la chimica inorganica sia un limone spremuto e che tutta la conoscenza possibile sia accumulata nei 40 volumi di qualche *Grundlagen der inorganischen Chemie*, ma l'idea é assolutamente falsa. Non solo la nostra ignoranza di chimica inorganica é abissale, ma i professori di chimica a cui avevamo ingenuamente chiesto di assegnare a dei loro studenti, come *task* o come tesi, lo studio di qualche reazione risposero sistematicamente che nei loro istituti non si faceva chimica esotica.

In questa risposta c'è una chiave che mi ha permesso poi di smontare il sistema della ricerca riducendolo a dei meccanismi sociali di base di carattere generale. Tanto che ho potuto smontare, cioè modellare (con previsione, come si addice ai modelli fisici) anche il sistema sociale e quello economico (Fig.3, Fig.4).

## Mutazione, selezione, diffusione

In sostanza si rientra nello schema mutazione, preselezione, selezione e diffusione. Nella scienza la *mutazione* di base é una bella idea che pare giusta (*preselezione*) e passa dunque alla sperimentazione (*selezione*). Se questa va bene si apre una nuova nicchia di ricerca e, misurando l'attività attraverso il numero di lavori, si vede la *diffusione* all'opera. Il numero di lavori prodotti cumulativamente nel tempo viene rappresentato con precisione da un'equazione logistica.



Si può dunque decomporre l'attività scientifica in tanti piccoli territori come de Solla Price ed allievi hanno fatto usando la misura delle *cross-citations*. Ciascun territorio è occupato da una banda di cacciatori-raccoglitori (circa 100) che la sfrutta, la difende e ci si organizza dentro.

All'interno di ciascun territorio si hanno le ondate di ricerca che hanno un andamento temporale di tipo logistico. Si può dunque, con infinita pazienza mappare ciascun territorio e *fare previsioni*.

La previsione può apparire offensiva al genio ricercatore, libero per via dell'illuminismo. Ma tant'è. Ho riportato le tavole che analizzano ad es. la scoperta degli elementi chimici (Fig.1) ed altre cose più di dettaglio. Alcune sono postmortem ed altre lasciate a metà, così che il lettore attento possa verificare lui stesso la qualità della previsione.

Sia ben chiaro che anche nella tecnologia le cose vanno esattamente nello stesso modo. Anzi, la libertà appare ancora più vincolata. Le invenzioni e le innovazioni avvengono ad ondate, *prevedibili*, e distanziate di circa 55 anni (le innovazioni). I vincoli del sistema e dei suoi meccanismi appaiono rigorosi anche se non inviolabili.

Le ondate di innovazione sono riportate in Fig.4, e mostrano questa straordinaria regolarità. Anche le invenzioni del resto, ma la distanza tra le ondate non è fissa e sta convergendo su quella delle innovazioni.

Una volta la selezione operata, l'innovazione diffonde, sempre secondo le stesse regole schematizzate delle logistiche, o in modo complesso, da soluzioni semplici delle equazioni di Volterra-Lotka per la competizione tra speci all'interno di un ecosistema.

Anche se non ho ancora esplorato abbastanza questo campo, l'analisi delle scoperte degli elementi con la previsione incorporata, mi fa pensare

che queste previsioni di scoperte siano fattibili (cioé la scoperta a venire databile) magari senza poter specificare se si tratti del neodimio o del tellurio. La stessa situazione l'ho già sperimentata nelle invenzioni e innovazioni dove posso dire il quando ma non il cosa (per ora).

Questa insospettata organizzazione interna del sistema società umana mi fa pensare che una pianificazione strategica sia possibile sostituendosi agli impulsi stocastici che di solito, come *motor immobilis, causa incausata* ne costituiscono lo stimolo primario.

Visto che parliamo di scienza e tecnologia é giocoforza parlare degli attori che queste cose producono. Tanto per restar fedeli alla generalità dei meccanismi sociali, si vede che la produttività, come la ricchezza in soldi, ha una distribuzione paretiana. I pochi grandi latifondisti della scienza fan quasi tutto loro (Fig.5).

Si potrebbe, volendo, eliminare i “poveri” quelli che producono poco o niente. Ma, si può dire, non si sa mai a priori. Si da però il fatto che il numero di cose prodotte da artisti, scienziati e professori universitari segue esattamente le stesse regole diffusive e possono essere interpolate e previste con le solite logistiche.

Come membro della giuria del premio Italgas ho avuto l'occasione di analizzare centinaia di carriere, e il modello funziona. Oltre alla *qualità del prodotto* che in certa misura viene assicurata dal *peer review* si potrebbe dunque migliorare l'efficienza della produzione cooptando i grandi produttori a livello di gestione del personale, e lasciando il grosso a lamire in anticamera, finché non ha esplicitato gli indicatori quantitativi.

Il problema della qualità é forse piú difficile da valutare quantitativamente (non ho però avuto occasione di studiar la cosa), ma di solito i grandi

in qualità sono anche altamente prolifici.

## **Sulla democrazia del sapere**

Un problema che turba molte menti elette, a cominciare da Piero Angela, é quello della diffusione della conoscenza alla grande, cioè al difuori delle bande che la producono, o di quelle la distillano in prodotti piú astratti. (Il sistema delle conoscenze puó essere visto in termini di gerarchie quasi frattali.)

L'idea di *insegnare tutto a tutti si libra nell'aria* ma la trovo già crudele come concetto. Anche la distribuzione della conoscenza tra le persone ha una struttura paretiana portando ad inevitabili disparità e privilegi. Il vero problema mi sembra essere quello di gestire una società altamente tecnologica dove la distribuzione della conoscenza é paretiana, senza imporre forzature ideologiche.

Il fatto che il mio meccanico comincia non capire come funziona un'auto moderna e tenda a guastare piú di quanto ripari é secondo me un segno della rapida evoluzione della tecnologia automobilistica senza che le necessarie contromisure siano state prese. Anche il mio radiatoriparatore non sa come sia fatta realmente una televisione, ma l'uso di carte da connettere e disconnettere e meccanismi di autodiagnosi riportano il mestiere a livello di mestiere.

## **Sul non sapere**

Dopo il brillante saggio di Erasmo sull'elogio della follia ce ne vorrebbe uno sull'elogio dell'ignoranza. Il soggetto puó apparire peregrino ma la Chiesa

ed il Potere si sono posti spesso la questione. Visto da dei colti come noi, il problema può essere posto come quello dei limiti dell'accanimento culturale. Forse il self-service dell'Internet può dare una risposta di mercato. Cioè democratica.

Ad ogni modo diffondere su larga scala tecniche semplici, come il leggere o lo scrivere, è stata un'impresa ardua, oltreché lentissima. Come la Fig.3 mostra, ci vogliono 150 anni per passare da un endemico 10% di persone alfabetizzate ad un irriducibile 10% di analfabeti. Escludendo gli analfabeti di ritorno. Ora che il potere comunica a vista con la televisione, non c'è neanche più la sua pressione per imporre la lettura. Ho d'altronde conosciuto persone brillantissime nella vita e negli affari che non sapevan leggere né scrivere (come Carlomagno che era presumibilmente dislettico).

## **Sul problema centrale**

Vorrei chiudere passando dal generale al territoriale. L'Italia sta diventando una parte dell'Europa, e di quest'ultima possiamo parlare collettivamente. Gli orizzonti temporali che sono implicati in una ricerca sulla manutenzione dei saperi, partono da 50 anni e poi adelante. Cosa succederà in Europa nei prossimi cinquanta anni che si ripercuota su questo progetto?

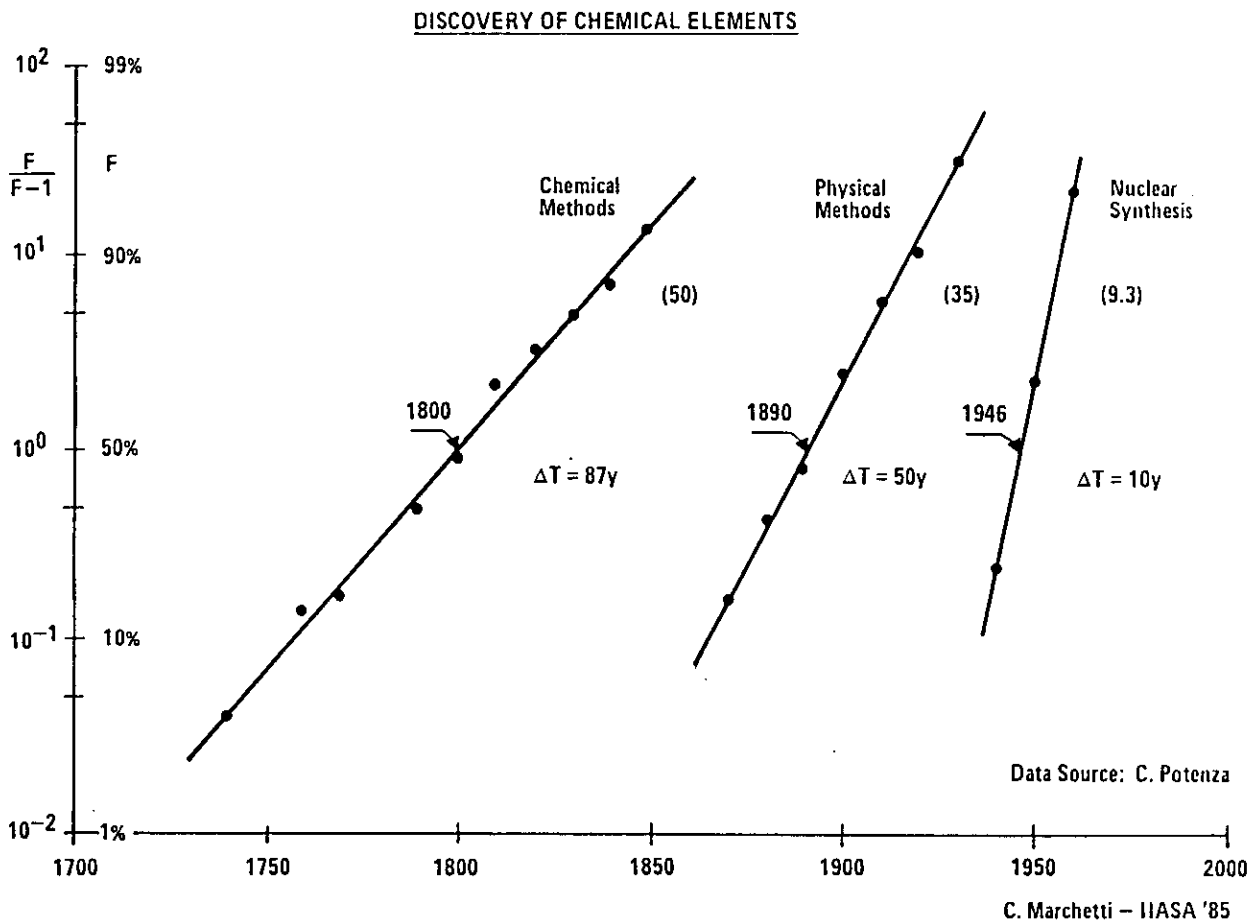
La tavola dà una descrizione quantitativa e funzionale dell'evoluzione della fertilità in Europa negli ultimi cento anni. Si vede un passaggio da circa 4 figli per donna, sull'arco della sua vita, ad 1.3 figli. Questo vale, curiosamente, dall'Atlantico agli Urali anche se con piccoli sfasamenti. Bologna guida la classifica con 0.8 figli per donna.

Questa tendenza potrebbe anche essere reversibile, ma le costanti di

tempo dei processi all'interno di una certa categoria sono piú o meno vicine. Cioé riprendere, attraverso una contro-ondata culturale che riporti la fertilità a valori di conservazione (2.2 figli per donna) chiederà almeno cinquanta anni.

Ora tra 20 anni circa, la fascia di popolazioni islamiche che va da Gibilterra ai Dardanelli avrà una popolazione superiore in numero a quella europea, con il 50% al disotto dei 15 anni. Mentre in Europa il 50% sarà al disopra dei 50 anni. *Un'islamizzazione dell'Europa sembra inevitabile.*

Poiché l'Islam non si mescola né biologicamente né culturalmente, i segni della cultura europea verranno inevitabilmente distrutti. Forse é questo il momento giusto di impaccare e mettere in salvo, almeno come documento storico, *i saperi ed i segni della nostra civiltà. Produrre una spora compatta e indistruttibile che sfidi milioni di anni.* Mettendola poi, in migliaia di copie, sulle orbite delle comete.



**Fig.1**

Il numero cumulativo di elementi chimici scoperti, in funzione del tempo, é riportato qui, interpolando con *equazioni logistiche che rappresentano una diffusione culturale* nel formato Fisher-Pry. Queste scoperte seguono un andamento preciso su periodi anche di cento anni. La possibilità di prevedere delle scoperte apre uno spiraglio sui meccanismi profondi attraverso cui il sistema gestisce le sue componenti, incluso operazioni ritenute stocastiche come le scoperte. I numeri in parentesi rappresentano il numero totale di elementi scoperti nell'ondata (N). Il  $\Delta T$  rappresenta il tempo per andare da  $0.1N$  a  $0.9N$  e dá un'indicazione sulla velocità del processo. Le date corrispondono a  $F = 0.5N$ , il punto centrale dell'ondata di scoperte. Gli altri grafici vanno letti con la stessa chiave.

VITAMIN D METABOLISM (specimen 92) cited core papers

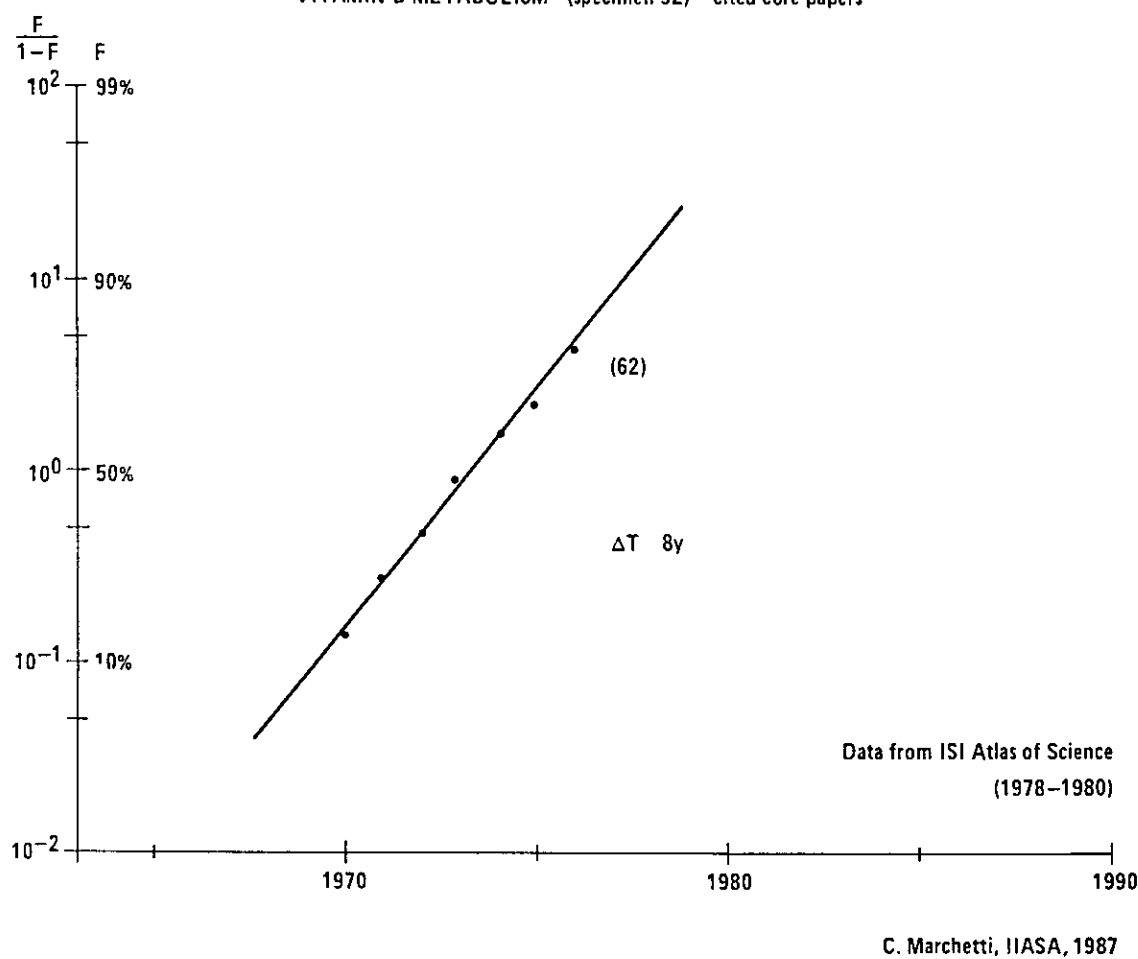
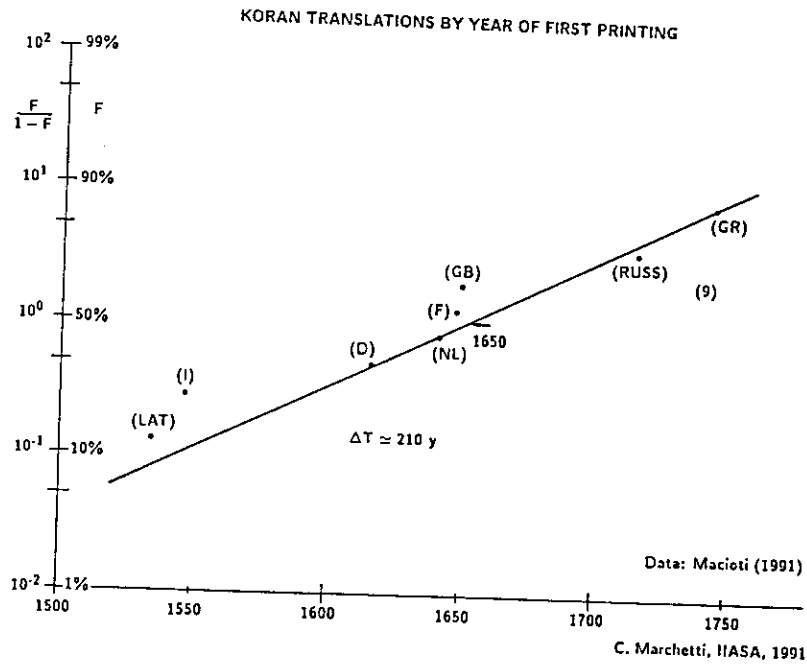
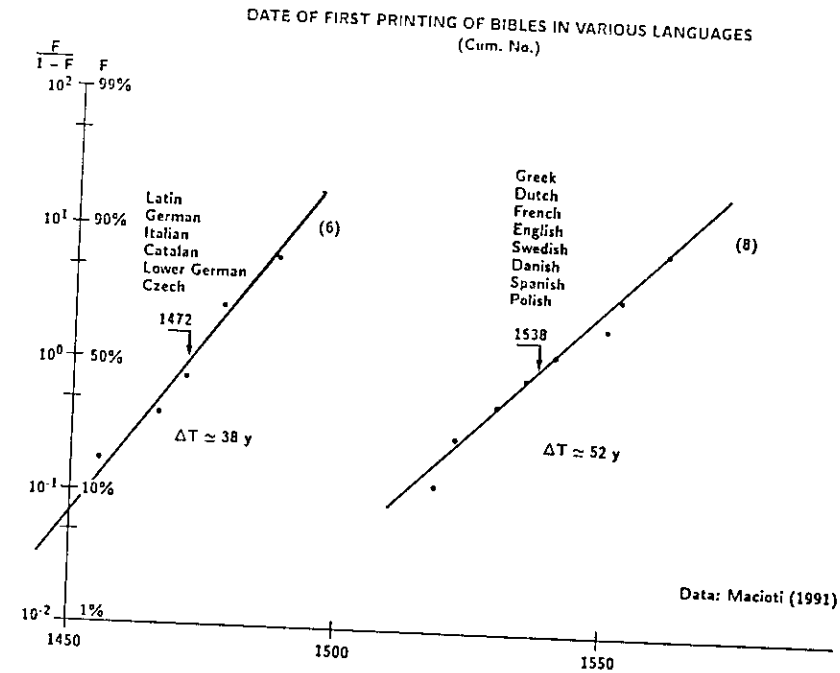


Fig.2

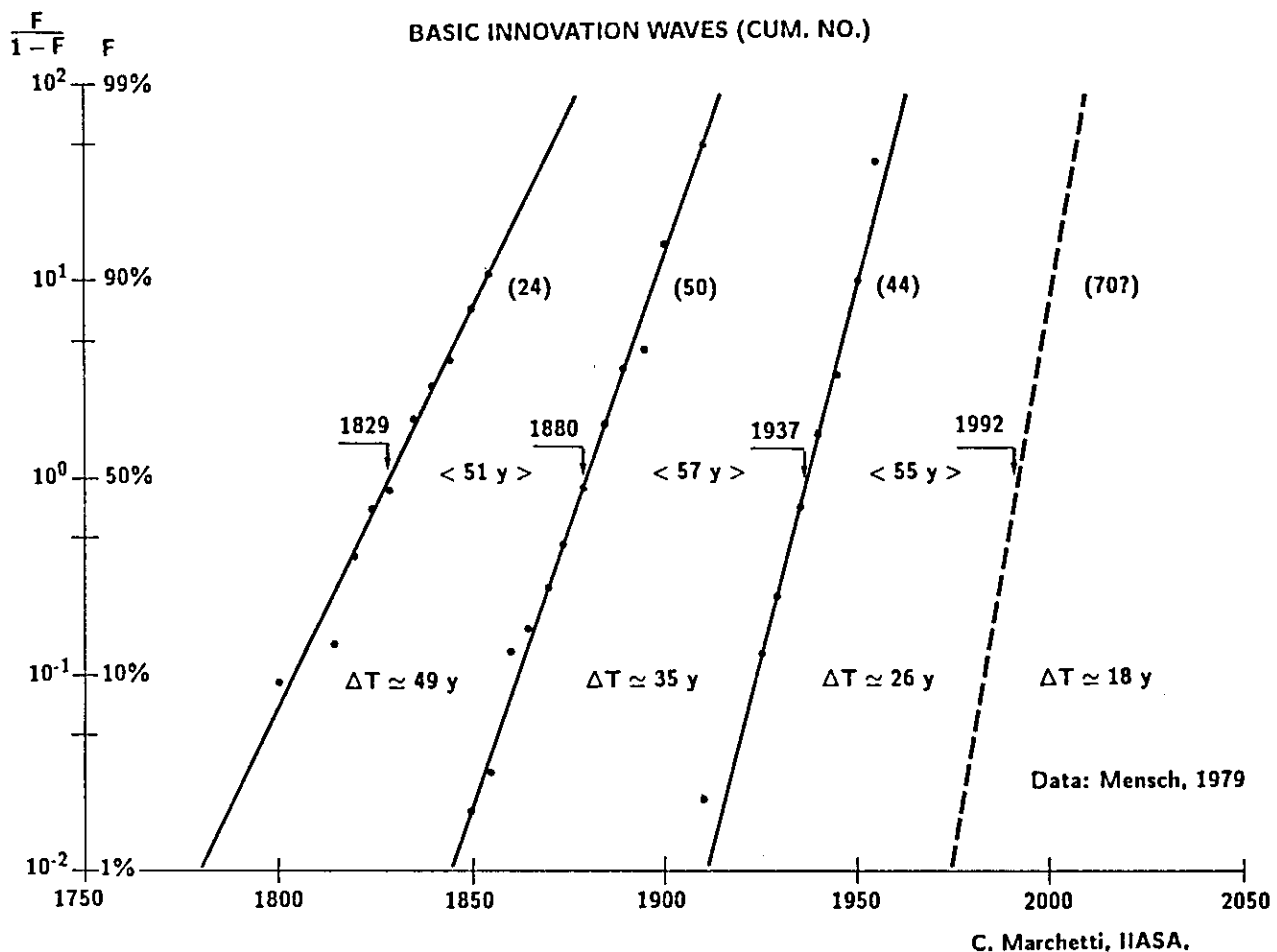
Dallo scoperta di elementi si passa qui alla penetrazione di un'area di ricerca misurata contando le *core papers*, i lavori chiave che danno origine poi a pubblicazioni di dettaglio. Anche qui la logistica che rappresenta un processo diffusivo (epidemia culturale), veste perfettamente l'accumulazione dei dati. Con tutti i *caveat* sulla precisione del fitting, l'equazione permette di prevedere, anno per anno, quante pubblicazioni chiave *verranno* fatte in questo specifico campo.



**Fig.3**

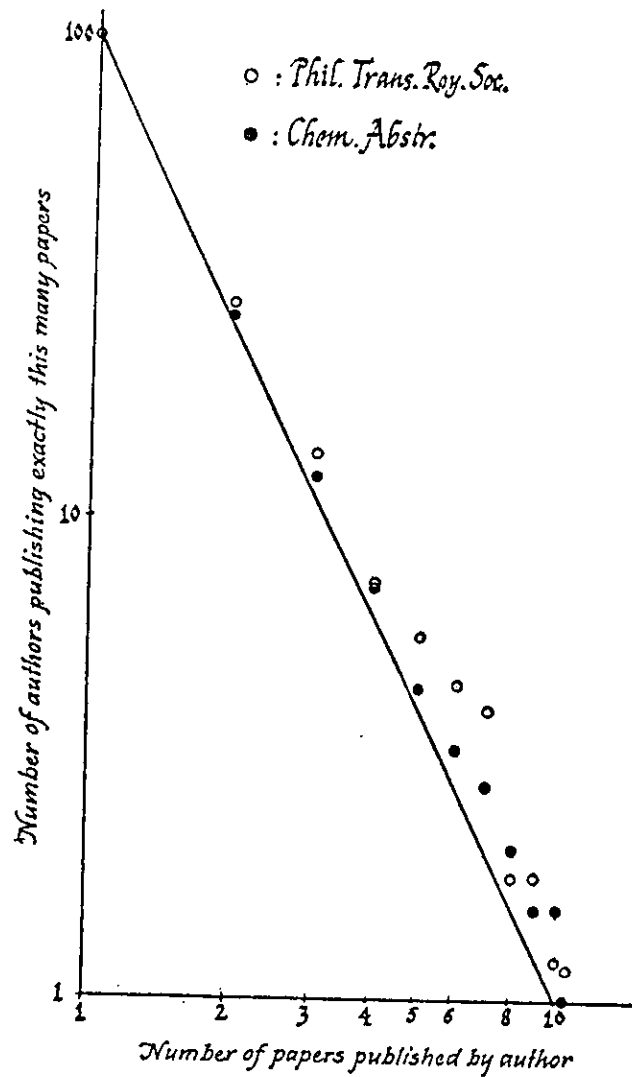
I due casi riportati in Fig.1 e Fig.2 sono presi direttamente nell'ambito scientifico. Ma il processo é generale e rappresenta l'effetto di una diffusione culturale. Riportiamo qui un'altro *post mortem*, l'analisi della traduzione della Bibbia e del Corano in varie lingue, prendendo come indicatore le date della prima edizione. Le due ondate della Bibbia, perfettamente strutturate, distano sui centri, di circa 50 anni. Forse anche la religione risente dei cicli di Kondratiev.





**Fig.4**

Il cumulativo delle innovazioni di base, la spina dorsale del progresso economico e industriale, sono riportate qui usando la solita grafica. Tre ondate, perfettamente delineate, e spaziate un ciclo di Kondratiev, coprono circa duecento anni. Le loro regolarità permettono di calcolare l'ondata attuale rappresentata in tratteggio. È qui ancora più evidente la potenza organizzante dei meccanismi del sistema. Mentre per la ricerca i gruppi sono ristretti ed i soggetti omogenei, quello che viene riportato qui è un'accozzaglia di tecnologie indipendenti unite solo dal fatto che rappresentano delle innovazioni di base.



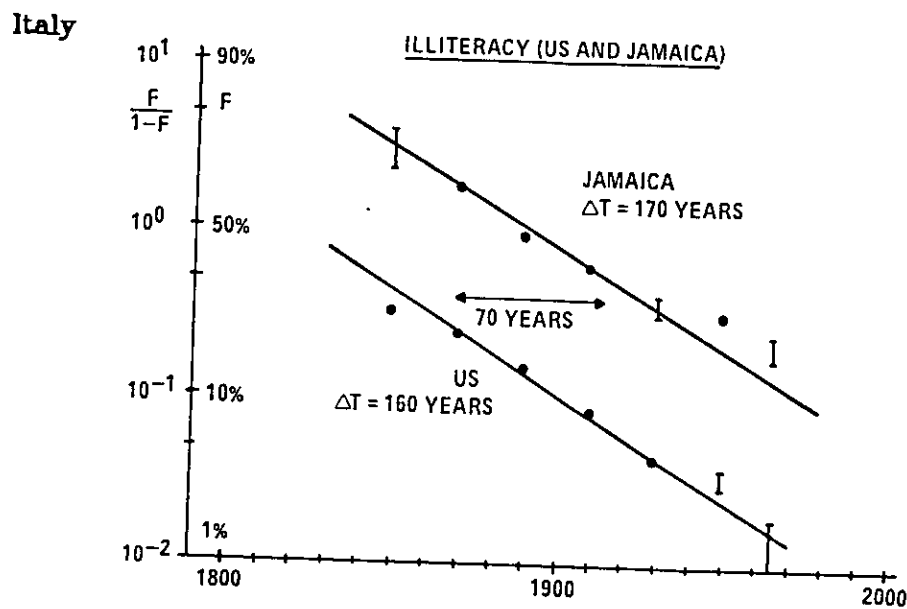
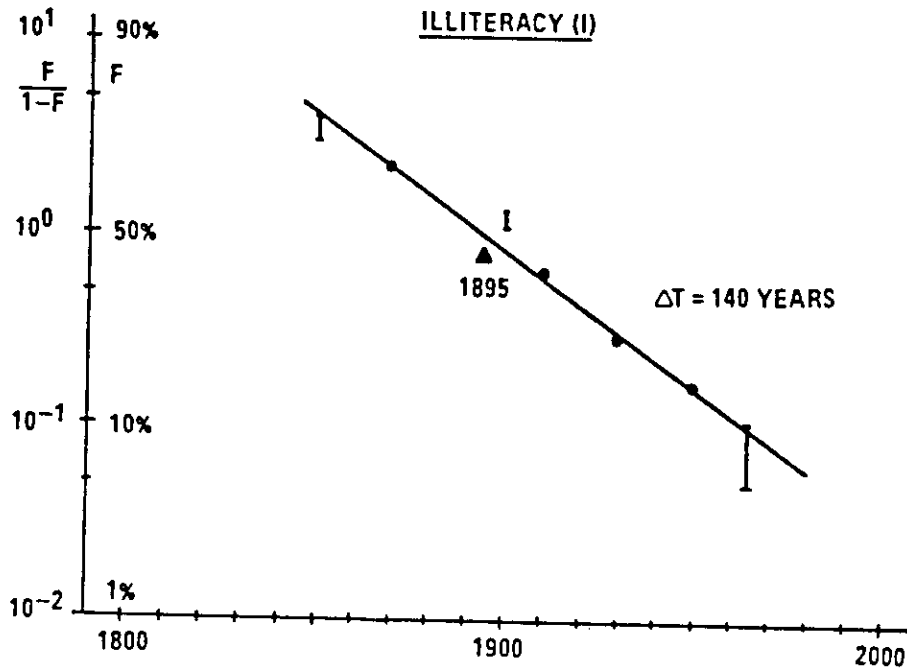
**Fig.5**

Questo grafico, riportato da De Solla Price nel suo libro *Little Science, Big Science*, mostra come la produttività, in omologia con la ricchezza, sia raccolta in poche mani. La distribuzione é paretiana in ambedue i casi, sottolineando ancor più l'analogia.



**Fig.6**

Nella presentazione ho sottolineato la crudeltà dell'accanimento culturale. La vignetta coglie il punto con amarissimo umorismo. La cultura non é la tuta blu di Mao, ma un vestito che va aggiustato alla personalità ed all'ambiente.



**Fig.7**

Questi due grafici mostrano quanto sia difficile e lento imbibire una società con tecnologie tutto sommato semplici come leggere e scrivere. Il processo per andare dal 10% endemico di alfabeti al 10% endemico di analfabeti ha richiesto circa un secolo e mezzo in contesti culturalmente ed economicamente molto diversi.

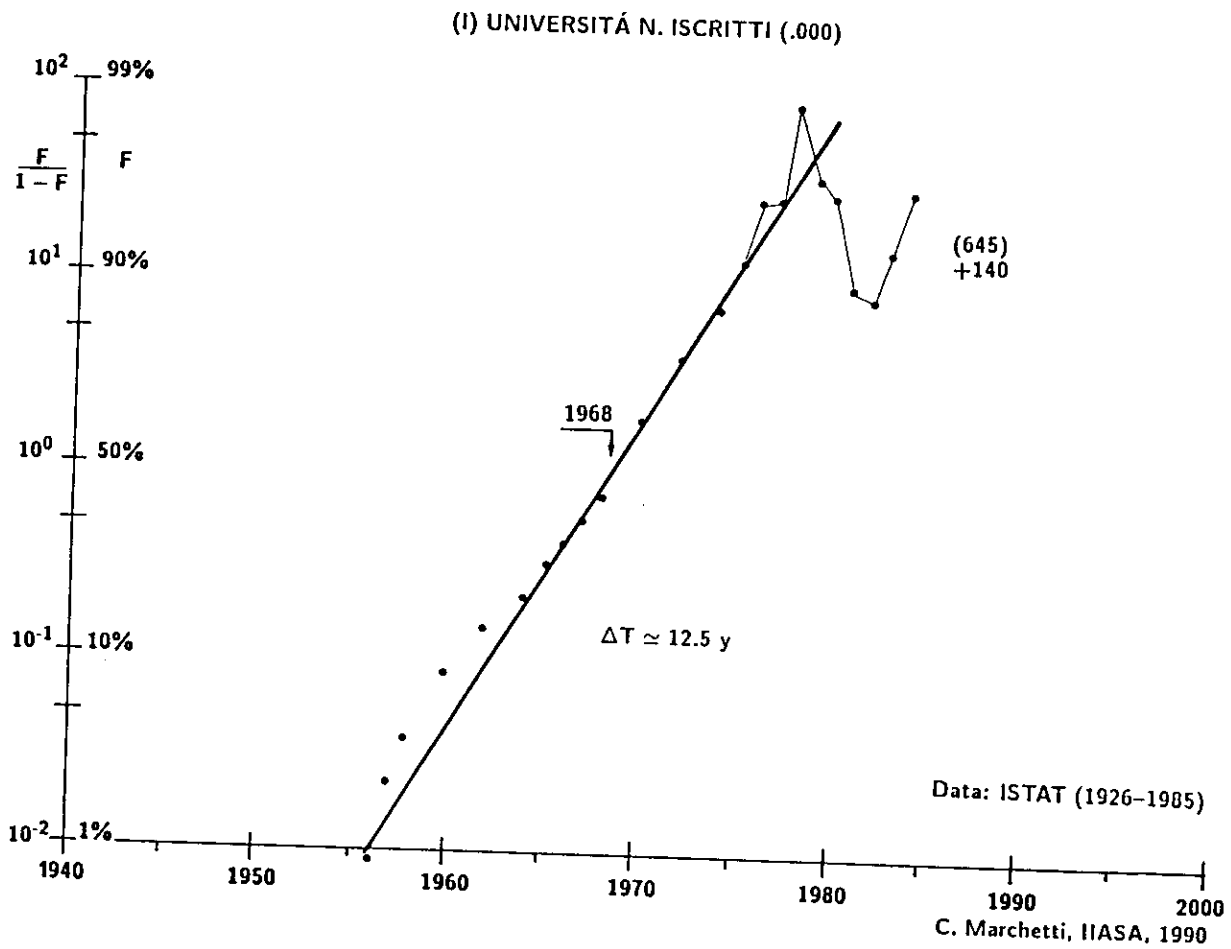


Fig.8

Anche l'università ha i suoi limiti fisiologici. Forse un accesso al sapere attraverso meccanismi volontari e stocastici come quelli formati via Internet può sbloccare la situazione.



Anche le scimmie usano “memorie esterne” per trasmettere informazioni



Imporre alla scienza di essere applicata mi appare come una forzatura limitante