

# Automazione

*C. Marchetti*

*International Institute for Applied Systems Analysis,  
Laxenburg, Austria*

La scienza comincia col definire ed una buona definizione é quella che tira dentro le cose che hanno una proprietà in comune che servirà poi a teorizzarle, lasciando fuori quelle dubbie. Deve anche andare al nocciolo, in modo da non dover esser cambiata col progredire dell'esplorazione scientifica. Io definirei automata un *trasformatore di input*. Così una pietra scheggiata rientra nella categoria perché trasforma le forze piccole sulla superficie grande della mano che la impugna in forze grandi sulla superficie piccola del bordo scheggiato. Gli utensili dunque, con le macchine, sono automi. La definizione può apparire generica e semplicista, ma diviene precisa e quantitativa se la si arricchisce del suo complemento matematico preso in prestito dagli ingegneri elettronici, *la funzione di trasferimento* che descrive la trasformazione eseguita. Si può così quantificare in termini di complessità o di *controllo della complessità* sia una pietra scheggiata che un computer Cray.

Vorrei qui introdurre una osservazione: le grandi invenzioni che hanno accompagnato lo sviluppo della cultura occidentale ed industriale non sono nate dal nulla ma possono essere sistematicamente ricondotte a dei *sogni magici*. La macchina per vedere a distanza o per parlare a distanza o per volare a grande velocità si ritrovano già tutte nelle Mille e una notte nonché in mitologie precedenti. Questa matrice ci può aiutare a vedere nel futuro andando a cercare i sogni magici che la nostra tecnologia non é ancora riuscita a esplicitare. É d'altronde molto costruttivo andare a perlustrare il passato per vedere quali sono i temi ricorrenti, *gli invarianti* di questi sogni nonché gli switch

concettuali nella tecnologia che hanno poi permesso le moderne prestazioni.

La storia come ho detto non comincia con le Mille e una notte, quantunque questo racconto goda di una rara completezza. Già Omero nell'Iliade parla di venti tripodi o sgabelli con ruote d'oro che Vulcano aveva costruito per dare un tocco di modernità alla sala riunioni degli Dei. I tripodi entravano ed uscivano automaticamente e si suppone che automaticamente si infilassero sotto gli augusti sederi.

Platone e Pausania citano le Statue di Dedalo che bisognava tener sotto chiave perché non scappassero. Plutarco parla di scheletri animati che incoraggiavano il godimento del presente durante i banchetti. Uso che i Romani avevano preso dai Greci e questi dagli Egiziani. Presumibilmente antichissimo. Molto più sul complicato Erone e Ktesibo di Alessandria costruirono una serie di ingegnosissime macchine idrauliche, pneumatiche e meccaniche spesso ad uso dei templi e con lo scopo di *epater le bourgeois*. Di realizzare cioè effetti soprannaturali con un'astuta ingegneria. Venendo alla Bibbia, Ezechiele (XXI-26) deportato a Babilonia nel 597 vede Nabucodonosor consultare dei *Terafin*, automati a testa parlante, che si ritroveranno poi, forse importati, in altri passi della Bibbia.

Se si prende il Medioevo la situazione non cambia molto. I tesori delle conoscenze di Bisanzio percolano anche in Europa e gli antichi sogni si ritrovano nei *best sellers* della poesia troubadouresca e affine. Libri come *L'enfance et amours de Lancelot du Lac*, o *Le pelegrinage de Salomon a Jerusalem*, traboccano di descrizioni di automati esilaranti, come un cervo di bronzo dorato sulle cui articolate corna sono posati ottanta uccellini che si esercitano nel canto. O più praticamente soldati di bronzo che fanno le guerre o fanciulli (di bronzo) che cantano nel coro. Tristano estrae da un pool di abili orologiai un'Isotta quasi vera ed a lui ubbidiente, realizzando così un'antica utopia maschilista. Un elemento comune a tutti questi sogni e tentativi di costruzione, è la ricerca dell'attributo divino di poter costruire un uomo a propria immagine e somiglianza, nonché obbediente agli ordini del costruttore: il *robot androide* come noi lo chiamiamo. Visto che l'ideologia portante ancora perdura. La persona che secondo me ha più profondamente e intelligentemente esplorato questo sogno, Isaac Asimov, nella

*Fondazione e Terra* pone addirittura un robot, *Daneel*, vecchio di ventimila anni e incrociato sulla luna, come destino dell'Universo che gestisce in prima persona. *L'uomo ha finito col creare Dio.*

Riassumendo c'è una grande linea di sviluppo di macchine che imitano l'uomo, fin dall'antichità ed ancora oggi, ad es. con sofisticatissimi giocatori di scacchi. Questa corrente si rifà al *Homo Ludens* e non si propone fini pratici. È a mezzo tra il sogno ed il teatro e non fa in realtà parte del sistema. Il lavoro che ha comportato ha dato però un apporto allo sviluppo delle macchine in generale. Gli antichi automi, quelli di Erone per intenderci, erano aperti. Eseguivano cioè un programma senza però controllarne l'esecuzione. È difficile definire quando appare il primo esempio di *feedback*, cioè di *autoregolazione*. Penso che il volano centrifugo di Watt sia un buon esempio di autoregolazione meccanica e la sua origine è certamente Tibetana, importato a Firenze dagli schiavi che i genovesi compravano a Caffa sul Mar Nero e rivendevano a Pisa nel 1300-1400. L'uso che se ne fa ancora nel Tibet è di regolare la velocità dei tamburi da preghiera, come nei nostri giradischi. Questi tamburi contengono uno scritto, una preghiera od un libro, che viene "emesso" ogni giro dell'apparato. Questo regolatore appare già negli schizzi del *Trattato de architettura* di Francesco di Giorgio apparso negli ultimi anni del 1400.

Un altro apporto di fondamentale importanza viene dato da Salomon de Caus che all'inizio del 1600 costruisce la *ruota musicale* nell'intento di dar voce agli automi. Questa ruota è un tamburo su cui sono infisse delle file di piolini, i quali durante la rotazione, pigiano dei tasti che aprono delle valvole di aria compressa. È un carillon pneumatico capace di eseguire qualsiasi operazione. L'invenzione di de Caus introduce la possibilità di una *programmazione complessa* e variabile con una semplice sostituzione del tamburo. Poiché i pioli sono disposti su linee a distanze fisse, introduce anche una quantificazione dei comandi ed un orologio centrale, tutte cose che ritroviamo intatte nei nostri computers, anche se eseguite con mezzi diversi.

Se si considera la disposizione dei pioli come un *master program*, anche il concetto di *subroutine* fu presto inventato. Nel Bambino che scrive del Museo della Tecnologia di Vienna, giustamente messo nella sala dei computers, i pioli del tamburo sganciano delle *subroutines*

analogiche che comandano l'esecuzione di una lettera dell'alfabeto, o altri servizi come andare a capo o intingere la penna. Ma se era tutto gioco come avvenne lo sviluppo della "civiltà delle macchine" occidentale con tutto quel che ne consegue? La storia é interessantissima perché segue un filone completamente diverso. La macchina entrò in serio nella corrente di sviluppo della società perché fu inserita nella Weltanschauung della religione cristiana. Come dice spiritosamente Lynn White, profondo e coltissimo storico della tecnologia medievale, la macchina divenne *Machina ex Deo*.

La storia comincia nel settimo-ottavo secolo, e gli attori in prima persona furono i monaci Benedettini. La regola dell'*Ora et labora* intanto agganciava menti sofisticate e speculative alle durezze della manualità e ad un contatto empirico con il mondo fisico. Il cattolicesimo occidentale era d'altronde permeato da un attivismo esplorativo che gli derivava dalla concezione del *tempo aperto*, cioè non ciclico, che era un necessario corollario dell'unicità del Sacrificio della Croce. "Che Dio ne guardi", già diceva Sant'Agostino "Cristo é morto una volta per i nostri peccati, é risorto e non morirà piú". Fu del resto Sant'Agostino a costruire la concezione della *Provvidenza* che poi l'illuminismo traslitterò in *Progresso*.

Un primo documento che fa pressentire l'effetto di questa nuova atmosfera spirituale sul posizionamento della macchina nella Weltanschauung si ritrova nello Psalterio di Utrecht di origine benedettina miniato tra gli anni 816 e 834. In una delle miniature appaiono i Cattivi e i Buoni, guidati da David, che si preparano ad una tenzone. Nei due campi si sta affilando una spada. In quello dei cattivi usando la vecchia pietra cote. In quello dei buoni con una *macchina* rivoluzionaria, la ruota dell'arrotino dotata di manovella. É la prima assoluta per questa macchina, e per *la manovella* fuori della Cina.

L'implicazione é evidente. *Le tecnologie avanzate sono concesse dalla Provvidenza ai buoni come strumento di potere*. Poco dopo l'anno 1000, il monaco benedettino Eilmer dell'Abbazia di Malmesbury, si tirò giù da una torre con un aliante di sua costruzione volando per un duecento metri. Cadde per un problema di retroazione come lucidamente diagnosticò: *quod caudam in posteriore parte oblitus fuerit*. É anche curiosa la coincidenza che nel vangelo di Eadiwi miniato a

Winchester negli stessi anni, il Padreterno impugna un compasso, simbolo medievale dell'ingegnere illustrando il passo (Saggi 11.20). *Omnia in mensura et numero et pondere disposuisti*. Le abbazie benedettine si popolano di macchine *che lavorano*, mentre presumibilmente i fratacioni pregavano, introducendo così una utile divisione dei compiti. Queste macchine erano prevalentemente idrauliche e facevano di tutto come riportato in un documento monacale dei primi decenni del dodicesimo secolo. *Descriptio positionis seu situationis monasterii Claravallensis* (Abbazia di Clairvaux). Quello che fa l'acqua attraverso le macchine viene descritto in una litania piena di lirismo: *coquendis cribrandis, vertendis terendis rigandis lavandis molendis molliendis suum sine contradictione praestans obsequium*. È bello anche il finale, le macchine lavorano senza fare storie.

Spiritualmente siamo già dentro la civiltà industriale. Tutto il resto non sarà che esplicitazione di un'idea, sia sul piano tecnico che organizzativo. La città industriale del Settecento è un punto di arrivo e la macchina a vapore un surrogato di quella idraulica quando l'intensificata domanda di energia meccanica eccederà il potenziale locale. Tirando un po' la corda si potrebbe dire che l'unicità del Sacrificio della Croce ha portato all'unicità della Civiltà Occidentale.

Riprendendo il filo dei nostri automati il salto quantico successivo è venuto con l'elettronica che ha dato loro tre cose che li avvicinano all'uomo, *il sensorio*, una *memoria modificabile* di grande capacità e la *possibilità di parlarsi*, cioè di trasmettere informazione da una macchina all'altra. Attraverso il *feedback* di lontana origine ma sempre di centrale importanza si può così avere una *macchina che impara* attraverso la sua propria azione. La trasmissione di questa informazione ad altre macchine può rendere il loro apprendimento collettivo cioè *culturale*. Il collegamento in tempo reale di tutte le centrali nucleari del mondo organizzato dall'IAEA di Vienna, al fine di apprendere a gestire la loro sicurezza è un esempio in questa direzione. Per quanto sia difficile far misure, il sistema macchina in questo caso mi pare molto prevalere sul sistema uomo e finirà col sostituirlo completamente. Ad un livello ludico si potrebbe pensare ad una associazione delle macchine per giocare a scacchi che si scambiano idee sulle partite da giocare e giocate coi campioni.

Non ci resta dunque che alzare il peana alle "Magnifiche sorti e progressive" nonché inchinarci al sempre rinnovato genio creativo dell'uomo. Ma dove andiamo? La complessità da gestire cresce in tutti i campi e magari il *Caos sarà la naturale conclusione del Progresso*. Molti ci pensano e qualcuno lo dice. Lo si dice da secoli e questo indebolisce un po' l'argomento, ma non è mai troppo tardi.

La maniera migliore per intravedere lo sviluppo futuro di un sistema è di spostarsi in un sistema più grande che lo contiene e considerarlo storicamente, cioè nel suo sviluppo temporale il più indietro possibile. L'uomo appartiene alla biosfera, il regno che il DNA ha costruito. È il coronamento della sua attività evolutiva e creativa. Il DNA è un oggetto filosoficamente molto interessante. Intanto è lì a trafficare da quattro miliardi di anni, con tutto quel che è successo nel frattempo. Altro che buco d'ozono. Questo significa che contiene dei sani principi per assicurarne la *sopravvivenza*. Poi è una molecola-messaggio che non solo è capace di assicurare la sua riproduzione *tout-court*, ma costruisce delle macchine di incredibile complessità per accedere alle più riposte risorse di negentropia e di materiali sulla terra. Coll'invenzione della clorofilla conquistò l'accesso al flusso negentropico della luce solare e sbarcò sulla terra ferma. Coll'invenzione dell'uomo ha conquistato l'accesso all'energia nucleare ed è sbarcato sulla luna. Non esiste quasi nicchia dove, nelle profondità della terra o del mare, i flussi negentropici non siano deviati ed accelerati da enzimi astuti per permettere l'incrodamento di esseri viventi.

Nella mia immaginazione il *DNA*, il messaggio primevo ed evolutivo è il *Logos* del vangelo di San Giovanni ed ho esplicitato la cosa in un paper: *Logos the empire builder* per quantificare i passi della conquista. L'uomo occupa una posizione speciale e di punta perché con il *linguaggio sintattico* possiede una struttura informatica che può svilupparsi evolutivamente ed agire sul mondo esterno. *Ad immagine e somiglianza del DNA*. Con differenze e vantaggi tecnici. Opera in tempo reale una connessione tra individui che permette la trasmissione trasversale di messaggi senza passare attraverso le complicazioni e lentezze della riproduzione sessuata. Usa memorie esterne di grande capacità e accesso veloce ancora a livello di società. Può agire sul mondo fisico attraverso i nostri trasformatori esterni di input: le

macchine. Sia ben chiaro che le macchine costruite dal DNA sono immensamente piú complesse delle nostre. Visitando un laboratorio di biologia vidi appesa alla parete una mappa di un metro per due dove erano riportati i cicli metabolici di un batterio e le loro contro-reazioni. Ciascuno prendeva qualche cm<sup>2</sup> di superficie e la mappa ne era piena. Si trattava naturalmente solo dei cicli conosciuti. Non saprei indicare nessuna macchina che si avvicini a tale complessità però le nostre eseguono compiti spesso inaccessibili alle linee evolutive del DNA. Il tutto é stato ottenuto attraverso un paziente lavoro di lima: *mutazione, esperimento-selezione, diffusione*. Diffonde il "migliore" che la selezione ha indicato.

Durante gli ultimi quindici anni nel mio istituto a Vienna, partendo da uno studio basato sul concetto di diffusione nei sistemi economici siamo poi passati ai sistemi sociali scoprendo che tutto o quasi può esser modellato riprendendo i principi della mutazione-selezione-diffusione. In altre parole *l'azione* della società umana verso il mondo esterno e verso se stessa può essere riportata dentro un *formalismo identico* a quello dei sistemi biologici visti ecologicamente sia a livello DNA, sia a livello delle sue transcodificazioni. Gli esseri viventi, descritti dalle equazioni di Volterra-Lotka e derivati.

I casi che abbiamo analizzato nella nostra esplorazione empirica ammontano ad oggi a circa 3000 coprendo come si può immaginare i piú svariati aspetti dell'attività umana, dalla costruzione delle Cattedrali Gotiche alla produzione di auto della Mercedes, all'attività omicida delle Brigate Rosse. Tutto rientra nel modello con incredibile precisione ed inaspettata autoconsistenza, anche su tempi misurati in secoli. Inoltre lo stesso modello é valido indipendentemente dal livello gerarchico dell'analisi. Si può guardare all'invenzione, all'innovazione, all'imprenditoria, alla diffusione di un prodotto sempre con le stesse equazioni, ma ovviamente con coefficienti diversi.

Le azioni del sistema sociale, sia a livello simbolico (scoperta di un nuovo teorema) che pratico (costruzione di una macchina) si organizzano all'interno di una megastruttura *quasi frattale*, che é possibile misurare, quantificare e, entro certi limiti, predire. Con tutto questo riconduco l'umanità, inclusa la civiltà delle macchine, entro il grande filone dell'evoluzione del DNA. "*Fondato quattro miliardi di anni fa*" é

una targa che fa certo bella figura sulla porta della ditta. Il messaggio che discende dall'analisi é dunque costruttivo. Le metodologie sono sane ed i meccanismi della sopravvivenza sono incorporati nel profondo della nostra civiltà.

Cosa ci sarà di nuovo a corto termine? C'è uno dei sogni magici il "Sesamo apriti", cioè la possibilità di *comandare alle cose con la nostra voce*, che non é stato ancora realizzato ma é molto vicino grazie alla microelettronica. La parola é il segno del potere sugli altri uomini che eseguono ubbidienti. Mosé ordinò al mare di aprirsi e occasionalmente qualche santo fermò delle pietre cadenti ordinando loro di fermarsi.

Sono già sul mercato computers e macchine da scrivere che obbediscono al padrone riconoscendone la voce. Avremo le macchine domestiche, le auto e le porte che ubbidiranno anch'esse. *Sesamo apriti*. La nostra voce sarà la nostra identità. Proprio come nella tribú e nel villaggio. Ma questa volta a livello universale. E le cose si muoveranno al suo suono. Un immenso mercato impacchettato nelle poetiche parole di un sogno magico.