



Apologia della ragione scientifica

Angelo Luvison

Una delle lezioni della storia è che il successo (o l'insuccesso) dei Paesi più avanzati sta nella qualità del loro capitale umano, elemento ancor più strategico nell'odierna società della conoscenza. L'Italia, in questo scenario, si distingue negativamente per scarsi investimenti in ricerca e innovazione tecnologica, oltre che per l'inadeguata formazione high tech. Per prospettare un cambio di direzione, è necessario rivalutare la cultura matematica, scientifica e tecnica nelle sue diverse declinazioni, a partire dall'apprendimento in età scolare.

Keywords: Knowledge Society; Beyond the two cultures; Rationality vs. irrationality; Cognitive illusions and deceptions; Probability and logical oddities

1. Introduzione

La scienza non è nient'altro che una perversione se non ha come il suo fine ultimo il miglioramento delle condizioni dell'umanità.
Nikola Tesla

Esiste ormai una corposa saggistica critica nei confronti degli stereotipi e dei pregiudizi filosofici che – nella versione del neidealismo di Benedetto Croce e Giovanni Gentile – da quasi un secolo relegano scienza, tecnica e

tecnologia entro spazi angusti e residuali [4]. Eminentissimi accademici, pur presentandosi orgogliosamente come “affrancati dal complesso del primato della filosofia idealistica”, continuano, in realtà, a propagandare idee dove i pregiudizi più diffusi e gratuiti contro la modernità e il progresso tentano, sia pur attraverso brillanti argomentazioni, di acquisire dignità scientifica; ma così facendo viene solo messa a nudo l’inconsistenza di certi settori del pensiero filosofico italiano. Purtroppo, dopo anni di sterili post-neoidealismo, postmodernismo, antirealismo, pensiero debole, la situazione non è neppure migliorata sul versante dell’istruzione scolastica.

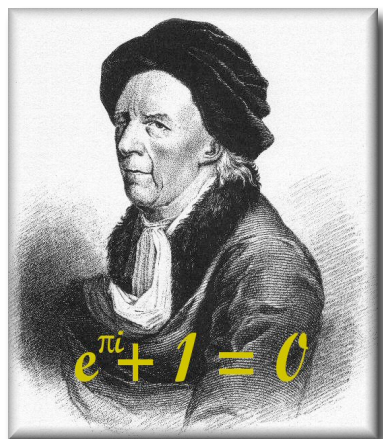
Analfabetismo scientifico

È singolare come molte persone, anche colte, si glorino dei propri disdicevoli voti in matematica nel curriculum scolastico. Ne è una prova, il malcelato (o esibito) orgoglio di chi si vanta “non ho mai capito la matematica e non mi è mai piaciuta”. Né mi sembra molto commendevole il compiacimento autoassolutorio di un noto editorialista, peraltro bravo e apprezzabile notista di costume, che proclama imperterrito “se faccio il giornalista e non so un tubo di matematica, è tutta colpa di [...]”¹.

Aggiungo l’altrettanto esibita fiera di tardivi digitali che sottoscrivono improbabili manifesti neoluddisti contro una paventata tecnocrazia.


“Si suppone che i giudici in Italia, come nelle altre democrazie, siano indipendenti nei loro giudizi, esclusivamente basati sull’ordinamento legislativo. Ma è difficile evitare l’influenza dell’umore della società in generale – e in Italia, la società non comprende, né rispetta la scienza e la sua complessità. La scienza è sottoposta a un livello di irrazionale sospetto in molti Paesi, ma in Italia c’è la percezione che la scienza neppure importi – una condizione incoraggiata da decenni di sottofinanziamento e disdegno da parte della classe politica. L’Italia investe solo l’1,26% del suo prodotto interno lordo in ricerca e sviluppo (R&S), in confronto con il 2,8% della Germania e la media del 2% dell’Unione europea. Nel 2009, l’Italia aveva 226.000 ricercatori a tempo pieno, a fronte dei 535.000 della Germania. Il sistema italiano soffre da tempo per una mancanza di meritocrazia sistematica, lacuna che favorisce il nepotismo parentale e amicale con un corrotto meccanismo di nomina e promozione accademica”. Tutto ciò diceva, impietoso, un recente editoriale di *Nature* [7], commentando la sentenza emessa dal Tribunale dell’Aquila nei confronti degli scienziati della Commissione grandi rischi.

“Con appena il 3% degli scienziati provenienti dall’estero l’Italia è al penultimo posto fra i Paesi avanzati come apertura delle proprie frontiere alla



**Relazione di Eulero:
bellezza della matematica**

¹ Mi pare opportuno, per discrezione, tacere i nomi dei protagonisti.



ricerca". Lo afferma il rapporto *The State of the World's Science*, realizzato da *Nature* e *Scientific American*, mettendo in fila le prestazioni delle 40 economie più sviluppate [21]. Secondo i più recenti dati OCSE, l'Italia è al ventunesimo posto nel mondo per investimenti pubblici in ricerca, e al ventiduesimo per gli investimenti privati – dopo la Spagna e prima dell'Ungheria. Altri indicatori che valutano la capacità di comprensione della scienza ci vedono agli ultimi posti in Europa. Si stima, per esempio, che solo il 25% degli italiani capisca come funziona il metodo scientifico [4].


La possibilità di trasformazione e sviluppo su questo versante risulta ancora più limitata avuto riguardo alla recente levata di scudi da parte di linguisti accademici in seguito al progetto MIUR di erogare incentivi riservati alle nostre Università per lezioni tenute esclusivamente in inglese nei corsi di laurea magistrale e di dottorato. Né è da trascurare il campanilismo disciplinare: i filologi classici avanzano la ragione che con il latino, lingua certamente bellissima, si impara ad imparare e si apprende come risolvere i problemi, oltre che a migliorare le proprie competenze linguistiche². È vero, così come è vero che fa altrettanto bene lo studio della matematica e delle scienze. Altri potrebbero invece osservare che imparare l'arabo, il cinese o il russo sia ancora più utile nel mondo attuale. Purtroppo, il bilinguismo e la matematica, considerati alla stregua di nemici da sconfiggere o cenerentole da bandire, sembrano godere dell'ostracismo da parte dei nostri specialisti deputati alla "progettazione di percorsi formativi per sviluppare le competenze di base".

Consideriamo, invece, un piccolo Paese in una delle aree più turbolente del mondo che basa buona parte della sua economia e della sua esistenza su scienza e tecnologia. Si tratta di Israele, che investendo il 4,3% del proprio prodotto interno lordo in R&S, la percentuale più alta del mondo, è secondo solo agli USA per numero di startup ad alta tecnologia. Israele ha sicuramente tratto beneficio da intelligenze provenienti dai Paesi dell'Est, dopo la caduta del Muro di Berlino, sapendole indirizzare verso i settori applicativi della crittografia, della sicurezza delle reti e dell'informatica. Ma lo ha fatto all'interno di ben precise strategie del sistema-Paese, riconoscendo che la ricerca è funzionale e strumentale allo sviluppo e alla crescita. Le nazioni che non lo sanno fare, come l'Italia, hanno scarse speranze di una sia pur lenta ripresa.

Nel sistema scolastico dell'obbligo in Francia – che ha tanti *maître à penser* o *philosophe* presi a riferimento da pallidi epigoni italiani – le materie tecnico scientifiche sono quelle che contano di più. Chissà perché la scuola francese sforna regolarmente i migliori matematici a livello mondiale? Chissà perché ancor oggi la Francia, che non è certamente un Paese di rozzi illetterati antiumanisti, si regge su centri di eccellenza come l'ENA (*École nationale d'administration*) e l'*École polytechnique*, quest'ultima addirittura di fondazione pre-napoleonica?

Gli iconoclasti italiani della modernità adorano invece le posizioni di un sociologo francese come Bruno Latour, che mette insieme in un'unica

² In una celebre intervista, Martin Heidegger affermò con consapevole arroganza: "I filosofi francesi, quando cominciano a pensare, scrivono in tedesco". Chissà quanto ne furono contenti i suoi discepoli francesi!



categoria la questione epistemologica dei fatti scientifici e quella antropologica delle superstizioni religiose, etichettate con il neologismo “fatticcio” (in francese *faitiche*, vezzeggiativo di “fatto”). In un sol colpo, Latour pretende di dimostrare che scienza-tecnica e religione siano la stessa cosa, trascurando che la scienza non dice, forse, ciò che di sicuro non è vero, ma è in grado di identificare quel che di sicuro è falso.

In America copiare il compito del vicino di banco è disonorevole ed è normale che chi lo fa venga poi denunciato dagli stessi compagni, timorosi che il sistema meritocratico su cui si basa la loro società venga danneggiato da questi comportamenti. Da noi copiare diventa titolo di merito, oltre che prova d’astuzia spesso incoraggiata dalle famiglie.


Cultura, istruzione e progresso

Molti ritengono che anche la ragione economica, soprattutto nella sua accezione neolibera, sia sopravvalutata [14]. Per riprendere il pensiero di Ronald Coase, premio Nobel e professore all’università di Chicago, “Le discipline economiche come sono attualmente trattate nei manuali e nelle aule universitarie non hanno molto a che fare con la gestione del business, e meno ancora con l’imprenditorialità. Inusuale e sventurato è il grado con cui l’economia permane separata dalla normale vita del mondo degli affari”. Se ci riferiamo al caso Italia: “Siamo un Paese di cultura umanistica che si affida agli economisti per tappare le falle della crisi. Non basta. Abbiamo bisogno di gente che immagini il progresso e progetti il futuro: geni civili, ingegneri, politecnici”. Questo è il *Leitmotiv* di un ampio, articolato, documentato dossier per i 150 anni del Politecnico di Milano nel 2013 [1]. Noi ci siamo scordati che con il trasferimento della capitale da Torino a Firenze nel 1865 e che, a causa della conseguente grave crisi economica, Torino e il Piemonte investirono su scienza e tecnica, avviando la nascita di nuove industrie³. Così come abbiamo dimenticato che queste stesse sono state tra le forze motrici del miracolo economico italiano dopo la metà del secolo XX.

Bisognerà partire dai dati e dalle considerazioni precedenti se si vuole rilanciare il vantaggio competitivo dell’Italia non in isolamento dal resto del mondo, senza catastrofismi o trionfalismi. Riflessioni di questo tipo, sono già in corso in molti Paesi, uno per tutti gli USA [24]. È necessario riavviare una politica tecnologica, decidendo, in particolare, dove si voglia andare con l’ICT (*Information and Communications Technology*) come pure riempire di contenuti non fittizi lo slogan “agenda digitale”.

Costituiscono ormai riferimenti imprescindibili gli studi che SDA Bocconi e AICA svolgono da un decennio sui costi dell’ignoranza informatica nei vari settori economici del nostro Paese. Dall’indagine dei principali comparti di rilevanza per l’economia emerge il messaggio che in ogni settore i costi presentano ordini di grandezza confrontabili con quelli delle periodiche manovre finanziarie che dovrebbero servire a riequilibrare la nostra economia. I risultati delle indagini sono stati pubblicati in volumi e

³ L’argomento è approfondito in parecchi articoli della rivista *Sisifo* (1984-1996) dell’Istituto Gramsci piemontese. La collezione completa dei 27 numeri è consultabile online: http://elib.bess-piemonte.it/bess/index.jsp?req_page=Sisifo.



sintetizzati in articoli: l'ultimo di questi [3] contiene l'elenco completo di tali pregevoli e importanti lavori.

È anche necessario rispondere a un'esigenza antica anche se troppo spesso ignorata: avvicinare, in maniera concreta, l'universo della scuola al mondo imprenditoriale al fine di vincere la sfida dell'innovazione. La crisi ha fatto nascere un "mondo nuovo" che richiede prima di tutto: capacità interpretativa del contesto socioeconomico e valorizzazione del merito, qualità che diventa una carta vincente quando si traduce in capacità di leadership e sviluppo delle competenze in grado di trasformare l'esistente. L'istruzione tecnica – richiesta a gran voce e osannata come modello virtuoso di sviluppo in altri Paesi – da noi è diventata la cenerentola del processo di formazione, sicché mancano all'appello svariate centinaia di migliaia di tecnici.

A chi non fosse ancora convinto, si raccomanda la lettura del rapporto AICA sui *Giovani talenti in informatica* [18]. I risultati ottenuti dagli studenti provenienti dalle piccole nazioni dell'Est Europa nelle competizioni di matematica e informatica non sono ovviamente casuali e si possono ricondurre a cause di diversa natura: educative in primo luogo, ma anche culturali e sociali. Un punto essenziale è certo la scuola. Dall'indagine si vede come in questi Paesi l'informatica sia da tempo materia curricolare ai vari livelli scolari. Per confronto, basti dire che da noi solo recentemente (dal 2011) l'informatica compare formalmente nei programmi ministeriali della scuola secondaria superiore (associata a matematica). In tutti gli anni passati, l'informatica era presente soltanto in una tipologia ristretta di istituti tecnici commerciali. Vale anche la pena di ricordare che le *International Olympiad in Informatics* (IOI) si tengono dal 1989 (e, guarda caso, la prima edizione si è svolta in Bulgaria), mentre l'Italia partecipa solo dal 2000, ossia con molto ritardo rispetto alla grande maggioranza degli altri Paesi. Per inciso, la partecipazione dell'Italia è stata stimolata da AICA, che non solo l'ha proposta al MIUR, ma ha anche contribuito in modo sostanziale al finanziamento dell'iniziativa e ha messo in piedi l'organizzazione per la selezione, il training ecc., tutte cose che continua a fare. Questo non per rivendicare meriti all'Associazione, ma per citare un esempio di inerzia culturale da parte degli enti istituzionali.

Il caso dell'informatica nella scuola è solo un elemento di un problema molto più generale, cioè l'ignoranza snobistica della cultura scientifica che caratterizza buona parte della nostra classe intellettuale. Alimentata da una diffusa ostilità nei confronti della scienza, la crisi della cultura scientifica e la diffusione di un analfabetismo scientifico e tecnologico incomincia nella scuola. Il modo di curare questa malattia non consiste però nel propinare un'overdose di informazione e divulgazione scientifica improntata a immagini positive e in contrasto con la cultura umanistica "parolaia".

Un secondo tipo di ragionamento incongruo è l'artificiosa opposizione di "chi pensa contro chi fa" (*thinker vs. doer/maker*). Fattori della scienza cosiddetta pura ritengono che la bellezza della matematica non debba essere contaminata da questioni pratiche e che la tecnica/tecnologia vada tenuta separata: troppo spesso, da noi, le culture sembrano essere non due ma tre.

Sono francamente opinabili affermazioni accademiche, che risuonano di sapore più umanistico che scientifico, quali: "la ricerca di base è madre di tutte

le ricerche, applicative, tecnologiche, finalizzate”, “serve una buona scuola [...] molto lontana dalla mentalità manageriale”, “le volgarità del mercato”. Queste affermazioni sono il frutto della strumentale distinzione fra scienza e tecnologia, tra ricerca di base e applicata: nel Nord America il termine *engineering* in senso lato è equiparato a quello di *tech-science* [23]. La distinzione semmai risiede fra i campi applicativi di saperi disciplinari diversi, non nella loro qualità. Né è condivisibile l'autocompiacimento di accademici per gli allievi che hanno avuto successo emigrando all'estero: il merito è dei giovani, perché l'università italiana non costituisce un benchmark internazionale sia per i contenuti sia per l'esasperato familismo/nepotismo e le consorterie che la caratterizzano.


A proposito di ricerca fondamentale vs. finalizzata, gli “scienziati puri” amano ricordare un aneddoto su Michael Faraday. Di fronte all'esperimento dell'“anello di Faraday” (che sarebbe poi diventato il generatore elettrico noto come dinamo), il primo ministro inglese Sir Robert Peel, in visita al laboratorio dello scienziato, gli chiese: “A cosa serve?”. “Ancora non lo so – fu la folgorante risposta – ma sono sicuro che un giorno il suo governo ci metterà una tassa sopra”. È però



**Incisione allegorica
di Camille Flammarion**

verosimile che Faraday, da buon inglese, intendesse solo mostrarsi faceto.

Dunque, sviluppo, crescita, meritocrazia sono obiettivi difficilissimi per l'Italia che, sulla scorta di un vecchio retaggio “neoidealistico”, continua a investire troppo poco nella scienza, nella tecnica, nelle tecnologie avanzate. Forse perché le attività pratiche sono considerate di basso rango: Croce per caratterizzarle in senso dispregiativo utilizzava un desueto aggettivo, “banàusico” dal greco *banaunos*, cioè artigiano. Nel nostro Paese, scienziati e ingegneri anziché essere visti come coloro che sognano grandi progressi a favore dell'umanità, che poi sanno realizzare, sono considerati piuttosto alla stregua di apprendisti stregoni che contrastano l'impegno sociale coniugato con l'alto magistero dei *philosophe* sempre più attratti da palcoscenici mediatici. Non c'è da stupirsi se il risultato è che l'Italia langue figurando quasi sempre nella retroguardia, spesso come fanalino di coda, in tutte le classifiche che misurano lo stato di salute di Paesi considerati evoluti, dall'avanzamento socioculturale alle idee imprenditoriali e di politica industriale. Beninteso la questione delle ripercussioni sociali della scienza e della tecnica va sempre posta al centro dell'attenzione come pure dell'azione: “Il problema è: non cosa possiamo fare noi con gli strumenti tecnici che abbiamo ideato, ma che cosa la tecnica può fare di noi” – osserva polemicamente Umberto Galimberti. Più realisticamente, è vero che la



tecnologia non è né buona né cattiva, ma non è neppure neutrale; l'uso che se ne fa non può essere inconsapevole o fine a sé stesso.

È chiaro che, leggendo le predizioni formulate nel 1962 per i successivi 50 anni di progresso nell'ICT, anche tra i pensatori più acuti nessuno ha previsto la situazione in cui viviamo. Ciò nondimeno, è stato il ruolo cruciale di ingegneri e tecnici delle telecomunicazioni e di informatici a consentirne la realizzazione: la lezione da trarre, forse non così banale come può apparire, è che, anche se il futuro è sostanzialmente ignoto, è necessario operare perché ce ne sia uno il più conforme possibile ai nostri sogni e desideri.

Il filo conduttore

Il *Leitmotiv* dell'articolo è che la cultura è una e che bellezza e utilità del sapere sono due facce della stessa medaglia. Cerco – lo faceva molto meglio Italo Calvino, che, come sempre, sapeva vedere acutamente – di considerare la scienza “non in modo grave, ma come gioco, secondo quello che è sempre stato nello spirito degli scienziati veri, del resto”. Gli esempi riportati – dall'uso critico della logica alle stranezze sul filo della dicotomia tra ragione e istinto – sono strumentali a questo scopo. E si basano sull'assunto che l'esperienza è madre di scienza, cioè che l'uso della ragione si può comprendere e apprendere purché tenacemente esercitato.

Un altro ma non secondario obiettivo è dimostrare che la capacità di ragionamento critico (*critical thinking*) è più importante dei calcoli, che, in tutti gli esempi riportati, sono molto semplici, addirittura elementari: è il ragionamento alla base che, il più delle volte, è tutt'altro che scontato.

La filosofia non si risolve nella scienza, ma è difficile fare una buona filosofia criticando la scienza. Infatti, filosofi, e sociologi, da tempo si occupano con acribia dei campi più disparati della scienza: fisica moderna e contemporanea, scienze naturali ed evoluzione, intelligenza artificiale e scienza dell'informazione, ruolo sociale della tecnica.

Conciliare la cultura umanistica con quella scientifica non significa confonderle o fare di ogni erba un fascio. Ognuno di noi dovrebbe, piuttosto, sapere riconoscere i valori specifici e peculiari di entrambe, senza disdegnare quelli che non appartengono alla propria piattaforma di istruzione, competenze e interessi. D'altronde, nel racconto *L'uomo matematico* del 1913, Robert Musil osservava che “la matematica [...] abbraccia alcune delle avventure più appassionanti e incisive dell'esistenza umana”, e la matematica costituisce la spina dorsale della scienza.

Difficile non è stato reperire la documentazione quanto piuttosto vagliare e selezionare l'ottimo materiale, spesso disponibile online – purché adeguatamente verificato e controllato nei circoli degli esperti. Oppure proveniente dai due classici volumi di William Feller interamente dedicati alla teoria e alle applicazioni della probabilità [8]. Anche la raccolta di Frederick Mosteller è una fonte ineguagliabile di stimoli neuronali per chi si diletta di quesiti probabilistici definiti *challenging* in [16]. Per approfondire le trappole che l'intuito (spontaneo e veloce ma pericoloso) tende alla ragione (lenta ma affidabile) suggerisco gli eccellenti testi [9, 11, 17].

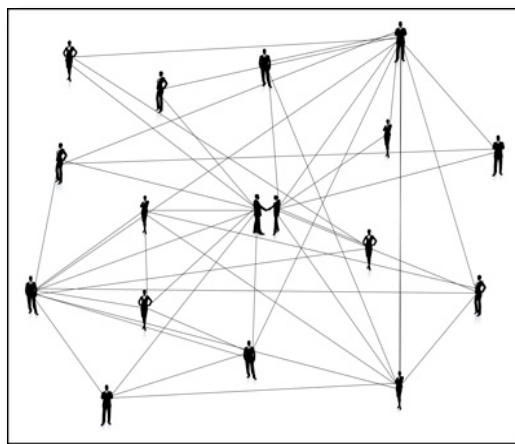
Nei paragrafi seguenti si propongono alcuni esempi in cui il ragionamento fondato sul metodo scientifico svolge un ruolo significativo: ove possibile,

l'esposizione sottolinea i potenziali collegamenti del tema trattato con l'ICT, anche se la validità dell'argomentazione è più generale. Il paragrafo 2 delinea un aspetto basilare della scienza delle reti complesse, la regola dell'abbondanza, che consente di motivare l'esplosione dei network fisici e sociali. I paragrafi 3 e 4 sono dedicati a illustrare casi in cui il ragionamento critico può risolvere situazioni di incertezza mediante semplici calcoli probabilistici. Ciò vale in generale per la vita di tutti i giorni, ma è opportuno tenere presente che probabilità e statistica sono i fondamenti di molti settori legati all'ICT, così come gli studi di Gödel, Turing, Shannon hanno fornito le basi per l'informatica teorica. Il paragrafo 5 presenta, fra le molti possibili, una versione simbolica e narrativa del paradosso logico di Russell. Le conclusioni nel paragrafo 6 ribadiscono la necessità di una cultura unitaria basata sulla triade: "sapere", "saper essere", "saper fare". I riquadri propongono ulteriori approfondimenti dei temi trattati.

2. La crescita del valore delle reti ICT


Non c'è da stupirsi se il mondo, che è caotico e casuale nella maggior parte delle sue manifestazioni tanto naturali quanto sociali, non funzioni in modo lineare, e se, perciò, falliscano miseramente molti modelli esplicativi e predittivi, soprattutto socioeconomici, che gli specialisti sfornano a getto continuo. L'economia politica (*economics*), in particolare, ha vanamente cercato di rendersi nella teoria e nella prassi una disciplina scientifica, tentando di ancorarsi alle scienze esatte.

In un mondo siffatto, molti fenomeni sono rappresentabili matematicamente da una curva con andamento esponenziale. Quasi tutti conoscono la leggenda dell'inventore degli scacchi che richiese al re di essere ricompensato con un chicco di riso per la prima casella della scacchiera, due chicchi per la seconda, quattro per la terza e così via raddoppiando fino alla 64^a. Se la sua richiesta fosse stata esaudita, il regno sarebbe andato in rovina! Un altro bell'esempio evocativo è riportato nel riquadro 1. Ciò nonostante, la crescita esponenziale è un concetto matematico molto bistrattato dai mezzi di comunicazione di massa, che disinvoltamente confondono crescita esponenziale (ossia quando la variabile indipendente è in esponente) con crescita parabolica (cioè con il quadrato, il cubo ecc. della variabile).



Rete ICT: la società interconnessa

Siamo ormai prossimi a un'epoca definibile come "wireless society" [22] in cui tutte le comunicazioni tra persone o tra persone e database saranno realizzate da reti eterogenee mobili di vario tipo. Ossia, l'accesso a Internet e ai suoi



database avverrà presumibilmente con dispositivi quali smartphone e tablet ad alta velocità. Continuerà a esservi, chiaramente, una rete *core* (cablata) per consentire collegamenti veloci, tempestivi e affidabili, ma gli utilizzatori finali saranno connessi prevalentemente tramite piattaforme d'accesso mobili. In quanto segue utilizzerò il termine *rete* in senso più ampio con significato sia fisico (telecomunicazioni, Internet) sia logico-virtuale (comunità, relazioni, connettività), includendovi, perciò, quello di rete sociale.

È già stato dimostrato [12-13] che il valore economico di una rete cresce con l'aumentare del numero dei suoi utilizzatori – fatto sorprendente, poiché nell'economia industriale la scarsità di un bene ne fa aumentare il valore. Nell'economia di rete, invece, ad accrescere il valore di un bene è la sua abbondanza. La regola dell'abbondanza spinge, per esempio, gli utenti di Internet a connettersi al maggior numero di altri prodotti, servizi e applicazioni⁴.

Ma come si lega il concetto di crescita del valore delle reti ICT con il numero di utilizzatori N ? Inoltre, il valore cresce sempre allo stesso modo in tutti i modelli relazionali?

Partiamo dai sistemi di diffusione dell'informazione “da uno a molti”, caratteristico dei sistemi di broadcast televisivo tradizionale. In essi il valore totale della rete cresce linearmente con N , cioè con la dimensione dell'audience dei teledipendenti. La relazione è nota come legge di Sarnoff, dal nome di uno dei pionieri della radio-televisione.

In una rete interattiva – Internet, tanto per dire – sistema “da molti a molti”, ognuno degli N utenti può, teoricamente, essere in relazione con tutti gli altri $N - 1$. Così il numero totale delle connessioni possibili, o potenziali, è il coefficiente binomiale $C_{N,2} = N(N - 1)/2$, un numero proporzionale al quadrato di N . Con una qualche forzatura, si attribuisce la paternità di questa legge a Bob Metcalfe, uno dei progettisti di Ethernet, prima LAN (*Local Area Network*) commerciale con protocollo di accesso distribuito.

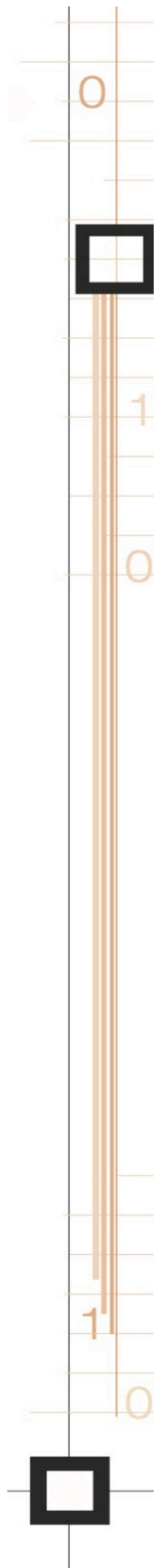
La matematica diventa più interessante quando si considerano relazioni fra gruppi anziché fra singoli individui. Se si hanno N persone si possono, in teoria, formare

$$2^N - N - 1$$

gruppi possibili; in questo caso, il numero dei gruppi potenzialmente costituibili, e, quindi, il valore della rete cresce esponenzialmente con N .

Possiamo verificare la formula per induzione diretta con $N = 3, 4, 5, \dots$; oppure possiamo completare la seguente traccia di dimostrazione per N qualsiasi. I possibili gruppi sono formati da 2 individui, da 3, ..., fino a N ; ciascuno di essi consta perciò di un numero eguale al coefficiente binomiale $C_{N,k}$ con $k = 2, 3, \dots, N$, cioè uno dei numeri del triangolo di Tartaglia-Pascal. La sommatoria da 2 a N può essere poi messa in forma chiusa utilizzando lo sviluppo del binomio per $2^N = (1 + 1)^N$. La relazione

⁴ Per descrivere la regola dell'abbondanza gli economisti hanno inventato la fantasiosa espressione “esternalità di rete”, ma trattasi sempre dello stesso principio.



esponenziale $2^N - N - 1$ per il valore di reti basate su gruppi è attribuita a David Reed [20], una delle “barbe grigie” di Internet.

Ovviamente, le tre formule precedenti hanno un valore esplicativo soprattutto sul piano teorico, in quanto subentrano, prima o poi, fenomeni di saturazione che limitano il numero di interazioni praticamente sostenibili anche dagli adolescenti digitali. Il valore (teorico) della rete è quindi riassumibile secondo lo schema seguente:

VALORE DELLA RETE

Rete broadcast (“relazioni da uno a molti”):

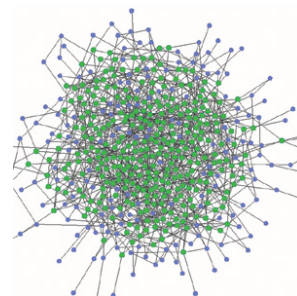
Il valore teorico della rete cresce linearmente con N

Rete transattiva (“relazioni da molti a molti”):

Il valore teorico della rete, proporzionale a $N(N - 1)/2$, cresce con il quadrato di N

Rete di gruppi o rete sociale (“relazioni intergruppi”):


Il valore teorico della rete, proporzionale a $2^N - N - 1$, cresce esponenzialmente con N



In tutti i tre casi, lineare, quadratico, esponenziale, il risultato fondamentale è che vale la citata regola dell’abbondanza.

Alcuni studiosi – in particolare, il sociologo Lelio Demichelis [5] – contestano l’uso dell’attributo “sociale” sulla base dell’osservazione che nella rete è azzerata la “società”, considerata a priori una struttura tendenzialmente aperta, ma si esalta la “comunità”, considerata a priori una struttura tendenzialmente chiusa. Perciò Internet (apparato tecnico all’ennesima potenza) produce comunità, ma la comunità sarebbe la negazione della società. Tuttavia, si può a ragione sostenere che nella situazione più vantaggiosa – l’esponenziale – si passi dalle comunità chiuse alla società aperta, dal momento che si mettono in relazione gruppi diversi. Del resto, fino a non molto tempo fa, elementi di collegamento delle comunità erano le fiabe, le leggende, le narrazioni mitologiche, i cicli epici. Non stupisce che oggi, in un mondo sempre più connesso, e perciò “più piccolo”, lo siano le reti.

Ne *Le nuove vie della scoperta scientifica*, Michael Nielsen descrive come si passi dall’intelligenza singola alla collettiva mediante la condivisione in rete di risultati di ricerche scientifiche. Significativo è anche il caso dei matematici che all’interno del *Polymath Project*, promosso da Tim Gowers, collaborano e si confrontano online per trovare soluzioni a problemi ancora irrisolti. Lo sfruttamento delle potenzialità relazionali sono alla base di modelli promozionali e di business quali il marketing virale, il passaparola, il *crowdfunding*; come pure in occasioni di intrattenimento e spettacolo o di protesta quali le riunioni-lampo (*flash mob*): le innumerevoli tecniche di




networking non sembrano neppure limitate dalla creatività umana. Nonostante tutti i difetti, quando le nostre capacità di giudizio imperfette si aggregano nel modo corretto, l'intelligenza, o la mente, collettiva può dare risultati straordinari. Questa tesi è documentata con esempi concreti da James Surowiecki in *The Wisdom of Crowds* (traduzione italiana: *La saggezza della folla*).

Molti, non amando del networking sociale e relazionale il chiacchiericcio insensato, il gossip, non ne sfruttano fino a fondo le capacità; non sono capaci di *schmoozing* (di coltivare le relazioni, secondo il termine di derivazione yiddish ed ebraica) o di compiacere per avere successo. La maggior parte di noi è così. Ma non è necessario essere brillanti e dissimulatori per creare e sostenere una solida rete relazionale. Infatti, si sta molto meglio se si rimane sé stessi e ci si connette in modo selettivo – questo è il modo di costruire relazioni di reale valore, di “fare rete” in modo intelligente. Importante è che le proprie idee prendano corpo, beneficino dell'expertise altrui, esplorino nuove opportunità e siano apprezzate in ambiti diversi.

Le deviazioni da uno schema aleatorio possono rivelare comportamenti inaspettati [2] e un modo per rilevarle è partire da raccolte di Big Data⁵. Le aziende che effettuano sofisticate analisi dell'enorme mole di dati disponibili hanno la potenzialità di rivoluzionare il proprio settore d'affari. Tuttavia, per trasformare queste informazioni in un vantaggio competitivo fruibile, è necessario che le aziende, padroneggino nuovi strumenti e stili manageriali. L'utilizzo di questi nuovi flussi d'informazione potrebbe migliorare radicalmente le prestazioni economiche di un'azienda [25]. La popolarità del concetto, peraltro ancora vago, è parzialmente motivata dalla orecchiabilità della locuzione Big Data. Le tre dimensioni di volume, velocità e varietà (3V) non sono peculiari del fenomeno, ma sono estensioni delle proprietà di larga scala, informazioni e dati complessi, caratteristiche sistemiche conosciute già da parecchio tempo. I Big Data, in definitiva, cercano di svelare e sfruttare la trama nascosta che guida la nostra vita, scrutandone i tabulati, la mobilità, le promesse, gli impegni, le transazioni, i profili. Anche le relazioni sociali costituiscono essenzialmente una vita documentale basata sulla registrazione degli atti che compiamo. La difficoltà principale, direbbe un esperto di teoria statistica delle comunicazioni, risiede nel discernere correttamente l'informazione (segnale) utile separandola del disturbo (rumore) nella massa di dati acquisiti: la scienza delle reti potrà essere di grande aiuto, anche con i suoi strumenti di rappresentazione e visualizzazione [2]. Bisogna però evitare che i dati accumulati diventino la materia prima di un grande frullatore statistico.

I lavori [12, 13] approfondiscono il networking sotto numerosi altri aspetti: dall'applicazione della teoria dei “sei gradi di separazione” alle tecnologie ICT, dalla dinamica delle innovazioni alle strategie commerciali. Temi, paradossalmente, poco o per niente considerati nella pur vasta letteratura

⁵ Big Data: i grandi dati, la mole immensa di informazioni, acquisti, profili, tracce che ciascuno di noi semina ogni giorno online, per lo più inconsapevolmente.



accademica più recente. Dove sono, invece, diffusamente trattate le applicazioni alle reti complesse della teoria dei grafi, filone di studi originato nel XVIII secolo da Eulero quando – traducendo genialmente una mappa in un grafo – diede la risposta (negativa) al popolare problema dei sette ponti di Königsberg [2].

3. Aporie tra ragione e istinto


In molti casi sembra che gli esseri umani non siano fatti per prendere decisioni. Come diceva lo scienziato sociale Herbert Simon, siamo “solo limitatamente razionali”: ci portiamo appresso fardelli ancestrali, di solito siamo meno informati di quanto sarebbe necessario, non siamo in grado di prevedere l’esito delle nostre azioni. Senza dimenticare che Orazio saggiamente ammoniva: “Non cercar di sapere quel che avverrà domani”. A molti di noi mancano la capacità e la voglia di lanciarsi in calcoli sofisticati per valutare costi e benefici. Invece di insistere per giungere a una decisione adeguata, se non alla migliore possibile, ne prendiamo una a caso. E in genere lasciamo che le emozioni influenzino il nostro giudizio.

In nessun altro ramo della matematica è così facile, anche per un esperto, commettere errori cognitivi come nel campo delle probabilità. Un singolo evento può essere del tutto imprevedibile e, se fosse dotato di pensiero proprio, crederebbe di essere unico. Questa è una prima fallacia dell’intuizione, quando non è temprata dalla ragione. L’incongruità porta a stimare, per esempio, che certe sequenze di uscite di rosso e nero alla roulette siano più probabili di altre. Il secondo errore cognitivo è pensare che i numeri abbiano memoria propria e che nel gioco del lotto, altro esempio, cambino le loro probabilità da un’ estrazione alla successiva. Queste due illusioni rientrano nella pseudoscienza di ciò che potremmo definire “metafisica probabilistica”.

3.1 Fallacia degli eventi congiunti: il caso Linda

Nel 2002, il Nobel per le scienze economiche fu assegnato a Daniel Kahneman. Egli era, fatto inusuale, uno psicologo che sin dagli anni 1970 si prefiggeva di smantellare un’ ipotesi di lavoro tanto cara ai teorici dell’economia, quella dell’*Homo oeconomicus* come decisore totalmente razionale. Kahneman fu per molti anni l’alter ego di Amos Tversky, morto nel 1956 all’età di 59 anni: se Tversky fosse vissuto più a lungo, sarebbe stato anch’egli insignito del Nobel.

La sua carriera si articola sostanzialmente in tre fasi [11]. Nella prima, egli e Tversky progettarono una serie di ingegnosi esperimenti per rilevare le distorsioni (*bias*) cognitive – errori inconsci di ragionamento che alterano la nostra capacità di giudizio. Tipico di questi è l’ “effetto ancoraggio”, la nostra tendenza cioè a essere influenzati da fattori o numeri irrilevanti, ai quali siamo inconsapevolmente esposti. Nella seconda fase, Kahneman e Tversky mostrarono che le persone che devono prendere decisioni in condizioni d’incertezza non si comportano secondo quanto ipotizzato dagli abituali modelli economici che “massimizzano l’utilità attesa”. Nella terza fase della carriera, principalmente dopo la morte di Tversky, Kahneman ha



sviscerato la psicologia in chiave “edonistica”, la scienza della felicità, la sua natura e le sue cause.

L'irrazionalità umana è il grande tema di queste ricerche. In un problema ormai classico, il “problema di Linda”, Kahneman, Slovic e Tversky (1982) dimostrano come gli individui valutino non correttamente la probabilità congiunta di due eventi⁶. La protagonista Linda è descritta utilizzando un insieme di sue caratteristiche: single, schietta, brillante, laureata in filosofia, impegnata in passato sui temi della discriminazione e della giustizia sociale e in dimostrazioni contro il nucleare. I partecipanti all'esperienza, ai quali si chiede di valutare la probabilità che Linda sia diventata “un'impiegata di banca” o “un'impiegata di banca e attivista in movimenti femministi”, ritengono, in schiacciante maggioranza, più probabile l'evento congiunto “impiegata di banca e attivista in movimenti femministi”. Dal punto di vista probabilistico, naturalmente, questa è una patente violazione delle regole del calcolo probabilistico, in quanto la seconda alternativa (impiegata di banca e femminista) è sottoinsieme della prima (impiegata di banca). La distorsione di giudizio trova una spiegazione nel fatto che i soggetti fanno riferimento a uno stereotipo evocato dalla descrizione di Linda, cioè un meccanismo cognitivo basato sulla costruzione e rappresentazione di categorie.

Anche il grande biologo evolucionista Stephen Gould, che pur conosceva bene il calcolo delle probabilità, dichiarava di essere in difficoltà: “Un *homunculus* continua a saltellarmi su e giù nella testa urlandomi: «Ma non è possibile che Linda sia solo una bancaria, rileggete la descrizione!»”

Le nostre conversazioni quotidiane si svolgono con un ricco sfondo di attese non esplicitate – che gli psicologi della pragmatica della comunicazione umana definiscono *implicature* – (in logica sarebbero “implicazioni”, ma agli specialisti di una materia piace innovare il lessico). Le *implicature* possono annidarsi nei meandri degli esperimenti psicologici; date le premesse che facilitano una conversazione, può essere del tutto ragionevole per i partecipanti all'esperienza ipotizzare che “Linda è una bancaria” implichi anche la sua adesione al femminismo. Se fosse così, la loro risposta non sarebbe veramente una fallacia cognitiva.

Kahneman descrive decine di casi simili attribuibili al “collasso della ragione”: l'effetto cumulativo è di rendere il lettore scettico sulla razionalità umana. Ma siamo veramente così senza speranza? La certezza è un'illusione? In realtà, l'alternativa non è fra certezza e rischio, bensì fra incertezza e incertezza. Possiamo migliorare l'*insight*, la comprensione, l'intelligenza del rischio, che è la quantificazione dell'incertezza residua secondo probabilità, o, meglio, la capacità di stimare le probabilità il più accuratamente possibile. Importante è riuscire a superare la “percezione annebbiata o distorta (*biased*) del rischio”.

⁶ La probabilità $P(A, B)$ dell'evento congiunto (A, B) è $P(A, B) = P(A/B) P(B) = P(B/A) P(A)$, dove $P(A/B)$ e $P(B/A)$ sono le probabilità subordinate o condizionate. Ne discende subito la forma più semplice del famoso teorema del reverendo Thomas Bayes: $P(A/B) = P(B/A) P(A)/P(B)$, che fu pubblicato postumo nel 1763, esattamente 250 anni fa. Intuitivamente, il teorema descrive come la probabilità nell'osservare l'evento A sia modificata dall'aver osservato B .

3.2 Illusioni e disillusioni cognitive

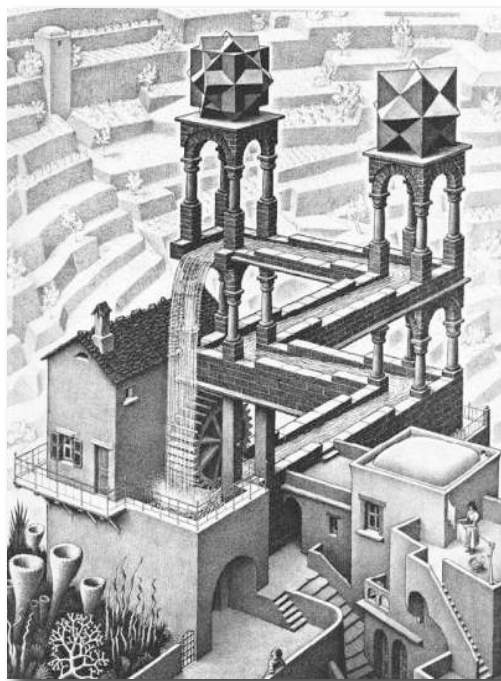
I banchieri dell'Euro sono circondati dalla generale reverenza, come forse capitava ai grandi sacerdoti dell'antico Egitto. Per questo, magari, si prendono molto sul serio. Officiano un rito per iniziati, si riuniscono con gravità, stanno per lo più fermi, anche per favorire la stabilità della moneta. A volte si muovono; gesti minimi, alzano un dito, inarcano il sopracciglio. Conoscono il mondo; sanno che il battito d'ali di una farfalla a Francoforte può provocare un uragano migliaia di chilometri lontano. Il che, effettivamente, è capitato e capita con preoccupante frequenza. Taluni esperti sottolineano – con molto rispetto, peraltro – che si dovrebbe smantellare meno con tassi d'interesse e spread e preoccuparsi di più dello sviluppo e della crescita. Il risultato è una grande incertezza nel campo dei rischi economico-finanziari, problema già trattato in [14], al quale si rinvia per un'analisi critica introduttiva, ancorché non esaustiva.

Esistono, tuttavia, moltissimi altri settori in cui il consenso è diffuso ma disinformato e che testimoniano l'ignoranza numerica e statistica: dai giochi d'azzardo⁷ ai test medici, dalla percezione annebbiata dei rischi naturali all'identificazione attraverso il DNA [9, 11, 17]. In genere, questi fraintendimenti possono essere classificati come illusioni o trappole cognitive, alcune delle quali sono esemplificate nel riquadro 2.


Test medici. Il dottor William Osler – uno dei padri della pratica medica moderna – affermò parecchi anni fa che la medicina sarebbe diventata una scienza quando i medici avessero imparato a contare. Purtroppo, ancor oggi metà delle pubblicazioni mediche sono affette da errori matematico-statistici o da risultati sperimentali volutamente falsati; lo rileva John Ioannidis sulla rivista online *PloS-Medicine* [10]. Vediamo un esempio.

Il test di una malattia presenta un tasso del 5% di falsi positivi. La malattia colpisce una persona su mille e gli individui sono controllati a caso, indipendentemente dal fatto che si sospetti che siano ammalati. Il test di un paziente risulta positivo. Qual è la probabilità che il paziente abbia

⁷ Insuperabile manifestazione della saggezza popolare è il monito "A casa del giocatore non c'è altro che dolore".



**Illusioni cognitive.
Escher: Moto perpetuo**



effettivamente la malattia? La maggior parte dei medici risponde il 95%, partendo dalla considerazione che il test ha un'accuratezza del 95%. La risposta corretta è invece la probabilità che il paziente sia effettivamente ammalato stante il fatto che il test è positivo. Ipotizzando che non ci siano falsi negativi, questa probabilità è meno del 2%.

Perché meno del 2%? Si suppone che su mille persone sottoposte al test una sola abbia effettivamente la malattia. Tra le restanti 999 sane, il test ne indicherà malate circa cinquanta (è accurato al 95%). La probabilità di malattia per qualcuno selezionato a caso e risultato positivo è data dal rapporto: *Numero di veri positivi/Numero di (veri e falsi) positivi*, in questo caso uguale a (meno di) 1 su (circa) 51. Storicamente neppure un medico su cinque applica il ragionamento corretto. Si pensi quindi al numero di volte in cui potrebbe essere somministrato un farmaco che comporta seri effetti collaterali, quando la probabilità di essere malati è meno del 2% benché la malattia sia stata diagnosticata⁸.

Può essere interessante nonché istruttivo ripetere il calcolo con percentuali diverse dell'incidenza della malattia e dell'accuratezza del test. Così come è interessante notare che il contesto medico non è assolutamente vincolante: le stesse considerazioni si possono applicare, per esempio, nel valutare come cambiano le probabilità di email infette da virus *prima* e *dopo* l'intervento dell'antivirus.

Il riquadro 3 descrive un altro caso di illusione cognitiva: il paradosso del compleanno, che trova utilizzazione in crittanalisi, uno dei tanti settori applicativi dell'ICT.

4. Come vincere (probabilmente) al gioco delle tre porte

Chi non sa contare non conta
Anatole France

In un gioco televisivo americano del programma *Let's Make a Deal* negli anni 60 del secolo scorso il conduttore Monty Hall dava al concorrente la scelta di tre porte da aprire. Dietro a una delle tre vi era un'auto (di lusso), una capra dietro a ciascuna delle altre due. Il concorrente doveva indicare una porta e avrebbe avuto in premio quel che trovava dietro. Ma prima che la porta scelta dal concorrente fosse aperta, Monty spalancava un'altra porta delle due rimanenti, rivelando (dal momento che egli lo sapeva già) una capra. Dopodiché chiedeva al concorrente se volesse cambiare la scelta iniziale oppure no.

La soluzione al problema è certamente sottile, ma non complicata dal punto di vista matematico: oltre a essere di una semplicità cristallina, è quanto mai utile per rappresentare un ragionamento probabilistico corretto.

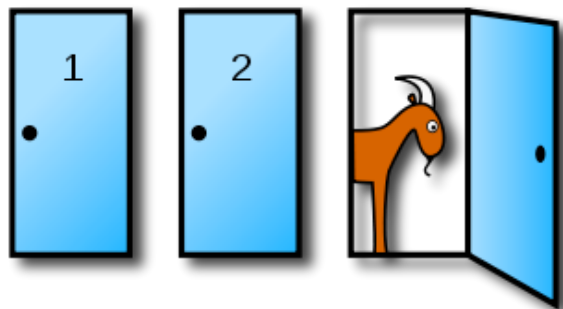
Il concorrente sceglie, per esempio, la porta 3 per vincere l'auto. Egli ha le seguenti probabilità *a priori*: 1/3 di vincere (l'auto) e 2/3 di perdere (trovare la

⁸ Non sarà sfuggito che la soluzione si basa implicitamente sull'applicazione del teorema/regola di Bayes riportato in nota 6. Un comodo simulatore bayesiano è stato sviluppato per questi casi da Michael Shor ed è disponibile online (<http://www.gametheory.net/mike/applets/Bayes/Bayes.html>).

capra). La probabilità che l'auto si trovi dietro la porta 1 o dietro la porta 2 è di $1/3 + 1/3 = 2/3$. A questo punto il conduttore mostra che dietro a una delle due porte rimanenti – diciamo la prima – si trova una capra. Questo fatto non riguarda affatto la porta 3 ma fa passare dalle probabilità *a priori* alle probabilità *a posteriori* (applicando il teorema – o regola, secondo William Feller [8] – di Bayes) per la 1 e la 2, e qui sta il fulcro del ragionamento. Ora la probabilità che l'auto si trovi dietro la porta 1 diventa 0: lì c'è, infatti, una capra con certezza assoluta. Conseguentemente l'auto si trova dietro la porta 2 con probabilità $2/3$ (e $1/3$ dietro la 3). Senza dubbio, al candidato converrà cambiare l'iniziale scelta della porta: dalla 3 alla 2.

In realtà, benché i calcoli siano molto semplici, il ragionamento concettuale è piuttosto sottile. La difficoltà di molti di noi risiede, *in primis*, nel non comprendere che quando il conduttore del gioco mostra che dietro la porta 1 c'è una capra, egli fornisce al concorrente un'informazione del tutto nuova (la porta perdente) per cui la probabilità di trovare l'auto dietro la 2 o la 3 non è più uniformemente distribuita, cioè non è $1/2$ per entrambe le porte, bensì $2/3$ contro $1/3$. Il calcolo probabilistico – o svolto in modo diretto o applicando il teorema di Bayes – porta naturalmente a questa conclusione. La fallacia del ragionamento ingenuo può essere ascritta al fatto che il nostro cervello è predisposto (quasi geneticamente) per il caso 50-50 (distribuzione uniforme), così come manifesta un'irrefrenabile attrazione per la curva normale o gaussiana. Seconda considerazione: parecchie persone prediligono non il precedente metodo deduttivo, quanto piuttosto l'induttivo, cioè la prova – *absit iniuria verbis* – “alla San Tommaso”, o la possibilità di “toccare con mano”. In questo caso, ciò che ha persuaso molti esperti – compreso il grande matematico Paul Erdős – è la simulazione basata su un generatore pseudo-casuale di prove ripetute (metodo Monte Carlo). La simulazione mostra come un concorrente che punti sul cambio della porta vince, a lungo andare, circa il doppio delle volte di un antagonista che non adotti questa strategia.

Anche la prova di enumerare esaustivamente tutti i casi e gli esiti di una tornata del gioco con le due diverse strategie può risultare convincente. I benefici della scelta di cambiare porta sono, infatti, facilmente dimostrabili analizzando gli esiti delle sei giocate possibili, tre per ciascuna strategia. Per le prime tre giocate, scegliamo la porta 1 e “si commuti” ogni volta che il conduttore apre una porta perdente. Si noti che, appositamente, ho cambiato qui la scelta iniziale, dalla terza porta alla prima, per dimostrarne l'ininfluenza. Ecco i risultati della strategia “cambio”:



**Gioco delle tre porte:
la probabilità non è un'opinione**

STRATEGIA “CAMBIO”

	PORTA 1	PORTA 2	PORTA 3	RISULTATO
Giocata n. 1	Auto	Capra	Capra	Cambio e perdo
Giocata n. 2	Capra	Auto	Capra	Cambio e vinco
Giocata n. 3	Capra	Capra	Auto	Cambio e vinco

Con la strategia “cambio” si vince due volte su tre e si perde una su tre. Serve la controprova? Eccola: con la strategia “non cambio”, le altre tre giocate si effettuano scegliendo una porta – ancora la prima, per esempio – ma insistendo sulla stessa allorché il conduttore apre una porta con dietro una capra. I risultati della strategia “non cambio” sono:

STRATEGIA “NON CAMBIO”

	PORTA 1	PORTA 2	PORTA 3	RISULTATO
Giocata n. 1	Auto	Capra	Capra	Non cambio e vinco
Giocata n. 2	Capra	Auto	Capra	Non cambio e perdo
Giocata n. 3	Capra	Capra	Auto	Non cambio e perdo

Con la strategia “non cambio” si vince una volta su tre e si perde due su tre: scegliete voi quale strategia sia preferibile, stante che l’obiettivo sia di vincere l’auto⁹. Naturalmente non è da escludere che qualche concorrente preferisca la capra all’auto. Un pastore, per esempio, che vive in una frazione di montagna non collegata a valle da carrozzabile, oppure un fautore della decrescita felice (invocata dal sociologo Serge Latouche), che potrà sempre barattare la vincita - auto o capra - con una bicicletta usata.

Il gioco è facilmente generalizzabile a 4, 5, 6, ... n porte (un’auto e $n - 1$ capre). Le probabilità di vincita con la strategia “cambio” diventano ancora più convincenti; passano, infatti, da $2/3$ a $3/4$, $4/5$, ... $(n - 1)/n$, allorché cresce il numero n delle porte.

Ma alcuni lettori – speriamo siano veramente pochi – non saranno ancora persuasi della strategia di scelta ottimale. Infatti, questo problema, ogni volta che viene proposto, suscita accesi dibattiti, benché la soluzione debba ormai essere pacificamente accettata. Per esempio, Marilyn vos Savant, che nella sua rubrica *Ask Marilyn* della rivista nordamericana *Parade*, si è occupata diffusamente (1990-91) del problema di Monty Hall,

⁹ La scelta della prima porta come scelta iniziale è solo esemplificativa: i risultati delle due strategie non cambiano inizializzando la scelta con una delle altre due porte.

ricevette un'infinità di commenti da parte di lettori dubbiosi sulla soluzione corretta. La vos Savant deve anche la sua fama al *Guinness dei primati* per il più alto quoziente intellettivo (QI): chi osa ancora sostenere che le donne siano meno “portate” degli uomini per la matematica? Un'ingegnosa variante del gioco di Monty Hall – il problema dei tre prigionieri – è stata suggerita da Martin Gardner ed è proposta nel riquadro 4.

5. Paradossi logici: ma quant'è logica la logica

La mente può essere anche considerata una zona erogena
Rachel Welch



Un maestro dei paradossi logici: Bertrand Russel

“Se la ragione vuol essere completa allora è incoerente”, proclamava Immanuel Kant. “Se la ragione vuol essere coerente allora deve essere incompleta”, ribatteva Kurt Gödel. I teoremi di Gödel, il dilemma dei prigionieri¹⁰, la logica della democrazia o delle scelte sociali, inclusa l'aritmetica delle alleanze elettorali, sono classici esempi di argomenti logici complessi che superano la comprensione del senso comune.

Esiste su questi argomenti una letteratura vastissima per approfondire i problemi sotto angolazioni diverse. Mi sembra, tuttavia, che l'incanto e la disillusione dell'approccio intuitivo alle scelte decisionali possano essere già ben evidenziati da due semplici esempi che – spero – risulteranno di comprensione immediata.

5.1 Un furfante argutamente “loico”

La storiella seguente è ricordata da Giulio Giorello nell'introduzione al graphic novel sulla vita di Bertrand Russell [6]. È un modo narrativo e sottilmente nostalgico – Giorello si riferisce addirittura al primo numero di *Topolino* formato libretto (aprile 1949) – per introdurre la celeberrima antinomia formulata da Russell, epitome dei paradossi logici prima dei

¹⁰ Il dilemma dei prigionieri – da non confondere con il quesito probabilistico posto nel riquadro 4 – rientra nella teoria dei giochi. Questa teoria, distinta dalla matematica ricreativa, consiste nello studio dei conflitti fra oppositori oculati e potenzialmente mendaci. Von Neumann utilizzò il termine “gioco” per rappresentare una situazione competitiva dove un giocatore deve fare una scelta sapendo che anche gli altri sono in grado di scegliere, e il risultato del conflitto sarà determinato secondo certe regole definite a priori nonché da tutte le scelte effettuate. Soggetti economici antagonisti possono essere considerati “giocatori” che praticano la teoria dei giochi.

teoremi di Gödel, i quali costituiscono tuttora la punta di diamante della logica matematica e dell'informatica teorica.

Il testo, da me modificato marginalmente per adeguarlo a un registro linguistico più consono alla sensibilità odierna, è:

Un re mattacchione e malvagio aveva fatto costruire un ponte, a guardia del quale mise alcune sentinelle che avevano l'incarico di chiedere ai viandanti dove fossero diretti. Se costoro dicevano la verità, avevano via libera; se mentivano, venivano impiccati. Un giorno si presenta un ladro, che, alla rituale domanda, risponde: "Il re mi manda da voi perché..."

Sentendo la sua risposta, che era sincera, le sentinelle si trovarono imbarazzatissime, perché non sapevano se dovessero impiccarlo o lasciarlo libero.

In base a questi elementi vi lascio un po' di tempo per indovinare la risposta del ladro... Se vi sembra di avere riflettuto a sufficienza, potete verificare la risposta.

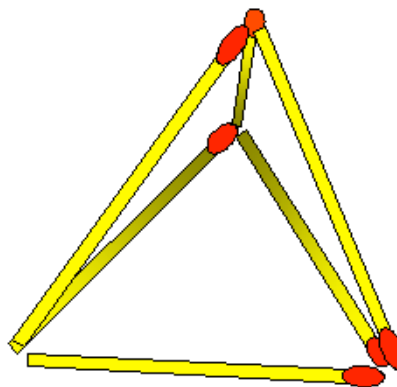
Il ladro aveva risposto: "Il re mi manda da voi perché mi impicciate". L'imbarazzo delle sentinelle era quindi giustificato: infatti, il furfante aveva detto la verità, e perciò non doveva essere impiccato; ma la verità era che egli doveva essere impiccato.

Pur non essendo noto il finale della storia, speriamo che la magnanimità regale abbia avuto il sopravvento, magari sulla base della massima giuridica: *in dubio pro reo*.

5.2 Uscire dagli schemi: La creatività di Einstein

Un curioso aneddoto – quasi certamente apocrifo – riguarda Albert Einstein e il problem solving con il pensiero laterale. Durante un convegno di fisici, subissato da domande capziose sulla sua eccentrica concezione di uno spazio-tempo a quattro dimensioni, il grande fisico propose ai colleghi il seguente problema: "Dati sei fiammiferi, siete in grado di costruire quattro triangoli equilateri?"

Nessuno riuscì a posizionare su di un piano i fiammiferi per formare i triangoli richiesti, situazione, infatti, irrealizzabile. Einstein allora compose un tetraedro con i sei fiammiferi, disposti come in figura e beffardamente sentenziò: "Se non sapete usare la terza dimensione, che sperimentate tutti i giorni, come sperate di capire la quarta?" Qui non c'è né scienza né magia (da parte di Einstein), bensì cecità e riluttanza ad ampliare il punto di vista da parte della maggioranza delle persone.



Il problema dei sei fiammiferi e il monito di Einstein




6. Conclusioni

La tesi principale sostenuta nell'articolo non deve essere intesa come una critica della ragione umanistica, quanto piuttosto di quella anti-scientifica: "L'atteggiamento scientifico e quello poetico coincidono – scriveva Italo Calvino – entrambi sono atteggiamenti insieme di ricerca e di progettazione, di scoperta e di invenzione". Quindi: unitarietà e distinzione devono applicarsi alle culture umanistica e scientifica (l'ossimoro è solo apparente perché "distinzione" non implica affatto "separatezza").

Per secoli è stato così, nel passato e in epoca moderna. È solo durante il Romanticismo che la dicotomia fra scienza e umanesimo si manifesta radicalmente. La sostituzione della feconda sintesi filosofia-scienza propria del Rinascimento e dell'Illuminismo con una filosofia prona al connubio romantico-idealistico non ha prodotto esiti felici, soprattutto in Italia. Infatti, la filosofia senza la scienza è cieca; la scienza senza la filosofia è zoppa – sosteneva Einstein. La filosofia non si risolve nella scienza, è un'attività diversa, ma sembra molto difficile fare una buona filosofia in contrasto con la scienza, a meno che si persegua una filosofia teoretica svolta come mero vaniloquio e fondata su parole usate come pura energia sonora. O sostenere – lo faceva Martin Heidegger – che "la scienza non pensa", e che la scienza sia un'attività secondaria rispetto all'arte, alla poesia, alla letteratura. Al contrario, la tecnologia, se intesa nel senso originale di *téchne*, comprende la totalità della conoscenza umana, anche artistica.

I casi illustrati (ma se ne potrebbero aggiungere molti altri) dimostrano come non sia l'irrazionalità dei comportamenti ma piuttosto il sonno della ragione a generare mostri (Francisco Goya), ovvero, non è la ragione a fallire bensì l'intuizione quando non adeguatamente controllata. Talvolta essi potrebbero anche sembrare esempi di magia, non quella dei ciarlatani che dicono di avere superpoteri, bensì quella di chi usa solo il proprio talento per creare illusioni ed effetti che svelano in modo divertente come lavora la nostra mente. Provano come non sia facile applicare la ragione e quanto l'esercizio della razionalità sia un processo da praticare con continuità e perseveranza.

"Se a un bambino poniamo uno dei classici problemi di matematica delle scuole elementari (quanto perde una vasca da bagno se si aprono i rubinetti, per dirne uno) difficilmente sarà in grado di risolverlo spontaneamente; dobbiamo insegnargli a farlo. Lo stesso vale per la razionalità: bisogna insegnare come funziona e poi, naturalmente, ognuno ne farà quel che vorrà. A questo punto si potranno prendere decisioni libere, ma più consapevoli. Si potrà anche scegliere di violare le regole della razionalità, ma sapendo quel che si sta facendo, non violandole contro i propri interessi e inconsapevolmente. Questo ci consentirebbe di riappropriarci di un potere, anziché esserne vittime, e di fare delle nuove tecnologie, di questi nuovi strumenti di previsione, degli alleati e non dei «Grandi Fratelli». Siamo in momento di mutamento e – come diceva Friedrich Nietzsche – nei momenti di cambiamento la storia è un intralcio. Questo non significa essere contro la cultura umanistica, ma bisogna riconoscere che una formazione culturale troppo attenta alle «radici», tesa al passato, al richiamo identitario della cultura, può essere



controproducente nel momento in cui si deve costruire il nuovo. Il rischio è di reagire all'incertezza con la paura, anziché buttandosi coraggiosamente nel mare delle opportunità che questo momento di cambiamento ci offre”, questa è l'appassionata e articolata tesi di Simona Morini [15].


La sfida vera però dovrebbe consistere nel costruire un ponte fra il passato e il futuro. Uno degli elementi di grande qualità è il nostro passato, non da espellere ma da rivisitare. È anche noto che i leader che non mostrano pazienza verso la storia perdono una parte di verità essenziale. Una profonda comprensione del passato è uno degli strumenti più sofisticati che abbiamo nel disegnare il nostro futuro. Il grande studioso delle organizzazioni Alfred D. Chandler Jr. dichiarava: “Come potete sapere dove state andando se non sapete dove eravate?”. La storia serve anche quale potente strumento di soluzione di problemi, perché offre intuizioni pragmatiche, valide generalizzazioni, prospettive significative; è un modo per orientarsi nelle affollate mode manageriali e separare il rumore del momento da ciò che è veramente rilevante.

“È importante aumentare la conoscenza, contrariamente alla tendenza attuale a diminuirla, a trascurare i compiti educativi e formativi. Se esiste la possibilità, da parte degli esperti, di manipolare le nostre scelte, è chiaro che ciò diventa più difficile se conosciamo quegli strumenti esattamente come loro. Tanto più che non si tratta di strumenti particolarmente complicati. Mi piace ricordare la battaglia (persa, purtroppo!) che fece Bruno de Finetti per introdurre l'insegnamento della probabilità e della statistica nelle scuole secondarie del secolo scorso. Si tratta di un calcolo semplice, divertente ed estremamente utile nella vita di tutti i giorni. Gli psicologi hanno dimostrato che siamo pessimi nel valutare spontaneamente la probabilità, che non abbiamo la struttura mentale adatta perché, per istinto di sopravvivenza, abbiamo passioni che ci portano a temere determinate cose anche se non abbiamo ragioni fondate per farlo. Ma quando parliamo di *razionalità* parliamo di quello che *dovremmo* fare, non di quello che *facciamo!*”, sostiene ancora Simona Morini [15]. In altre parole, “ognuno deve essere regista della propria razionalità” – ammonisce l'esperta di comunicazione Emanuela Truzzi.

Al proposito, va ricordato anche l'impegno di Pascal Dupont che, alcuni decenni fa, tenne corsi e scrisse libri di aggiornamento per gli insegnanti su come si sarebbe dovuto insegnare il calcolo delle probabilità non solo nelle scuole medie inferiori e superiori, ma addirittura nelle elementari. L'obiettivo della proposta educativa di questi maestri, de Finetti e Dupont, era di insegnare agli adolescenti a pensare e agire in situazioni di incertezza, non solo per apprendere gli strumenti di calcolo ma anche, e soprattutto, per comprendere e ragionare.

Tornare al pensiero critico, conoscere per decidere è possibile e vitale, ma nella società della conoscenza l'ignoranza statistica (non capire i dati o essere sommersi da troppa informazione senza poter discernere) è un grave limite per i corpi sociali e per gli individui¹¹. Nel compiere le nostre scelte

¹¹ “Dov'è la saggezza che abbiamo perso nella conoscenza? Dov'è la conoscenza che abbiamo perso nell'informazione?” Le domande di Thomas S. Eliot (*The Rock*, 1934) offrono una base di riflessione critica circa la perentoria asserzione che con Internet possiamo



possiamo avvalerci degli strumenti capaci di “governare l’incertezza”, cioè il calcolo della probabilità e la capacità di pesare probabilità e utilità nelle decisioni. Da questo punto di vista, conoscere la verità è pur sempre interessante come ideale pedagogico-normativo, ma è meno rilevante nella pratica, giacché abbiamo gli strumenti per decidere anche *in assenza di certezze* [15]. Come in un gioco di magia, la probabilità rende possibili le certezze (cioè le decisioni) nelle incertezze. La ragione e il probabilismo, insieme, esaltano il senso di possibilità, e non sono forme di irrigidimento e strumentalizzazione, come invece molti letterati e filosofi vorrebbero farci credere. L’incertezza non si può eliminare, nondimeno si può controllare e governare.

In sintesi, nella nostra dipendenza dal determinismo e dalla linearità, abbiamo esagerato nel trascurare l’incertezza e la complessità. È necessario formare una nuova classe dirigente consapevole e in grado di promuovere lo sviluppo nell’ambito di una cultura della complessità, di una cultura cioè che non si può più riconoscere nell’alternativa tra saperi scientifico e umanistico.

Uno dei nostri patrimoni maggiori è l’etica del lavoro che consiste nella perizia, nel rigore, nel saper fare. Una sorta di capitale personale che viene esemplarmente intesa come “carattere degli italiani”, di gente che associa alla cultura tecnica e alla precisione anche l’esperienza e la fantasia inventiva. È il sistema-Italia che, purtroppo, non funziona da sistema integrato e integratore nel valorizzare i suoi pur numerosi talenti, competenze, o aree di eccellenza.

La letteratura offre innumerevoli esempi positivi da Italo Calvino a Primo Levi. Calvino, con tipico *understatement*, dichiara in un’intervista televisiva del 1979 “faccio lo scrittore”, manifestando così il suo amore per un mestiere, oltre che per una lingua semplice, che non ha bisogno di nessuna ricarica espressionista o di contorsioni retoriche per affermare la propria visibilità. E in un’altra intervista, sempre del 1979, rilasciata a *Le Monde* torna sul tema del rigore cui tende la sua parola scritta, che a volte pare così vicina a modelli logici o matematici: “In alcuni miei libri – confessa – la messa a punto della struttura mi ha impegnato più della scrittura stessa; mi sento sicuro soltanto se la costruzione su cui lavoro sta in piedi grazie alle sole proprietà del suo disegno”.

Se Calvino ha privilegiato nelle sue opere il rapporto mente-occhio, in Primo Levi è la manualità a prevalere, soprattutto nel celebre romanzo *La chiave a stella*. Levi, chimico e direttore di una fabbrica di vernici, scrisse una lode al lavoro ben fatto: “Amare il proprio lavoro, che purtroppo è privilegio di pochi, costituisce la prima approssimazione concreta alla felicità in questa vita”. Il suo Libertino (Tino) Faussone, protagonista del romanzo, è un operaio specializzato, monta gru in giro per il mondo. È un personaggio di fantasia, ma corrisponde anche a personaggi realmente esistenti.

raggiungere la saggezza. La regola dell’abbondanza, le comunità virtuali, la diminuzione dei costi di accesso, giustificano il profluvio di siti Web. I problemi che ne derivano riguardano l’enorme quantità di informazioni disponibili e, in molti casi, anche la disinformazione e la propaganda. Troppo spesso la grande ondata di dati diventa un carico eccessivo da sopportare, con conseguente pericolo di confusione e superficialità.


Il gusto del manufatto, cioè il saper fare, è atto creativo, la cui ipostatizzazione può essere considerata la saggezza pratica, o *phrónesis*, che nell'*Etica nicomachea* di Aristotele significa conoscere ciò che dovrebbe essere fatto efficacemente e utilmente. La fronesi richiama l'*epistème*, ossia conoscere il perché, e la *téchne* corrispondente al know how, che gli anglo-americani tanto amano e, coerentemente, applicano. D'altronde, l'eccellenza non si risolve in un singolo atto, ma è un'abitudine: ognuno di noi non è quello che dice di essere, bensì quello che fa ogni giorno.

Risulta difficile capire come si possa vivere in un mondo permeato di scienza e tecnica dicendo che la tecnologia è essa stessa una truffa o che "gli ingegneri o i tecnici non vivono né pensano, ma funzionano!" Oppure apprezzare il relativismo di Nietzsche, secondo cui non esistono fatti ma solo interpretazioni, slogan al quale si ispira praticamente tutta la metafisica italiana di scuola continentale. Questa discrepanza – denominata dissonanza cognitiva¹² dallo psicologo Leon Festinger – vale non solo per l'attacco alla scienza, ma anche per l'antirealismo e la critica della logica. Il sapere nostalgico, i ricordi viziati da *bias* di memoria, la tendenza a considerare il passato migliore del presente – gli psicologi cognitivisti usano la locuzione "retrospezione rosea" – e il presente o il futuro corrotti sono altre facce della retorica dell'antiscientismo. Scienza e tecnica possono risolvere molti problemi della società e devono farlo; ma leader politici, istituzioni e cittadini devono farsi carico di trovare la soluzione e attuarla concretamente.



**Unitarietà delle culture:
La scuola di Atene di Raffaello**

¹² Ovvero, se un fatto smentisce le credenze, si cerca di trovare prove che aiutino a rinforzarle, piuttosto che accettare l'evidenza.



Le riflessioni interdisciplinari e metodologiche di questo articolo rappresentano un tentativo per dimostrare che fra cultura umanistica e cultura tecnico-scientifica devono sussistere ponti, non barriere. Naturalmente i ponti possono essere molteplici, come quello recentemente proposto da Eric Kandel, altro premio Nobel. Nella sua ultima opera *L'età dell'inconscio*, Kandel si prefigge di definire i fondamenti biologici della creatività e di ciò che oggi, utilizzando gli strumenti delle neuroscienze, gli specialistici definiscono neuroestetica. Del resto, sono ben noti i legami tra geometria e arti figurative, a partire da Fidia, con l'applicazione della sezione aurea.

Quanto discusso si riferisce solo ed esclusivamente al problema della conoscenza del mondo naturale, non alle tantissime altre esigenze del *Sapiens*, riconducibili alle emozioni e agli stati d'animo, che potranno sempre giustificare interessi e curiosità d'altro tipo. Ancora Italo Calvino ricordava come l'amico Gianni Rodari avrebbe detto, con la nota e icastica concretezza, che "un Fantasia [la fantasia] e un Ragioniere [la ragione] galoppiano insieme per una strada solitaria..."

In conclusione, sembra inconcepibile sostenere che scienza e umanesimo siano in antitesi, in quanto entrambi sono frutto dell'intelletto umano. E poi, non solo è inutile ma è del tutto controproducente nella società della conoscenza erigere steccati tra saperi disciplinari diversi: il caso Italia ce lo testimonia in tutta evidenza ormai da troppi decenni.

Ringraziamenti

Sono grato agli ingegneri Luigi Pignatelli e Giancarlo Pirani, nonché a un anonimo revisore, che con acume e perizia hanno commentato il manoscritto.

La critica più capziosa che si possa fare di un'opera (non solo letteraria) è che "in essa si trova del nuovo e dell'interessante, ma quel che è nuovo non è interessante e quel che è interessante non è nuovo" (Samuel Johnson, Charles Darwin, Gioacchino Rossini e altri). Certamente, poco in quest'articolo è originale; spero, tuttavia, che si possa dire che quel poco è stato presentato in modo organico e stimolante, con un linguaggio rigoroso nelle sue parti più tecniche. Se l'obiettivo non è stato conseguito, la responsabilità è solamente mia.

Riquadro 1 – Crescita esponenziale ed equazione delle ninfee

Per illustrare il concetto di crescita esponenziale è utile ricorrere al seguente quesito che, oltre ad avere una formulazione accattivante, è anche un esempio di applicazione del pensiero laterale. Questo indovinello, immaginifico, poetico ed espressivo allo stesso tempo, è utilizzato dagli insegnanti francesi per mostrare visivamente agli allievi la natura della crescita esponenziale.

“In uno stagno c’è una foglia di ninfea; ogni giorno il numero delle foglie si raddoppia: due foglie il secondo giorno, quattro il terzo, otto il quarto e così via. Se lo stagno si riempie di foglie il trentesimo giorno, quando sarà ricoperto per la metà?”

La risposta per la maggior parte di noi è istintiva: la metà di trenta, cioè dopo quindici giorni. La risposta corretta è però il ventinovesimo giorno, perché se il raddoppio avviene ogni giorno, lo stagno è ricoperto per la metà il giorno prima del trentesimo. Il trucco della soluzione sta nel ragionare procedendo a ritroso dall’ultimo giorno, anziché in avanti partendo dal primo.

Riquadro 2 – Ignoranza del rischio e *bias di conferma*

Secondo un influente studio del 2000 dell’*Institute of Medicine* (IOM), negli ospedali statunitensi fra 44.000 e 98.000 pazienti muoiono ogni anno a causa di errori e incidenti legati all’intervento medico*. E ancora, in Italia le vittime del tabacco per cancro polmonare e disturbi cardiaci sono annualmente alcune decine di migliaia, quelle per incidenti automobilistici alcune migliaia. Gli atti di terrorismo internazionale, invece, hanno finora prodotto un numero di vittime decisamente inferiore in tutto il mondo. Ho riportato questi pochi ma eloquenti dati sul rischio, solo con l’obiettivo di rappresentarne la significatività, senza intendimenti di colpevolizzazione o logiche giustificatorie.

Sfortunatamente, molti – esperti inclusi – si comportano come farebbe l’ubriaco seguente. Un tizio che ha molto bevuto deve decidere se può guidare o no per tornare a casa. Egli ragiona che nel corso della sua vita ha guidato per circa 20.000 volte senza mai incorrere in incidenti seri. Così, sulla base di questo significativo campione di casi documentabili, si mette al volante. Scelta sbagliata perché la dimensione del suo campione in realtà è zero. Le altre 20.000 volte che ha guidato non contano dato che era sobrio. Il punto è che non siamo costituzionalmente adeguati a valutare l’entità del rischio anche perché tendiamo a scegliere accuratamente i dati che confermano la nostra opinione ignorando tutti gli altri (*bias di conferma*).

* Il linguaggio specialistico definisce “iatrogeni” questi errori, benché la classe medica, per ragioni comprensibili ancorché non giustificabili, sia restia ad ammetterli e divulgarli.

Riquadro 3 – Il paradosso del compleanno

In teoria della probabilità, il problema o paradosso del compleanno riguarda la probabilità che almeno due persone di un gruppo compiano gli anni lo stesso giorno (non è necessario che gli anni di nascita coincidano). Il paradosso, proposto nel 1939 da Richard von Mises – da non confondere con Ludwig von Mises, uno dei fondatori del liberismo economico – sta nel fatto che la probabilità cercata è molto maggiore di quanto l'intuito farebbe apparire. Infatti, già in un gruppo di 23 persone la probabilità è del 50%; con 30 persone supera il 70% e il 97% con 50; il 99% di probabilità si raggiunge con 57 persone. Si arriva all'evento certo con almeno 367 persone per il principio della piccionaia o delle cassette postali (e per tenere conto della possibilità di anni bisestili). La dimostrazione analitica della soluzione è reperibile in letteratura a diversi livelli di approfondimento, anche se raccomando [16] per la completezza della trattazione (oltre che per altri stimolanti quesiti probabilistici).

Questo problema ha consentito la realizzazione di un famoso attacco crittanalitico, l'attacco del compleanno, che utilizza i risultati di probabilità del paradosso per decrittare il messaggio cifrato, ossia codificato in modo segreto [19]*.

* La crittologia moderna comprende due branche: la crittografia e la crittanalisi. La prima inventa nuovi metodi e algoritmi per proteggere l'informazione o per garantire l'autenticità di un messaggio o la sua integrità, mentre la crittanalisi escogita metodi per forzare, illecitamente o a scopo di test, uno schema cifrato. Indicativamente, possiamo considerare Claude Shannon e Alan Turing i padri fondatori, rispettivamente, della crittografia e della crittanalisi contemporanee.

Riquadro 4 – Il problema dei tre prigionieri


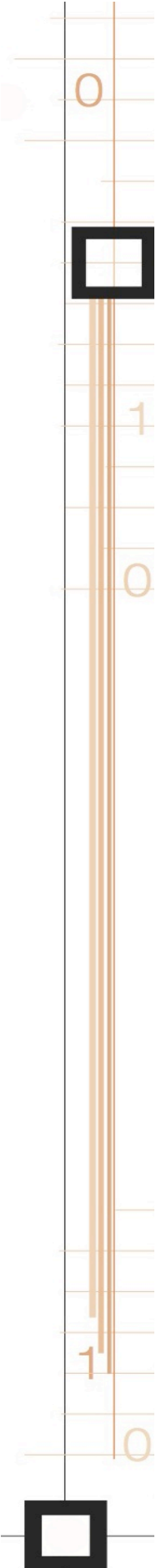
Una curiosa variante del problema delle tre porte è: "Tre prigionieri condannati a morte vengono informati da un secondino che due fra loro, scelti a caso, saranno graziati. Uno di loro chiede al secondino di sapere privatamente quale dei suoi compagni sarà graziato. Il secondino però si rifiuta di dare l'informazione, sostenendo che in questo modo la probabilità di essere giustiziato del prigioniero curioso salirebbe da $1/3$ a $1/2$, perché resterebbero due condannati dal destino incognito. È corretto il ragionamento?"

Lascio la soluzione ai lettori, che, dopo l'ampia discussione sulla versione classica del problema, non avranno certamente difficoltà a trovarla.



Bibliografia

- [1] AA. VV.: Un governo di Politecnici. *IL – Il maschile del Sole 24 Ore*, n. 46, novembre 2012.
- [2] Barabási A.-L.: *Lampi. La trama nascosta che guida la nostra vita*. Einaudi, 2011; vedere anche <http://barabasilab.neu.edu/networksciencebook/>.
- [3] Camussone P.F.: Ignoranza informatica: quanto pesa quella degli specialisti. *Mondo Digitale – Rassegna critica del settore ICT*, anno X, n. 38/39, giugno-settembre 2011, pp. 39-55.
- [4] Cannata M., Luvison A.: Le sfide della competitività: quale destino per i saperi tecnologici? *AEIT*, vol. 98, n. 7/8, luglio-agosto 2011, pp. 48-52.
- [5] Demichelis L.: *Società o comunità. L'individuo, la libertà, il conflitto, l'empatia, la rete*. Carocci, 2010.
- [6] Giorello G.: Se una notte d'inverno un mentitore. Introduzione a Doxiadis A., Papadimitriou C.H.: *Logicomix*. Guanda, 2010.
- [7] Editorial: Murky manoeuvres. *Nature*, vol. 491, 1 November 2012, p. 7; and Nosengo N.: L'Aquila verdict row grows. *Ibid.*, pp. 15-16.
- [8] Feller W.: *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*. Wiley, vol. I (3rd ed.), 1970, vol. II (2nd ed.), 1971.
- [9] Gigerenzer G.: *Quando i numeri ingannano*. Cortina, 2003.
- [10] Ioannidis J. P.A: Why most published research findings are false. *PloS-Medicine*, vol. 2, n. 8, August 2005, pp. 696-701.
- [11] Kahneman D.: *Thinking, Fast and Slow*. Penguin, 2012. Tr.it.: *Pensieri lenti e veloci*. Mondadori, 2012.
- [12] Luvison A.: Reflections on the Information Society and related technologies. In *Proc. 7th International Conference on Advances in Communications and Control (COMCON 7)*, Athens, Greece, 28 June–2 July 1999, pp. 29-40.
- [13] Luvison A.: Strategie di business innovation: il valore della rete. In Cannata M., Pettineo S. (a cura di): *Manager e imprese di fronte al cambiamento. Strategie e strumenti*. Ebook della Fondazione Idi-Istituto Dirigenti Italiani, 2012, pp. 245-263; <http://www.fondazioneidi.it/web/guest>. La prima versione è apparsa come Luvison A.: Il vantaggio del valore. *Technology Review* (Edizione italiana), anno XIV, n. 6, novembre-dicembre 2001, pp. 34-45.
- [14] Luvison A.: Teoria dell'informazione, scommesse, giochi d'azzardo. *Mondo Digitale – Rassegna critica del settore ICT*, anno XI, n. 42, giugno 2012, pp. 1-16.
- [15] Morini S.: Dalla logica dell'incerto alla scienza dei numeri. Relazione di inquadramento al Convegno CSI-Piemonte *Governare l'incertezza: le scienze e la sfida della previsione*, Torino, 5 novembre 2009; http://www.csipiemonte.it/convegni_scientifici/2009/interventi/index.shtml.
- [16] Mosteller F.: *Fifty Challenging Problems in Probability with Solutions*. Dover, 1987.

- 
- 
- [17] Motterlini M.: *Trappole mentali. Come difendersi dalle proprie illusioni e dagli inganni altrui*. Rizzoli, 2008.
- [18] Nedkov P., Occhini G., Filippazzi F.: *Young Talents in Informatics: An Aica – IT STAR Survey*. AICA, 2012.
- [19] Paar C., Pelzl J.: *Understanding Cryptography: A Textbook for Students and Practitioner*. Springer, 2010.
- [20] Reed D.P.: The law of the pack. *Harvard Business Review*, vol. 79, n. 2, February 2001, pp. 23-24.
- [21] Sexton J.: State of the world's science. *Scientific American*, vol. 307, n. 4, October 2012, pp. 36-40; and The Editors: Scorecard: The world's best countries in science. *Ibid.*, pp. 44-45.
- [22] Schwartz M.: Some thoughts on the communications field—The past and the present. *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, n. 12, December 2012, pp. 3150-3151.
- [23] Stokes D.E.: *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press, 1997.
- [24] VV. AA.: Special Report on "Reinventing America". *Harvard Business Review*, vol. 90, n. 3, March 2012.
- [25] VV. AA.: Spotlight on "Big Data". *Harvard Business Review*, vol. 90, n. 10, October 2012.

Biografia

Angelo Luvison, laureato in Ingegneria elettronica nel 1969 al Politecnico di Torino, si è perfezionato in teoria statistica delle comunicazioni al MIT e in management aziendale all'INSEAD-CEDEP di Fontainebleau. È consigliere di Federmanager Torino, in particolare per la formazione permanente dei dirigenti. È stato professore di *Teoria dell'informazione e della trasmissione* all'Università di Torino. Per più di trent'anni in CSELT, ha svolto ricerche – anche in collaborazione con partner internazionali – in teoria delle comunicazioni, reti di fibre ottiche ad alta velocità, società dell'informazione. Ha ricoperto la posizione di segretario generale dell'AEIT. Detiene sette brevetti ed è autore o coautore di oltre 170 articoli, uno dei quali è stato ripubblicato nel volume celebrativo *The Best of the Best* (2007) della IEEE Communications Society.

Email: angelo.luvison@alice.it