

Marco Li Calzi

Le parole dell'incertezza

In un volume di recente pubblicazione (*La matematica dell'incertezza*, 2016), abbiamo raccolto sei conversazioni su alcuni incroci fra la matematica del probabile e le vicende umane. Qui, invece, esploriamo origine e connotazioni di alcune parole con le quali sono intessute le trame che stendiamo sull'ordito dell'incertezza che pervade le nostre azioni e la nostra esistenza. Il percorso segue quattro passeggiate aleatorie (v. *infra*). La prima si sofferma sui nomi con i quali l'incertezza è stata riconosciuta; la seconda sulle parole con le quali abbiamo appreso a rappresentarla matematicamente; la terza sui termini con i quali cerchiamo di misurarla e valutarla; la quarta su alcuni vocaboli con i quali tentiamo di delimitare i suoi effetti nella vita quotidiana. Accanto a ciascuno di questi nomi, riportiamo dal *Dizionario etimologico della lingua italiana* (1999) il significato per il quale lo evochiamo e l'anno per il quale ne è attestato con certezza l'uso nella lingua italiana.

1. Dal dado al dato

È **aleatorio** ciò che “dipende dalla sorte, dal caso” (1587). Le nostre quattro passeggiate sono aleatorie perché sono state costruite combinando l'intenzione di seguire un percorso coerente con le suggestioni casualmente evocate dall'etimologia e dai collegamenti fra le parole prescelte. Ogni passeggiata in montagna ha un punto d'inizio e uno di arrivo, ma non è possibile prevedere quale fiore attirerà la nostra attenzione o se uno squarcio di panorama ci inviterà a una deviazione imprevista. La successione logica di ciò che mi appresto a scrivere è chiara nella mia mente come la partenza e l'arrivo di una passeggiata in montagna, ma delle esatte parole che userò posso simultaneamente affermare che sono inattese e che sono scelte da me. Ispirazione e pianificazione si sovrappongono in modi intricati durante un atto creativo. La moderna *musica aleatoria* disgiunge consapevolmente questi due momenti quando il compositore rimette alcuni elementi fondamentali al caso o alle libere decisioni dell'esecutore.

Per i Romani *ālea* indicava il 'gioco dei dadi' ma anche 'rischio, pericolo, incognita'. Giocare con i dadi è una tipica situazione nella quale il successo o l'insuccesso è imputato alla sorte. Il lancio dei dadi, anzi, è spesso usato per richiamare alla mente gli effetti del caso: la mano che getta il dado controlla quando l'oggetto cade, ma non la faccia che apparirà. Meno noto è che **dado** deriva dal participio passato latino *dātum* ('dato, gettato'), così che “lanciare un dado” in fondo non è altro che un modo più elegante di “gettare qualcosa che si getta”. È quando la mano lo rilascia e inizia la sua caduta che il dado scagliato sembra assumere vita propria.

Questa immagine alimenta il significato della parola **caso**, che discende dal latino *cāsum* (da *cādere*) e denota sia l'“avvenimento imprevisto, la circostanza fortuita” (av. 1313) che si manifesta al termine della caduta, sia la

“causa misteriosa e remota degli avvenimenti umani” (1505) che alla caduta presiede. L’antinomia fra caso e necessità proposta da Democrito nel suo frammento “*tutto ciò che esiste nell’universo è frutto del caso e della necessità*” può essere interpretata come l’apposizione di un confine fra l’azione necessaria per scagliare il dado e il caso che ne accompagna la discesa fino a quando non tocca terra. Ma questa passeggiata aleatoria si è avvicinata troppo al ciglio di un precipizio. È tempo di tornare verso il sentiero principale, più pianeggiante e facile da percorrere.

Le persone, in generale, non sono sempre a loro agio quando devono trattare con il caso. Alcuni addirittura equivocano l’interpretazione di una situazione aleatoria. Per esempio, la funzione *Shuffle* di un lettore MP3 riproduce i brani in ordine casuale. Quando questa funzione fu introdotta dalla Apple nell’iPod, gli utenti si lamentarono che non funzionava bene perché capitava che due canzoni consecutive avessero lo stesso interprete o che provenissero dallo stesso album. Ma qualche ripetizione è proprio ciò che dovremmo aspettarci scegliendo a caso! Steve Jobs rispose ai commenti ricevuti facendo modificare l’algoritmo di selezione, in modo da “*renderlo meno casuale per farlo sembrare più casuale*”.

Il nostro difficile rapporto con il caso si manifesta quando vi ricorriamo per aiutarci a tenere celate le nostre intenzioni. Nessun bambino gioca a rimpiattino nascondendosi sempre nello stesso posto: anzi, se vuole che il suo nascondiglio sia davvero difficile da indovinare, è bene che scelga a caso dove andare a rimpigliarsi. Analogamente, nessun calciatore tira tutti i rigori sempre allo stesso modo e nessun portiere cerca di pararli tuffandosi sempre dallo stesso lato. Per giocare al meglio, conviene cercare di rendersi imprevedibili all’avversario proprio come accadrebbe se uno decidesse che cosa fare in base al lancio dei dadi. Tuttavia, quasi nessuno si sentirebbe a suo agio se dovesse dichiarare di avere scelto “a caso” dove nascondersi o dove tirare il calcio di rigore decisivo.

Il caso occupa una posizione centrale anche nel dibattito moderno sui fondamenti della fisica. La visione deterministica del mondo è efficacemente riassunta da Pierre-Simon Laplace: “*Possiamo considerare lo stato attuale dell’universo come l’effetto del suo passato e la causa del suo futuro*”. A questa si contrappone il principio di incertezza di Werner Heisenberg, secondo il quale esistono limiti intrinseci alla precisione con cui possiamo conoscere lo stato dell’universo. La controversia fra le due visioni è ben rappresentata in un celebre batti-e-ribatti fra due celeberrimi fisici: ad Albert Einstein che insisteva nel sostenere che “*Dio non gioca a dadi!*”, Niels Bohr rispose “*Einstein, smetti di dire a Dio che cosa deve fare*”. Molti anni dopo, riferendosi ai buchi neri, Stephen Hawking ha aggiunto la postilla che “*non soltanto Dio gioca certamente ai dadi, ma qualche volta li getta anche dove non possono essere visti*”.

Un’interessante mediazione fra caso e necessità si trova nella nozione matematica di **caos**, dal greco *chaós* con il significato comune di “originario stato di disordine della materia nel periodo antecedente alla formazione del mondo” (av. 1321). Nella moderna rivisitazione matematica, il caos è la proprietà che contraddistingue “i sistemi dinamici dove variazioni anche minime nelle condizioni iniziali provocano grandi differenze nell’evoluzione successiva”, impedendo di prevederne il comportamento in modo dettagliato. Nell’immaginario collettivo, è ben nota la semplificazione che il battito di ali di una farfalla in Cina (quanta differenza potrà mai fare?) sia l’unica microscopica differenza a valle della quale si generi una tempesta in Amazzonia. Se non è possibile descrivere o tantomeno conoscere ben oltre la cinquantesima cifra decimale di qualsiasi misurazione, il mondo potrebbe anche essere retto da una legge deterministica, ma ai nostri occhi apparirebbe

imprevedibile. Con mirabile coincidenza, il passaggio dal «caso» al «caos» richiede il mero scambio di due lettere adiacenti: una variazione minima nella grafia produce una grande differenza di significato.

La contiguità fra caso e necessità si ripropone in biologia. Il caso governa l'emergere delle mutazioni mentre la necessità presiede all'invarianza nelle molteplici repliche di una struttura genetica, "conservando il caso" (Monod, 1971) e in tal modo permettendo alla selezione naturale di esercitare i suoi effetti. Secondo l'efficace battuta del biologo Francis Crick, uno degli scopritori della doppia elica del DNA, "il caso è l'unica fonte di vera novità".

Il caso, convenientemente mascherato dietro l'aggettivo «aleatorio» fa capolino persino nel nostro Codice civile, che agli artt. 1448, 1469 e 1472 menziona espressamente la figura dei contratti aleatori, nei quali alcuni dettagli dell'accordo preso fra le parti sono rimessi al verificarsi di un evento incerto. L'esempio tipico è il contratto di assicurazione, per il quale l'**alea** non è più semplicemente il "normale grado di incertezza economica insito in un negozio giuridico" (1673), ma ne diventa un elemento caratterizzante. Il Codice civile tratta il caso con molta circospezione: mentre nell'art. 1321 ha cura di definire *more geometrico* che un contratto è «l'accordo di due o più parti per costituire, regolare o estinguere tra loro un rapporto giuridico patrimoniale», nulla ci dice di che cosa esattamente si debba intendere per «aleatorio» ai fini giuridici. Se il Codice civile fosse un trattato di geometria, dovremmo lamentare che è stata omessa una definizione. Più generosamente, ci limitiamo a suggerire che il legislatore abbia riconosciuto che il caso è parte delle vicende umane di cui il Codice si occupa, senza poterne imbrigliare la natura in una definizione ufficiale.

Bisogna aggiungere che il legislatore ha dedicato un'attenzione particolare verso alcune situazioni aleatorie. L'art. 1933 dichiara che la legge non tutela il gioco d'azzardo né le scommesse, salvo il caso speciale che il perdente sia incapace di prendere decisioni consapevoli. I due articoli successivi presentano le eccezioni a questo principio, che non si applica alle "lotterie legalmente autorizzate" e alle scommesse associate ai "giochi che addestrano al maneggio delle armi, le corse di ogni specie e ogni altra competizione sportiva". Qui diventa più difficile non sospettare considerazioni pratiche: pur se il legislatore non ha offerto una definizione di che cosa sia il caso, si è preoccupato di dichiarare esplicitamente che ad esso si può fare ricorso per alimentare specifiche forme di gioco d'azzardo, eventualmente dopo avere ottenuto legale autorizzazione.

Tornando ai nomi, la contrapposizione fra caso e necessità aleggia intorno alla **sorte**, con cui indichiamo la "forza misteriosa e sovrumana che si immagina presiedere agli avvenimenti umani e regolarne lo svolgimento" (av. 1321). A questa accezione fa contrasto l'espressione **a sorte**, "a caso" (av. 1492) che discende dal latino *sörtem* ('tafoletta di legno per tirare a sorte'). Di questa contiguità fra la sorte che presiede agli avvenimenti umani e la loro (apparente?) imprevedibilità si fanno schermo gli autori barocchi del Seicento: nelle prefazioni alle loro opere letterarie, sovente inseriscono avvertenze come questa: "*Chiunque avrà sano giudizio e sarà versato nelle forme poetiche intenderà per Fato, Fortuna, Destino, Sorte [...] le seconde cagioni ministre della Somma Provvidenza*" (Giovan Battista Marino, *La Lira*, 3a parte, Venezia 1625). Lo scopo evidente di tutelarsi dal rischio di attirare le attenzioni della Santa Inquisizione non è molto diverso da ciò che oggi informa l'avvertenza al termine di un romanzo o di altre opere dell'ingegno che "ogni riferimento a persone esistenti o a fatti realmente accaduti è puramente casuale". Il caso riappare, impreziosito da un "puramente" che — preso alla lettera — esclude che soltanto l'autore sia artefice della sua opera.

Un termine che è stato usato con significati molto diversi è **fortuna**, che oggi intendiamo principalmente nel senso di “sorte favorevole” (av. 1321) ma che in passato era usata anche per “burrasca, tempesta” (1250). Di questo secondo uso ci è rimasta memoria in espressioni come “fortunale” o (anche se qui la dottrina è divisa) “mezzo di fortuna”. Nel *Cimbelino* William Shakespeare combina magistralmente l’ambivalenza semantica nella frase “*la fortuna riporta a casa alcune navi senza nocchiero*”. Ancora nel 1684-1689 Jakob Bernoulli scrive *l’Ars coniectandi*, prima e celeberrima monografia sulla teoria della probabilità, la fortuna è ancora abbastanza cieca che Bernoulli può utilmente distinguere fra *fortuna prospera* e *fortuna adversa*, a seconda che l’incertezza di cui si discute si risolva in modo favorevole o sfavorevole. Successivamente, prevarrà l’accezione positiva e la sfortuna farà capolino come negazione della fortuna. Sui rapporti tra fortuna e superstizione, ci limitiamo a ricordare un aneddoto attribuito a Niels Bohr, che abbiamo incontrato sopra alle prese con Einstein: al collega che, stupitosi per il ferro da cavallo appeso sopra l’uscio della sua casa, gli disse: “*Professor Bohr, ma non crederà davvero che porti fortuna!*”, il fisico rispose: “*No, ovviamente non ci credo; ma sembra che funzioni anche se non ci si crede.*”

Invece di un’ambivalenza, l’aggettivo **stocastico** può vantare addirittura un’inversione di significato. Derivato dal greco *stóchos* (‘bersaglio’), l’espressione inizia la sua strada per qualificare chi o ciò “che mira bene, che sa congetturare” fino a diventare un sinonimo di “congetturale” nella lingua inglese. Agli inizi del XX secolo, prima in tedesco e poi nella lingua inglese, il riferimento alla congettura cede il passo al caso e stocastico diventa sinonimo per “dovuto al caso, aleatorio”. Nella lingua italiana, la prima attestazione (1955) è accreditata a Bruno de Finetti, uno fra i massimi esponenti di un’interpretazione della probabilità legata ai problemi di decisione.

Le ultime due parole in questa sezione sono participi passati che hanno preso vita propria. Fratello germano del dado è il **dato**, anch’esso disceso dal latino *dātum* (‘dato, gettato’) per designare ciò che è “certo, determinato, stabilito” (av. 1348). Ai fini dell’incertezza, abbiamo già discusso come il dado assuma le connotazioni più interessanti mentre è in movimento, all’inizio del lancio e durante la caduta. Il dato, invece, emerge e diventa permanente quando ciò che è scagliato raggiunge lo stato di quiete al termine della sua traiettoria.

Un piccolo scambio di consonante conduce dal dato al **fato**, che risale al latino *fātum* (‘pronunziato, detto’). Per gli antichi, esso rappresenta la “legge eterna e ineluttabile, che regola e domina senza contrasto la vita dell’universo” (1304), spesso concepita come espressione di una necessità superiore alla quale devono sottostare anche gli dei. L’uso alternativo del termine nel senso di “destino, caso, fatalità” (av. 1332) sposta l’attenzione dalla causa ai suoi effetti.

2. Propensione e attendibilità

I matematici sono debitori affidabili: quando aprono il dizionario per farsi imprestare una parola, la ritornano arricchita di un nuovo significato. Per esempio, accanto alle assi (di legno) i matematici hanno accatastato gli assi (cartesiani). Analogamente, l’idea di probabilità riferita a “ciò che ha carattere di probabile” (av. 1540) esisteva ben prima che i matematici ne proponessero una loro definizione nel senso di “misura in cui si giudica che un avvenimento sia realizzabile o probabile” (av. 1758). Oggi prevale l’accezione

quantitativa, che riporta l'idea di probabilità a una teoria matematica o a tecniche di calcolo applicate a valori numerici. La storia dei significati del termine "probabile", arricchita da una piccola escursione oltralpe, aiuta a illustrare le due principali interpretazioni del concetto matematico.

Accade piuttosto spesso che la probabilità sia percepita come una proprietà fisica. Per esempio, se qualcuno afferma che una moneta ha probabilità 50% che esca testa, si tende a pensare che questo valore della probabilità sia stato fuso nella moneta al momento di coniarla. Questa è l'interpretazione oggettiva (o frequentista), secondo la quale la probabilità di un evento è una caratteristica intrinseca che sotto certe condizioni possiamo determinare con un ottimo grado di approssimazione. Ma c'è un'altra interpretazione. Supponiamo che, dopo avere enunciato che la moneta ha probabilità 50% di far uscire testa, una persona lanci la moneta 100 volte e ottenga sempre croce. La persona inizierà a dubitare della sua affermazione precedente e a sospettare che la moneta potrebbe non essere perfettamente bilanciata. Tuttavia, la moneta è rimasta la stessa. Ciò che è cambiato è soltanto l'opinione che la persona ha della moneta dopo aver osservato l'esito di 100 lanci consecutivi. Nell'interpretazione soggettiva, la probabilità è uno stato mentale e non una proprietà fisica.

La differenza fra queste due interpretazioni ricorre continuamente nella storia della nozione matematica di probabilità. Per esempio, nell'*Exposition de la théorie des chances et des probabilités* (1843), Augustin Cournot chiama *chance* la propensione di un evento a verificarsi (intesa come proprietà oggettiva) e *probabilité* l'attendibilità con la quale una persona ritiene che un evento si sia verificato o si verificherà. L'etimologia dei due vocaboli è rivelatrice. **Chance**, che nella nostra lingua designa la "possibilità di successo" (1892), richiama un vocabolo francese (attestato già alla fine del secolo XII) con la stessa origine dell'italiano *cadenza* (in origine 'caduta', poi 'caduta dei dadi'). L'implicito richiamo a forze estranee all'intenzione del lanciatore (ma potenzialmente oggettive) è facilmente riconoscibile. Dal latino *probabilem*, invece, **probabile** richiama sia ciò che è "credibile, verosimile, in base ad argomenti abbastanza sicuri" (av. 1292) sia ciò "che si può approvare" (av. 1342). In entrambi i casi, l'espressione fa riferimento alle opinioni soggettive di una persona.

Alla prima accezione, che associa *probabile* e *attendibile*, fa riferimento Boezio quando scrive nel *De differentiis topicis* che è "probabile quanto appare a tutti, o a molti, o ai dotti e ai sapienti, e tra costoro ai più stimati e insigni, o a coloro che in qualche arte siano divenuti esperti". La seconda accezione, oggi desueta, dà conto delle parole di Lady Roxana quando, nell'omonimo romanzo di Daniel Defoe, commenta le generose proposte del suo padrone di casa (interessato a conquistarne le grazie) dicendo che "questa era la prima prospettiva che avessi di vivere davvero confortevolmente, ed era un modo molto probabile." La stessa accezione scioglie il dubbio che coglie un lettore moderno davanti ad una nota nella *Storia del declino e della caduta dell'impero romano*, dove Edward Gibbon chiosa a proposito di un episodio storico riportato da un'altra fonte che "questo è probabile, ma indubbiamente falso."

Una distinzione, molto grossolana ma utile, attribuisce alle scienze fisiche l'uso delle probabilità in senso oggettivo, per esempio nella meccanica statistica o nella fisica quantistica. La probabilità soggettiva, nel senso di attendibilità, è invece al centro delle vicende umane. Per esempio, un processo giudiziario può essere interpretato come una procedura per determinare se l'attendibilità di un'accusa sia sufficientemente alta da giustificare un verdetto di condanna. Nei telefilm americani, il giudice ammonisce la giuria a chiedersi se la colpevolezza sia stata acclarata "oltre ogni ragionevole dubbio". Nel nostro Codice Penale, "quando [la prova]

manca, è insufficiente o è contraddittoria” il giudice è tenuto ad applicare la presunzione di non colpevolezza e ad assolvere l'imputato. Analogamente, una diagnosi medica comporta un giudizio di attendibilità sull'evidenza disponibile: se questa non è sufficiente, il medico può chiedere nuovi test o la ripetizione di alcune analisi. Si noti che nemmeno le più moderne procedure investigative alle quali si ispirano alcune recenti serie televisive sono affidabili al 100%: persino le tecniche di identificazione genetica (come il *DNA fingerprinting*) offrono soltanto un'elevata probabilità di identificare correttamente un individuo.

Nell'interpretazione soggettiva della probabilità, uno dei modi più diretti per soppesare l'attendibilità che una persona attribuisce a un evento è la costruzione di una scommessa. In un romanzo di Anthony Trollope, Mr. Moulder esclama: “Che se ne fa uno della propria opinione se non ci scommette sopra?” Dal latino *commettere* con il prefisso *s-*, l'originale significato di **scommettere** è “disunire cose o parti commesse fra loro” (1310), che nell'uso moderno diventa “fare una previsione fra due o più persone, impegnandosi reciprocamente a pagare una data somma o a soddisfare un certo impegno, secondo che il risultato dell'evento su cui si discute dimostrerà esatte o inesatte le previsioni degli uni o degli altri” (1640). L'entità di denaro o d'impegno che si è disposti a mettere in gioco è direttamente legata alla probabilità che si attribuisce all'evento.

Nel gioco d'azzardo, la conoscenza del calcolo delle probabilità consente di determinare quale lato della scommessa offra i termini migliori. Chi sa calcolare correttamente le probabilità non è sicuro di vincere, ma può selezionare le scommesse più redditizie. I giocatori d'azzardo più abili si sforzano d'imbrigliare matematicamente il caso, mossi dal desiderio di vincere più spesso degli altri. Non a caso (perdonate il bisticcio) il primo matematico a cercare di mettere ordine nella matematica delle scommesse fu un famoso giocatore d'azzardo: nel XVI secolo Girolamo Cardano scrisse un libro (pubblicato postumo nel 1663) sulle probabilità nel gioco dei dadi. Un altro giocatore d'azzardo, il cavaliere de Méré, nel 1654 propose a Blaise Pascal un quesito probabilistico aperto da almeno due secoli, dal quale prese avvio una celebre corrispondenza fra Pascal e Pierre Fermat che è tradizionalmente considerata l'atto di nascita del calcolo delle probabilità.

I casinò o le *slot machines* fanno affidamento sulla matematica per essere certi di offrire scommesse sfavorevoli ai loro clienti. Qualcuno di loro può occasionalmente vincere a titolo individuale, ma nel complesso è pressoché certo che l'insieme dei giocatori perderà denaro. Per esempio, nei casinò europei, ogni puntata di 100 euro ne lascia al banco in media 2,70. La stessa matematica che tutela i profitti del casinò può essere usata per dimostrare l'inefficacia delle convolute strategie con le quali alcuni giocatori dilettanti sostengono di potersi infallibilmente assicurare un guadagno. La più comune fra queste era nota fra i giocatori con il curioso nome di **martingala**, termine di difficile etimologia che i matematici hanno successivamente preso a prestito (Mansuy, 2005).

Per un giocatore d'azzardo, la martingala più semplice consiste nella strategia di puntare una somma fissa su un evento molto probabile (per esempio, “rosso” alla roulette) e continuare a raddoppiare la puntata sul “rosso” fino a quando non si vince. Un'interpretazione ingenua glissa su alcuni dettagli decisivi per dedurre che è impossibile perdere, ma la teoria e l'esperienza dimostrano il contrario. Qui non abbiamo spazio per trattare la prima, ma possiamo far tesoro della seconda leggendo le memorie di Giacomo Casanova. Nel quarto volume, Casanova racconta dei suoi sforzi durante il Carnevale del 1754 a Venezia per raccogliere i denari necessari alla

sua amante M.M., monaca di nobili natali, allo scopo di consentirle di fuggire via dal convento. "Mi fece promettere di andare al casinò per giocare in società con lei. Andai con tutto l'oro che fui in grado di raccogliere, determinato a raddoppiare le puntate con il sistema che nel linguaggio dei giocatori è detto della martingala. Vinsi due o tre volte al giorno durante il resto del Carnevale. Non persi mai fino alla sesta carta." Questo è il dettaglio cruciale: perdendo sei scommesse di fila, a Casanova non sarebbe rimasto abbastanza denaro per continuare a giocare la martingala e avrebbe perso tutto. Anche puntando sul "rosso", la probabilità che Casanova vada in bancarotta perdendo sei specifiche scommesse di fila non è trascurabile. La relazione con M.M. va avanti con alterne vicende, ma l'epilogo in una successiva visita al casinò non è sorprendente: "Contemporaneamente fui rovinato dalle carte. Giocando con la martingala persi grandi somme. Su richiesta della stessa M.M. vendetti tutti i suoi diamanti, lasciandole solo cinquecento zecchini."

3. Decisioni e rischio

Alcune decisioni sono ovvie: è meglio scegliere un lavoro interessante e ben remunerato, oppure uno noioso e mal pagato? Altre sono più impegnative: è meglio un lavoro interessante e mal pagato, oppure uno noioso ma ben remunerato? (*Caveat lector*: nel secondo esempio ho scambiato di posto due aggettivi.) Ciò che rende la seconda decisione meno ovvia è la necessità di valutare l'importanza relativa di un aspetto positivo rispetto a uno negativo. In una lettera al chimico e filosofo inglese Joseph Priestley del 1772, Benjamin Franklin spiega che il suo metodo consiste nel dividere un foglio di carta in due colonne, elencando i pro e i contro di una decisione sui due lati; successivamente, nell'arco dei tre o quattro giorni successivi, si valuta il peso relativo di ciascun argomento dando valore positivo a quelli favorevoli e negativo a quelli sfavorevoli; quando si trova una combinazione di argomenti positivi di peso uguale a una collezione di argomenti negativi, li si cancella dalla lista perché nel complesso si annullano reciprocamente; al termine di questo processo di semplificazione, si sceglie in base al segno (positivo o negativo) del confronto fra gli argomenti sopravvissuti.

L'approccio di Franklin esemplifica bene come **decidere**, nel senso di "prendere una risoluzione" (1566), discenda dall'originario significato di "definire emanando una sentenza, pronunciare un giudizio conclusivo su una questione, risolvere" (fine del secolo XV). Il confronto fra il peso degli argomenti favorevoli e contrari assomiglia al contraddittorio che governa il giudizio di un tribunale, quando esamina l'evidenza ed escute i testimoni. Ancora prima di assumere il significato moderno, decidere significava semplicemente "tagliare" (1321), dal latino *decidere* ("tagliare via, troncare" e poi "stabilire"). Accanto alle interpretazioni simboliche del gesto usate per legittimare le sue ambizioni imperiali, la determinazione con la quale Alessandro Magno taglia il nodo gordiano è una metafora della capacità di prendere decisioni in situazioni aggrovigliate.

Il groviglio si fa più intricato se una decisione va presa in condizioni di incertezza, perché non è possibile determinarne con esattezza le conseguenze future. La teoria moderna suggerisce un calcolo simile a quello di Franklin, nel quale i pesi dipendono sia dalla natura delle conseguenze (quanto le desideriamo o quanto le temiamo) sia dalla probabilità che esse si realizzino. La prima esposizione completa del metodo si trova in un articolo pubblicato

nel 1738 da Daniel Bernoulli. Quando non abbiamo il pieno controllo sulle conseguenze delle nostre decisioni, per scegliere oculatamente dobbiamo tenere in conto sia l'entità di ciò a cui potremmo andare incontro sia la probabilità che accada.

Nel linguaggio comune, si tende a riunire queste due dimensioni nel concetto di **rischio**, termine di etimologia complessa, che richiama la "possibilità di conseguenze dannose o negative a seguito di circostanze non sempre prevedibili" (sec. XIII). Naturalmente, a meno di casi estremi, i rischi associati con una decisione si contrappongono ai suoi possibili vantaggi. Per prendere decisioni in condizioni di incertezza, occorre pesare i primi rispetto ai secondi. In finanza, dove operano professionisti che in un giorno prendono centinaia di decisioni di acquisto e vendita di titoli, i due aspetti del problema sono spesso chiamati *downside risk* e *upside risk*. La distinzione è analoga a quella fra *fortuna adversa* e *fortuna prospera* suggerita da Jakob Bernoulli, zio di Daniel.

La prevalenza dell'accezione negativa conferita al rischio ha origini sia culturali sia psicologiche. Le prime rimandano all'atteggiamento moderno che privilegia un orientamento all'azione nel quale l'uomo è artefice del suo destino: il rischio è un elemento negativo che si può cercare di ridurre o di controllare. L'implicito ossimoro *Risk management* (gestione del rischio) ricorre frequentemente nella stesura di leggi e regolamenti, negli organigrammi aziendali e nei programmi di politici e manager. Gli aspetti psicologici, invece, risalgono all'asimmetria con la quale percepiamo guadagni e perdite. La maggior parte delle persone non reagisce a un guadagno in modo speculare rispetto a una perdita di pari entità. In un esperimento famoso, ad esempio, è stato dimostrato che rappresentare un intervento di protezione civile come l'opzione di "salvare la vita di 200 persone su 600" induce decisioni radicalmente diverse rispetto a descriverlo come la scelta di "lasciar morire 400 persone su 600". Nel primo caso, le 200 vite salvate mettono in ombra le 400 morti producendo un alone positivo; nell'altro caso, il riferimento diretto alla perdita di 400 vite genera l'effetto opposto. L'asimmetria psicologica prevale sull'osservazione che, date 600 persone, 200 sopravvissuti sono logicamente equivalenti a 400 morti.

Una visione più bilanciata delle conseguenze di una decisione da prendere in condizioni di incertezza si ritrova nel termine **azzardo**, derivato dal francese *hasard* (sec. XII), con il quale si fa riferimento al "complesso di circostanze casuali che implica, fra gli esiti possibili, rischi e pericoli" (1653). Originariamente, *hasard* era il nome di un gioco di dadi, affine alla zara richiamata nella *Divina Commedia*: qualcuno ne fa risalire l'etimologia all'arabo andaluso *az-zahr* (dado). Plausibilmente, sia la frequenza con la quale i giocatori d'azzardo affrontano vincite e perdite sia l'ampia prevedibilità dei rischi connessi consentono loro di coltivare un'attitudine equilibrata che è necessaria per valutare correttamente le poste in gioco. Dal punto di vista meramente matematico, la teoria delle decisioni ambisce a "confrontarsi con il successo e la rovina e trattare allo stesso modo questi due impostori" (*If*, Rudyard Kipling). Anche se alla matematica non possiamo chiedere di prendere le nostre decisioni al nostro posto, possiamo chiamarla in aiuto per non incappare in errori o contraddizioni.

Un serio ostacolo epistemico alla valutazione corretta di una decisione risiede nella difficoltà di immaginare tutte le sue possibili conseguenze. Fuori da ambiti specifici come i giochi d'azzardo, questo obiettivo è spesso praticabile solo in termini approssimati perché "è difficile fare previsioni, specialmente sul futuro". **Prevedere** consiste nel "vedere in anticipo con la mente, ritenere possibile, probabile o certo un evento prima che si realizzi"

(av. 1292). Nel caso di situazioni ricorrenti, non è difficile immaginare che cosa può riservare il futuro. Le decisioni più impegnative, tuttavia, riguardano contesti dove le potenziali conseguenze sono difficili da immaginare in dettaglio: in molti casi, ciò che effettivamente accade giunge come una sorpresa inattesa.

La tecnica principale con la quale i *risk manager* cercano di mitigare la fondamentale inconoscibilità del futuro consiste nel generare situazioni ipotetiche per simulazione. Dal latino *scæna* ('scena teatrale'), lo **scenari** designa "l'apparato scenico" (1772), ovvero l'insieme dei fondali e delle quinte che costituiscono la scena in cui ha luogo l'azione drammatica. Il termine fu mutuato *sic et simpliciter* in inglese, ma negli anni '60 durante la Guerra Fredda si cominciò a farne uso in senso figurato per designare una "situazione ipotetica" riferita alla simulazione di conflitti nucleari. Per preparare i decisori a valutare scelte di portata planetaria, si chiedeva loro di soppesarne in via ipotetica le conseguenze nell'ambito di scenari simulati. Oggi, specialmente in ambito finanziario, questa tecnica è stata ricondotta alla generazione per via algoritmica di sequenze di numeri, interpretati come prezzi, quantità, etc. I computer costruiscono moltissimi scenari espressi come combinazioni di numeri, presentando al decisore un ampio spettro di possibili situazioni future e una stima della loro probabilità. L'esercizio aiuta il decisore a costruirsi una visione più completa del suo problema di decisione, anche se non gli offre nessuna garanzia che gli algoritmi utilizzati siano in grado di generare tutte le eventualità.

Una forma diversa di decisione, anch'essa associata a un dilemma epistemico, riguarda la scienza. Un'**ipotesi** è una "congettura o supposizione che tende a spiegare fatti di cui non si ha perfetta conoscenza" (av. 1617). Formulare un'ipotesi scientifica assomiglia a sospettare di qualcuno. Come in un'indagine poliziesca si cercano le prove, gli scienziati ricorrono agli esperimenti per esplorare la realtà. Per far dichiarare colpevole un imputato, il pubblico ministero deve raccogliere prove sufficienti a convincere il giudice ad accantonare la presunzione di non colpevolezza. Analogamente, prima di accettare un'ipotesi, gli scienziati devono accumulare evidenza sufficiente per mettere da parte la presunzione di ignoranza. Né il giudice che pronuncia la sentenza né lo scienziato che accetta una teoria sono epistemicamente certi di non essere incorsi in un errore giudiziario o scientifico. Per raggiungere la loro conclusione, è sufficiente che la probabilità di una spiegazione alternativa sia sufficientemente piccola: la scienza è accumulazione di conoscenza probabile, cioè attendibile — senza pretesa di certezza. La locuzione "azzardare un'ipotesi" suggerisce come ci voglia anche un po' di fortuna per scoprire davvero come funziona il mondo.

4. I premi e gli attuari

Se siamo in preda a una forte emozione, è difficile prendere decisioni in modo razionale. Per esempio, il rischio di un terremoto o di un crollo in borsa può spaventare al punto da rendere difficile valutare e confrontare con il dovuto distacco tutte le conseguenze. In questi casi, molte decisioni in situazioni d'incertezza possono essere utilmente riformulate come scommesse. Il primo a metterla in questi termini è stato Blaise Pascal, che dubitava dell'esistenza di Dio ma era angosciato dalla possibilità di incorrere nel suo eterno castigo. La sua famosa scommessa rivisita il problema di decidere una regola di condotta

come la scelta fra puntare sull'esistenza di Dio — e comportarsi in modo probò — oppure sul contrario — e concedersi qualche dissolutezza.

In molti casi, è piuttosto semplice ripensare un problema di decisione in termini di scommesse. La mattina guardiamo il cielo fuori dalla finestra e decidiamo se scommettere che piovverà (e prendiamo l'ombrello) oppure no (e lo lasciamo a casa). Un lavoratore che ogni mese accantona 100 euro per la pensione integrativa implicitamente scommette che avrà una lunga vita, durante la quale potrà godersi i frutti del suo risparmio. Le conseguenze di queste decisioni possono essere banali o drammatiche, ma la struttura matematica del problema è analoga alla scelta fra scommesse.

L'esercizio di riformulare una decisione attraverso il linguaggio delle scommesse può essere rivelatore. Per esempio, molti titoli finanziari (in particolare, i cosiddetti titoli derivati) funzionano proprio come scommesse: la decisione di acquistarli dovrebbe essere sottoposta agli stessi criteri con i quali valuteremmo l'offerta di una scommessa. A questo proposito, abbiamo già menzionato che l'art. 1933 del Codice Civile esclude scommesse e giochi d'azzardo dalla protezione della legge. Tuttavia, i titoli derivati assomigliano talmente a scommesse che il Testo Unico della Finanza si è preso la briga di mettere nero e bianco che per loro l'art. 1933 non si applica. *Excusatio non petita, accusatio manifesta?* Non intendiamo sostenere che tutta la finanza possa essere ridotta a un sistema di scommesse. Tuttavia, dopo aver notato che molti titoli finanziari hanno la stessa struttura di una scommessa, si comprende molto meglio il rischio che si corre ad acquistarli senza avere piena consapevolezza di quanto si può vincere o perdere. Non è un comportamento razionale accettare una scommessa della quale non si ha chiara contezza circa le poste in palio o le esatte condizioni che ne determinano l'esito.

La teoria della finanza raccomanda anche la diversificazione degli investimenti. Il suggerimento suona un po' misterioso, ma diventa più chiaro se lo traduciamo nel linguaggio delle scommesse: in generale, puntare tutto in un colpo solo è molto rischioso. È più prudente suddividere il capitale su più scommesse o, come dice il proverbio, evitare di "mettere tutte le uova in un paniere". C'è un'altra accortezza da seguire: bisogna assicurarsi di giocare scommesse ben diverse fra loro. Tornando alle uova, prima di distribuirle fra più panieri, è bene controllare anche le date di scadenza: se tutte sono state deposte 15 giorni fa, esse andranno a male in qualsiasi paniere. Il fattore scatenante della crisi finanziaria del 2007 risale a errori di questo genere. Un CDO (titolo di debito collateralizzato) è un paniere di 100 uova, ciascuna corrispondente al mutuo di una persona. Se le uova nel paniere sono fresche, l'investimento non è rischioso perché non più di una o due uova andrà a male. Giacché quasi nessuno ha prestato attenzione alla data di scadenza, sono stati confezionati e messi in vendita milioni di panieri di uova deposte da 15 giorni. Al momento di usarle, quasi tutte erano andate a male.

Tutti i contratti aleatori del Codice Civile possono essere ricondotti allo schema di una scommessa, anche se spesso sono presentati in un linguaggio molto diverso. L'esempio più comune è l'assicurazione, definita nell'art. 1882 come "il contratto col quale l'assicuratore, verso pagamento di un premio, si obbliga a rivalere l'assicurato, entro i limiti convenuti, del danno ad esso prodotto da un sinistro, ovvero a pagare un capitale o una rendita al verificarsi di un evento attinente alla vita umana". Questa definizione è un po' difficile da digerire. Proviamo a decifrarla accostandola alla (nostra) definizione di una scommessa come "il contratto col quale l'allibratore, verso pagamento della puntata, si obbliga a riconoscere allo scommettitore la posta". Abbiamo sostituito quattro termini (*absit iniuria verbis*): l'allibratore al

posto dell'assicuratore, la puntata invece del premio, lo scommettitore al posto dell'assicurato, la posta invece delle possibili prestazioni assicurative. La struttura di base è analoga: una parte paga subito la puntata e l'altra si obbliga a versargli la posta se si verifica l'evento sul quale si scommette (o per il quale ci si è assicurati). Per esempio, se pagate il premio per una polizza assicurativa contro il furto dell'auto e qualcuno ve la ruba, la compagnia ve la ripaga e la vostra scommessa è vinta. Sia ben chiaro: non stiamo affermando che un contratto di assicurazione sia semplicemente una scommessa, perché esso svolge anche l'importante funzione sociale di trasferire il rischio del furto dal singolo all'assicuratore, che è in grado di sopportarlo meglio. Tuttavia, dal punto di vista matematico, la sua struttura è analoga a quella di una scommessa.

Questa somiglianza solleva qualche legittima curiosità lessicale. La più interessante riguarda l'origine del termine tecnico premio (di assicurazione), che è la "somma pagata all'assicuratore perché assuma i rischi degli assicurati" (1813). Nell'accezione più comune, il **premio** è un "esplicito riconoscimento del valore o del merito; segno tangibile di tale riconoscimento" (1342). L'etimologia risale direttamente al termine latino *præmium* (composto di *præ-* 'prima, davanti' ed *emere* 'ottenere') di analogo significato. Intorno al XVII secolo, matura un'accezione che interpreta il premio come l'esplicito riconoscimento non solo del valore di un atto ma anche di quello di un contratto, ossia come il suo prezzo. In questo senso, il premio assicurativo non è altro che una somma di denaro pari al valore del contratto che si acquista.

Questo slittamento fra significati contigui (dal premio al prezzo) si coglie molto bene in inglese, dove *price* ('prezzo, valore'), *prize* ('premio, ricompensa') e *praise* ('elogio, onore') derivano tutti, attraverso la mediazione delle lingue romanze, dal latino *praetium*. Nella lingua italiana, Boccaccio usa "prezzo" nel senso di "pregio, stima"; tutt'oggi, possiamo esprimere apprezzamento o usare l'aggettivo "prezioso" senza riferimento a un prezzo in denaro. La lingua inglese, da parte sua, ha restituito il suo prestito linguistico: il termine premio (assicurativo) con il quale indichiamo il prezzo del contratto di assicurazione è un calco sull'inglese *premium* (1661).

Dal punto di vista economico, questo *excursus* lessicale consente di apprezzare — il gioco di parole è voluto — come il problema di determinare correttamente un premio assicurativo consista nel valutare il prezzo di un contratto del quale non si sa come andrà esattamente a finire, perché l'evento da cui dipende è aleatorio (per esempio, il furto dell'auto). La professione dell'attuario si occupa precisamente "dell'applicazione delle matematiche alle assicurazioni e più generalmente alle questioni finanziarie" (1849), attraverso la quale si può dare un fondamento rigoroso a questi problemi di valutazione in condizioni d'incertezza. Il termine **attuario** deriva dal latino *actuārium* ('copista, contabile') attraverso la mediazione dell'inglese *actuary*, che si diffuse dalla seconda metà del secolo XVIII per designare i massimi ruoli dirigenziali presso le prime compagnie assicurative. L'associazione semantica fra *actuary* e assicurazione fu cementata dal prestigio scientifico e dall'acume organizzativo di William Morgan, in carica come quinto attuario della Society for Equitable Assurances on Lives and Survivorships dal 1775 al 1830. Per i suoi contributi alla matematica attuariale, a Morgan fu conferita nel 1789 la medaglia Copley. Questa è il massimo riconoscimento assegnato dalla Royal Society, principale accademia scientifica del Regno Unito; attribuita per la prima volta nel 1731, la medaglia Copley è considerata la più antica onorificenza scientifica fra quelle ancora attive.

Gli attuari sono organizzati in un ordine professionale e svolgono compiti essenziali per il buon funzionamento del sistema previdenziale e assicurativo. Tuttavia, la loro attività non è ben nota al grande pubblico. Viene da chiedersi che cosa pensino dell'attenzione riservata agli attori che, dal punto di vista etimologico, sono i loro diretti cugini: come *actuārium* deriva da *āgere* ('spingere, agire') attraverso la mediazione di *actus* (nel senso di 'documento avente rilevanza giuridica'), altrettanto vale per *actor* ('attore') rispetto ad *actus* (nel senso di 'gesto, recitazione').

5. I libri

- ACZEL, AMIR D.
Chance. Dai giochi d'azzardo agli affari di cuore
Milano, Raffaello Cortina Editore, 2005
- BERNSTEIN, PETER L.
Più forti degli dei. La straordinaria storia del rischio
Milano, Il Sole 24 Ore Libri, 2002
- CASANOVA, GIACOMO
Storia della mia vita (1725-1755)
Milano, Mondadori, 1983
- CORTELLAZZO, MANLIO E PAOLO ZOLLI
Dizionario etimologico della lingua italiana
Bologna, Zanichelli, 1999²
- COSTANTINI, DOMENICO E LUDOVICO GEYMONAT
Filosofia della probabilità
Bologna, Feltrinelli, 1982
- DAVID, FLORENCE NIGHTINGALE
Games, Gods and Gambling
Griffin, Londra, 1962
- DE FINETTI, BRUNO
Filosofia della probabilità
Milano, Il Saggiatore, 1995
- DEVLIN, KEITH
La lettera di Pascal. Storia dell'equazione che ha fondato la teoria della probabilità
Milano, Rizzoli, 2008
- EKELAND, IAN
A caso. La sorte, la scienza e il mondo
Torino, Bollati Boringhieri, 1992
- ERICKSON, PAUL, JUDY L. KLEIN, LORRAINE DASTON, REBECCA LEMOV, THOMAS STURM E MICHAEL D. GORDIN
How reason almost lost its mind. The strange career of cold war rationality
Chicago, The University of Chicago Press, 2013
- GARBOLINO, PAOLO
I giochi d'azzardo
Milano, Il Saggiatore, 1998
- GIGERENZER, GERD
Quando i numeri ingannano. Imparare a vivere con l'incertezza
Milano, Raffaello Cortina Editore, 2003
- HACKING, IAN
L'emergenza della probabilità
Milano, Il Saggiatore, 1987
- HACKING, IAN
Il caso domato
Milano, Il Saggiatore, 1994
- LI CALZI, MARCO
La matematica dell'incertezza
Bologna, Il Mulino, 2016
- MANSUY, ROGER
Histoire de martingales
in «Mathématiques et Sciences Humaines» v. 169, 2005, pp. 105-113
- MASO, STEFANO
Rischio
Venezia, Cafoscarina, 2003
- MLODINOW, LEONARD
La passeggiata dell'ubriaco. Le leggi scientifiche del caso
Milano, Rizzoli, 2009
- MONOD, JACQUES
Il caso e la necessità. Saggio sulla filosofia naturale della biologia contemporanea
Milano, Mondadori, 1971
- PACKEL, EDWARD
Matematica dei giochi e dell'azzardo

Bologna, Zanichelli, 1988

RUELLE, DAVID

Caso e caos

Torino, Bollati Boringhieri, 1992

RUMIATI, RINO

Decidere

Bologna, Il Mulino, 2009²

SAVADORI, LUCIA E RINO RUMIATI

Rischiare

Bologna, Il Mulino, 2009

STEWART, IAN

Dio gioca a dadi? La nuova matematica del caos

Torino, Bollati Boringhieri, 2010²

VULPIANI, ANGELO

Caso, probabilità e complessità

Roma, Ediesse, 2014