

L'EREDITÀ
DEL PENSIERO DI THOM

(Arcangelo Rossi)

Come ben sanno i lettori del saggio di René Thom *Prevedere non significa spiegare*, pubblicato a cura di A. Guerraggio e P. Nastasi (citato nella “Prefazione”), e qui riproposto in altra traduzione italiana, un lavoro di rifinitura e di applicazioni specifiche di teorie matematiche è cosa diversa da ciò che fa Thom con la sua teoria delle catastrofi, grande quadro interpretativo ed esplicativo della struttura della realtà in termini matematici topologico-qualitativi. Si supera infatti con essa senza esitazione la concezione puramente quantitativa della matematica (intesa come mero strumento di calcolo di previsione esatta) in una concezione della stessa (come schema esplicativo universale) riconciliata con la metafisica, in particolare con la metafisica ontologica aristotelica, da tempo invece erroneamente considerata contraria alla trattazione matematica della realtà proprio per il suo rifiuto di ridurre la conoscenza a mera misura quantitativa. In particolare, la nuova teoria o piuttosto schema esplicativo universale utilizza, come la metafisica di Aristotele, il concetto qualitativo di bordo o confine per definire le realtà individuali, sia fisiche (cose) sia mentali (concetti), mediante le forme che le definiscono separandole da tutto il resto.

La realtà si manifesta quindi già nell’esperienza attraverso i bordi che la delimitano, le forme distintive che essa assume, dando così origine anche a quelle nozioni geometriche che sono sì frutto di astrazione rispetto ad altre proprietà, ma restano pur sempre collegate all’esperienza concreta. La realtà non ci è quindi data nell’intuizione e nel concetto puri come per Kant, ma nelle forme topologiche concrete che la delimitano e la definiscono. Queste forme permettono in particolare di costruire analogie tra una cosa e l’altra mandando, come dice Thom, uno spazio in un altro: analogie formali che trovano espressione nella stessa fisica attraverso la sua trattazione matematica, come avviene nell’ottica geometrica. Thom studiò quindi il passaggio continuo da una varietà (spazio) ad un’altra, le connessioni tramite bordi comuni tra spazi anche di diverse dimensioni (questa ricerca sul cosiddetto cobordismo gli fruttò addirittura nel 1958 la medaglia Fields), fino ad individuare forme universali e quindi oggetti matematici che rappresentano catastrofi o transizioni brusche di forme, come in particolare le grinze e le pieghe. Queste rappresentano singolarità specifiche che appaiono quando un oggetto

viene sottoposto a vincoli, come restrizioni rispetto alle sue dimensioni normali, che esso accetta, tranne che in punti particolari in cui oppone resistenza concentrando lì, per così dire, la sua struttura. La teoria delle catastrofi esprime appunto le concentrazioni di forme che vengono così a crearsi come irregolarità e accidenti dovuti a vincoli, indipendentemente dalla struttura materiale, fisica degli oggetti. Ha cioè carattere di universalità. Esempi sono gli spigoli negli oggetti solidi in cui, per così dire, le catastrofi vengono cristallizzate in forma statica, laddove le stesse svaniscono appena formate nei liquidi e nei gas, meno dotati di memoria (e tali da assumere, sempre provvisoriamente, la forma del recipiente che li contiene).

Sette sono i tipi elementari di catastrofi o singolarità generiche di un'applicazione, e Thom volle studiarne le applicazioni pratiche come nelle caustiche, superfici illuminate secondo diverse angolazioni, riflessioni e rifrazioni, per vedere appunto come si formano catastrofi attraverso deformazioni ottiche. La teoria delle catastrofi servì appunto inizialmente a spiegare la formazione delle caustiche e poi molti altri fenomeni senza fornire soluzioni quantitative o previsioni esatte, ma solo inquadrando qualitativamente situazioni non dominabili con soli metodi riduzionistici quantitativi (per somma a partire da unità elementari). Vi furono quindi dal 1975 in poi molte polemiche sulla validità della teoria che costrinsero Thom addirittura a riflettere sulla natura della scienza. Lo studio delle forme in situazioni irregolari, accidentali e perfino caotiche aveva per la verità portato già prima (cfr. J. Hadamard, inizio '900) ad individuare delle evoluzioni catastrofiche invarianti nei più disparati fenomeni, in termini di divergenze dovute a dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali. Il problema è che in tali casi non vi erano leggi esatte ma solo tendenze evolutive continue che appunto non permettevano predizioni esatte. Laddove invece queste ci sono, il modello catastrofico non serve più. E' ciò che è stato constatato nelle applicazioni della teoria da parte di Zeeman: rivolte nelle carceri, battito cardiaco, propagazione dell'impulso nervoso, ma in quest'ultimo caso l'applicazione fu superata dall'inizio da un approccio analitico rigoroso mediante equazioni. In realtà si può sempre procedere, a seconda dei casi, in modo attivo facendo previsioni esatte, o in modo contemplativo descrivendo processi globali catastrofici, in un caso prevedendo senza capire, nell'altro comprendendo il processo globale ma senza riuscire a prevederlo, come insegna un aneddoto di Thom relativo alla scoperta dell'aspirina. Secondo una versione dei fatti di cui però egli non potrebbe garantire l'autenticità, fu un atteggiamento attivo, non contemplativo, di intervento

piuttosto che di comprensione, a sfruttare la proprietà dei salici di sopportare bene l'acqua per guarire dai dolori reumatici legati all'umidità mediante decotti di foglie di salice, che contenevano appunto l'acido acetilsalicilico alla base dell'aspirina, garantendone così una diffusione quasi universale. Altra contrapposizione, oltre a quella tra prevedere e spiegare, e ad essa connessa, è quella tra esperienza e sperimentazione. Solo quest'ultima infatti riguarda la previsione esatta, mentre la prima, se è in grado di riconoscere gli oggetti e quindi di spiegarli, ne presuppone il concetto. E' pur vero che un'osservazione ulteriore può modificarne il concetto anche attraverso esperimenti esatti, ma le grandi teorie non sono nate così, bensì come costruzioni concettuali anteriori ai dati dell'esperienza. In realtà le strutture psichiche, matematiche o comunque non empiriche, precedono sempre l'esperienza. Vediamo ancora le cose quasi come 2500 anni fa, all'epoca dei presocratici, solo che la matematica ha arricchito le nostre concezioni dello spazio, ma sempre per via mentale, endogena. Anche se ci poniamo da un punto di vista materialista, sono sempre enti astratti come le leggi della materia a caratterizzare la nostra organizzazione della realtà. In particolare le idee matematiche trovano comunque riscontro nella realtà, come voleva Platone.

Il concetto matematico di funzione proprio della scienza moderna in particolare è tutt'uno con il determinismo (almeno dalla sua prima formulazione accurata da parte di Leibniz nel 1695). La pretesa di Prigogine di negare il determinismo è infondata, non potendosene fare a meno anche quando si affrontano, seppure contro voglia, situazioni apparentemente indeterminate. Quanto poi alla complessità in biologia, contrariamente alla visione riduzionistica, è più semplice un organismo macroscopico che una cellula. Conviene quindi, fatto salvo il determinismo ma non il riduzionismo, procedere in senso inverso, dall'osservazione delle grandi strutture degli organismi alla loro decomposizione nelle parti e alla descrizione sempre più fine delle strutture locali. La teoria delle catastrofi studia comunque le forme come discontinuità qualitative, ma su un substrato continuo. Essa condivide dunque la concezione della materia di Aristotele come un continuo indefinito, un'estensione che può assumere diverse forme. Così le discontinuità fenomenologiche, forme e catastrofi, per Thom non contraddicono affatto la visione di un continuo in lenta evoluzione cui quelle discontinuità possono sempre essere ricondotte. In ogni caso le forme come fatti mentali sono immerse in una materia che è anche a sua volta oggetto di pensiero. Più si cerca di analizzarla più essa appare come una nebbia svelando attraverso le forme che

viene assumendo una tessitura sempre più complessa man mano che si affina. Sempre più si constata infatti una complessità, una divergenza, fino a giungere ad un vero e proprio enigma se si vuole definire una volta per tutte la realtà che è immersa in un universo virtuale di grande astrazione con un numero elevato di dimensioni e oggetto quindi solo di esperienza mentale. In effetti gli stati della materia come lo stato solido non sono ancora scientificamente spiegati né dalla fisica classica né da quella quantistica. La realtà concreta è infatti più evidente di una sua spiegazione scientifica e l'ontologia ingenua ci appare così più concreta di quella scientifica: essa è stabile ed universale, mentre la seconda è sempre problematica e rivedibile. Inoltre, mentre la spiegazione ingenua del mondo si riflette immediatamente nel linguaggio ordinario accessibile a tutti, la pretesa spiegazione scientifica deve andare, con il suo gergo, oltre l'esperienza immediata (cfr. G. Bachelard), allontanandosi così dal mondo della vita che solo conosciamo immediatamente. Spiegare le cose nella scienza moderna, come ad esempio il Big Bang e la concentrazione del plasma, si fa così sempre più difficile. Conviene quindi sempre partire dal mondo della vita, dell'esperienza ordinaria e di qui semmai risalire al mondo della scienza, e non viceversa.

Quanto al carattere continuo della realtà, esso è contraddetto dall'attuale tendenza a ridurre tutto alle unità discrete di informazione (bit) dell'odierna informatica. Certamente ciò ha un valore pratico: un animale che individua una preda lo fa percependola come entità assolutamente distinta dallo sfondo, così come discretizziamo i fonemi nel linguaggio per imparare a parlare senza confonderli l'uno con l'altro. Ma resta pur sempre un fondo continuo, nonostante l'esigenza del cervello di discretizzare. Il fondo è ad esempio costituito dallo spazio e dal tempo. Inoltre, abbiamo bisogno dell'intuizione del continuo per muoverci nello spazio toccando tutti i punti di un dominio. Si dice che il continuo è un'illusione, portando ad esempio un film che a noi sembra continuo, mentre è fatto di fotogrammi discreti. E' vero, si tratta di un'illusione, ma essa ha una base reale, altrimenti non nascerebbe neppure e questa base è il continuo. In realtà noi vediamo il continuo, ma abbiamo bisogno del discreto per tenere le cose sotto controllo. Tuttavia la meccanica quantistica sembra invece introdurre il discreto in termini assoluti, qualcosa che non capiamo ma che è operativamente valida, efficace e tuttavia incomprensibile. Ad esempio un fotone con un'alta frequenza ha molta energia e si può quindi localizzare, se la frequenza però diminuisce a vantaggio della lunghezza d'onda, il fotone si delocalizza, estendendosi al limite su

tutto lo spazio: un oggetto spazialmente enorme, ma con pochissima energia. Comunque, l'apparente discontinuità quantica cela una continuità, che è solo oscurata quando il ricordo delle perturbazioni subite da una particella non ha effetti, mentre è visibile quando tale ricordo ha effetti. In ogni caso le perturbazioni hanno sempre avuto luogo, sebbene talora risultino invisibili: difficile da concepire ma non mostruoso in sé. L'ipotesi poi secondo cui noi siamo finiti e discreti nella nostra struttura interna è falsa perché siamo più di questo. Abbiamo centinaia di miliardi di neuroni, i quali sono in movimento in modo continuo, essendo costituiti da molecole vibranti nello spazio in modo continuo, tanto da dar luogo ad infinite variazioni possibili in un numero considerevole di dimensioni. Non si tratta cioè di due soli stati, a riposo ed eccitato, come pensano alcuni biologi. In realtà poi ci si riduce effettivamente al numero il più piccolo possibile di stati e di dimensioni per poter trattare il sistema studiato, discretizzando l'universo, in ossequio ad un pensiero tecnico ed algoritmico praticamente motivato certo, ma non identificabile con la realtà.

La scienza cerca infatti soluzioni, ma si trova quindi di fronte ad aporie che rivelano irrisolto il problema, illusoria la soluzione. In matematica e fisica l'aporia è formalizzata e concettualizzata e quindi smorzata, mentre in biologia essa appare drammatica come problema metafisico, come quando si afferma che la vita è riducibile alle leggi della materia inanimata, fisiche e chimiche, contro l'intuizione immediata che suggerisce piuttosto un'irriducibilità. Ma anche in matematica si danno aporie impressionanti, come il teorema di Goedel: volendosi dimostrare la non contraddittorietà dell'aritmetica nel quadro concettuale ammesso, si arriva a dimostrare che tale non contraddizione non è dimostrabile. Se ne può uscire cambiando assiomatica? La maggior parte dei matematici pensa che ciò non sia possibile, quale che sia l'assiomatica. Si potranno al massimo chiarire aspetti locali relativi ai fondamenti della matematica, ma non il problema globale del fondamento, che peraltro rinvia sempre all'opposizione continuo-discreto. Il continuo è in effetti il substrato universale di tutto il pensiero, matematico in specie, ma senza assumere anche il discreto in tale continuità non si riesce a pensare nulla di effettivo. Ad esempio, come già si accennava, il linguaggio è sempre qualcosa di discreto per potersi esprimere: parole, frasi, discorsi, quantità, poi però la funzione delle parti, benché molteplici, discrete e quantitative, può essere compresa solo in connessioni qualitative e continue. Anche in matematica Thom preferisce risalire dal continuo al discreto che viceversa. Eppure Dedekind propose di definire il

numero reale a partire dall'aritmetica dei numeri razionali, pur sempre separati e discreti, ma resi sempre più vicini l'uno all'altro fino a fare un taglio nella serie, tra numeri razionali di una classe inferiori al taglio e dell'altra classe superiori al taglio, la differenza tra le due classi approssimandosi a zero. In realtà, in tale serie tagliata resterà sempre un buco, una discontinuità insuperabile, come mostrano i paradossi di Zenone. Non è quindi meglio, suggerisce Thom, partire già dal continuo? La teoria dei sistemi in particolare interpreta subito globalmente questi come scatole nere che si scambiano tra loro materia ed energia come input ed output, solo esternamente osservabili come segnali di entrata ed uscita nella scatola nera. L'approccio riduzionista consiste invece nel rompere le scatole nere e vedere cosa c'è dentro, contro il parere dei teorici dei sistemi per i quali ciò comprometterebbe, specie se si tratta di esseri viventi, la globalità dell'oggetto e quindi la sua comprensione. Quale metodo è migliore? Il metodo riduzionista incontra difficoltà insormontabili. Volendo ridurre il sistema ai semplici elementi componenti arriva a numeri altissimi e fallisce quindi sia nella versione classica sia in quella quantistica (che tra l'altro non può neppure superare la scala microscopica). L'approccio sistemico globalizzante definisce i punti nello spazio delle fasi costituiti da entrate e uscite a formare una nube il cui andamento complessivo permette di ricostruirne il processo evolutivo e il meccanismo genetico.

La teoria delle catastrofi fornisce dunque un modello o meccanismo qualitativo piuttosto che equazioni che descrivano e prevedano alcuni invarianti delle deformazioni. Ciò ha generato molte critiche, a partire dalla frase di Rutherford: "Il qualitativo è quantitativo scadente". Altri hanno detto: "La teoria delle catastrofi produce solo metafore". Ma è sempre meglio che niente! Essa prescinde dalla natura fisica, biologica o chimica dei fenomeni e non li considera, alla stregua di quelli fisici in genere, come retti da leggi quantitative esatte, non può matematizzare in termini fisici correnti ciò che non è matematizzabile in termini quantitativi, sapendo che anche deterministi come Leibniz non danno affatto per scontato che matematizzare significhi quantificare qualsiasi fenomeno, piuttosto che porre relazioni in generale. Per Thom al contrario pochi fenomeni naturali sono retti da leggi quantitative esatte, e sono fisici, mentre quasi tutte le altre leggi dei fenomeni, pur se quantitative, sono solo approssimate. La teoria delle catastrofi fornisce invece schemi di intelligibilità, che possono anche essere fallaci quando la realtà ci appare dominata

da un genio maligno che ci inganna (cfr. Descartes). Essa prescinde dal campo specifico ed è applicabile alle più diverse situazioni. Secondo Konrad Lorentz qualsiasi analogia è vera, ma forse si può più correttamente dire che ogni analogia è vera purché sia semanticamente accettabile, cioè se ad un'analisi puramente mentale risulta corretta, basta che la mente la riconosca davvero come tale. Essa è comunque una relazione qualitativa stretta, non approssimativa, e può essere espressa matematicamente, anche se la sua valutazione non dipende necessariamente dalla sua forma matematica, può anche essere effettuata su una formulazione mentale non matematica. Ad esempio, dire con Aristotele che la sera è la vecchiaia del giorno o che la vecchiaia è la sera della vita, significa elaborare mentalmente, semanticamente un'analogia in due formulazioni di cui la seconda si impone come più convincente della prima alla stessa mente. La sua struttura implica la nozione fondamentale di bordo. Si parla infatti di un intervallo temporale, di cui si enuncia la fine o bordo, sera o vecchiaia, con analoga struttura di vicinanza tubulare della parola fine, la cui catastrofe è una piega: un regime stabile (vita o giorno) si incontra con uno instabile (vecchiaia o sera). Analogamente, il cuore fu compreso da Vesalio e Harvey come pompa che inietta il sangue nei vasi, mentre i polmoni come mantici, e il vivente in seguito come macchina termica. Si tratta sempre di metafore che assimilano qualcosa a qualcos'altro anche in termini matematici che rappresentino un nucleo comune. In questi casi l'efficacia della metafora è data dalla natura, di cui l'arte, la tecnica umana è imitatrice, "scimmia" come dice Aristotele. Per questo è lo schema della pompa del cuore che ha ispirato le più avanzate pompe tecnologiche e non viceversa. Oggi si dice che la mente è un computer, ma è in realtà il computer che si perfeziona imitando la mente. In questo senso la Bibbia esprime in metafore una forma universale, anche fosse menzognera essa appare alla mente corretta nelle sue analogie. Una di esse in particolare, che esprime il mondo prima e dopo la caduta di Adamo nella Genesi, rappresenta due diverse dinamiche, esprimibili anche matematicamente: "guadagnerai il pane con il sudore della fronte", opponendo appunto la dinamica aristotelica in cui è necessario l'attrito, la dissipazione, propria dell'esperienza quotidiana dei fenomeni terrestri, alla dinamica hamiltoniana priva di attriti, in cui il moto (inerziale) ha luogo incausato, senza sforzi, eternamente.

La filosofia comunque, che qui si esprime, è per Thom più difficile della matematica e richiede sforzi tecnici in più, essendo meno concreta, precisa e delimitata, sicuramente più complessa e richiedente un

training assai più duro. Essa tratta di problemi in cui non tutti sono coinvolti, essendo essi in realtà i veri problemi, quelli di fondo, laddove perfino quelli etici e bioetici, pur essendo problemi che certamente coinvolgono tutti, non perciò sono quelli di fondo, che richiedono appunto sforzi superiori per essere affrontati. Secondo Thom inoltre la matematica è ormai un mestiere remunerato almeno fin dall'epoca napoleonica, e perciò le motivazioni per farlo non sono più legate al piacere disinteressato stimolato ad esempio dalla divulgazione del sapere, che non è più quindi strumento diffuso di reclutamento di nuovi ricercatori. Quanto alla spiegazione scientifica, essa si riduce infine a descrivere un fenomeno, ad esempio la collisione di due placche come causa di terremoto, cosa che non interessa certo alle vittime della catastrofe. Occorre quindi andare indietro alle ragioni della collisione, ma così si va fino alla causa prima, Dio, non spiegata a sua volta. Per Thom ancora una volta la metafisica di Aristotele risolve elegantemente il problema, con Dio concepito appunto come causa prima incausata. Il qualitativo in ogni caso non è quantitativo grossolano, la topologia matematica non si lascia ridurre a quantità, ma va oltre, quando ad esempio distingue una sfera da una palla o un cerchio da un disco in termini irriducibilmente qualitativi. Ancora Aristotele (*Parti degli animali*) si chiede: “una parte può considerarsi un ente?” e risponde di no, perché essa ha un'autonomia solo relativa (essendo funzionalmente subordinata alla realizzazione dell'intero organismo). Il problema delle parti (come peraltro quello del bordo da cui siamo partiti) è per Thom fondamentale, contro l'opinione dei biologi che lo considerano puramente semantico, non interessante. In realtà le diverse lingue esprimono partizioni corporee che sono invarianti: c'è a tale proposito isomorfismo tra esse, evidentemente certe distinzioni di parti sono universali. Alla base della sintesi fisico-matematica c'è comunque per Thom una metafisica, l'idea di un creatore/organizzatore, realizzandosi così un bisogno universale di unificazione. Per Nietzsche, nota infine Thom, le idee nuove arrivano sempre sulle zampe di un piccione, così unificando, tramite i loro spostamenti, parti anche assai lontane tra loro (e mostrando inoltre, si potrebbe aggiungere, la via della salvezza, come appunto il piccione che mostrò a Noé tra le zampe un ramo di ulivo di terre emerse dopo il diluvio).