

Pracatinat 1998 Livelli di descrizione Lucilla Ruffilli

Il tempo

Esistono tre livelli di descrizione del tempo che si applicano a sistemi sempre più complessi

<p>Livello meccanico, descritto dalla meccanica classica o quantistica, che lega il tempo al movimento.</p> <p>Sistemi dinamici</p> <p>Si applica a situazioni idealizzate, quali i sistemi dinamici con un piccolo numero di gradi di libertà.</p>	<p>Equazioni della dinamica</p> <p>Tempo reversibile, simmetrico</p>
<p>Livello termodinamico</p> <p>Si applica a sistemi meccanici sufficientemente complessi, contenenti un gran numero di unità in interazione</p> <p>Leggi della termodinamica applicate a sistemi vicini all'equilibrio, dentro la soglia di stabilità (relazione)</p> <p>Stato di non equilibrio lineare</p>	<p>Rottura di simmetria delle equazioni della dinamica</p> <p>Causalità ↓ freccia del tempo</p> <p>Prima e dopo:</p> <p>Ordine → disordine</p> <p>In un sistema isolato l'entropia aumenta</p> <p>Reversibilità / irreversibilità</p>
<p>Livello termodinamico¹</p> <p>Superamento della soglia di stabilità del ramo termodinamico,</p> <p>Sistema aperto, mantenuto lontano dall'equilibrio, meccanismi non lineari di interazione, in atto tra gli elementi del sistema</p> <p>Comportamento organizzato e coerente dei costituenti del sistema (correlazione)</p> <p>Organismi viventi²</p>	<p>Tempo storico. Il passato, costituito da eventi imprevedibili, deve essere considerato unico e non riproducibile</p> <p>Irreversibilità come fonte di ordine ed organizzazione</p> <p>La struttura dissipativa è il prodotto di una storia individuale</p>

¹Secondo me il messaggio lanciato dal secondo principio della termodinamica è che non possiamo mai predire il futuro di un sistema complesso.

²"...Rileviamo che le stesse strutture dissipative possono essere instabili, sia a seguito di una nuova interazione con l'ambiente, sia a seguito di altri tipi di fluttuazioni. Una struttura prodotta da una *successione* di fluttuazioni amplificate non può dunque essere compresa che in riferimento al suo passato. Nessuna descrizione del suo stato chimico-fisico in un dato istante può dar conto del suo funzionamento: e quel passato, tessuto da eventi imprevedibili, deve essere considerato come unico e non riproducibile." Ilya Prigogine, *La nuova alleanza. Uomo e natura in una scienza unificata*, Longanesi, Milano 1981 p.271.

Il tempo è il numero del movimento
secondo il prima e il poi. (Aristotele)
Il tempo non è nella fisica. (Einstein)

...Oggi³ vediamo dei fenomeni irreversibili nella natura e comprendiamo il ruolo costruttivo di questi fenomeni irreversibili. Vediamo il formarsi delle strutture, vediamo come alcune regioni dello spazio siano organizzate dalla irreversibilità.

Questi fenomeni irreversibili ci possono dare ora quella prospettiva del prima del poi che cercava Aristotele. Il nostro compito attualmente è di incorporare questa irreversibilità nella struttura fondamentale della scienza.

Noi dobbiamo considerare il tempo come ciò che conduce all'uomo e non l'uomo come creatore del tempo.

E' l'osservatore, l'uomo, la coscienza, che crea il tempo il quale non esisterebbe in un universo senza uomini e senza coscienza o l'uomo fa parte di questa corrente di irreversibilità che è uno degli elementi essenziali, costitutivi dell'universo?

L'idea di una onniscienza e di un tempo creato dall'uomo presuppone che l'uomo sia differente dalla natura che egli descrive. (Questa è una concezione non scientifica)

...Quello che vediamo di fronte a noi, cioè l'evoluzione biologica e l'evoluzione delle società, è certamente una storia del tempo, una storia naturale del tempo. Noi sappiamo infatti che, accanto al tempo meccanico, l'irreversibilità porta a dei tempi chimici, a dei tempi interni, e la differenza tra una reazione chimica che possiamo alimentare, e la vita, è che, nella reazione chimica, quando smettiamo di alimentarla, questo tempo interno muore.

Al contrario con la comparsa della vita, è nato un tempo interno che prosegue sui miliardi di anni della vita e si trasmette da una generazione all'altra, da una specie a un'altra specie, e non solo si trasmette, ma diviene sempre più complesso.

Così come c'è una storia per i calcolatori che in un dato tempo astronomico riescono a produrre sempre più calcoli, allo stesso modo c'è una storia biologica del tempo che corrisponde a una struttura di questo tempo sempre più complessa. Possiamo leggere questa struttura nel tempo musicale, per esempio, e confrontare cinque minuti di Beethoven con cinque minuti del movimento della Terra.

Il movimento della terra prosegue uniformemente durante quei cinque minuti. Nei cinque minuti di Beethoven, invece, si hanno dei rallentamenti, delle accelerazioni, dei ritorni all'indietro, delle anticipazioni di temi che compariranno successivamente; dunque un tempo molto più indipendente del tempo esterno, che non potrebbe nemmeno essere concepito da altri organismi meno evoluti.

Leggere la storia dell'universo come storia di un tempo autonomo, o di una autonomia crescente del tempo. È una delle tentazioni interessanti della scienza contemporanea.

Strutture dissipative

³Ilya Prigogine, La nascita del tempo, Bompiani, Torino 1991.

...Lontano dall'equilibrio la materia acquista nuove proprietà, tipiche delle situazioni di non equilibrio, situazioni in cui un sistema, lungi dall'essere isolato, è sottoposto a forti condizionamenti esterni (flussi di energia o di sostanze reattive). E queste proprietà completamente nuove sono veramente necessarie per comprendere il mondo intorno a noi.

L'espressione "strutture dissipative" inquadra queste nuove proprietà: sensibilità e quindi movimenti coerenti di grande portata; possibilità di stati multipli e quindi storicità delle "scelte" adottate dai sistemi.

In condizioni di equilibrio ogni molecola vede solo ciò che la circonda da vicino. Ma quando ci troviamo di fronte a strutture di non-equilibrio, come le grandi correnti idrodinamiche o gli orologi chimici, devono esserci dei segnali che percorrono tutto il sistema, deve succedere che gli elementi della materia comincino a vedere più in là, e che la materia divenga "sensibile".

...La vita non è solamente chimica. La vita deve aver incorporato tutte le altre proprietà fisiche, cioè la gravitazione, i campi elettromagnetici, la luce, il clima. In qualche modo c'è voluta una chimica aperta al mondo esterno, e solo la materia lontana dalle condizioni di equilibrio ha questa flessibilità. E perché questa flessibilità? Lontano dalle condizioni di equilibrio le equazioni non sono lineari, ci sono molte proprietà possibili, molti stati possibili, che sono le diverse strutture dissipative accessibili. Mentre, se ci avviciniamo all'equilibrio, la situazione è opposta: tutto diviene lineare e non c'è che una sola soluzione.

...La vita esprime meglio di qualunque altro fenomeno fisico alcune leggi essenziali della natura. La vita è il regno del non lineare, la vita è il regno dell'autonomia del tempo, è il regno della molteplicità delle strutture. E questo non lo si vede facilmente nell'universo non vivente.

Nell'universo non vivente ci sono sì delle strutture, esiste il non lineare, ma i tempi dell'evoluzione sono molto più lunghi. Mentre la vita si caratterizza per questa instabilità che fa sì che noi vediamo nascere e sparire delle strutture in tempi geologici.

...La vita ha una scala di tempo più corta dell'universo non vivente.

Le due culture

C'è una contrapposizione che proviene dal fatto che l'ideale della scienza è l'ideale di uno schema universale e atemporale, mentre le scienze umane sono basate su uno schema storico legato al concetto di situazioni nuove o di strutture nuove che si sovrappongono ad altre. D'altra parte la creazione letteraria è interamente basata sul tempo e in gran parte sul tempo vissuto. In queste condizioni il dilemma delle due culture è un dilemma importante.

Si può superare questa dicotomia delle due culture. Non attaccando la scienza come uno strumento positivista, né attaccando l'arte o la letteratura come se fossero degli artifici privi di una portata reale; ma piuttosto mettendo in evidenza come si sia creata un'unità culturale che proviene dall'interno della scienza, mettendo in evidenza una *nouvelle vague* cresciuta all'interno della scienza e capace di superare questa dicotomia classica.

...Come si imprime il tempo nella materia? In definitiva è questa la vita, è il tempo che si iscrive nella materia, e ciò vale non solo per la vita, ma anche per l'opera d'arte.

...Non ne sappiamo nulla, e tuttavia mi sembra che l'opera d'arte sia l'iscrizione della nostra simmetria spezzata (un'asimmetria molto accentuata, perché noi viviamo molto intensamente nel tempo) nella materia, nella pietra.

Irreversibilità, probabilità, coerenza.

Gioco con una moneta e constato che all'incirca essa cade una volta su due su un versante, una volta su due sull'altro. Ognuno di questi eventi ha la medesima probabilità. Qual è la legge fondamentale della natura? E' una legge determinista? Le leggi della meccanica classica devono ad ogni modo applicarsi a questa moneta: è una massa pesante e non un atomo. Ma constatiamo anche che il risultato è probabilistico, e non deterministico.

Come conciliare probabilità e determinismo nel caso della moneta? Potrebbe dipendere dalla precisione con la quale mi do delle condizioni iniziali. Se posso effettivamente imporre delle condizioni iniziali sufficientemente esatte per predire il risultato del gioco, posso concludere che il risultato è deterministico, e l'impiego delle probabilità deriverebbe in tale contesto dalla mia ignoranza relativa delle condizioni iniziali.

Questa è l'immagine che la maggior parte delle persone ha della probabilità.

Quanto è lungo il tavolo di questa stanza? 1 metro? 1,00 metri? Se voglio una precisione che riguardi, per esempio, il decimo di millimetro mi devo procurare uno strumento sofisticato, fare più di una misura, calcolare la media e l'errore sulla media, mi serve allora oltre allo strumento una teoria, la teoria degli errori, e le misure che io eseguo, se sono un ottimo operatore, disegneranno con i loro valori numerici una curva, la gaussiana. La lunghezza del tavolo non cambia con il tempo, è sempre la stessa, tuttavia è un valore numerico che emerge da una misura e come tale è sempre approssimata. Esiste solo quando la misuro? Sembra di no, almeno su scala macroscopica. Se voglio però aumentare la precisione della misura, il numero delle cifre significative, il bordo del tavolo diventa un frattale, di lunghezza non facilmente identificabile, funzione della scala in cui opero.

Sistemi dinamici

Esistono dei sistemi dinamici tali che nessuna conoscenza finita delle condizioni iniziali permette di prevedere il risultato del gioco. Nella predizione del comportamento dei sistemi instabili non è la nostra mancanza di conoscenza ad essere in gioco, ma la natura dinamica del sistema. E' l'instabilità dinamica che sarà all'origine delle nozioni di probabilità e di irreversibilità. E' facile illustrare il concetto di sistema instabile con l'esempio della trasformazione detta del fornaio: questi, come tutti sappiamo, prende un riquadro di pasta, lo stende e ne ripiega una metà sull'altra.

La trasformazione del fornaio applica un'area iniziale data, A , su due aree, e poi su un gran numero di aree. Qualunque sia la prossimità dei punti o aree di partenza, dopo qualche iterazione di siffatta trasformazione, essi possono trovarsi separati: così è proprio dei sistemi fortemente instabili.

0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0

Il giocatore, oppure i giocatori, intervengono direttamente nel gioco solo all'inizio, formando una figura qualsiasi comprendente da sei a dieci pedine. Di fatto questa è l'unica possibilità data al giocatore di influenzare l'andamento della partita. Tutte le altre mosse avvengono in modo deterministico.

Ma c'è un aspetto del gioco per cui il suo nome Life non è giustificato. Il gioco mostra molto bene come da semplici regole di base si possa costruire un *mondo reale* estremamente complesso, e complesso non solo nella sua struttura spaziale, nella sua morfologia, ma anzitutto nel suo comportamento funzionale. Troviamo qui di fatto molte proprietà che richiamano il concetto di vita. Manca però una caratteristica essenziale della vita: il caso creativo. Il decorso del gioco Life è esemplare di un processo deterministico. Tutto procede in modo strettamente causale a partire dalle condizioni iniziali. Dietro a tutto si cela un creatore pienamente informato. Il gioco si limita a rivelare le sue idee. Il caso, semplicemente, non è previsto. Ma anche se il corso degli eventi segue leggi deterministiche, non sempre è possibile immaginare come si presenteranno le generazioni future di semplici configurazioni iniziali; anche piccole variazioni possono dar luogo a sviluppi divergenti e a risultati opposti, come l'estinzione e la stabilità.

Un metodo per tentativi ed errori, usato in uno spazio decisionale a molte dimensioni, porta allo scopo molto più rapidamente di un processo deterministico causale che si basa sul sondaggio dei gradienti del valore di tutte le coordinate nello spazio.

Nel processo evolutivo, ogni miglioramento del progetto va a favore solo delle generazioni successive. Non vi è modificazione del già esistente: questo muore. Per la costruzione di una macchina ciò sarebbe un processo molto costoso. La natura ha tracciato un'altra via, più economica, con la creazione di recettori che raccolgono i segnali dall'ambiente e con lo sviluppo dei sistemi nervosi che elaborano e immagazzinano questi segnali. L'apprendimento è anch'esso un processo selettivo che comprende la riproduzione, la valutazione e la modificazione dei processi elementari che si svolgono nel sistema che apprende. E' vero che le nuove idee possono formarsi a spese di quelle più vecchie. Ma in questo caso vengono al massimo scartate le idee vecchie, non il macchinario sul quale si sono sviluppate.

All'inizio degli anni '70 F. Varela comprese che le sequenze passo passo degli automi cellulari, ideali per simulazione al computer, gli fornivano uno strumento estremamente efficace per simulare reti autopoietiche. Nel 1974 Varela riuscì a realizzare la simulazione adatta insieme a Maturana e allo scienziato informatico Ricardo Uribe. Il loro automa cellulare è costituito da un reticolo in cui un *catalizzatore* e due tipi di elementi si muovono casualmente e interagiscono in modo tale da poter creare nuovi elementi di entrambi i tipi;

altri elementi possono scomparire, e altri ancora possono legarsi fra loro per formare catene.

Istituto geografico De Agostini- CEDEA multimediale

Stocastico

agg. (Dal greco *stochasticòs*, congetturale). Casuale, aleatorio. In particolare in logica matematica, indica l'aleatorietà di una variabile oppure la particolare variabilità di quei processi, detti appunto processi stocastici, il cui sviluppo nel tempo è governato da leggi probabilistiche.

Stocastica

sf. Complesso dei metodi e delle teorie relativi a fenomeni soggetti a variazioni casuali. Il termine indica, nell'uso più corretto, la tendenza delle frequenze a non assumere una distribuzione regolare con l'aumentare della numerosità dei casi osservati, potendo tale distribuzione sempre variare per effetto di fattori imponderabili.

Eigen

Stocastico: Il comportamento aleatorio, casuale, delle grandezze in un processo dinamico (cioè dipendente dal tempo).