

La Geometria frattale della Vita

di Gabriele A. Losa

La Geometria frattale della Natura, l'opera di Benoît Mandelbrot di cui ricorre il trentesimo della prima edizione monografica, evoca una nuova *Weltanschauung*, propone un paradigma inedito per la lettura e l'interpretazione del mondo reale che ha sollevato e continua a sollevare giudizi talora controversi nell'ambiente scientifico, ma al tempo stesso suscita parecchia curiosità fra la gente comune. Fonda una geometria, con leggi e principi coerentemente definiti, che consente di interpretare, ponendola in grande risalto, la bellezza di figure, forme, immagini ed insiemi "non euclidei" ottenuti e riprodotti tramite l'iterazione illimitata, grazie all'ausilio del computer, di semplici equazioni a mo' di generatori.

Così appaiono i frattali matematici, belli, complessi ed affascinanti, riproducibili a discrezione, la cui peculiarità consiste nella loro dimensione frazionaria o frattale - dal latino *fractus* - piuttosto che topologica ed intera. Ciò che veniva generalmente qualificato come patologie matematiche e mostri appaiono spiegabili, anzi costituiscono "quasi la regola generale nella natura, in particolare nei suoi aspetti più visibili" per usare le parole di Mandelbrot.

A prescindere dal giudizio estetico, l'esegesi ha condotto assai rapidamente a constatare che talune figure virtuali assomigliano e richiamano per la loro analogia strutture e forme presenti nel regno naturale inanimato ed addirittura, siccome vi è esaltata la complessità, forme ed oggetti riscontrabili nel regno vegetale ed animale.

Sostanzialmente in accordo con le asserzioni di Mandelbrot, ovvero che "le nubi non sono sfere, le montagne non sono coni, i profili costieri non sono cerchi, le cortecce non sono lisce..." anche se, in parole povere, si tratta della riproposta di un'antica idea adombrata da uno studioso inglese del diciottesimo secolo in aperto contrasto con Euclide.

Dall'osservazione non idealizzata della natura si inferisce che corpi, organi, tessuti, strutture animali e vegetali sono irregolari, frastagliati, rugosi, frammentati ove il particolare assomiglia all'insieme, non riconducibili ad elementi regolari ed ideali e perciò non descrivibili sulla base dei principi della geometria euclidea. Corpi, organi e strutture biologiche sono "frattali" naturali, altrettanto belli di quelli generati al computer, e proprio per la loro ricchezza morfologica e peculiarità funzionali indispensabili alla vita: sussistono pertanto i presupposti sia teorici che pratici per *La Geometria frattale della vita* parafrasando il titolo dell'essai originale.

Ma per quale via si è giunti al ricorso estensivo ed innovativo della geometria frattale nello studio delle strutture e nell'interpretazione dei processi biolo-

gici? Occorre dapprima riandare al periodo d'oro della ricerca in biologia cellulare, intercorso fra gli anni sessanta e novanta dello scorso secolo, per fare il punto sullo "stato dell'arte" della problematica allora emergente, la cui soluzione rimane a tutt'oggi aperta, costituita dalla descrizione analitica delle forme e dall'identificazione della complessità morfologica dei sistemi viventi.

Infatti se da un canto urgeva l'esigenza di pervenire ad una descrizione oggettiva e riproducibile delle strutture ed ultrastrutture in sistemi cellulari e tessutali, dall'altro non vi era consenso sulla congruità delle metodologie analitiche da applicare o perlomeno si percepiva un diffuso scetticismo, in quanto il ricorso alle stesse avrebbe potuto comportare un esito insoddisfacente. Insomma la domanda si poneva a sapere se la morfologia analitica, la morfometria e la stereologia tradizionali sarebbero state efficaci nel fornire dati sperimentali atti a quantificare l'entità geometrico/spaziale di strutture irregolari in modo tale da consentire la comparazione con i propri costituenti biochimici, enzimatici e i meccanismi funzionali per altro quantificabili in modo riproducibile. In definitiva sarebbe stato possibile correlare struttura, forma e funzione in cellule, tessuti e organi?

Obiettivo non raggiunto, per il semplice motivo che le discipline evocate fondano il loro corpo teorico su leggi matematiche e geometriche convenzionali, impostate essenzialmente sul filo dei concetti di linearità, regolarità, continuità e dimensionalità topologica, in ossequio all'accezione epistemologica altrettanto convenzionale e per altro ancora largamente diffusa, secondo la quale le forme biologiche e le strutture del vivente debbono venire configurate come oggetti euclidei, ovvero approssimate ad elementi regolari ed affatto ideali per poter procedere alla loro misura, neglignendo di fatto e non solo in ragione di un disinvoltato <escamotage> ma piuttosto per "carenza ideologica" quelle peculiarità che connotano gli elementi e le strutture del mondo vivente, quali l'irregolarità di forma, l'invarianza di forma a scale diverse, l'iterazione morfogenetica non uniforme e l'autosomiglianza, la frattalità, la complessità, l'interruzione, il frazionamento e la non continuità, il processo dicotomico scalante, la distorsione e l'anisotropia.

Qualità quest'ultime riscontrabili non solo negli oggetti frattali geometrico-matematici e "deterministici", ma pure con qualche restrizione in quelli biologici e naturali, magistralmente descritti da Benoît Mandelbrot solamente una trentina di anni or sono anche se da sempre "sotto il nostro naso".

La "presa di coscienza" definitiva avvenne in seguito all'esame critico di alcune pubblicazioni, provenienti da laboratori internazionalmente reputati, le quali riportavano dati inerenti la misura della densità di superficie di organelli di cellule epatiche largamente divergenti seppure ottenuti in condizioni sperimentali sostanzialmente simili, ad esclusione tuttavia della scala di misura adottata. L'errore stava proprio nell'aver sottovalutato se non negletto il ruolo della scala di misura, del diverso potere di risoluzione, in ragione della visione epistemologica imperante ma obsoleta, quella di non vedere o non sapere

considerare la realtà biologica nella sua complessità ed irregolarità.

Infatti la verifica successiva ha consentito di stabilire che all'incremento del potere di risoluzione corrispondeva l'accrescimento delle superficie dei componenti cellulari, analogamente all'osservazione di Mandelbrot nel tentativo di misurare la lunghezza costiera della Gran Bretagna.

La risposta apparentemente "paradossale" decretava che il risultato era funzione del potere di risoluzione o dell'ingrandimento o ancora della scala di misura con cui si opera. Trattandosi di sistemi irregolari, non euclidei, quanto più piccola (precisa) è la scala di misura tanto più grande è il valore del parametro misurato, potendosi riconoscere e valutare adeguatamente un numero crescente di parti e dettagli che costituiscono l'insieme, i quali proprio in quanto generati tramite un processo di iterazione su un largo ventaglio di scale appaiono simili. La frattalità, l'irregolarità, la rugosità di una struttura frattale è definita sperimentalmente da un singolo descrittore numerico, la dimensione frattale, che in generale assume valori non interi.

Quanto più la dimensione frattale è elevata tanto più irregolare e strutturalmente differenziata (complessa) risulta essere la biostruttura, una realtà esperibile in ogni tessuto sia in situazione fisiologica che patologica o tumorale.

Nel caso di tessuti affetti da patologie o tumori, i vari componenti possono assumere valori elevati o scarsi a seconda del tipo o della dignità della lesione: ad esempio la linea di demarcazione o interfaccia fra tessuto epiteliale e derma della mucosa linguale appare liscia in situazione fisiologica e differenziata (debole valore della dimensione frattale) mentre appare molto irregolare e contorta, con dimensione frattale elevata, nel caso di tessuto con carcinoma o tumore maligno scarsamente differenziato.

Le cellule del sangue affette da leucemia (tumori) di tipo acuto mostrano una superficie cellulare piuttosto liscia e regolare, qualificata da una debole dimensione frattale mentre in cellule ematiche fisiologicamente competenti la loro membrana di superficie appare assai più irregolare e differenziata, a dimensione frattale elevata.

Ancora, in tessuti della mammella umana le lesioni di tipo benigno rivelano una dimensione frattale ridotta mentre le masse di tipo maligno si caratterizzano per i contorni irregolari, con forti distorsioni e un'elevata dimensione frattale. Grazie ai nostri sensi, affinabili con l'ausilio di tecniche e metodologie sempre più performanti, siamo in grado di percepire alcune proprietà conformazionali e strutturali di cellule, tessuti, organi, corpi e componenti del regno vegetale, mentre per la loro descrizione ed interpretazione ci soccorre la geometria frattale evitando di incorrere nella situazione degli antichi greci per i quali la natura con tutte le sue forme appariva talmente complessa ed indecifrabile da non attribuirvi dignità scientifica.

Non rimaneva che rifugiarsi nel mondo culturale, ideale, costituito da oggetti geometrico spaziali regolari, adeguatamente descrivibili dalla geometria di Euclide. Ancora nel secolo scorso Immanuel Kant affermava con realismo:

“l'organizzazione delle forme è un abisso impenetrabile per la mente”.

Ma qual è la realtà della natura incommensurabile? Einstein offre la sua risposta: “la vera difficoltà sta nel fatto che la fisica è un tipo di metafisica: la fisica descrive la ‘realtà’. Ma noi non sappiamo che cosa sia la realtà, se non attraverso la descrizione fisica che diamo di essa”.