

Claudio Gnoli

Ontologia informazionale

**Una visione del mondo
come livelli di sistemi modulari**

Aggiornamento 2026.04.17

<https://gnoli.eu/ontoinfo.pdf>

1a ed. Amazon Italia 2026.01

Appunti stesi a partire dal 2021



licenza creative commons con obbligo di attribuzione all'autore e
uso non commerciale

Sono benvenuti commenti e domande all'indirizzo scritur@gmail.com

Sommario

L'ontologia
Ontologia ed epistemologia
Classi
Somiglianze e origini
Dipendenze
Sistemi
Livelli
Equilibri
Informazione assoluta
Moduli
Impronte
Memorie ed esemplari
Variazioni ed evoluzione
Modelli e informatori
L'emergenza di nuovi livelli
Tavola delle dipendenze
Gli strati di sistemi informati
La materia
La vita
La mente
La cultura
Livelli della cultura
La specificità delle scienze
Conclusioni

L'ontologia

Negli anni mi sono occupato di svariati àmbiti (mammiferi, lingue artificiali, biblioteche, tradizioni locali...); ma in fin dei conti la mia vocazione principale sembra essere quella di “disegnarmi nella testa una pianta del mondo”, come metaforicamente mi sono espresso in versi di gioventù¹: quella cioè di collegare i diversi oggetti della conoscenza, dei quali facciamo esperienza quotidianamente, in un grande schema coerente e chiaro. Studiando le scienze naturali per generale curiosità, mi sono reso conto che ciò che del mondo naturale maggiormente mi preme sono le implicazioni teoriche e filosofiche del fatto che certi fenomeni siano composti o originati da qualcos'altro².

Questo genere di schemi viene rappresentato molto spesso con la metafora di una mappa, che probabilmente ci è congeniale per un'istintiva predisposizione ad apprendere i passaggi praticabili sul territorio orizzontale nel quale dobbiamo vivere; così come la metafora dell'albero potrebbe esserlo per l'antica abilità di seguire percorsi lungo i rami per raggiungere dei frutti³. In generale, “probabilmente è un'esigenza della mente umana avere una rappresentazione del mondo unificata e coerente. Se manca, compare l'ansia e la schizofrenia”⁴.

Ho in séguito imparato⁵ che tale mappa del mondo si chiama **ontologia**. Nel suo senso filosofico, l'ontologia è lo studio della struttura del mondo e delle sue componenti fondamentali o *categorie*. Tratta cioè di come l'insieme indistinto del reale possa essere meglio analizzato per comprendere il posto che in esso occupano i diversi fenomeni.

A monte delle categorie, noi possiamo cogliere il mondo come totalità non analizzata solo mediante l'atteggiamento contemplativo della mistica. Questa totalità è stata indicata dal proto-scienziato Anassimandro come l'*àpeiron*, cioè appunto “l'indeterminato” o “l'illimitato” che sta all'origine del mondo. Riferimenti ad un analogo principio assoluto si trovano in numerose filosofie e religioni: il *brahman* indiano, il *tao* cinese, il *logos* greco ed anche alcune concezioni non personificate del *Dio* occidentale, come quella di Spinoza.

Tuttavia, la natura della conoscenza umana sta proprio nell'analizzare questa totalità in concetti più specifici che l'intelletto può maneggiare, e che corrispondono ai fenomeni determinati che incontriamo

¹ C. Gnoli, Osservazioni del cavallo Jolly Jumper e del suo affezionato compagno di viaggio, 1988, in *Versi*.

² Proprio come Conwy Lloyd Morgan (*Emergent evolution*, Williams and Norgate, London 1923) ebbe modo di esprimere a una cena accademica al grande biologo Thomas Huxley: “Following the thread of my reply, he drew from me the confession that an interest in philosophy, and in the general scheme of things, lay deeper than my interest in the practical applications of science to what then purported to my bread-and-butter training”. Particolarmente intrigante dovette essere il modo in cui l'insegnante di matematica e scienze nella scuola media Arioli, la senese Maria Rinaldi in Camassa, ci fece intuire il potere esplicativo della teoria di Darwin e ci incoraggiò a seguire i programmi televisivi di Piero Angela; all'Università di Milano fui poi molto coinvolto dal bel corso sull'evoluzione biologica di Marco Ferraguti.

³ Thomas S. Collett - Paul Graham, Animal navigation: path integration, visual landmarks and cognitive maps, *Current biology*, 14: 2004, n. 12, p. R475-R477; Giulio Barsanti, *La scala, la mappa, l'albero: immagini e classificazioni della natura fra Sei e Ottocento*, Sansoni, 1992.

⁴ François Jacob, *Le jeu des possibles: essai sur la diversité du vivant*, Fayard, Paris 1981, trad. it. *Il gioco dei possibili*, Mondadori, Milano 1983, p. 22.

⁵ In particolare dal contatto personale con Roberto Poli. Vedi anche Achille Varzi, *Ontologia*, Laterza, Bari - Roma 2005; *Storia dell'ontologia*, a cura di Maurizio Ferraris, Bompiani, Milano 2008. L'ontologia è in genere considerata una branca della *metafisica*, ma a volte i significati dei due termini si mescolano; cfr. Roberto Poli, Ontology: the categorial stance, in R. Poli - Johanna Seibt eds., *Theory and applications of ontology. 1: Philosophical perspectives*, Springer, Dordrecht 2010, p. 1-22.

nel mondo. Tali concetti da noi individuati si trovano come a mezza strada fra l'ápeiron e l'infinità dei fenomeni particolari, ai quali dopotutto sarebbe poco utile attribuire innumerevoli nomi individuali (uno per questa sedia, un altro per quel cane...), mentre è più interessante riconoscere che essi si raggruppano in alcuni tipi ovvero classi (le sedie, i cani).

Nella vita quotidiana queste classi intuitive vengono accettate come sono, senza approfondire se e come possano essere collegate fra loro. È l'ontologia che indaga meglio l'importanza relativa delle classi di cose presenti nel mondo e i modi in cui sono connesse. Immaginando il mondo come un complesso reticolo di elementi, qualsiasi nodo (poniamo: i cani) potrebbe essere preso come categoria di riferimento, e tutti gli altri nodi venire descritti in base alle loro relazioni con quello (le strade su cui i cani camminano; i guinzagli per cani; i venditori di guinzagli...). Tuttavia, l'indagine ontologica può identificare certi nodi che, quando presi come riferimento, portano a descrizioni più eleganti, coerenti e complete delle altre (la classe degli esseri viventi, di cui i cani non sono che una sottoclasse).

Anche le lingue naturali implicano in fin dei conti un'analisi e un raggruppamento dei fenomeni in forma di parole, i cui rapporti sono descritti dalla semantica lessicale. Le lingue tuttavia, essendo il frutto di uno sviluppo storico non pianificato, mostrano varie incoerenze e limitazioni, che si può cercare di superare costruendo dei linguaggi artificiali, quali i linguaggi di indicizzazione documentale e più in generale i sistemi per l'organizzazione della conoscenza (*knowledge organization system, KOS*): classificazioni, tesauri, tassonomie ecc. Al linguaggio naturale i KOS permettono infatti di aggiungere alcune proprietà importanti: (1) il controllo terminologico dei concetti, che gestisce le omonimie e le sinonimie; (2) le relazioni semantiche fra concetti, a cominciare da quelle gerarchiche; (3) un ordine sistematico fra concetti dello stesso rango gerarchico⁶. Essi hanno applicazioni specialmente nella documentazione e nell'informatica.

Dopo un periodo di oblio, l'ontologia ha ripreso a svilupparsi nel Novecento in modi meno legati ad astratti razionalismi e più attenti agli sviluppi delle scienze⁷, che essa può completare e integrare fornendo un quadro del mondo più generale; tale è l'approccio del tedesco baltico Nicolai Hartmann, uno dei maggiori ontologi del Novecento⁸. Negli ultimi decenni, l'ontologia viene applicata anche all'organizzazione dei dati nei sistemi informatici, producendo schemi detti appunto *ontologie* che sono anch'essi un tipo, alquanto sofisticato, di KOS. Qui ci interessa innanzitutto l'ontologia del mondo in quanto tale, anche se accenneremo alla sua conseguente traduzione nelle classi più generali di un KOS.

Ontologia ed epistemologia

Oltre a quella ontologica, la conoscenza ha sempre una componente epistemologica: è quella che

⁶ Claudio Gnoli, *Introduction to knowledge organization*, Facet, London 2020, 2a ed. 2026.

⁷ Ossia "salvando i fenomeni", come già si espresse Aristotele (*Metafisica*, Λ, 8).

⁸ Nicolai Hartmann, *Neue Wege der Ontologie*, in *Systematische Philosophie*, Kohlhammer?, Stuttgart - Berlin 1942, trad. it. *Nuove vie dell'ontologia*, la Scuola, Brescia 1975. Sono stato introdotto a Hartmann leggendo Konrad Lorenz, *Die Rückseite des Spiegels: versuch einer Naturgeschichte menschlichen Erkennens*, Piper, München 1973, trad. it. *L'altra faccia dello specchio: per una storia naturale della conoscenza*, Adelphi, Milano 1974.

dipende dai mezzi del conoscere, come il nostro apparato cognitivo, i sensi, l'approccio che adottiamo; la componente ontologica è invece quella che dipende dalle caratteristiche intrinseche che la realtà doveva avere anche prima che noi la conoscessimo.

Le due componenti sono mescolate in modi intricati, che è notoriamente difficile separare: quanto e che cosa della conoscenza è oggettivo e quanto e che cosa dipende dalla nostra prospettiva?⁹ Molti autori amano sottolineare il peso della componente epistemologica, dato sia dalle capacità innate del cervello umano (epistemologia individuale, cognitivismo) che dalle diverse prospettive culturali, per le quali ogni conoscenza sarebbe diversa se il soggetto conoscente appartenesse a un contesto sociale differente (epistemologia sociale¹⁰).

Tuttavia, chi nella conoscenza cerca con maggior passione dei risultati non si rassegna a questa saggezza di circostanza e, pur riconoscendo le difficoltà di sfrondare le componenti epistemiche, continua a cercare di arrivare, oltre queste, a comprendere le proprietà generali degli oggetti che si trovano nel mondo. Fra loro il documentalista Jason Farradane, alla cui passione per una teoria scientifica della classificazione i colleghi del Classification Research Group obiettarono, citando il *Vangelo*, “but the wind bloweth where it listeth”, il vento soffia dove vuole: ma egli prontamente ribatté “I want to list the wind where it blows”, voglio elencare il vento lì dove soffia, ossia individuare nei KOS la posizione per il vento – come per ogni altro concetto – che meglio esprime la sua natura reale, da lui chiamata il suo “place of unique definition”¹¹.

Nelle parole di John Searle, “una delle caratteristiche positive dello scrivere in questo momento storico è che abbiamo in larga misura superato la nostra ossessione, vecchia ormai di tre secoli, per l'epistemologia e lo scetticismo”¹². La filosofia degli ultimi secoli infatti, specialmente da quando Kant ha considerato le categorie a priori della conoscenza quali spazio, tempo e causa come epistemiche, si è concentrata sulla conseguente relatività della conoscenza, necessariamente limitata ai *fenomeni* come li percepiamo mediante i nostri particolari sensi e incapace di raggiungere i *noùmeni*, le cose in sé che stanno oltre le nostre categorie.

Tuttavia, gli sviluppi darwiniani della biologia hanno permesso a Konrad Lorenz e altri di considerare tali a-priori della conoscenza come degli a-posteriori dell'evoluzione¹³: se il nostro apparato cognitivo

⁹ Rebecca Bryant, *Discovery and decision: exploring the metaphysics and epistemology of scientific classification*, Farley Dickinson University Press - Associated University Press, 2000.

¹⁰ Birger Hjørland, Social epistemology, *Knowledge organization*, 51: 2024, n. 3, p. 187-202, anche in *ISKO encyclopedia of knowledge organization*, ed. B. Hjørland - C. Gnoli, <https://www.isko.org/cyclo/se>.

¹¹ *Vangelo* di san Giovanni, § 3.8; “Classification Research Group: bulletin no. 9”, *Journal of documentation*, 24: 1968, n. 4, p. 273-298; Brian Vickery, e-mail all'autore, 11 agosto 2007; C. Gnoli, Vickery's late ideas on classification by phenomena and activities, in *Facets of knowledge organization: proceedings of the ISKO UK Second Biennial Conference, 4th-5th July 2011, London*, ed. Alan Gilchrist - Judi Vernau, Emerald - Aslib, Bingley 2012, p. 11-24; id., Is an all-purpose classification possible? Insights from Farradane's approach to knowledge organization, *Synthese*, 205: 2025, article 177, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11229-025-05011-9>.

¹² John R. Searle, *Making the social world*, 2010, trad. it. *Creare il mondo sociale*, Cortina, Milano 2010, p. 4-5.

¹³ Herbert Spencer, *Principles of psychology*, 1855; id., *First principles*, 1862; Konrad Z. Lorenz, Kant's Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie, *Blätter für Deutsche Philosophie*, 15: 1941, p. 94-125, trad. ingl. Kant's doctrine of the a priori in the light of contemporary biology, in *Philosophy after Darwin: classic and contemporary readings*, org. Michael Ruse, Princeton University Press, 2009, p. 231-247; id., *L'altra faccia dello specchio*, cit. Altri filosofi che hanno considerato questa tesi sono Karl Popper, *Objective knowledge: an evolutionary approach*, Clarendon Press, Oxford 1972; Daniel Dennett, True believers, in *Scientific explanation*, ed. A. Heath, Oxford University Press, 1981; Jerry A. Fodor, Three cheers for propositional attitudes, in *Representations*,

funziona in un certo modo non è per ragioni arbitrarie, ma perché l'evoluzione biologica lo ha sviluppato nei modi che meglio hanno superato il vaglio della selezione naturale; il che ci autorizza a pensare che le sue categorie riflettano la realtà in modi efficaci e affidabili, seppure incompleti. Prendiamo la nostra capacità di contare: se un nostro antenato vedeva entrare in una caverna tre orsi e successivamente ne vedeva uscire due, il suo modo innato di fare sottrazioni doveva corrispondere adeguatamente alla realtà; infatti il portatore di categorie matematiche alternative che, in base ad esse, avesse deciso di entrare nella caverna sarebbe stato sbranato e non avrebbe trasmesso i suoi geni alternativi alla discendenza¹⁴. Così, categorie come quella di numero non devono essere soltanto epistemiche ma anche ontiche.

Classi

Nel mondo in cui ci troviamo si possono osservare fenomeni che ricorrono più volte: vediamo svariati gabbiani fra loro simili, svariati esseri umani femmine, altri esseri umani maschi, svariate Honda Jazz, svariati valzer, svariate pietre calcaree, svariate molecole di benzene... Un insieme di gabbiani, o di Honda Jazz o di valzer, è una **classe** (termine in matematica quasi equivalente a *insieme*).

La somiglianza fra gli elementi di una classe viene riconosciuta intuitivamente dalle nostre facoltà cognitive, per via epistemica; ma sembra avere qualche fondamento a monte, essere cioè anche ontica: sebbene esistano molti gabbiani simili e molti colombi simili, riscontriamo che invece non esistono forme con caratteristiche intermedie fra gabbiano e colombo, e sembra chiaro che si tratti di un dato di fatto e non di una forzatura delle nostre categorie mentali. Come per l'aritmetica degli orsi, il dato di fatto ontico deve aver favorito l'evoluzione della nostra capacità innata di riconoscere classi e formarci categorie; queste a loro volta sono espresse dal linguaggio naturale, che designa i fenomeni simili con una stessa parola: *gabbiano*, *valzer* ecc.

Il fatto che i fenomeni individuali si ripetano uguali o almeno simili, anziché appartenere ad un continuo di forme indeterminate, non è scontato¹⁵. Si parla talvolta delle categorie complementari del *molteplice* e dell'*uno*: sono cioè molteplici gli individui che appartengono ad una singola classe. Il dualismo di individui e classi, ovvero di *token* e tipi, viene spesso ricondotto in termini metafisici all'esistenza di qualche *universale* al quale apparterrebbero tutti i *particolari* che si assomigliano. La natura di tali universali è ampiamente dibattuta: Platone li interpretava come appartenenti ad una realtà a monte della nostra esperienza, il "mondo delle idee", mentre Aristotele ne ha dato un'interpretazione più immanente. La

MIT, 1981; Alvin I. Goldman, *Epistemology and cognition*, Harvard University Press, 1986; Ruth G. Millikan, Naturalist reflections on knowledge, *Pacific philosophical quarterly*, 65: 1984, n. 4, p. 315-334; e David Papineau, *Reality and representation*, Blackwell, 1987, tutti citati criticamente in Nicola Vassallo, *La naturalizzazione dell'epistemologia: contro una soluzione quineana*, F. Angeli, 1997, p. 53, segnalatomi da Ridi.

¹⁴ Ascoltai questo esempio semplice dal biologo Pietro Omodeo durante un suo seminario all'Università di Milano. Nello stesso senso, "Se l'immagine che un uccello si forma degli insetti che deve portare come cibo ai propri piccoli non riflette almeno alcuni aspetti della realtà, non ci sarebbero più piccoli. Se la rappresentazione che la scimmia si fa del ramo su cui vuol saltare non avesse nulla a che fare con la realtà, non ci sarebbe più scimmia" (Jacob, *Il gioco dei possibili*, p. 94).

¹⁵ "The world is not a chaos, with every aspect, at every minute, unique in character. Nor is it an undifferentiated blancmange. It is a diverse and orderly cosmos displaying patterns of recurrence. No responsible ontology can evade this very general fact" (Keith Campbell, *Abstract particulars*, Basil Blackwell, Oxford 1990, p. 28, cit. in Katarina Perović, *Ontological categories*, Cambridge University Press, 2024).

disputa sugli universali impegnò i logici del Medioevo; recentemente David M. Armstrong ha sostenuto una concezione a posteriori degli universali.

In ogni caso, il fatto di ritrovare un dualismo fra classi e individui in pensatori di ogni epoca sembra riflettere una qualche caratteristica reale della struttura del mondo. Assumendo un atteggiamento di semplice osservazione, possiamo chiederci come avvenga che esistano numerosi **esemplari** simili di uno stesso fenomeno: perché si sono generati molti gabbiani e non uno solo, o molti valzer e non uno solo? Ciò sembra presupporre un qualche processo di replicazione delle stesse forme. Vedremo in séguito come questo si verifichi attraverso un ripresentarsi ciclico delle stesse condizioni di partenza: sia nei modi meccanici dei semplici cicli fisici, sia in quelli più sofisticati resi possibili da memorie genetiche, neurali, linguistiche.

La somiglianza fra esemplari non è necessariamente una completa identità. Le differenze fra individui possono essere più o meno trascurabili per la loro comprensione: mentre per fenomeni materiali relativamente semplici il numero enorme di individui – elettroni, molecole, cristalli... – permette di approssimare bene il loro comportamento per via statistica, come avviene con le leggi della termodinamica, nel caso di fenomeni più complessi – i gabbiani, i governi... – i numeri sono meno grandi e diventano rilevanti le differenze fra un individuo e l'altro, fino ad avere situazioni in cui le contingenze giocano un ruolo determinante per l'evoluzione storica¹⁶.

Nelle lingue naturali esprimiamo l'insieme di tutti i gabbiani, ossia la classe dei gabbiani, usando il plurale. Anche nei KOS le classi di fenomeni numerabili sono designate da sostantivi plurali, che sono inoltre normalizzati, come si è accennato, individuando una forma preferita rispetto a varianti grammaticali (come *gabbiano* al singolare) e lessicali (i sinonimi, come *larini*): dalle parole passiamo così a *termini* più formali, che scriveremo in carattere monospaziato: gabbiani.

Come è noto, due relazioni fondamentali sono l'appartenenza di un'entità individuale a una classe:

$$\text{Jonathan} \in \text{gabbiani} \quad (\text{Jonathan è un gabbiano})$$

e l'appartenenza di una classe a un'altra classe più generale che la comprende:

$$\text{gabbiani} \subset \text{uccelli} \quad (\text{i gabbiani sono uccelli})$$

Da quest'ultima si deduce che tutti i membri della classe dei gabbiani sono compresi anche nella classe più generale: Jonathan è anche un uccello.

In questo modo si può sviluppare un albero tassonomico di classi e loro sottoclassi, arrivando attraverso i diversi “rami” dalla specificità crescente (uccelli, caradriformi, laridi, gabbiani, gabbiani reali nordici...) fino alle “foglie” che rappresentano i loro membri individuali (Jonathan). Un obiettivo dell'ontologia è comprendere quali siano le categorie più generali nelle quali il mondo è articolato, ossia le classi di fenomeni somme a cui gli altri fenomeni possono essere

¹⁶ Ernst Mayr, Cause and effect in biology, *Science*, 134: 1961, p. 1501-1506, trad. it. in *Evoluzione e varietà dei viventi*, Einaudi, Milano 1983, p. 188-205: 203; Stephen Jay Gould, *Wonderful life: the Burgess Shale and the nature of history*, Norton, New York-London 1989; trad. it. *La vita meravigliosa*, Feltrinelli, Milano 1995.

ricondotti.

Come spesso si ripete, ci sono innumerevoli modi alternativi di raggruppare gli aspetti del mondo. Teoricamente, possiamo definire qualsiasi insieme di oggetti eterogenei in modo arbitrario, come l'insieme formato dalla saponetta nel mio bagno, dal telefono di mia zia e dalla città di Amsterdam. In genere però ci interessano insiemi di fenomeni che condividano diverse **proprietà** ovvero *caratteristiche*, specialmente se possedute soltanto da loro e non da altri fenomeni: la classe di tutti gli oggetti grigi, o quella di tutti gli animali con una coda.

In modo particolare ci interessa individuare classi quanto più possibile generali e stabili, che raggruppino fenomeni intrinsecamente affini e offrano un riferimento rispetto al quale anche le classificazioni alternative possano essere spiegate. John Stuart Mill chiamò questi raggruppamenti ideali “kind”, ossia generi o tipi, e la letteratura filosofica successiva vi si riferisce come *natural kind* nel senso che corrispondono ad affinità reali della natura¹⁷. È oggetto di dibattito se essi possano venire definiti in base a un preciso insieme di proprietà necessarie (*essenza*: i quadrati sono i rettangoli che hanno tutti i lati uguali, e null'altro), oppure soltanto a “grappoli” di proprietà comunque reali (*property clusters*), o addirittura selezionando delle proprietà a seconda degli specifici interessi di indagine (realismo promiscuo di John Dupré)¹⁸.

Una classificazione impostata scientificamente si sforza di individuare le classi che abbiano in comune il massimo numero di proprietà, e non soltanto poche proprietà accidentali; possiamo indicare questo criterio come un *principio di generalizzazione ottimale*. Una classe definita da molte proprietà, infatti, implica delle conoscenze più vaste: una volta accertato che un certo fenomeno vi appartiene, ne ricaveremo informazioni più generali rispetto alla presenza di una proprietà singola; se capiamo che un certo fenomeno appartiene alla classe delle piante, sapremo di conseguenza che esso respira, compie fotosintesi, è fatto di cellule ecc. anche senza bisogno di verificare tutti questi aspetti uno per uno, e potremo prevedere il suo sviluppo. Le classi naturali hanno cioè un “ruolo in generalizzazioni induttive, leggi scientifiche e spiegazioni”¹⁹.

¹⁷ John Stuart Mill, *A system of logic: ratiocinative and inductive*, 1843, 7, 126-: “an indeterminate multitude of properties not derivable from one another”; più avanti: “The properties, therefore, according to which objects are classified should, if possible, be those which are causes of many other properties. [...] A classification thus formed is properly scientific or philosophical, and is commonly called a Natural, in contradistinction to Technical or Artificial, classification or arrangement”, che ci interessa “when we are studying objects not for any special practical end, but for the sake of extending our knowledge of the whole of their properties and relations”. Una distinzione fra classificazioni naturali e artificiali è presente già in Platone (*Fedro*, ~370 a.C., trad. Einaudi, Torino 2011) e in Linneo.

¹⁸ John Dupré, *The disorder of things: metaphysical foundations of the disunity of science*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1993; P. D. Magnus, *Scientific inquiry and natural kinds: from planets to mallards*, Palgrave-Macmillan, New York 2012; Zdenka Brzović, Natural kinds, in *Internet encyclopedia of philosophy*, <https://iep.utm.edu/nat-kind> 2018; Alexander Bird - Emma Tobin, Natural kinds, in *Stanford encyclopedia of philosophy*, eds. Edward N. Zalta - Uri Nodelman, <https://plato.stanford.edu/entries/natural-kinds/> rev. 2022; Gnoli, Is an all-purpose classification possible?, cit.

¹⁹ Brzović, cit. “Una classificazione vera include in ciascuna classe quegli oggetti che hanno in comune fra loro più caratteristiche di quante ciascuno di loro abbia in comune con qualsiasi altro oggetto escluso dalla classe. Inoltre, le caratteristiche comuni possedute dagli oggetti collegati, e non possedute da altri oggetti, sono più radicali di qualsiasi caratteristica comune posseduta da altri oggetti – comprendono un maggior numero di caratteristiche dipendenti. Questi sono due lati della stessa definizione. Poiché cose che possiedono il maggior numero di attributi in comune sono cose che possiedono in comune quegli attributi essenziali dai quali dipende il resto; e all'inverso, il possesso in comune degli attributi essenziali implica il possesso in comune del maggior numero di attributi. Pertanto, l'una o l'altra delle verifiche può essere usata a seconda di

Naturalmente, ottimale non significa mai perfetto e le classi così individuate possono essere affinate nel tempo: lo schema può inizialmente avere una classe *volatili* comprendente gabbiani, pipistrelli e libellule, di per sé lecita in quanto li accomuna la proprietà della capacità di volare; tuttavia con l'avanzare della ricerca ci si rende conto che la classe degli *uccelli*, comprendente anche struzzi e pinguini che non volano, ha in comune un numero maggiore di altre proprietà significative (piume, ali, ossa cave, sangue caldo...). Ciò rende più economico parlare di uccelli piuttosto che di volatili: affermare che i gabbiani sono uccelli implicherà infatti le informazioni che i gabbiani hanno piume, che hanno ali, ossa cave ecc. Non è escluso peraltro che un cambiamento possa nel tempo rivelarsi un peggioramento e ci si renda conto che è opportuno tornare ai raggruppamenti precedenti.

Come fare dunque per individuare le classi? Sul piano statistico, esistono tecniche con le quali si può valutare la somiglianza fra fenomeni ed organizzarli di conseguenza²⁰. All'interno di un certo ambito, ad esempio gli uccelli, si possono scegliere proprietà quantificabili di confronto, ad esempio le dimensioni o il peso: si potranno così individuare uccelli di dimensioni o peso simili. Per una classificazione generale dei fenomeni, invece, occorre confrontare coppie qualsiasi di fenomeni, anche completamente diversi, per i quali non sono date a priori proprietà quantitative in comune (solo alcuni avranno un peso, mentre altri no); si può allora confrontarli in base alla semplice presenza o assenza di determinate proprietà (*variabili qualitative o binarie*), come il fatto di avere o meno un peso. La scelta di queste proprietà appare di per sé arbitraria; tuttavia col progredire della ricerca si possono individuare insiemi di proprietà particolarmente significative, in quanto l'aggiunta di una nuova proprietà non fa mutare sostanzialmente i risultati.

Prendiamo ad esempio alcuni fenomeni che posso osservare nel mio ufficio: un libro, un panino, me stesso, una zanzara, l'aria e gli orari di apertura al pubblico. Per ciascuno di questi fenomeni valutiamo la presenza (valore 1) o assenza (valore 0) di alcune proprietà: se respira, se ha un peso, se utilizza un linguaggio, se reagisce a stimoli, se è artificiale, se ha estensione spaziale, se contiene proteine. Otteniamo questa matrice:

	respira	pesa	usa una lingua	reagisce	è artificiale	ha estensione	è proteico
libro	0	1	1	0	1	1	0
panino	0	1	0	0	1	1	1
Claudio	1	1	1	1	0	1	1
zanzara	1	1	0	1	0	1	1
aria	0	1	0	0	0	1	0
orari	0	0	1	0	0	0	0

Applichiamo ora a ogni coppia di fenomeni un *indice di similarità* quale l'indice di Jaccard J , definito come il rapporto fra il numero di proprietà possedute da entrambe le entità e il numero di proprietà

quanto dettato dalla convenienza" (Herbert Spencer, *The classification of the sciences*, Williams and Norgate, London 1864).

²⁰ Sergio Zani - Andrea Cerioli, *Analisi dei dati e data mining per le decisioni aziendali*, Giuffrè, Milano 2007.

possedute da almeno una delle due: ad esempio, il libro e il panino hanno tre proprietà in comune (avere un peso, essere artificiale e avere un'estensione) e cinque proprietà possedute da almeno uno dei due, sicché $J = 3/5 = 0,6$. Calcolando gli indici di Jaccard per tutte le coppie abbiamo la seguente matrice:

	libro	panino	Claudio	zanzara	aria	orari
libro	1,00	0,60	0,43	0,29	0,50	0,20
panino	0,60	1,00	0,43	0,50	0,50	0,00
Claudio	0,43	0,43	1,00	0,83	0,33	0,17
zanzara	0,29	0,50	0,83	1,00	0,40	0,00
aria	0,50	0,40	0,33	0,40	1,00	0,00
orari	0,25	0,00	0,17	0,00	0,00	1,00

L'analisi dei gruppi (*cluster analysis*) ci permette ora di creare raggruppamenti successivi a seconda degli indici di similarità. Oltre al fatto ovvio che un fenomeno ha una similarità 1 con sé stesso, osserviamo che la coppia zanzara e Claudio ha la similarità massima 0,83: essa costituisce allora un primo gruppo, che possiamo chiamare *viventi*. Procediamo ora confrontando i fenomeni rimanenti con il gruppo di due elementi, per il quale possiamo considerare il valore di similarità massimo (oppure quello minimo o quello medio, a seconda del metodo di clustering che preferiamo adottare). Troviamo un nuovo massimo di 0,6 fra libro e panino, che possiamo battezzare il gruppo degli *oggetti*. Ripetiamo ogni volta la procedura, individuando al terzo turno un macro-gruppo con similarità 0,5 che comprende l'aria, il gruppo dei *viventi* e quello degli *oggetti*. Procedendo in questo modo si arriva infine a individuare un unico gruppo che contiene tutti gli oggetti: il gruppo *mondo*. La mappa delle successive biforcazioni fra i gruppi, detta *dendrogramma*, fornisce una classificazione dei fenomeni sulla base della similarità nelle proprietà considerate:

```

mondo
  viventi: zanzara, Claudio
  non viventi
    oggetti: libro, panino
    non oggetti: aria, orari

```

Naturalmente né il rango di base, in cui tutte e sette le entità restavano distinte, né il rango finale, in cui stanno tutte insieme come nell'ápeiron, ci appaiono particolarmente interessanti: siamo infatti naturalmente inclini a raggruppare i fenomeni che conosciamo in alberi che si ramifichino ogni volta in un piccolo numero di suddivisioni²¹. Per ottenere una classificazione significativa conviene tagliare il dendrogramma ad un rango intermedio, preferibilmente un rango dove osserviamo un salto notevole fra gli indici di similarità, come quello fra 0,83 e 0,6 che suddivide il nostro mondo nei gruppi *viventi* e *non viventi*.

²¹ G. A. Miller, The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information, *Psychological review*, 63: 1956, n. 2, p. 81-97.

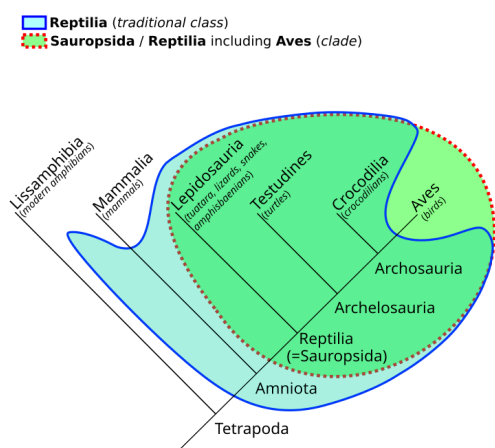
Somiglianze e origini

I dendrogrammi rappresentano dunque le somiglianze fra classi diverse, senza di per sé curarsi delle loro origini. Può accadere infatti che essi raggruppino fenomeni *analoghi*, che cioè sono simili soltanto perché si sono sviluppati in condizioni simili, senza per questo essere *omologhi* ossia derivati dalle stesse entità iniziali. Zanzare, gabbiani e aeroplani hanno tutti delle ali, ma hanno storie molto diverse.

L'esperienza insegna che considerare solo le somiglianze superficiali, come abbiamo fatto identificando una classe dei volatili, indipendentemente dalle loro origini che sarebbero invece considerate con la classe degli uccelli, porta a generalizzazioni meno potenti; e che quindi per approfondire la conoscenza ci convenga cercare di risalire alle origini delle cose. In altre parole, le omologie tendono ad accomunare fenomeni che hanno un grande numero di proprietà in comune, anche se non tutte vengono direttamente osservate, e che sono quindi più probabilmente dei tipi naturali.

Spesso però non conosciamo ancora la storia evolutiva di ogni forma, e dobbiamo accontentarci di considerare provvisoriamente solo le somiglianze, adottando un approccio statistico come abbiamo fatto con l'indice di Jaccard: è questa l'idea alla base della *tassonomia numerica* ovvero *fenetica*. Le classi vengono allora raggruppate sulla base delle loro forme, e solo successivamente le affinità potranno essere confermate o smentite dalla ricostruzione della storia evolutiva, come sta avvenendo per molte specie viventi anche grazie alle analisi genetiche.

La ricostruzione delle origini, ovvero delle storie evolutive o genealogie, si può compiere mediante delle procedure di analisi *cladistica*, introdotte dal biologo Willi Hennig. Considerando solo le proprietà che hanno un'origine comune, come le ali dei pipistrelli e le braccia degli umani, esse permettono di produrre dei *cladogrammi*, ossia serie di suddivisioni ad albero simili a quelle dei dendrogrammi, che tuttavia rappresentano parentele anziché somiglianze.



Cladogramma dei rettili (nell'area tratteggiata) compresi gli uccelli ("Aves", a destra), da Wikimedia, utente Sittaco.

Sebbene le due cose spesso coincidano, talvolta invece i cladogrammi riuniscono fenomeni dall'aspetto assai diverso seppur originati entro lo stesso ramo evolutivo, perdendo di vista le somiglianze di struttura: secondo la sistematica cladistica, gli uccelli appartengono alla classe dei rettili, della quale

non sono che un ramo come altri, originato in tempi più recenti rispetto a ramificazioni più fondamentali fra gruppi di rettili, quale quella fra serpenti e coccodrilli; se chiamiamo *rettili* tanto i serpenti quanto i coccodrilli, allora per coerenza dovremmo chiamare così anche gli uccelli.

Seppure le origini siano un elemento esplicativo cruciale, anche le somiglianze rimangono però rilevanti: due classi che hanno la stessa origine ma si assomigliano poco, come i serpenti e gli uccelli, andranno sì poste in punti vicini dell'albero, ma anche distinte in considerazione della loro diversità.

Somiglianze e origini, ovvero “strutturale” e “storico”, sono i due principali criteri che è possibile adottare per decidere come raggruppare le classi in qualsiasi classificazione scientifica, secondo il filosofo della scienza David Hull²². Egli nota peraltro che ciascuno dei due criteri si può rappresentare solo a scapito dell'altro: un albero che rappresenta le origini, come quelli della cladistica, non rende però conto delle somiglianze (nell'immagine, coccodrilli e uccelli risultano vicini pur essendo molto diversi); d'altra parte un albero che rappresenta le somiglianze, anche se derivate da origini comuni, non rende conto di quale sia esattamente l'antenato più prossimo per ciascuna classe: nella tassonomia tradizionale il ramo degli uccelli ha lo stesso rango di quello di tutti i rettili, mentre la particolare relazione degli uccelli coi rettili arcosauri non appare e va specificata a parte, all'esterno dell'albero. Per considerare un esempio noto in un'altra classe di fenomeni, nella tavola periodica di Mendeleev gli elementi chimici sono disposti in ordine crescente di numero atomico, che è un criterio di somiglianza: gli elementi che hanno un numero di protoni simile stanno vicini; tuttavia l'ordine con cui gli elementi si originano gli uni dagli altri nel processo di nucleosintesi è in molti casi differente: il silicio può formarsi per fusione di due atomi di ossigeno, nonostante l'elemento che lo precede nella tavola sia invece l'alluminio.

Come fare dunque per disporre le classi in un modo ottimale? Ci sembra che la questione possa essere affrontata anche in termini di priorità logica, decidendo quale dei due criteri adottare per primo e quale dopo. Poiché ciò che più ci importa in ontologia è comprendere quali classi sono alla base delle altre²³, la classificazione ideale sembra essere quella che identifica dapprima i rapporti di origine, evitando così di raggruppare uccelli e aeroplani, e successivamente entro questi distingue quelle forme che si sono molto differenziate dalle loro progenitrici: sebbene gli uccelli vengano elencati vicino ai rettili in virtù dell'origine comune, essi se ne sono però distinti sufficientemente per costituire una classe a parte – allo stesso rango gerarchico di tutti i rettili. È questo l'approccio della tassonomia evolucionistica di Ernst Mayr, che cerca una via mediana fra i dendrogrammi della tassonomia numerica, che considerano solo le somiglianze, e i cladogrammi della tassonomia cladistica, che considerano solo le origini. È vero che rettili e uccelli appartengono per origini ad uno stesso *clado*, ma gli uccelli si sono differenziati acquisendo delle proprietà peculiari e formando così, nella terminologia di Julian Huxley, un diverso *grado* morfologico²⁴, che merita di essere rappresentato a parte. Dopotutto, se considerassimo solo le origini,

²² David L. Hull, *Taxonomy*, in *Routledge encyclopedia of philosophy*, v. 9, Routledge, London - New York 1988, p. 272-276; id., *Science as a process: an evolutionary account of the social and conceptual development of science*, Chicago University Press, 1990.

²³ Dell'idea di priorità o anteriorità si parla già nel cap. 12 delle *Categorie* attribuito tradizionalmente ad Aristotele, nonché nella sua *Metafisica*, libro 5, cap. 11.

²⁴ Julian S. Huxley, *Clades and grades*, in *Function and taxonomic importance*, ed. A.J. Cain, Systematics Association, London 1959; Ernst Mayr, *Cladistic analysis or cladistic classification?* *Zeitschrift für zoologische*

tutte le cose derivate le une dalle altre apparirebbero ad un'unica classe: umani, uccelli, rettili, batteri e molecole sarebbero tutti insieme. Ma a noi interessano anche le loro differenze, e perciò osserviamo che i viventi hanno formato un grado distinto da quello delle molecole; e inoltre che gli umani con le loro peculiari capacità intellettive hanno dato luogo ad un grado ulteriore, che Huxley propose perciò di chiamare regno degli *psicozoi*, pur riconoscendo la loro origine dal ramo delle scimmie. Questa nozione di grado ha a che fare con ciò che in séguito diremo a proposito dei livelli.

Dipendenze

Il nostro compito si va dunque precisando: individuare le classi maggiori di fenomeni presenti nel mondo, non solo sulla base delle loro somiglianze esteriori, ma tenendo conto soprattutto di come esse derivino le une dalle altre. Questo infatti ci porterà a individuare raggruppamenti omologhi, che sappiamo essere più significativi e dotati di una maggiore capacità esplicativa.

Sebbene i nostri ultimi esempi siano tratti dall'evoluzione delle forme vitali, che sappiamo avvenire attraverso processi genetici di riproduzione e selezione naturale, volendo occuparci di qualsiasi classe di fenomeni ci occorre una nozione di origine e derivazione quanto più possibile generale. Andiamo allora in cerca, adottando una terminologia filosofica diffusa, di qualsiasi relazione di **dipendenza** fra le classi, ovvero di quali classi *determinino* altre classi. I due termini sono approssimativamente uno l'inverso dell'altro: il vento dipende da una differenza di pressione fra masse d'aria, ovvero la differenza di pressione determina il vento.

In fin dei conti, l'interesse di molta ricerca filosofica e scientifica sta proprio nel comprendere la dipendenza di certe classi di fenomeni da altre che li hanno originati, fino a identificare fenomeni il più possibili fondamentali e originari; questo approccio è stato descritto come un'ontologia "neoristotelica" o "ordinata" (*ordered*) in contrasto con quella "piatta" di W. V. O. Quine²⁵. Nell'Antichità per esempio furono considerati fondamentali la terra, l'acqua, il fuoco, l'aria, lo spirito, le divinità ecc., in séguito sostituiti da nuovi concetti. Queste classi di fenomeni staranno alle radici del nostro sistema di organizzazione della conoscenza, e ad esse si riconurranno tutte le altre classi: o in quanto più specifiche (usando per ora le classi antiche: tipi di terra, tipi di aria...) o in quanto dipendenti da esse (montagne fatte di terra, prodotti della terra...). Possiamo rappresentarle in questo modo:

system. evol.-Forschung, 12: 1974, p. 94-128; id., *Principles of systematic zoology*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York 1991; id. - W.J. Bock, Classifications and other ordering systems, *Journal of zoological systematics and evolutionary research* 40: 2002, p. 169-194; Lance J. Rips, Similarity, typicality and categorization, in *Similarity and analogical reasoning*, eds. S. Vosniadou - A. Ortony, Cambridge University Press, 1989, p. 21-59; C. Gnoli, Phylogenetic classification, *Knowledge organization*, 33: 2006, n. 3, p. 138-152; id., Genealogical classification, in *ISKO encyclopedia of knowledge organization*, eds. Birger Hjorland and C. Gnoli, <https://www.isko.org/cyclo/genealogical> 2018, § 3, poi in *Knowledge organization*, 50: 2023, n. 7, p. 496-506.

²⁵ Jonathan Schaffer, On what grounds what, in Ryan Wasserman - David Manley - David Chalmers eds., *Metametaphysics*, Oxford University Press, 2009, p. 347-383; Karen Bennett, *Making things up*, Oxford University Press, 2017.

```

terra
sabbia
roccia
...
...
montagne ← terra

```

Indichiamo cioè le classi di fenomeni simili elencandole in righe consecutive (sabbia, roccia...) e indentate rispetto alla classe più generale che le contiene (cioè $terra \subset sabbia$); e indichiamo le dipendenze fra due classi con frecce che dal fenomeno originario puntano verso quello che ne dipende ($montagne \leftarrow terra$). Infine, elenchiamo le classi dipendenti (montagne) solo successivamente a quelle da cui dipendono (terra), in quanto prima di esse non avrebbero potuto comparire.

Le dipendenze formano nella realtà reti complesse che richiedono un'analisi meno superficiale di quanto appaia. Supponiamo ad esempio di renderci conto che tanto l'esistenza delle montagne quanto quella delle valli a U dipendono dall'esistenza della terra sulla quale entrambi si formano; e inoltre che le valli a U dipendono anche dai ghiacciai che le hanno scavate, i quali a loro volta dipendono dalle montagne le cui temperature rigide li hanno resi possibili. Abbiamo cioè:

```

montagne ← terra
valli a U ← terra
valli a U ← ghiacciai ← montagne

```

Nelle tavole del nostro KOS, a parità di dipendenza dalla terra, andranno elencate prima le montagne e poi le valli a U: infatti queste valli, oltre che dalla terra, dipendono indirettamente dalle stesse montagne, e dunque non possono precederle. La sequenza appropriata sarà quindi

```

terra
montagne ← terra
ghiacciai ← montagne
valli a U ← terra; ghiacciai

```

Come si può osservare, non tutte le dipendenze corrispondono alla successione di due classi immediatamente consecutive: infatti nella sequenza risultante le valli a U non sono adiacenti alla terra: è proprio il limite di rappresentazione delle origini osservato da Hull. In ogni caso, nella nostra convenzione conta che le valli a U compaiano dopo la terra e non prima; mentre le loro dipendenze dalla terra e dai ghiacciai sono espresse con il riferimento (detto *cross reference* in organizzazione della conoscenza) preceduto dalla freccia.

Chiaramente, le dipendenze possono essere di varia natura. È noto che Aristotele ha distinto quattro generi di *aitia* ("spiegazione"): materiale, formale, efficiente e finale, il cui senso è spesso ancora valido per la conoscenza odierna: nel suo classico esempio, una statua dipende materialmente dal bronzo di cui è fatta, formalmente dal soggetto che rappresenta, efficientemente dal fabbro che l'ha realizzata e teleologicamente dalla sua funzione di abbellire una piazza; le prime due spiegazioni sono di tipo statico, le altre due di tipo dinamico. Considerare le spiegazioni che diamo di un fenomeno è di per sé

epistemologia, ma sul versante ontologico intende corrispondere ai modi in cui esso dipende da altri fenomeni a monte²⁶.

La letteratura filosofica contemporanea analizza queste diverse relazioni in una varietà di modi; ultimamente, una dipendenza di natura primitiva che rispetta certe condizioni formali viene detta *grounding*, ossia fondamento; altri autori considerano le molteplici possibilità di *realization* di un fenomeno complesso a partire da fenomeni più basilari²⁷. Qui distinguiamo intanto tre tipi piuttosto intuitivi di dipendenza, che indichiamo con frecce leggermente diverse:

- ⇒ dipendenza **logica**, implicazione: pari ⇒ non dispari
- dipendenza **costitutiva**: legno → tavolo
- dipendenza **efficiente** o causale: forza → accelerazione

La dipendenza logica è alla base delle relazioni fra entità matematiche e astratte, delle quali non ci occuperemo direttamente. La dipendenza costitutiva riguarda ciò di cui un'entità consiste, come il suo materiale o le sue parti componenti. Infine la dipendenza efficiente riguarda ciò che ha influito sull'entità portandola al suo stato attuale; svariati autori distinguono la causalità come una relazione a sé al di fuori di ciò che chiamano "dipendenze", mentre noi seguiremo coloro che, come Hartmann, la ammettono nella famiglia.

Osserviamo che le dipendenze, considerate in generale, possono essere:

- parziali oppure totali: un tavolo dipende sia dal legno che dalle viti che lo tengono insieme, mentre la statua è fatta esclusivamente di bronzo; l'accelerazione di un corpo può dipendere da diverse forze che agiscano su di esso contemporaneamente, come per la Luna l'attrazione della Terra e quella del Sole;
- temporanee oppure permanenti (cioè parziali o totali nel tempo): la forza di un colpo di stecca agisce su una palla da biliardo solo in un certo momento, determinandone la posizione futura, mentre il tavolo è permanentemente costituito dallo stesso legno e il risultato di una certa moltiplicazione dipende dai suoi fattori in qualsiasi momento;
- essenziali oppure esistenziali: le dipendenze essenziali determinano la natura e le proprietà di un fenomeno, come l'essere un marito presuppone essere maschio; quelle esistenziali determinano invece la

²⁶ "As a number of writers have noted, it is plausible to think that dependence and explanation are related in something like the following way: an explanation, when successful, captures or represent (e.g. by means of an argument or an answer to a "why"-question) an underlying real-world relation of dependence of some sort which obtains among the phenomena cited in the explanation in question. [... Note:] Aristotle's famous doctrine of the four causes or explanatory factors also allows for a realist approach to explanation" (Kathrin Koslicki, Varieties of ontological dependence, in *Metaphysical grounding: understanding the structure of reality*, eds. Fabrice Correia - Benjamin Schnieder, Cambridge University Press, 2012, p. 186-213).

²⁷ Fabrice Correia, Ontological dependence, *Philosophy compass*, 3: 2008, n. 5, p. 1013-1032; Tuomas E. Tahko - E. Jonathan Lowe, Ontological dependence, substantive revision, in *Stanford encyclopedia*, cit., <https://plato.stanford.edu/entries/dependence-ontological/> 2020; Ricki Bliss - Kelly Trogdon, Metaphysical grounding, in *Stanford* cit., <https://plato.stanford.edu/entries/grounding/> 2021; *Metaphysical grounding*, cit. Karen Bennett (cit.) ricomprende tutte queste relazioni in quella di "building"; "constitution" e "feature" (ma anche "causal"), sono le due principali dipendenze discusse da Koslicki, cit.; una distinzione fra dipendenze per aspetti diversi (relativi nei suoi esempi a esistenza, identità, istanza, origine, sostentamento, composizione, causalità, conferimento di potere, persistenza, verità) è sostenuta da Michele Paolini Paoletti, Respects of dependence, *Studia neoaristotelica* 19: 2019, n. 1, p. 49-82; egli distingue inoltre dipendenze permanenti oppure temporanee, necessarie oppure contingenti, e specifiche oppure generiche cioè sostituibili nello stesso ruolo.

sua esistenza o meno, come l'essere un marito si realizza solo dopo la celebrazione del matrimonio;
– valide per singoli individui, come me e i miei genitori tra cui sussiste una dipendenza detta “specificata” o “rigida”; oppure valide per intere classi, come le montagne e le valli, che sono di ancor maggiore interesse per l'ontologia, dando luogo a una dipendenza “generica”²⁸. Un corpo umano dipende dalle cellule che lo formano intese come una classe di fenomeni, ma una cellula individuale può tranquillamente essere sostituita da una qualsiasi altra senza che il corpo ne risenta; possiamo dunque affermare che la classe degli umani dipende dalla classe delle cellule.

Sistemi

Consideriamo innanzitutto le dipendenze costitutive, come quella del tavolo dal legno. Che si tratti di una dipendenza – senza legno non può esserci tavolo – sembra essere la visione prevalente, sebbene ci siano anche sostenitori dell'idea che gli interi siano più fondamentali dei loro costituenti²⁹. Si tratta di ciò che la filosofia tradizionalmente ha chiamato rapporto fra “materia e forma” (*ilomorfismo*)³⁰, intendendo con “materia” qualsiasi costituente di un altro fenomeno e non soltanto i corpi materiali: anche una poesia è costituita da incorporei versi.

Tra le dipendenze costitutive, è possibile distinguere la *dipendenza materiale* (\rightarrow) di un fenomeno da una sostanza omogenea, come il legno che forma il tavolo o il bronzo che forma la statua nell'esempio aristotelico; e la *dipendenza compositiva* (*parthood*, \rightarrow o altrove \exists) da dei costituenti discreti, come le cellule del corpo, che chiamiamo allora **parti** (ρ)³¹. Tocchiamo qui la fondamentale distinzione fra il continuo e il discreto: mentre il legno o il bronzo formano (a questa scala) una massa continua, le cellule del corpo o i mattoni che costituiscono un muro sono parti discrete. Lo studio filosofico delle parti è detto *mereologia*.

Le parti sono talvolta tutte uguali fra loro, nel qual caso possiamo chiamarle anche **pezzi**: è così nei casi del muro formato da mattoni uguali e del cristallo di diamante formato da molti atomi identici di carbonio. Se invece gli elementi sono di tipo diverso e non intercambiabili, ma ognuno dotato di un certo ruolo nel sistema, possiamo chiamarli **organi** (\leftrightarrow): un motore a scoppio è fatto di pistoni, candele, albero a camme ecc., diversi fra loro e tutti necessari per il suo funzionamento; in questo caso la dipendenza è in qualche modo reciproca: neanche il pistone funziona se non funziona il resto del motore, ossia vale anche la dipendenza delle parti dal tutto. Un caso intermedio particolarmente importante è quello in cui le parti sono sì diverse, ma appartengono tutte a una stessa classe di fenomeni: le chiameremo allora

²⁸ Tahko - Lowe, cit.; Ludger Jansen - Barry Smith, Categories in top-level ontologies: revisiting the Aristotelian background, *Annals of knowledge representation*, 5: 2025, n. 3, p. 1-31, <https://periodicos.ufmg.br/index.php/advances-kr/article/view/58262/49598>; Elliott Sober, Two concepts of cause, in *PSA 1984*, eds. P. Asquith - P. Kitcher, Philosophy of Science Association, East Lansing 1985, v. 2, p. 405-424; J. Dmitri Gallow, The metaphysics of causation, in *Stanford encyclopedia*, cit., <https://plato.stanford.edu/entries/causation-metaphysics/>, 2022, dove sono chiamate rispettivamente “token causation” e “type causation” oppure “influence” quando si limitano a far mutare il valore di una variabile continua.

²⁹ Jonathan Schaffer, Monism: the priority of the whole, *Philosophical review*, 119: 2010, n. 1, p. 31-76.

³⁰ Aristotele, *Fisica; Metafisica*; Thomas Ainsworth, Form vs. matter, in *Stanford encyclopedia*, cit., <https://plato.stanford.edu/entries/form-matter/> 2024-.

³¹ Ryan Wasserman, Material constitution, in *Stanford encyclopedia*, cit., <https://plato.stanford.edu/entries/material-constitution/> rev. 2021-; Achille Varzi, Mereology, *ibidem*, <https://plato.stanford.edu/entries/mereology/> 2016-.

moduli (\leftrightarrow) e, più avanti, osserveremo che danno luogo a proprietà particolari. Riassumendo:

materia \rightarrow forma (dipendenza costitutiva)
materiale \rightarrow forma (dip. materiale)
parti \rightarrow intero (dip. compositiva)
pezzi \rightarrow struttura
moduli \leftrightarrow sistema modulare
organi \leftrightarrow sistema complesso

Considerando nel dettaglio una singola classe di fenomeni, quasi sempre ci renderemo conto di poterla descrivere in termini di parti di varia natura (per ora non distinguiamo se uguali o diverse) interconnesse secondo certe relazioni, ossia come **sistemi** (σ). Una stella è un sistema, una sequoia è un sistema, un ragionamento è un sistema, un'azienda è un sistema. Ognuno di questi esempi appartiene a una classe di fenomeni diversa, ma è sempre analizzabile come un intero formato da parti interagenti, come ha evidenziato la teoria generale dei sistemi di Bertalanffy e Boulding³².

Bunge ha formalizzato i sistemi come insiemi di una composizione Q , una struttura φ e un ambiente ϵ : $\sigma = (Q, \varphi, \epsilon)$. La composizione si riferisce appunto alla natura e al numero delle parti che costituiscono il sistema; la struttura si riferisce alle connessioni o altre relazioni che fra loro sussistono; e l'ambiente al contesto che interagisce col sistema. Una sequoia è formata da certi insiemi di cellule (Q), è organizzata con una certa anatomia e fisiologia (φ) e si trova nel contesto di una foresta con cui interagisce (ϵ). Due classi di fenomeni possono avere le stesse composizioni ma strutture differenti ed essere perciò diverse, come il diamante e la grafite, entrambi formati da atomi di carbonio eppure di aspetto e proprietà molto diverse.

Le parti possono associarsi fra loro in diversi modi. Possono, in primo luogo, limitarsi a formare un accumulo privo di una particolare organizzazione: un *aggregato*, come un gruppo di atomi di elio o una discarica di materiali diversi, che si può allora considerare come un sistema solo in senso lato. Oppure possono stabilire fra loro per *sinergia*³³ delle relazioni strutturali, dando vita allora a un *integrato* con un ordine superiore di organizzazione, come il cristallo di diamante formato da atomi organizzati in una struttura regolare. Esistono cioè associazioni del tutto disorganizzate e altre maggiormente integrate: queste ultime risultano più interessanti dal punto di vista ontologico, per le nuove proprietà che mostrano in aggiunta a quelle dei loro elementi. Spesso, poi, le parti sono a loro volta costituite di sottoparti, sicché il sistema diviene più complesso e articolato su diversi livelli.

³² Ludwig von Bertalanffy, An outline of general system theory, *British journal for the philosophy of science*, 1: 1950, n. 2, p. 134-165, che si propone come una formalizzazione matematica della teoria delle categorie di Hartmann; id., *General system theory: foundations, development, applications*, Penguin, London 1968, trad. it. *Teoria generale dei sistemi: fondamenti, sviluppo, applicazioni*, ILLI, Milano 1968; Kenneth E. Boulding, General systems theory, *Management science*, 2: 1956, n. 3, p. 197-208, ripubblicato in *General systems: yearbook of the Society for General Systems Research*, 1: 1956; Mario Bunge, *Treatise on basic philosophy. 4: Ontology 2: A world of systems*, Reidel, Dordrecht 1979. La teoria ha vari precursori a partire da Mirabaud i.e. Paul Thiry d'Holbach, *Système de la nature*, Londra 1770.

³³ Peter A. Corning, The re-emergence of emergence: a venerable concept in search of a theory, *Complexity*, 7: 2002, n. 6, p. 18-30; id., *Synergistic selection: how cooperation has shaped evolution and the rise of humankind*, World Scientific, Hackensack 2018.

La dipendenza compositiva comporta che i sistemi presuppongano le loro parti; non esistono cioè diamanti che non siano costituiti da atomi di carbonio, né sequoie che non siano formate di cellule:

diamante ← atomi di carbonio
sequoia ← cellule

I componenti individuali peraltro possono essere intercambiabili: un singolo atomo del reticolo cristallino non è diverso da qualsiasi altro, e la sequoia perde continuamente cellule mentre altre se ne formano.

Le interazioni strutturali fra le parti, quali i legami chimici fra gli atomi nel reticolo appaiono invece essere dipendenze di natura efficiente. Ciascun atomo tiene quelli circostanti a una certa distanza da sé per effetto di forze elettromagnetiche tra le particelle:

atomo_i ← → atomo_j

Efficienti sono anche le dipendenze del sistema dal suo ambiente, e viceversa quelle dell'ambiente dalla presenza del sistema: gli altri cristalli e oggetti di varia natura che circondano il cristallo interagiscono con esso causalmente, ad esempio con la gravità.

Dall'insieme delle dipendenze costitutive ed efficienti si producono le proprietà tipiche dei cristalli dette *emergenti*, quelle cioè che li rendono diversi rispetto a semplici aggregati di atomi di carbonio: proprietà come la lucentezza e la durezza, infatti, si applicano ai cristalli di diamante, mentre non avrebbe senso discutere quanto un singolo atomo sia lucente o duro. Notiamo dunque che, nella transizione dai singoli atomi al cristallo, siamo passati ad un **livello** superiore di fenomeni.

Livelli

Consideriamo tutti insieme, nel loro complesso, i sistemi costituiti da parti di una stessa classe. Il diamante, la grafite, l'acqua ecc. sono tutti formati di atomi, anche se di diversi tipi (carbonio, idrogeno ecc.) e disposti caso per caso in strutture diverse. Possiamo raggruppare questi fenomeni in una classe più generale accomunata da ciò, e chiamarla classe delle *sostanze chimiche*. Allo stesso modo, la classe dei fenomeni formati da cellule, comprese le sequoie, le zanzare e così via, sarà la classe degli *organismi*.

Le diverse classi generali di sistemi integrati che mostrano proprietà emergenti rispetto alle loro parti costitutive sono dette *livelli di integrazione* o *di organizzazione*. Si tratta cioè di quegli aspetti del mondo che si distinguono per il fatto di avere certe proprietà (hanno una durezza, respirano...) e tuttavia sono connessi fra loro, in modo tale che l'esistenza di ciascun livello presupponga quella dei livelli inferiori: il livello degli organismi è infatti legato da una dipendenza costitutiva a quello delle cellule, che a sua volta dipende da quello delle sostanze chimiche, che dipende da quello degli atomi... In questo modo, le classi di fenomeni si possono ordinare appunto in una serie di livelli di integrazione dipendenti l'uno dall'altro:

...
 atomi
 sostanze chimiche ← atomi
 ...
 cellule ← sostanze chimiche
 organismi ← cellule
 ...

Al limite, anche l'intero universo potrebbe essere descritto come un immenso sistema, formato dagli elementi dei diversi livelli.

I livelli sono stati discussi da molti autori appartenenti alle tradizioni più diverse – dal materialismo allo spiritualismo – spesso in relazione allo studio di entità complesse, quali appunto gli esseri viventi e il loro comportamento. Mentre alcuni autori li ritengono significativi solo epistemologicamente come un metodo di analisi della realtà³⁴, altri ne colgono la rilevanza ontologica in quanto componenti della struttura reale del mondo. La loro esistenza sembra essere un fattore chiave per lo sviluppo di sistemi complessi, che difficilmente potrebbero stabilizzarsi in un colpo solo se non fossero costituiti da sotto-sistemi con un'organizzazione propria già evolutisi in precedenza³⁵.

È stato messo in evidenza come le proprietà del livello “superiore”, cioè poggiante su altri livelli dai quali dipende, non possano essere descritte appiattendole sui livelli precedenti senza peccare di riduzionismo. D'altra parte i livelli superiori risultano più fragili, perché per effetto delle dipendenze costitutive essi vengono meno appena manchi qualcuna delle condizioni che sorreggono la loro organizzazione (non soltanto la presenza delle parti ρ , ma anche le strutture φ con cui sono connesse), ricadendo allora sui livelli precedenti: quando una cellula muore, perde le sue proprietà emergenti e quelle che erano le sue parti finiscono per diventare una semplice collezione di sostanze chimiche. In questo tenore essi sono stati descritti dal biochimico Joseph Needham appunto come “livelli di integrazione”, e una serie di loro esplicite leggi è stata formulata dallo psicologo James Feibleman.³⁶ I “livelli di realtà” sono anche tra le maggiori componenti dell'ontologia di Hartmann, che ne elenca principalmente quattro: materiale, vivente, psichico e “spirituale” (*geistig* nella tradizione filosofica tedesca, che in termini

³⁴ Così Luciano Floridi, The methods of levels of abstraction, *Minds and machines*, 18: 2008, n. 3, p. 303-329; neanche Achille Varzi e Claudio Calosi li considerano una realtà ontologica, per cui includono i “realisti nei livelli del reale” fra i colpevoli di errori nel canto 12o del poemetto *Le tribolazioni del filosofare*, Laterza, Roma - Bari 2014, segnalato da Ridi.

³⁵ “Everything is connected, but some things are more connected than others. [...] By virtue of hierarchic structure, the functional efficacy of the higher-level structures, their stability, can be made relatively independent of the detail of their macroscopic components” (Herbert A. Simon, The organization of complex systems, in *Hierarchy theory*, ed. H.H. Pattee, Brazileer, New York 1973, p. 23, anche in *Models of discovery and other topics in the methods of science*, Reidel, Boston 1977).

³⁶ Roy Wood Sellars, *Evolutionary naturalism*, Open Court, Chicago 1922; C. L. Morgan, cit.; Joseph Needham, Integrative levels: a reevaluation of the idea of progress, in *Time: the refreshing river: essays and addresses, 1932-1942*, Allen and Unwin, London 1943, p. 233-272; James K. Feibleman, Theory of integrative levels, *British journal for the philosophy of science*, 5: 1954, n. 17, p. 59-66; David Blitz, *Emergent evolution: qualitative novelty and the levels of reality*, Kluwer, Dordrecht etc. 1992; Roberto Poli, Levels, *Axiomathes*, 9: 1998, n. 1-2, p. 197-211; id., The basic problem of the theory of levels of reality, *Axiomathes*, 12: 2001, n. 3-4, p. 261-283; *Emergence, complexity and self-organization: precursors and prototypes*, eds. Alicia Juarrero - Carl A. Rubino, ISCE, Goodyear (AZ) 2008; Michael Kleineberg, Integrative levels, in *ISKO encyclopedia*, cit., https://www.isko.org/cyclo/integrative_levels 2017, poi *Knowledge organization*, 44: 2017, n. 5: 349-379. Traduco *integrative* con “di integrazione” seguendo l'esempio del biblioteconomista Luigi Crocetti.

più attuali traduciamo con culturale)³⁷ a loro volta suddivisi in livelli minori.

I livelli costituiscono evidentemente un primo grande riferimento per l'elencazione delle classi di fenomeni che formano il nostro mondo: infatti sono stati considerati in questo modo dagli autori di classificazioni bibliografiche, dapprima implicitamente come nei lavori di James Duff Brown, Ernest Cushing Richardson e Henry Evelyn Bliss, poi anche esplicitamente dagli studi del Classification Research Group, ispirati a Needham e Feibleman, e di Ingetraut Dahlberg, che si rifà sia a Feibleman che a Hartmann³⁸. Cerco di raccogliere quell'eredità sviluppando e sperimentando con l'aiuto di altri ricercatori l'Integrative Levels Classification (ILC), un sistema di organizzazione della conoscenza applicabile a qualsiasi contenuto di sapere, dalle presentazioni enciclopediche alle bibliografie e ai video online³⁹. L'ILC (a differenza dei molti sistemi basati su discipline) elenca classi di fenomeni, ossia di qualsiasi entità che si manifesta nella realtà sia essa statica (“cose”) o dinamica (“processi”), insieme alle loro proprietà e relazioni con altri fenomeni.

I livelli sono alla base dell'identificazione di molte delle discipline scientifiche: la biologia si occupa dei viventi, la psicologia si occupa della mente, ecc., sebbene esistano anche discipline trasversali ai livelli come la filosofia o la storia. Essi inoltre possono aiutare a chiarire il dibattito sulla naturalità di classificazioni alternative, come nel caso delle piante quella biologica e quella agraria: queste infatti descrivono semplicemente proprietà delle piante a due livelli diversi – rispettivamente, la loro struttura organica e la loro utilità per l'uomo – che entrambe colgono dei “tipi naturali”⁴⁰; sta poi all'ontologia dei livelli mettere in relazione il livello organico con quello agrario, spiegando come il secondo dipenda dal primo attraverso l'emergenza delle menti e delle attività produttive umane.

Possiamo dunque rivolgerci a individuare i diversi livelli di fenomeni che stanno fra loro in relazioni di dipendenza: ossia quali livelli possano esistere soltanto in séguito all'esistenza di quali altri. Ciò a cui miriamo è, come si diceva, un ordinamento di tutte le classi di fenomeni in uno schema generale, che parta da quelle più primitive e metta in luce il loro rapporto con quelle derivate o emerse successivamente. La nostra indagine ha preso avvio considerando i rapporti fra classi specifiche di

³⁷ Nicolai Hartmann, *Die Aufbau der realen Welt: Grundriß der allgemeinen Kategorienlehre*, De Gruyter, Berlin 1940.

³⁸ Douglas J Foskett, Classification and integrative levels, in *The Sayers memorial volume: essays in librarianship in memory of William Charles Bernick Sayers*, eds. D. J. Foskett - B. I. Palmer for the Classification research group, the Library association, London 1961, p. 136-150, poi in *Theory of subject analysis: a sourcebook*, eds. Lois Mai Chan - Phyllis A. Richmond - Elaine Svenonius, Libraries unlimited, Littleton 1985, p. 210-220; id., *Classification and indexing in the social sciences*. Chapter 8: The structure of classification schemes. 2: General schemes, Butterworths, London 1963, p. 129-145, 2nd ed. 1974; id., *Classification for a general index language: a review of recent research by the Classification Research Group*, Library Association, London 1970; id., The theory of integrative levels and its relevance to the design of information systems, *ASLIB proceedings*, 30: 1978, n. 6, p. 202-208; Derek Austin, The theory of integrative levels reconsidered as the basis of a general classification, in Classification Research Group, *Classification and information control*, Library Association, London 1969, p. 96-103; id., Demonstration: provisional scheme for naturally occurring entities, *idibem*, p. 96-103; id., Prospects for a new general classification, *Journal of librarianship*, 1: 1969, n. 3, p. 149-169; Ingetraut Dahlberg, *Ontical structures and universal classification*, SRELS, Bangalore 1978; C. Gnoli, Levels of reality as a fertile ontological model, in *História e memória da organização do conhecimento no Brasil: percursos e releitura*, eds. Gustavo Saldanha - Tatiana de Almeida, IBICT, Rio de Janeiro 2022, <https://ridi.ibict.br/bitstream/123456789/1249/1/almeida-saldanha.pdf>, p. 199-217.

³⁹ *Integrative Levels Classification: research project*, <https://www.iskoi.org/ilc/> 2004-; C. Gnoli, Integrative Levels Classification (ILC), in *ISKO encyclopedia*, cit., <https://www.isko.org/cyclo/ilc> 2020.

⁴⁰ Magnus, cit.; C. Gnoli, Classification in the wider philosophical perspective of philosophical ontology, *Journal of information and knowledge*, 62: 2025. 2, p. 73-81 - 83-96; id., Is an all-purpose classification possible? cit.

fenomeni qualunque: le zanzare, i libri, i panini. Naturalmente è anche possibile l'approccio classificatorio inverso: dal generale verso il particolare, postulando che il mondo possa essere suddiviso in alcune grandi categorie. Diciamo ad esempio che del mondo fa parte la classe dei viventi, e che le zanzare appartengono ad essa. Noi desideriamo che tali classi siano il meno possibile arbitrarie, e che il loro ordine sia fondato sulle rispettive dipendenze.

Partendo dalle classi più generali di fenomeni, si può dunque cominciare a elencare dei livelli maggiori (λ) come li hanno individuati i filosofi citati. Conviene disporli nell'ordine corrispondente alle loro rispettive dipendenze – costitutive ma non solo, come vedremo più avanti –, iniziando da quelli più basilari per proseguire con quelli che da loro derivano:

```

...
 $\lambda_1$  materia
 $\lambda_2$  vita      ← materia
 $\lambda_3$  mente   ← vita
 $\lambda_4$  cultura ← mente
...

```

Ogni classe può poi avere delle sottoclassi quali livelli minori, che spesso si possono a loro volta disporre secondo un ordine di dipendenze. Ai viventi appartengono cellule singole, nonché organismi che sono formati da organizzazioni di cellule⁴¹, nonché popolazioni di organismi interagenti, e così via:

```

 $\lambda_2$  vita
    cellule
    organismi
    popolazioni
    ecosistemi

```

L'ordine può essere codificato da una notazione, che permette di disporre automaticamente le classi in una forma lineare, assai utile per scorrerle ed esaminarle (*browsing*). In luogo dei pallini, nell'ILC impieghiamo lettere minuscole per ogni livello di secondo rango: m per gli organismi, n per le popolazioni...; e lettere minuscole aggiuntive per i livelli di ranghi successivi (oltre, come vedremo, a cifre per le relazioni):

```

 $\lambda_2$  vita
k    biopolimeri
l    cellule      ← k biopolimeri
m    organismi   ← l cellule
mp   piante
mpj  muschi
mpn  felci
mpr  conifere
mpw  piante con fiori
n    popolazioni ← m organismi

```

Questa rappresentazione esprime sia le dipendenze, con le frecce e la regola di non precedere una

⁴¹ In biologia sono chiamate "organismi" anche le cellule singole che hanno vita indipendente, come batteri e protozoi.

classe da cui si dipende, che l'inclusione nelle classi delle loro sottoclassi, con il numero di lettere che forma la notazione; infatti gli organismi comprendono le piante, che a loro volta comprendono le conifere:

$$m p r \subset m p \subset m.$$

L'elencazione delle classi in una sequenza lineare, che serve a guidare i nostri processi cognitivi nel cogliere i loro rapporti, ha delle basi oggettive: le popolazioni sono oggettivamente dipendenti dagli organismi e pertanto è coerente che vengano elencate dopo; ma al tempo stesso essa è anche un artificio, perché le relazioni reali tra fenomeni hanno piuttosto la struttura di un reticolo. Consideriamo infatti la classe delle rocce calcaree: essa appartiene senz'altro al livello della materia, e come tale sarà elencata prima dei fenomeni vitali; tuttavia gran parte delle rocce calcaree è il risultato della decomposizione dei gusci calcarei di organismi marini, e in questo senso dipende anche dal livello della vita:

$$\begin{array}{l} \lambda_1 \text{ materia} \\ i \quad \text{rocce} \\ i i t \quad \text{calcari} \quad \leftarrow m \text{ organismi} \\ \dots \\ \lambda_2 \text{ vita} \\ m \quad \text{organismi} \end{array}$$

Il criterio della priorità di apparizione dunque vale per le classi principali (i primi fenomeni materiali sono precedenti ai primi fenomeni vitali), ma all'interno delle loro sottoclassi la mappa delle dipendenze è spesso reticolare.

Accenniamo qui solo brevemente che in molti KOS le componenti di un sistema e le relazioni fra loro e con l'ambiente vengono espresse come *facette*, ossia proprietà tipiche di ogni classe di entità⁴². Gli organismi sono sistemi che tipicamente hanno dei costituenti molecolari, degli organi, delle fasi di crescita, delle attività metaboliche ecc.; i manufatti invece hanno tipicamente dei materiali, delle componenti, dei modi di costruzione, delle funzioni, ecc. Le proprietà contribuiscono cioè a definire le classi, e in particolare le proprietà più generali a definire gli interi livelli, come si è visto. Ricordando il principio di generalizzazione ottimale, possiamo allora affermare che le classi ottimali sono quelle accomunate da un maggior numero di faccette.

Le faccette delle diverse classi, peraltro, si possono ricondurre a un numero ridotto di *categorie fondamentali*: tanto le funzioni dei manufatti quanto le attività metaboliche degli organismi sono processi; tanto i componenti dei manufatti quanto gli organi degli organismi sono parti... Molti KOS, a cominciare dalla Colon Classification di S.R. Ranganathan, adottano un proprio insieme di categorie fondamentali, che ricordano per certi aspetti quelle aristoteliche; nella ILC esse sono:

⁴² Claudio Gnoli, Classifying phenomena. Part 3: Facets, in *Dimensions of knowledge: facets for knowledge organization*, eds. Richard Smiraglia - Hur-Li Lee, Ergon, Würzburg 2017, p. 55-67; How ILC works: a guide to using the Integrative Levels Classification developing version (ILC3), ed. C. Gnoli et al., in *Integrative Levels Classification*, <https://www.iskoi.org/ilc/how.pdf> 2023-.

- 0 prospettive
- 1 sequenze; tempi
- 2 situazioni; luoghi
- 3 agenti
- 4 opposizioni
- 5 trasformazioni; cambiamenti
- 6 proprietà s.s.; caratteristiche
- 7 costituenti; parti
- 8 quantità
- 9 qualità

Ogni classe principale dell'IILC è dunque caratterizzata dalle proprie faccette: gli organismi hanno organi e metabolismo, i manufatti hanno componenti e funzioni, e così via. Gli organi delle piante appartengono alla categoria fondamentale dei costituenti, e si esprimono perciò con mp7. Fra loro ci sono le radici mp7g. Inoltre le sottoclassi delle piante ereditano le loro faccette: mpr7g sono perciò le radici delle conifere.

Equilibri

Oltre che associarsi formando sistemi di livello superiore, i fenomeni possono interagire fra loro influenzandosi a vicenda con dipendenze efficienti. Le loro proprietà, come ad esempio la direzione di movimento, mutano cioè per cause dovute all'interazione con altre parti (ruote ← albero di trasmissione) oppure con l'ambiente esterno, che possiamo allora considerare come parte di un sistema più ampio (pianeta ← meteorite).

Un corpo molto piccolo si sposta secondo una traiettoria imprevedibile (detta moto browniano) che dipende causalmente dagli urti con le molecole che incontra. Un tale processo è *stocastico*, ossia non segue un andamento fisso né mostra configurazioni regolari, ma muta continuamente per effetto di una molteplicità di dipendenze efficienti.

Tuttavia, a lungo andare l'insieme delle cause che condizionano i fenomeni tendono a disperdere e disgregare quelli incompatibili con le condizioni presenti, permettendo soltanto ad altri esemplari γ_i di sussistere. Si tratta del processo comune che chiamiamo *selezione* ($\epsilon \Rightarrow \gamma_i$), talvolta qualificandola con l'aggettivo *naturale* per precisare che non intendiamo soltanto i processi controllati volontariamente dall'uomo. Dei corpi celesti di svariate dimensioni presenti all'inizio della formazione del Sistema Solare, alcuni sono stati spazzati via mentre altri si sono concentrati in corpi più grandi: la gravitazione ha finito per selezionare soltanto quelli con dimensioni e caratteristiche con essa compatibili, che dunque formano il sistema attuale.

In questo modo i fenomeni rimasti si assestano e diventano *stabili*, almeno per un certo tempo prima che intervengano nuovi fattori. La stabilità permette anche il fatto che avvenga una selezione fra sistemi

distinti, ad esempio fra cellule diverse i cui contenuti molecolari siano ben separati da membrane cellulari, alcune delle quali abbiano modo di dimostrarsi più stabili di altre. Considerando un sistema nel suo insieme, vi si determina un *equilibrio* tra fenomeni stabili. Un caso ben noto sono gli equilibri chimici, in cui una parte delle sostanze presenti all'inizio, dette reagenti, si trasformano in altre dette prodotti, ma alcuni prodotti a loro volta tornano a riformare le sostanze iniziali, fino ad arrivare a concentrazioni stabili di tutte le sostanze che coesistono nel sistema.

Informazione assoluta

I sistemi in equilibrio sono dunque fondati su dipendenze efficienti, ovvero cause. Orbene, è stato osservato che la causalità può essere interpretata anche come un trasferimento di informazione da un fenomeno a un altro: gli urti e la gravitazione informano la traiettoria di un corpo; le proprietà di un albero di trasmissione, come la sua velocità di rotazione, informano le proprietà delle ruote⁴³.

Si può dire che l'**informazione** nel senso più generale, che possiamo chiamare *informazione assoluta* o semplicemente, con termine aristotelico, *forma*⁴⁴, è il fatto che le cose siano come sono anziché essere diverse. In questo senso, ogni cosa contiene informazione: come recita il motto su un'incisione seicentesca che mostra la varietà di un paesaggio naturale, "quid non informat?".

Negli ultimi anni, infatti, diversi autori vanno proponendo una concezione generalizzata dell'informazione, applicabile alle diverse classi di fenomeni e non soltanto alla comunicazione tra esseri animati⁴⁵. Nella prospettiva di diversi teorici contemporanei, ogni cosa potrebbe infatti essere vista come una certa combinazione di informazioni elementari. Il fisico John Wheeler ha descritto questa idea come "it from bit", ossia il fatto che la realtà materiale ("it") dipenda in ultima analisi da una più fondamentale realtà informazionale ("bit"). Potremmo allora considerare anche i fenomeni più elementari oggi conosciuti dalla fisica, quali le particelle e i quanti di energia, come specifiche configurazioni di

⁴³ John Collier, Causation is the transfer of information, in Howard Sankey ed., *Causation and laws of nature*, Kluwer, Dordrecht 1999, p. 215-245; Phyllis Illari - Federica Russo, Information and causality, in *The Routledge handbook of philosophy of information*, ed. Luciano Floridi, Routledge, London 2016, p. 235-248; Riccardo Ridi, Informazione e causazione: due enigmi che si chiariscono a vicenda, *Bibliothecae.it*, 12: 2023, n. 2, p. 385-442, <https://bibliothecae.unibo.it/article/view/18711>. In molti contesti la dipendenza efficiente e quella formale, di cui ci occuperemo in seguito, vengono anche descritte come dei processi di *comunicazione*.

⁴⁴ "L'informazione è qualità, organizzazione o principio strutturale, neg-entropia: dunque è 'forma' nel senso dell'*eidos* aristotelico, o si avvicina ad esso" (Vincenzo Cappelletti, Informazione e forma, in *Teoria dell'informazione*, a cura di Jacques Roger, Seminari interdisciplinari di Venezia, il Mulino, Bologna 1974, p. 303-304).

⁴⁵ Il Coriolano, *Quid non informat?*, Dozza, Bologna 1648; Fred Dretske, *Knowledge and the flow of information*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1981; Klaus Haefner ed., *Evolution of information processing systems: an interdisciplinary approach for a new understanding of nature and society*, Springer, Berlin - Heidelberg 1992; Wolfgang Hofkirchner, *Twenty questions about a unified theory of information: a short exploration into information from a complex systems view*, Emergent Publications, Litchfield Park 2010; C. Gnoli - Riccardo Ridi, Unified Theory of Information, hypertextuality and levels of reality, *Journal of documentation*, 70: 2014, n. 3, p. 443-460, adatt. it. It and bit: nessi fra alcune teorie dell'informazione, della conoscenza, del documento e della realtà, *Bibliotime*, n.s., 18: 2015, n. 3, <https://www.aib.it/aib/sezioni/emr/bibttime/num-xviii-3/gnoli.htm>.

informazione, espresse dalle equazioni che ne descrivono il comportamento⁴⁶. Altri descrivono la realtà fondamentale come “strutturale” ovvero “matematica”⁴⁷, esprimendo idee simili con termini forse più precisi giacché limitano il discorso al livello di informazione più elementare, quello logico-matematico, anziché all’“informazione” in genere.

Occorre peraltro evitare un riduzionismo matematico che, limitandosi a sostituirsi al precedente riduzionismo fisico, pretenda di fare a meno della descrizione dei livelli successivi e delle loro peculiarità. Il nostro interesse infatti non è rivolto soltanto alla natura del livello più fondamentale della realtà finora individuato; ma anche alla natura dell’emergenza dei livelli successivi, che l’approccio sistemico può permetterci di comprendere. Mentre l’esplorazione di livelli sempre più profondi da parte dei fisici sembra destinata a continuare, rendendoci difficile emettere su di essi sentenze definitive⁴⁸, anche i livelli che conosciamo da tempo e più direttamente – quelli della vita, della mente e della cultura – si prestano a un’analisi informazionale che può individuare delle leggi generali.

Storicamente stimolato dal grande sviluppo novecentesco dell’informatica, il paradigma informazionale⁴⁹ può ricomprendere qualsiasi oggetto di conoscenza, grazie alla generalità della nozione di informazione come realtà fondamentale. Questa prospettiva ci appare promettente per gli scopi dell’ontologia che cerchiamo di sviluppare, che adottandola può allora diventare un’ontologia *informazionale*. Vediamo dunque nel séguito come le cose possono essere considerate nella prospettiva informazionale.

⁴⁶ Norbert Wiener, *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*, MIT Press, 1948; John Archibald Wheeler, *A journey into gravity and spacetime*, Freeman, New York 1990; Carlos Gershenson, The world as evolving information, *arXiv*, 2007, <https://arxiv.org/abs/0704.0304>; Paul Davies - Niels Henrik Gregersen eds., *Information and the nature of reality: from physics to metaphysics*, Cambridge University Press 2014; FQXi conference on the physics of information, Vieques 5-10 gennaio 2014, <https://fqxi.org>; Terrell Ward Bynum, Informational metaphysics: the informational nature of reality, in *The Routledge handbook of philosophy of information*, ed. Luciano Floridi, Routledge, 2016, p. 203-218; Riccardo Ridi, La piramide dell’informazione: una proposta. 1a parte. *AIB studi*, 60: 2020, n. 2, art. 12215, <https://aibstudi.aib.it/article/view/12215>. Wheeler peraltro ha concepito il bit come risultato di una scelta binaria da parte di un osservatore umano, in una visione “partecipativa” della realtà; nella prospettiva di Anton Zeilinger, tale bit è il risultato dell’osservazione umana che estrae una singola informazione da un *qubit*, entità quantistica elementare della realtà.

⁴⁷ Steven French, *The structure of the world: metaphysics and representation*, Oxford University Press, 2014; Max Tegmark, *Our mathematical universe: my quest for the ultimate nature of reality*, Vintage Books, 2014.

⁴⁸ Jonathan Schaffer, Is there a fundamental level?, *Noûs*, 37: 2003, n. 3, p. 498-517; Ross P. Cameron, Turtles all the way down: regress, priority and fundamentality, *the Philosophical quarterly*, 58: 2008, n. 230, p. 1-14.

⁴⁹ Fred Adams, “The informational turn in philosophy”, *Minds and machines*, 13: 2003, n. 4, p. 471-501; per una sintesi orientata alle scienze dell’informazione e della documentazione si veda Birger Hjørland, Information, in *ISKO encyclopedia*, cit., <https://www.isko.org/cyclo/information> 2021-.

Moduli

Et tot vicibus, quod miscet ipsum diversimode,
habet notitiam diversam ab ipso.⁵⁰

Occorre intanto spiegare meglio che cosa intendevamo quando abbiamo accennato che alcuni sistemi di particolare interesse sono composti da moduli. Pensiamo a qualunque sistema – materiale, vivente, culturale ecc. – che sia composto di numerosi elementi di tipo simile fra loro, il che come ha osservato Simon favorisce “la flessibilità della giuntura fra sottosistemi”⁵¹. I moduli però, per nostra definizione, non sono parti tutte identiche fra loro, come nel caso degli atomi di carbonio, bensì appartengono a un **repertorio** di n tipi. Casi esemplari ne sono l’alfabeto delle 26 lettere usate nella lingua inglese ($n = 26$) oppure l’insieme dei 20 aminoacidi che compongono le proteine ($n = 20$). Per realizzare un sistema di questo tipo deve essere disponibile più di un tipo di moduli ($n \geq 2$), ma generalmente non più di qualche decina o centinaio (i pittogrammi cinesi sono decine di migliaia, ma sono spesso formati a loro volta da più moduli).

Questo repertorio rappresenta la composizione del sistema modulare (δ): $\varrho_\delta = \{a, b, c, \dots\}$. Per quanto riguarda la sua struttura φ_δ , essa segue delle regole sintattiche (*syn-tássein* “disporre insieme”), come per esempio il fatto che certe consonanti non possano stare vicine. Tali regole determinano anche una certa frazione di *ridondanza*: nell’italiano scritto, per esempio, dopo una *-q-* ricorre necessariamente una *-n-*, la cui comparsa in questa posizione è appunto ridondante.

Dati repertorio e regole sintattiche, se ne può ottenere un grandissimo numero di combinazioni diverse (testi, proteine ecc.) secondo le leggi del calcolo combinatorio⁵². Si tratta in particolare, nei termini della matematica discreta, di *disposizioni con ripetizione*, ossia sottoinsiemi ordinati di k elementi (il numero di lettere di cui un certo testo è costituito) che possono anche ripetersi (una lettera ricorre più volte nello stesso testo), estratti da un insieme di n elementi (l’alfabeto, o più in generale il repertorio di moduli). La sequenza degli elementi può essere *periodica*, ripetendosi indefinitamente: 001001001..., oppure *aperiodica*, ossia imprevedibile: 011010001...

Mentre nella maggior parte dei sistemi materiali, come una molecola inorganica, k è piccolo (la molecola del sale da cucina è formata solo da un atomo di sodio e uno di potassio), nei sistemi modulari veri e propri esso è di decine o più; k è grande anche nei cristalli o in composti organici come la cellulosa, in cui però $n = 1$ (solo carbonio, solo glucosio...); n assume valore di 2 o più nei copolimeri, in alcuni dei quali (detti statistici o random) i moduli si ripetono in sequenze aperiodiche casuali; finalmente i biopolimeri come le proteine e gli acidi nucleici hanno sia k che n più grandi e introducono così nel mondo naturale una maggiore varietà, dalla quale può emergere il livello della vita.

⁵⁰ “E ogni volta che [l’intelletto] lo combina in un modo diverso, ottiene da esso una diversa informazione” (Raimondo Lullo, *Arte brevis*, § 8, 1308).

⁵¹ Simon, cit., p. 19.

⁵² Jacob (*Il gioco dei possibili*, cit., p. 67) nota “il modo in cui la natura opera per creare la diversità: combinando senza fine gli stessi pezzi e gli stessi frammenti”.

Sebbene ogni genere di cose possa essere descritto come un sistema, le particolarità dei sistemi modulari sono dunque da un lato l'omogeneità delle loro parti – tutti aminoacidi o tutte lettere, a differenza per esempio di un ecosistema o di un motore che sono composti da organi più vari – e dall'altro la loro possibilità di succedersi in una grandissima varietà di modi poco prevedibili, solo moderatamente limitata dalle regole sintattiche – ogni lettera può essere seguita quasi da ogni altra, con poche esclusioni. Questo infatti dà luogo a una straordinaria varietà di combinazioni potenziali, che funzioneranno come un materiale estremamente malleabile, capace di modificarsi in innumerevoli forme: già Democrito paragonava infatti le innumerevoli disposizioni dei suoi “atomi” alle combinazioni di lettere dell'alfabeto⁵³.

Il confronto fra una combinazione effettiva e il numero di quelle teoricamente possibili viene indicato appunto come la quantità di informazione: secondo la nota equazione di Shannon, essa è pari al logaritmo della probabilità di ricorrenza di ogni elemento⁵⁴. Nel caso più elementare, con $k = 1$ e $n = 2$ come in un semaforo che può solo mostrare luce rossa o luce verde con pari frequenza, l'informazione è pari a $\log_2(1/2) = 1$ bit. Il bit (*binary digit*, cifra binaria) può essere considerato il tipo più semplice di modulo, che può assumere solo due valori: presente o assente, zero o uno, rosso o verde, ecc.

Aumentando la lunghezza k del testo, naturalmente, aumenta immensamente la quantità di informazione. In un celebre racconto, Jorge Luis Borges immagina che “l'Universo, che altri chiamano la Biblioteca” sia formato da libri che esprimono tutte le possibili sequenze di lettere, la maggior parte delle quali appare insensata⁵⁵.

Proprio l'esplosione delle possibilità combinatorie potrebbe essere all'origine della nascita di nuovi livelli ontici: Paul Davies ha osservato infatti come il numero stimato di bit nell'universo conosciuto, 10^{120} , implichi una sua “capacità computazionale” limitata, per quanto grande; e se il numero di combinazioni possibili nelle sequenze di aminoacidi supera tale valore-soglia, diventa computazionalmente impossibile descrivere lo strato vivente in base alle sole leggi di quello fisico⁵⁶: per questo occorre studiarne le proprietà a un livello superiore. Allo stesso modo i livelli ulteriori potrebbero emergere sui precedenti per analoghe esplosioni combinatorie: una volta che un nuovo tipo di moduli, nei modi che vedremo in séguito, permetta la comparsa di un nuovo livello, si apre una nuova serie di

⁵³ Secondo la testimonianza di Aristotele, *De generatione et corruptione*, A1, 316b6, trad. it. *La generazione e la corruzione*, Bompiani, Milano 2013, citato da Carlo Rovelli, *La realtà non è come ci appare*, Cortina, Milano 2014, p. 22.

⁵⁴ Claude E. Shannon, A mathematical theory of communication, *Bell System technical journal*, 27: 1948, p. 379-423 - 623-656.

⁵⁵ Jorge Luis Borges, La biblioteca de Babel, in *El jardín de senderos que se bifurcan*, Sur, Buenos Aires 1941. Analogamente, John Maynard Smith ha immaginato una biblioteca di tutte le possibili proteine, e Daniel Dennett una di tutti i possibili genomi (Telmo Pievani, *Tutti i mondi possibili: un'avventura nella grande biblioteca dell'evoluzione*, Cortina, Milano 2024).

⁵⁶ Paul C. W. Davies, Emergent biological principles and the computational properties of the universe, *Complexity*, 10: 2004, n. 1, p. 11-15, anche *arXiv*, <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0408014>. Un'argomentazione simile è sostenuta da J. M. Fritzman, Collapsing strong emergence's collapse problem, *European journal for philosophy of science*, in prep., anche *PhilSci Archive*, <https://philsci-archive.pitt.edu/23423/>.

possibili combinazioni da esplorare⁵⁷. Per Michael Polanyi il livello superiore opera un controllo selettivo sulle innumerevoli possibilità di combinazione che sarebbero altrimenti lecite secondo le leggi del livello inferiore⁵⁸.

Poiché i repertori devono essere formati da moduli diversi ($n \geq 2$), all'origine della varietà dei fenomeni dev'esserci almeno una varietà minima, una difformità nel corpo della realtà. Quest'idea è già contenuta nell'atomismo filosofico di Epicuro, secondo il quale tra gli "atomi" che si muovono in modo uniforme si sarebbe prodotta casualmente una qualche "inclinazione" (*parenklisis*) che avrebbe dato origine a collisioni da cui deriverebbe la complessità di tutti i fenomeni successivi. Millenni dopo, Donald MacKay ha descritto l'informazione come "una distinzione che fa differenza"⁵⁹. In altre parole, ha osservato Edgar Morin, all'origine di qualsiasi forma complessa vi è la disponibilità di diversità ovvero "disordine", in quanto sono gli squilibri ad innescare degli eventi innovativi (le "catastrofi" nel senso di René Thom)⁶⁰. Il contrasto fra elementi diversi appartenenti a una *struttura* è stato assunto come fondamentale anche nella scuola strutturalista, che ha esteso un principio della linguistica alle scienze sociali, contrapponendolo però all'analisi causale dei singoli fenomeni⁶¹ che invece può apportare ulteriore contributo alla comprensione.

Finora, per dare un'idea semplice di sistema modulare, abbiamo considerato soltanto esempi in una singola dimensione, ossia enuple di elementi ordinati linearmente – o con termini matematici più esatti, dal momento che la loro lunghezza k non è prestabilita, *stringhe* o *sequenze* o *successioni*: $s = (m_1, m_2, m_3 \dots m_n)$. In due dimensioni, le sequenze diventano *matrici* come

$$\begin{pmatrix} m_{1,1} & m_{1,2} & m_{1,3} \\ m_{2,1} & m_{2,2} & m_{2,3} \end{pmatrix}$$

e in generale in n dimensioni sono dette *tensori*. Questo tipo di strutture è studiato nell'algebra lineare. Possiamo pensare ai sistemi modulari della nostra esperienza comune come a tensori in tre dimensioni, ad esempio cristalli formati da diversi tipi di atomi – diciamo atomi di ferro e atomi di zolfo – disposti nelle tre direzioni dello spazio, le cui sequenze determinano le proprietà del minerale risultante (pirite), ad

⁵⁷ Philip Ball, Why everything in the universe turns more complex, *Quanta magazine*, 2 April 2025, <https://www.quantamagazine.org/why-everything-in-the-universe-turns-more-complex-20250402/>.

⁵⁸ "Si può constatare, per esempio, come nella gerarchia che costituisce la formazione del discorso, la sequenza dei principi operativi controlli il limite lasciato indeterminato al successivo livello inferiore. L'emissione della voce, che costituisce il livello inferiore del discorso, dischiude un'ampia possibilità alla combinazione di suoni nelle parole, combinazione che è controllata da un vocabolario. A sua volta, un vocabolario dischiude un'ampia possibilità di combinazione delle parole nelle frasi, combinazione la quale risulta controllata dalla grammatica, e così via" (Michael Polanyi, *The tacit dimension*, Anchor Books, New York 1966, trad. it. *La conoscenza inespresa*, Armando, Roma 1979, p. 57).

⁵⁹ Donald MacCrimmon MacKay, *Information, mechanism and meaning*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1969; tre anni dopo si esprime in modo simile ("una differenza che fa la differenza") il più famoso Gregory Bateson, Form, substance and difference, in *Steps to an ecology of mind: collected essays in anthropology, psychiatry, evolution, and epistemology*, University of Chicago Press, 1972, p. 454-471, trad. it. *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi, Milano 1976. Quando l'amico Fabrizio Venerandi scelse il tema "Differente?" per il numero zero di una rivista digitale che non avrebbe avuto séguito, contribuì con un articolo vagamente ispirato a queste idee: C. Gnoli, La significazione come differenza, *Il millantatore*, 0: 1999.

⁶⁰ Edgar Morin, *La méthode. 1: La nature de la nature*, Seuil, Paris 1977, tr. it. *Il metodo*, Feltrinelli, Milano 1983, I, II, B, p. 63 e 71; René Thom, *Stabilité structurelle et morphogénèse*, InterÉditions, Paris 1977, trad. it. *Stabilità strutturale e morfogenesi: saggio di una teoria generale dei modelli*, Einaudi, Milano 1980.

⁶¹ Jonathan Culler, Structuralism, in *Routledge encyclopedia of philosophy*, <https://www.rep.routledge.com/articles/thematic/structuralism/v-1>.

esempio la sua lucentezza.

Come ha osservato acutamente Bertalanffy, nei sistemi più complessi le parti tendono a uniformarsi, perdendo in questo modo la loro identità indipendente per assumere un ruolo specifico all'interno del sistema maggiore. Abbiamo allora in molti casi un processo di **modularizzazione**: unità che prima erano indipendenti si conformano ora all'insieme trasformandosi in moduli. Lo si può osservare tanto in ingegneria quanto nelle società umane più strutturate e tecnologiche – la vita dei giapponesi è più modularizzata di quella dei greci – o in modo più estremo negli insetti sociali.

Impronte

I sistemi modulari che abbiamo così definito sono di per sé semplicemente sintattici, cioè formati di sequenze qualsiasi di elementi. Ma particolarmente interessanti sono i sistemi modulari anche semantici, che cioè nelle loro sequenze riflettono in qualche modo una realtà esterna. In essi, la forma prodotta dalla particolare combinazione dei moduli riproduce qualche proprietà della forma di altri fenomeni, che costituiscono il loro ambiente.

Una modellazione dell'ambiente esterno può avvenire già con semplici interazioni causali, ossia dipendenze efficienti. Perché esse producano una forma che riflette l'ambiente, sembra però che le interazioni debbano essere accompagnate da una struttura sistemica: infatti, mentre un meteorite che colpisca un singolo corpo celeste indeformabile può alterarne la traiettoria senza lasciare altre tracce (a meno di considerare il corpo come parte di un sistema più grande), se invece le particelle della superficie del corpo sono in grado di assumere molte configurazioni spaziali diverse, si formerà un cratere la cui forma conserva informazioni sulla natura dell'impatto passato. Similmente, un lupo che cammina su una pozzanghera ghiacciata può tuttalpiù romperne col suo peso la crosta, senza che dai frammenti rigidi si possa distinguere che cosa l'ha alterata; ma se le zampe si appoggiano su neve, questa ridisporrà i suoi cristalli a formare un'orma, rivelatrice della specie di chi l'ha impressa. È cioè un fenomeno costituito da numerosi componenti distinti quello che può disporsi in una forma complessa specifica a seconda delle influenze ambientali.

Specificamente, quale tipo di dipendenza costitutiva occorre? Sembra che debba perlomeno trattarsi di parti distinte, che possano disporsi in varie relazioni strutturali tra loro. Alcuni autori peraltro dubitano che la realtà informazionale fondamentale debba necessariamente essere “digitale”, ossia composta di elementi discreti, e preferiscono perciò limitarsi a parlare di realismo informazionale “strutturale”⁶² riferendosi genericamente a delle relazioni interne a un intero. Ma le relazioni devono pur essere relazioni

⁶² Luciano Floridi, A defence of informational structural realism, *Synthese*, 161: 2008, 219-253; id., Against digital ontology, *Synthese* 168: 2009, p. 151-178. Floridi definisce la “differenza” come la relazione più fondamentale in quanto, diversamente dalle altre relazioni, non dipende dalla natura delle entità a cui è riferita (Riccardo Ridi, La piramide dell'informazione e il realismo strutturale, *AIB studi*, 61: 2021, n. 2, [https://aibstudi.aib.it/article/view/13265/§\[2\]](https://aibstudi.aib.it/article/view/13265/§[2])).

fra un qualche genere di elementi. Potrebbe un materiale indistinto essere plasmabile se non fosse articolato almeno in pezzi uguali fra loro, o meglio ancora in moduli combinabili?

Nei sistemi che più ci interessano, dunque, i moduli si dispongono in sequenze non arbitrarie, bensì dipendenti da situazioni esterne. Questo è possibile, evidentemente, quando il sistema raggiunga una conformazione stabile, non eccessivamente disturbata da fattori causali stocastici come nel moto browniano. Immaginiamo un sistema modulare elementare, formato da una matrice di cifre decimali inizialmente disposte in modo arbitrario:

4	2	6	4
9	0	1	7
0	3	2	3

Supponiamo ora che su questo sistema agisca una forza esterna che descriviamo come una “gravità aritmetica”, che tende ad attrarre verticalmente in basso le cifre più “pesanti” ossia di valore più alto. Di per sé, ciascuna azione della gravità su una singola cifra è una semplice dipendenza efficiente. Dopo un certo tempo, la configurazione del sistema sarà diventata questa:

0	0	1	3
4	2	2	4
9	3	6	7

Questa matrice, oltre ad essere il risultato di una serie di dipendenze efficienti, è già semantica nel senso che *rappresenta*⁶³ la presenza della gravità aritmetica con il fatto che le cifre sono disposte in ordine di valore crescente dall’alto al basso; si comincia ad osservare un maggiore ordine, come il fatto che i due 0 e i due 2 si vengano a trovare in posizioni adiacenti, sebbene questa non sia una regola assoluta poiché invece i 3 non si trovano adiacenti.

Il sistema stabile, determinato da un equilibrio di dipendenze efficienti, assume così anche una specifica forma, e diventa così un’**impronta** o modello del proprio ambiente: ad un eventuale osservatore, essa può offrire “informazione ambientale”⁶⁴. Impronte relativamente banali, analoghe al

⁶³ G.W. Leibniz sarebbe stato “the first to recognize that representation consists in a structural equivalence between terms and objects” (Peter Janecke, Elementary principles for representing knowledge, *Knowledge organization*, 23: 1996, n. 2, p. 88-102: 90). Ma già per Aristotele (*De anima*), la percezione è ricezione delle forme senza la loro materia.

⁶⁴ Dretske, cit. I sistemi stabili sono descritti come “attractor machines” e i modelli come “sorting machines” in Manuel de Landa, *A thousand years of nonlinear history*, Zone Books, New York 1997; ad essi seguono le “meshwork machines” e soprattutto le macchine darwiniane, queste ultime analoghe ai sistemi informati di cui diremo in seguito: cfr. Gary Tomlinson, *The machines of evolution and the scope of meaning*, Zone Books, New

nostro esempio astratto della matrice di cifre, si possono osservare già nell'accumulo di pietrisco ai lati di una strada per effetto del passaggio dei veicoli, o nella disposizione ordinata di ciottoli di dimensioni crescenti sulla battigia: sebbene possano farci pensare a un ordinamento intenzionale, essi sono semplicemente il risultato di un insieme di dipendenze efficienti che hanno agito su numerosi elementi, riflesse dalla forma complessiva attuale⁶⁵. Allo stesso modo, la forma a U di una valle rappresenta la dinamica del ghiacciaio che l'ha scavata, e un fossile nella pietra rappresenta le forme dell'organismo che un tempo rimase imprigionato nei sedimenti.

Con le impronte abbiamo dunque, oltre alle dipendenze efficienti dai singoli eventi di urto o erosione, anche una *dipendenza formale* dell'insieme della struttura dal suo ambiente. Nella formalizzazione di Bunge possiamo dire che qui la configurazione dei moduli riflette certe caratteristiche dell'ambiente esterno: $\delta \Leftarrow \epsilon$.

Rispetto alle dipendenze efficienti, che modificano soltanto singole proprietà quali la posizione e la velocità, le dipendenze formali determinano la formazione delle strutture più complesse e articolate che incontriamo nel mondo, quali la forma delle valli, la struttura degli organismi o il brulicare delle città. Nei ben noti sistemi modulari linguistici, la combinazione delle parole rappresenta l'ambiente che esse descrivono – a differenza di combinazioni che, pur seguendo le regole della sintassi, non corrispondono ad alcun significato esterno ($\delta \neq \epsilon$), come nella maggior parte dei libri della biblioteca di Borges o nel noto esempio di Noam Chomsky “idee verdi senza colore dormono furiosamente”, sintatticamente corretto ma semanticamente insensato.

Esempi come quello della valle glaciale sono relativamente semplici; ci occuperemo in seguito anche di modellazione fra sistemi a diversi livelli, ad esempio fra le configurazioni neuronali e le rappresentazioni mentali, dove piuttosto che in una somiglianza geometrica l'isomorfismo consiste in una corrispondenza attraverso qualche tipo di trasformazione matematica⁶⁶. Idee analoghe sono state sviluppate in scienza dei sistemi e cibernetica, nell'intento di spiegare sistemi complessi come quelli organici o quelli cognitivi, anche ricorrendo alla teoria matematica delle categorie⁶⁷.

York 2023, p. 82-83.

⁶⁵ Richard Dawkins, *The blind watchmaker*, Norton, New York 1985, trad. it. *L'orologio cieco*, Rizzoli, Milano 1988. “A trivial example is the tendency for gravel on a road to end up on the edges: no particular movement of the gravel need have any bias toward the edges, but any resting place other than the edges is unstable because of the introduction of high energy from passing tires” (Mark H. Bickhard - Donald T. Campbell, Variations in variation and selection: the ubiquity of the variation-and-selective-retention ratchet in emergent organizational complexity, *Foundations of science* 8: 2003, p. 215-282).

⁶⁶ “To what extent are the represented entities configured in a fashion similar to the entities they represent? In other words, to what extent are presentation and “representation” isomorphic to one another? [...] Processes that map into each other in such a way as to preserve structure can be said to be either geometrically or algebraically isomorphic. For instance, although the Gestalt psychologists thought that the electrical field of the brain have geometric *shape* resembling that of perceived objects, evidence shows that perspective transformations display algebraic (i.e. secondary), not geometric isomorphism. [...] Instead, a plausible case was made that what remains invariant across transformations is neutral to the mind/brain, mental-material duality and is captured by physicists' definitions of energy and the amount of its structure – entropy (and its converse, negentropy) and information. Information can be instantiated mentally as well as materially, an idea captured by the aphorism that, on occasion, the pen can be mightier than the sword” (Karl H. Pribram, Interfacing complexity at a boundary between the natural and social sciences, in *Evolution, order and complexity*, eds. Elias L. Khalil - Kenneth E. Boulding, Routledge, London - New York 1996, p. 40-60).

⁶⁷ “Metasystem Transition Theory understands knowledge as the existence in a cybernetic system of a model of some part of reality. The most immediate kind of a model is a metasystem which implements a

Inoltre, spesso ciò che viene modellato sono soltanto certi aspetti dei fenomeni, come succede in qualsiasi operazione di misura, mentre altri aspetti sfuggono al modello: le relazioni tra i moduli dell'impronta corrispondono solo ad alcune delle relazioni che le hanno prodotte. Ogni mappa è un'astrazione che non può mai essere dettagliata quanto il territorio che rappresenta. Ciò avviene in particolare quando l'impronta consiste di poche dimensioni: il denaro per esempio è una misura piatta, che vorrebbe rappresentare il pregio di una merce o lo status del suo possessore con un singolo valore; ma sappiamo bene che molte cose pregiate o superflue non sono ben rappresentate dal loro costo, poiché la realtà è ben più complessa di una singola dimensione. Dunque le impronte non sono rappresentazioni complete del loro ambiente; cionondimeno sono significative, per il fatto stesso di corrispondere a qualche aspetto di tale ambiente.

Memorie ed esemplari

Le impronte sono interessanti, ma da sole tenderebbero con il tempo a dissolversi, in quanto la loro stabilità viene prima o poi alterata da nuovi fattori esterni. Un'orma nella sabbia rappresenta il piede che vi è passato soltanto per un certo tempo, prima che un'onda più lunga del solito la distrugga; la forma della valle e il fossile durano di più, ma a lungo andare anch'essi saranno sfasciati da una frana o un terremoto. Affinché la forma dell'impronta persista e si propaghi, occorre che si producano molte copie replicanti della stessa configurazione di moduli.

Questo può accadere in particolare qualora un'impronta funzioni come una sorta di stampo (*template*), che produca numerose copie della stessa forma specifica. In questo modo infatti si può generare una quantità di esemplari simili, sufficiente a bilanciare le distruzioni accidentali per un tempo più lungo. Può avvenire così quando uno stesso insieme di cause si verifica ripetutamente, producendo una forma che se ne separa, dopodiché il processo riprende. È ad esempio il caso dei punti caldi, i luoghi della superficie terrestre dove un pennacchio di materiali risalenti dagli strati inferiori produce un vulcano: nel tempo lo spostamento della placca tettonica rispetto al punto caldo, che rimane relativamente meno mobile, fa sì che la struttura vulcanica si riproduca in una serie di coni allineati, che costituisce dunque una serie di esemplari prodotti dalla stessa fonte informativa del punto caldo.

D'altra parte, prima o poi accadrà che ad essere distrutto sia lo stampo stesso, interrompendo così il processo di replicazione. Anche la diffusione delle impronte è perciò limitata. A meno che lo stampo venga a sua volta riprodotto, divenendo allora una vera e propria **memoria** (μ). Tale replicazione può avvenire a partire dalle impronte, che fungano a loro volta da stampo riformando un sistema modulare

homomorphic relation between states of two subsystems, a modeled system and a modeling system" (Francis Heylighen - Cliff A. Joslyn - Valentin F. Turchin, *Principia cybernetica web*, <http://pespmc1.vub.ac.be/> 1993, § Model); André Charles Ehresmann - Jean-Paul Vanbremeersch, *Memory evolutive systems*, Elsevier, Amsterdam etc. 2007. Robert Rosen (*Fundamentals of measurement and representation of natural systems*, North Holland, New York 1978) chiama "modeling relation" una corrispondenza più complessa, ossia quella fra la relazione di implicazione causale fra due stati successivi di un sistema e la relazione di implicazione fra due stati successivi di un sistema modello; nel caso più tipico il primo è un sistema naturale e il secondo formale, es. matematico; ma ci sono anche modellazioni fra due sistemi formali, trattabili dalla teoria delle categorie, o fra due sistemi naturali.

come quello iniziale: si instaura allora un ciclo informazionale di retroazione (*feedback*) e con questo si creano le condizioni per un'evoluzione di forme più complesse⁶⁸.

È questa la grande innovazione apportata dai sistemi modulari in grado di autoreplicarsi, come gli acidi nucleici che sono alla base delle forme viventi, grazie al fatto che i loro quattro moduli si incastrano l'un l'altro a coppie (adenina con timina, citosina con guanina): una sequenza di moduli funge così da stampo per una sequenza complementare, a partire dalla quale si può riformare un altro individuo della prima sequenza ($\mu_i \Rightarrow \delta \Rightarrow \mu_j$). Considerando l'intero ciclo, abbiamo allora la comparsa di un nuovo genere di dipendenza formale: la dipendenza *replicativa* ($\mu_i \cup \mu_j$).

Questo tipo di ciclo si presta a sviluppare dei ruoli differenziati per la memoria e per l'impronta. Quest'ultima, anziché un sistema modulare speculare al primo e della sua stessa natura, come una catena complementare di acido nucleico, può essere un sistema autonomo di natura diversa, che chiameremo **esemplare** o copia (*copy*, κ):

$$\mu_i \cup \mu_j \Rightarrow \kappa$$

È quanto avviene per le proteine, che sono anch'esse sistemi modulari la cui sequenza di aminoacidi è controllata dagli acidi nucleici.

Utilizzando i termini della biologia in un senso allargato, Boulding ha descritto questa architettura generale di sistemi come la separazione di un "genotipo" – la memoria – da un "fenotipo" – gli esemplari⁶⁹, mentre Marcia Bates li chiama rispettivamente "encoded information" e "embodied information"⁷⁰. È noto appunto il caso prototipico degli organismi viventi: il sistema che funge da memoria sono le unità di acidi nucleici dette geni, i quali determinano la produzione di proteine strutturali e funzionali, e sono queste ultime a formare gli esemplari degli organismi che interagiscono con l'ambiente, mentre le memorie rimangono protette all'interno dei nuclei delle cellule. La comparsa del livello dei viventi dev'essere avvenuta appunto con l'instaurazione del ciclo di replicazione fra gli acidi nucleici dei genomi e le proteine degli organismi⁷¹. Ma un'architettura simile, come si vedrà, vale anche per i successivi livelli dei comportamenti, che attraverso i muscoli sono informati da memorie neurali, e

⁶⁸ "Without retaining this structural information, living beings would be as astronomically rare among random chemical mixtures, as are sensible books among the random texts in Jorge Luis Borges' "Library of Babel"" (Mark Burgin - Rainer Feistel, Structural and symbolic information in the context of the general theory of information, *Information*, 8: 2017, p. 139-154).

⁶⁹ Es.: "The evolutionary process always operates through mutation and selection and has involved some distinction between the genotype which mutates and the phenotype which is selected" (Kenneth E. Boulding, Economic development as an evolutionary system, Fifth World Congress of the International Economic Association, Tokyo Aug.-Sept. 1977).

⁷⁰ "Everywhere we can see a toggling back and forth between encoding and embodiment. Encoded genetic information is the genotype; embodied genetic information is the phenotype, i.e. the living animal. Embodied neural-cultural experienced information is the lived experience, the conscious or semi-conscious awareness of being alive. The encoded neural-cultural experience is all the background knowledge, memories, patterns of practice encoded in various ways into the animal's nervous system and body." (Marcia Bates, A proto-paradigm for information science research, Proceedings of the 11th International Conference on Conceptions of Library and Information Science, Oslo 2022, *Information research*, 27, special issue, <http://informationr.net/ir/27-SpIssue/CoLIS2022/colis2201.html>)

⁷¹ Su queste dinamiche riflette Giorgio Prodi in *Le basi materiali della significazione*, Bompiani, Milano 1977, che però non utilizza il concetto di informazione, oltre a limitarsi al livello della materia come riferimento apparentemente fondamentale.

delle forme della cultura, informate da memorie linguistiche.

Il dualismo di memorie ed esemplari sembra essere necessario per la produzione di numerose copie: occorre infatti che una memoria funga da stampo affinché se ne possano ottenere una o più impronte, che a loro volta replichino le memorie. Un sistema modulare che funga sia da memoria auto-replicante che da esemplare attivo appare di realizzazione più ardua, sebbene si ipotizzi che all'origine della vita l'RNA abbia inizialmente potuto svolgere entrambe le funzioni⁷².

Variazioni ed evoluzione

Oltre a diffondere gli esemplari conservandone così le forme per tempi più lunghi, l'esistenza di memorie che si replicano comporta anche un altro nuovo fenomeno di grande rilevanza. Nel processo di replicazione infatti possono comparire, anche accidentalmente, delle *variazioni* nelle sequenze modulari delle memorie (mutazioni genetiche nei viventi, idee nella cognizione, innovazioni nelle culture). Queste a loro volta comporteranno la produzione di un certo numero di esemplari variati, sui quali inevitabilmente si instaura il processo di selezione del tipo già visto ($\epsilon \gg \kappa$): le nuove configurazioni di esemplari meglio compatibili con l'ambiente vengono mantenute, dimostrandosi stabili per periodi lunghi, mentre quelle incompatibili si perdono, secondo l'idea introdotta da Darwin in biologia ma estendibile, in questi termini generali, agli altri livelli. Questo "darwinismo universale" è proposto da vari studiosi⁷³, anche se occorre evitare generalizzazioni sommarie e verificarne i dettagli di funzionamento ai diversi livelli; tale cautela vale in generale per l'approccio per sistemi, compresi i nostri sistemi modulari, per quanto le schematizzazioni che esso consente ci sembrino piuttosto potenti.

Sebbene l'introduzione di variazioni in un fenomeno stabile risulti spesso dannosa, la loro possibilità è anche necessaria perché occasionalmente possano invece comparire miglioramenti, e quindi per il verificarsi di qualunque evoluzione.

⁷² "Un singolo filamento di acido nucleico non si duplica semplicemente da solo, come nel caso di GGG → GGG. Deve prima essere copiato in un modello, un filamento complementare, e solo allora si può ricorrere alla magia dell'accoppiamento delle basi complementari per guidare la sintesi di un'altra copia della molecola originale. In altre parole, per riprodurre GGG, dobbiamo prima copiarlo in CCC, che può a sua volta essere utilizzato per la formazione di un altro GGG: GGG → CCC → GGG. È un po' come ricavare un oggetto tridimensionale da uno stampo." (Thomas R. Cech, *The catalyst: RNA and the quest to unlock life's deepest secrets*, Norton, 2024, trad. it. *Riscrivere la vita*, Neri Pozza, Vicenza 2025., cit., p. 144).

⁷³ Donald T. Campbell, Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes, *Psychological review* 67: 1960, n. 6, p. 389-400; id., Epistemological roles for selection theory, in *Evolution, cognition, and realism: studies in evolutionary epistemology*, 1990, p. 1-19; Richard Dawkins, *The selfish gene*, Oxford University Press, 1976, p. 13, 3rd ed. 2006, trad. it. *Il gene egoista: la parte immortale di ogni essere vivente*, Oscar Mondadori, Milano 2007; id., Universal darwinism, in *Evolution from molecules to man*, ed. D. S. Bendall, Cambridge University Press, 1983; Harris Bernstein et al., The Darwinian dynamic, *The quarterly review of biology*, 58: 1983, n. 2, p. 185-207; Gary Cziko, *Without miracles: universal selection theory and the second Darwinian revolution*, MIT Press, 1995; Mark H. Bickhard - Donald T. Campbell, Variation in variation and selection: the ubiquity of the variation-and-selective-retention ratchet in emergent organizational complexity, *Foundations of science*, 8: 2003, n. 3, p. 215-282; John Campbell, Bayesian methods and universal darwinism, AIP Conference Proceedings, 1193: 2009, p. 40-47; M. von Sydow, Darwinian metaphysics, in *Encyclopedia of sciences and religions*, eds. A. Runehov - L. Oviedo, Springer, New York 2013, p. 1306-1314; D. B. Kelley, *The origin of phenomena*, Woodhollow Press, 2013; Michael L. Wong et al., On the roles of function and selection in evolving systems, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120: 2023, n. 43, <https://doi.org/10.1073/pnas.2310223120>, secondo cui appunto "each system is formed for numerous interacting units [...] that result in combinatorially large numbers of possible configurations" di cui alcune "by virtue of their stability or other "competitive" advantage, are more likely to persist owing to selection for function".

La successione dei cicli di selezione, replicazione e variazione determina, nel tempo, quelli che descriviamo come processi *evolutivi*. L'evoluzione ai diversi livelli infatti “può essere definita come l'accumulo di informazione ereditabile o trasferibile entro delle popolazioni e le sue concomitanti conseguenze”⁷⁴, ossia essere considerata un processo informazionale. In essa possiamo individuare un ulteriore tipo di dipendenza formale di lungo termine, che presuppone quella replicativa, ora integrata con la comparsa di variazioni ($\epsilon \Rightarrow \kappa_j \Leftarrow \mu_j \cup \mu_i$): è la dipendenza *genealogica* di una forma variante dalle forme antenate che la precedono nella sua linea evolutiva ($\kappa \rightsquigarrow \kappa'$).

Tutta la complessità dei livelli della vita, della mente e della cultura è resa possibile da questo tipo di processi evolutivi, basati sulla disponibilità di memorie ed esemplari soggetti a variazioni e quindi al vaglio della selezione.

Modelli e informatori

Nelle dipendenze formali, spesso una memoria determina gli esemplari non in modo diretto, ma solamente fungendo da **modello**, ossia fonte di informazione che rispecchia per così dire passivamente alcuni aspetti del mondo, in un modo simile alle semplici impronte. La configurazione degli esemplari stabili interagenti con l'esterno avviene invece attraverso una componente attiva della memoria, che chiameremo genericamente **informatore** o effettore (ι):

$$\mu \Rightarrow \iota \Rightarrow \kappa$$

Nel caso degli acidi nucleici, ad esempio, possiamo osservare una differenziazione fra la funzione di pura memorizzazione del DNA, che si limita a conservare l'informazione e a replicarsi, e quella di informatore dell'RNA, che nelle sue diverse forme di cui alcune sono dotate di capacità catalitiche⁷⁵ trasmette l'applicazione di tale informazione controllando una serie di passaggi, fino alla sintesi delle proteine. In generale è dunque possibile distinguere nelle memorie una funzione di modellazione del mondo (il DNA, l'esperienza, i saperi: μ), spesso sintetizzata nella formula *know that*, da una funzione operativa di informatore (la sintesi proteica, la volontà, i metodi e le norme: ι), sintetizzata nella formula *know how*, che agisce sul mondo in funzione del modello e spesso di valori parametrici di riferimento (omeostasi, felicità, consenso).

Le due funzioni di modello e informatore, peraltro, appaiono integrate piuttosto strettamente: per esempio, nella memoria costituita dal linguaggio sono contenute sia delle constatazioni, espresse in genere dal modo indicativo e relative a situazioni passate, distanti o comunque inevitabili (la *sorte*), che delle esortazioni, espresse anche con il modo imperativo e relative a situazioni vicine, presenti e future sulle quali si può sperare di influire, quali propositi, preghiere o auspici (la *facoltà*); Ruth Millikan le ha

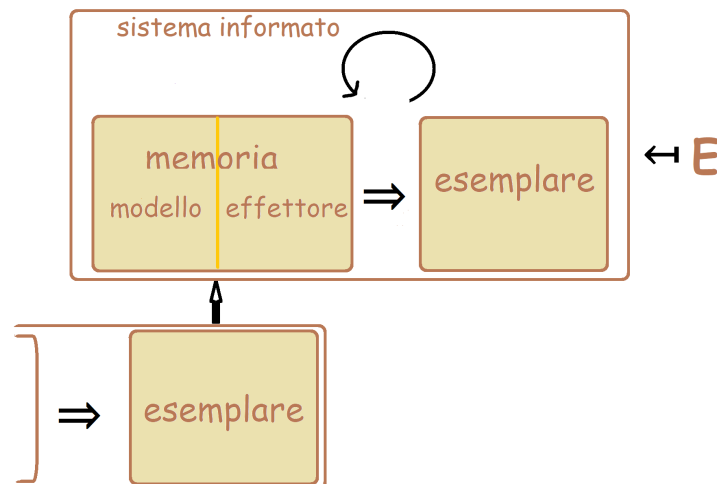
⁷⁴ Lenski, cit., p. 43. Anche Maynard Smith e Szatmáry (cit.) osservano che, affinché si avvii un processo di evoluzione, oltre alla replicazione di forme identiche occorre l'ereditabilità di forme variate, sulle quali possa agire la selezione.

⁷⁵ Walter Gilbert, Origin of life: the RNA world, *Nature*, 319: 1986, n. 6055, p. 618; Cech, cit.

chiamate “rappresentazioni descrittive” e “direttive”⁷⁶. Il linguaggio di tutti i giorni è una commistione continua delle due componenti, più che una successione di due fasi separate. Nel caso dei polimeri della vita appare in verità meno chiaro se dagli informatori (l'RNA) si possano distinguere dei modelli autonomi, se cioè il DNA sia un vero e proprio modello che in qualche modo rappresenta la realtà esterna o sia anch'esso da considerarsi un informatore; se, in altre parole, una funzione di modello sia presente in tutti i grandi livelli oppure emerga soltanto a partire da quello cognitivo. Una possibile interpretazione è che il DNA sia un modello della passata storia evolutiva che ha portato alla sua trasmissione⁷⁷.

Possiamo comunque ora riassumere questa architettura più complessa che sembra strutturare i grandi strati di fenomeni (λ), a partire almeno da quello della vita. La presenza di memorie permette la conservazione e replicazione di sistemi modulari e la loro traduzione, per mezzo di effettori, in numerosi esemplari di forme stabili, che possono essere descritti come il loro *risultato* (*outcome*); nel caso dei sistemi culturali si parla in particolare dei *prodotti* del sapere umano.

L'insieme di memoria ed esemplari costituisce quello che chiameremo un **sistema informato**, in quanto è sua caratteristica decisiva che le parti dell'esemplare, anch'esso modulare, vengano indirizzate a disporsi nella loro specifica configurazione dalla corrispondente memoria. Si può cioè vedere la memoria come una fonte di “istruzioni” indirette per realizzare qualcosa, una “informazione di controllo”⁷⁸, in accordo con il senso dinamico della parola *informazione* intesa come processo comunicativo di trasmissione, adottato da numerosi autori⁷⁹.



⁷⁶ Ruth Garrett Millikan, Pushmi-pullyu representations, *Philosophical perspectives*, 9: 1995, p. 185-200.

⁷⁷ “[T]he present form of the informative substrate – for example, the actual sequence of nucleotides in a section of the DNA string – does nevertheless refer to absent causes: that is, causes that are connected to the evolutionary past of the species” (Jesper Hoffmeyer, Semiotic freedom: and emerging force, in Davies - Gregersen, cit., p. 236-260).

⁷⁸ Peter Corning, Control information theory: the “missing link” in the science of cybernetics, *Systems research and behavioral science*, 24: 2007, p. 297-311; l'idea di controllo come capacità di acquisire e usare materia ed energia, tuttavia, è spesso legata alla correzione di deviazioni da valori prestabiliti, mentre i sistemi informati possono evolvere in modi creativi.

⁷⁹ Karl R. Popper - John C. Eccles, *The self and its brain. 1*, Routledge & Kegan Paul, London 1983, trad. it. *L'io e il suo cervello. 1: Materia, coscienza e cultura*, Armando, Roma 1986, § 39; Ridi, La piramide dell'informazione, cit.: “le vere e proprie informazioni (denominate ‘semantiche’) non sono entità statiche, ma processi dinamici di causazione che collegano i dati con altri dati”.

Informare un sistema significa influenzare il modo in cui esso è fatto, e in particolare è un informare semantico⁸⁰ – ossia una dipendenza formale – quello che determina la forma del sistema in funzione di qualche altro sistema già esistente, fatto reso possibile dalla sua composizione modulare che permette di riprodurre una struttura adattata all’ambiente esterno. La disposizione ottenuta è perciò anch’essa, come le più semplici impronte, un riflesso del proprio ambiente, con il quale l’intero sistema informato interagisce sia passivamente che attivamente.

I sistemi informati possono gettare luce anche sul quarto tipo di spiegazione di Artistotele, quella “finale”, che a differenza di quelle materiale, efficiente e formale non ha finora trovato corrispondenza nelle dipendenze che abbiamo man mano individuato. La scienza contemporanea ha bandito il finalismo in senso stretto, ossia l’idea che un fenomeno naturale sia stato creato fin dall’inizio per uno scopo; ma mantiene la nozione di *teleonomia*, ad esempio identificando le *funzioni* di un organismo vivente che risultano ben adattate al suo ambiente come risultato della sua evoluzione per selezione, variazione e replicazione⁸¹. Nella prospettiva informazionale, tali corrispondenze funzionali si possono ricondurre al fatto che una memoria informi le disposizioni dei moduli nei nuovi esemplari ($\mu \Rightarrow \kappa$): un rapporto che possiamo chiamare *dipendenza telica* o *istruzione* e che svolge appunto la funzione di far sopravvivere l’informazione memorizzata mediante la produzione di esemplari stabili. Anch’essa può essere vista come un caso particolare del modellamento formale: è cioè il risultato di un circolo di retroazione fra certi esemplari κ , selezionati dai loro contatti con l’ambiente ($\varepsilon \Rightarrow \kappa$), che riproducono prevalentemente certe memorie μ , che a loro volta informano nuovi esemplari. Questo meccanismo dà nel suo insieme l’impressione di un’organizzazione finalizzata a uno scopo, che in realtà è semplicemente la conseguenza di numerosi cicli di selezione, variazione e replicazione di sistemi informati.

È dunque qui che si può identificare la transizione, tanto dibattuta dai filosofi, dal regno dell’essere a quello del dover essere, quest’ultimo tipico dei fenomeni viventi e umani proprio in quanto sono il risultato di sistemi informati. Questo peraltro non esclude che anche la materia

⁸⁰ I termini *sintattico*, *semantico* e *pragmatico*, che abbiamo talvolta utilizzato, richiamano la disciplina della semiotica; essa studia i segni analizzandoli appunto come contraddistinti da una sintassi: regole di combinazione; una semantica: rappresentazione di un fenomeno esterno, $\delta \Leftarrow \varepsilon$; e una pragmatica: effetto sull’ambiente, $\delta \rightarrow \varepsilon$ (Charles W. Morris, *Signs, language and behavior*, Prentice-Hall, New York 1946). I segni sono inoltre caratterizzati da una propria *espressione*; i particolari moduli di cui sono costituiti, $\rho \leftrightarrow \varphi$ (Tullio De Mauro, *Lezioni di linguistica teorica*, Laterza, Roma - Bari 2008, p. 34-37). Il classico triangolo semiotico corrisponde nella nostra architettura a rapporti fra livelli di modellazione successivi: fra il linguaggio e la cognizione e fra la cognizione e il mondo fisico e organico che modella. Una delle entità (il “representamen” o “segno” in senso stretto) fa riferimento ad alcune proprietà (“ground”) di qualcosa (“oggetto”) esprimendole in un nuovo segno (“interpretante”); poiché quest’ultimo può essere a sua volta espresso da altre entità, nel mondo si osserva una “semiosi illimitata” (Charles Sanders Peirce, *Collected papers*). Sebbene la semiotica venga solitamente applicata ai fenomeni comunicativi umani, nella concezione originaria di Peirce essa riguarda il mondo intero (ossia, nei nostri termini, qualsiasi livello) in quanto in esso sussistono relazioni fra triadi di entità. I sistemi semiotici non sono dunque necessariamente coscienti: si possono osservare anche nei livelli organici oggi considerati nella biosemiotica, come nel caso del codice genetico, e magari in quelli inferiori (viene alla mente la relazione triadica fra reagenti, prodotti e catalizzatori), sebbene gli organismi viventi vengano in genere considerati il livello in cui appaiono per la prima volta dei *significati*.

⁸¹ Mayr, Causa ed effetto in biologia, cit.; id., Teleological and teleonomic: a new analysis, in *Boston studies in the philosophy of science*, 14: 1974, p. 91-117, trad. it. ampliata ibidem, p. 206-238.

inanimata possa avere delle *propensioni*, ossia delle proprietà dinamiche che tendono naturalmente verso una certa possibilità, come gli elettroni vengono attratti dalle cariche positive; non si tratta però ancora di funzioni, ossia di proprietà evolutesi in modo tale da svolgere certi ruoli in sistemi complessi. In effetti anche processi del livello inorganico come la semplice caduta per gravità, i cicloni o l'evoluzione nella diffusione dei minerali si possono considerare orientati verso un certo punto di arrivo, e in questo senso teleologici seppure con un grado di complessità minore⁸². Per poterli però considerare anche come sistemi informati dovremmo identificare delle memorie che ne indirizzino la produzione, cosa di cui discuteremo più oltre.

Con i sistemi informati si è dunque venuta a creare un'architettura circolare di retroazione: l'ambiente seleziona gli esemplari che meglio vi sussistono, questi si replicano attraverso le memorie e possono comparire in forme leggermente variate. Il confronto fra esemplari e ambiente, che negli organismi viventi avviene con i tempi lunghi dell'evoluzione, al livello cognitivo e in quello culturale si sviluppa con variazioni ben più rapide, come le percezioni sensoriali che inducono un batterio ad allontanarsi da un ambiente con parametri chimici diversi dal suo stato ideale, o le innovazioni che si diffondono in una comunità umana attraverso i suoi molti canali di comunicazione.

Non a caso la comparsa di retroazioni è ritenuta uno stadio decisivo per l'emergenza di proprietà nuove, compresa la comparsa di fenomeni di rappresentazione in cui la disposizione di un sistema viene "interpretata" come significativa da un altro sistema a valle⁸³. Le retroazioni assumono particolare rilevanza a partire dai livelli viventi, anche se ne esistono pure in matematica (come l'insieme di Mandelbrot), in fisica (la radiazione del corpo nero, retroazione negativa) e in climatologia (la retroazione positiva ghiaccio-albedo e forse quella negativa del gradiente termico verticale).

Le retroazioni replicanti rendono i sistemi informati *adattativi* (ingl. *adaptive systems*), ossia capaci di modificarsi a seconda delle condizioni ambientali⁸⁴, grazie alla verifica indiretta che avviene con la sussistenza e replicazione differenziale degli esemplari meglio corrispondenti alla situazione. Mentre nei livelli materiali anche i cicli di replicazione, come i temporali autorigeneranti o il ripresentarsi dei valori di umidità e temperatura che determinano il generarsi di cristalli di ghiaccio, danno luogo a strutture relativamente semplici, nei livelli superiori la complessità dei sistemi modulari resa possibile da memorie con valori grandi di k e n permette di esplorare forme e adattamenti sempre più complessi, dapprima con i tempi e le costrizioni dell'evoluzione genetica,

⁸² Gunnar Babcock, Teleology and function in non-living nature, *Synthese*, 201: 2023, art. 112, p. 1-20.

⁸³ Boulding, General systems theory, cit.; Lorenz, *Die Rückseite des Spiegels*, cit. (che preferisce "folgorazione" a "emergenza" per evitare di suggerire che quanto nasce fosse già precedentemente "sommerso" da qualche parte); Mark H. Bickhard, The dynamic emergence of representation, in H. Clapin - P. Staines - P. Slezak eds., *Representation in mind: new approaches to mental representation*, Elsevier, 2004, p. 71-90; Terrence W. Deacon, What is missing from theories of information?, in *Information and the nature of reality*, cit., p. 123-142.

⁸⁴ Alfred W. Hübler - Timothy Wotherspoon, Self-adjusting systems avoid chaos, *Complexity*, 14: 2008, n. 4, p. 8-11.

poi con la velocità e flessibilità ancora maggiori⁸⁵ di quelle cognitiva e culturale, che possono produrre in tempi rapidi una varietà maggiore di combinazioni selezionabili⁸⁶. Ogni comparsa di un nuovo livello apporta nuove possibilità combinatorie e quindi un nuovo spazio di forme esplorabili.

L'emergenza di nuovi livelli

Tipica dei sistemi informati è, si diceva, la dipendenza genealogica fra due stadi evolutivi successivi ($\kappa \rightsquigarrow \kappa'$), come quella fra i mesoippi e i loro discendenti cavalli, risultante dalla combinazione di variazione, riproduzione e selezione nel nuovo ambiente ripetute per lunghi periodi. Così nel corso dell'evoluzione compaiono sistemi informati di tipo diverso dai loro progenitori. Quando tali differenze sono abbastanza consistenti da costituire un nuovo grado⁸⁷, assistiamo alla nascita di una nuova sottoclasse di entità, come ad esempio i primi mammiferi, che possiamo rappresentare successivamente a quella da cui si è originata, i rettili:

m κ	animali
m κ v	cordati
m κ v l	rettili
m κ v t	mammiferi

Se le nuove entità presentano differenze ancora più grandi, la nuova classe dovrà essere rappresentata ad un rango più generale (una nuova classe m κ x sorella dei cordati, o addirittura una classe mx sorella degli animali).

Quando la genealogia comporta, magari attraverso cicli di retroazioni positive, cambiamenti con la comparsa di proprietà estremamente innovative, si arriva alla nascita di un intero nuovo **livello di integrazione**⁸⁸, ovvero alla sua *emergenza* (in inglese *emergence*, con significato diverso da *emergency* nel senso di problema urgente), che possiamo considerare come un ulteriore tipo di dipendenza: $\kappa \nearrow \kappa'$. In tali casi le proprietà della nuova classe comprendono il fatto di essere costituita da parti di una classe inferiore: i sistemi viventi, ad esempio, sono costituiti da insiemi di molecole le cui interazioni producono al nuovo livello caratteristiche originali, come il metabolismo.

Infine, al momento della comparsa di innovazioni evolutive particolarmente rivoluzionarie

⁸⁵ “Certo, per molte specie animali è normale che certi comportamenti complessi siano innati – e dunque si tramandino per via genetica anziché per apprendimento – ma esiste un limite alla complessità che può essere immagazzinata nei geni, e il linguaggio umano, con le sue finezze e il suo lessico immenso, supera di molte lunghezze la ‘capacità di memoria’ del DNA” (Sverker Johansson, *På spaning efter språkets ursprung*, 2019, trad. it. *L'alba del linguaggio*, Ponte alle Grazie, Milano 2021, cit., p. 41).

⁸⁶ “Since more complex information will be able to produce more variety, the *speed* of the complexity increase will escalate together with the complexity of the information” (Carlos Gershenson, *The world as evolving information*, in *Unified themes in complex systems*, 7, eds. Ali A. Minai - Dan Braha - Yaneer Bar-Yam, NECSI, Cambridge Mass. 2012, p. 100-115: l'articolo va in una direzione simile alla nostra ma rinuncia ad ambizioni ontologiche ed è piuttosto sommario, non riconoscendo ad es. la connessione fra “agenti” e causazione).

⁸⁷ J. S. Huxley, *Clades and grades*, cit.

⁸⁸ Claudio Gnoli, *Per una demarcazione ontologica dei concetti nell'organizzazione della conoscenza*, in *Prospettive ontologiche: realismi a confronto*, a cura di Roberto Poli, Morcelliana, Brescia 2014, p. 303-317.

emergono grandi livelli di speciale rilevanza informazionale: con le reti di neuroni sono comparse le facoltà cognitive che danno origine al livello della mente; e nel caso delle particolari menti umane sono comparsi il linguaggio e le abilità tecniche che danno origine all'ulteriore livello della cultura. In tali casi l'emergenza comprende, come ora vedremo, la comparsa di un ulteriore genere di dinamica.

Il nostro abbozzo di livelli maggiori e minori corrisponde in buona parte a quello di Hartmann: come si è visto, entro ogni livello maggiore o "strato" λ_n si possono riconoscere livelli di integrazione minori, ad esempio la vita λ_2 comprende le cellule l , gli organismi m , le popolazioni n . A questo secondo rango, ciascun livello dipende dal precedente in un modo che Hartmann chiama "sovraformazione" (*Überformung*) e che si fonda su una dipendenza compositiva: le popolazioni cioè dipendono dagli organismi per il fatto di essere composte di parti che sono organismi, $n \leftarrow m$. Anche l'insieme degli animali di uno zoo è composto di organismi ($m_1, m_2 \dots m_n$), ma ne è solo un aggregato senza alcuna proprietà emergente; invece nelle popolazioni si formano fra gli organismi relazioni complesse (competizione, predazione...): esse costituiscono nuove proprietà per le quali le popolazioni formano un nuovo livello ($m \nearrow n$) che merita di venire rappresentato con una classe successiva (n).

La relazione fra i livelli maggiori invece è chiamata da Hartmann "sovracostruzione" (*Überbauung*): la mente dipende dalla vita non soltanto nel senso che sia fatta di pezzi di vita (i neuroni sono cellule), ma anche nel senso che essa forma un intero nuovo ordine di relazioni al di sopra di quello della vita e dei suoi processi. Questo ulteriore genere di dipendenza ($\lambda \nearrow \lambda'$), che Hartmann ambisce solo a descrivere senza spiegarla ulteriormente, ci appare in effetti come uno degli aspetti più misteriosi della realtà; altri filosofi l'hanno descritta come "emergenza forte". Il caso di emergenza che ci appare più straordinario è appunto quello della mente che emerge dai corpi viventi: l'apparente eterogeneità di questi due macro-livelli ha ispirato innumerevoli filosofie dualiste, che hanno cercato in vario modo di rendere conto del rapporto fra corpi e menti, spesso teorizzando il predominio di una classe di fenomeni sull'altra (materialismo vs. idealismo).

La crescente attenzione filosofica al concetto di informazione ci suggerisce di dare nuove interpretazioni al mistero della sovracostruzione e dell'emergenza forte. La relazione fra un grande livello e l'altro, che non consiste solamente in una dipendenza compositiva, può consistere in una dipendenza formale: un isomorfismo nel quale il livello superiore rispecchia, come avviene già nelle impronte, certe caratteristiche degli altri livelli, ma ora mediante i moduli differenti che gli sono propri⁸⁹. I geni dei viventi memorizzano sequenze adattate all'ambiente materiale nel quale gli individui dovranno abitare (il che potrebbe renderli dei veri e propri modelli, anche se abbiamo lasciato aperta questa ipotesi); le configurazioni di attività neurale dell'essere pensante palesemente

⁸⁹ Questa formulazione è leggermente diversa da quella di Hartmann, secondo cui la sovracostruzione non implica sovraformazione, per cui la psiche non sarebbe composta di elementi organici: qui riteniamo invece (come Edelman e George Lakoff) che la composizione neuronale sia indispensabile all'emergere della mente, oltre al rapporto di isomorfismo fra le nozioni mentali e il mondo vivente e fisico esterno.

modellano gli altri livelli; e i linguaggi degli esseri culturali modellano pensieri, organismi e materia con altri mezzi ancora. Si osservi peraltro che un livello comparso con l'emergenza forte può modellare, oltre che il livello sottostante, anche quelli precedenti o successivi (il linguaggio descrive anche le pietre, o perfino il linguaggio stesso), con i quali è dunque in dipendenza formale ma non direttamente costitutiva ($\lambda_3 \Leftarrow \lambda_1$).

In ogni caso, osserviamo in ciascuno di questi livelli la presenza di memorie di diversa natura. Nel complesso, abbiamo dunque la serie dei grandi **strati informativi** della realtà che ci sono noti: materia (λ_1), vita (λ_2), mente (λ_3) e cultura (λ_4).

$$\dots \lambda_1 \rightarrow \lambda_2 \rightarrow \lambda_3 \rightarrow \lambda_4$$

Chiamo *legge di Jacob*, da un passo rivelatore del grande biologo François Jacob⁹⁰, il fatto che lo sviluppo di un nuovo strato sia scatenato dalla comparsa di un nuovo tipo di memoria, ossia un nuovo modo di conservare informazione. L'emergenza forte della vita dalla materia è possibile grazie alla comparsa delle memorie genetiche; quella della mente dalla vita grazie alla comparsa delle memorie neuronali; quella della cultura dalla mente grazie alla comparsa delle memorie linguistiche.

Abbiamo già illustrato in che modo gli acidi nucleici funzionino come una memoria per lo strato dei viventi; nello strato della mente la memoria consiste invece nella conservazione in un sistema nervoso centrale di nozioni ed esperienze individuali che hanno portato a sensazioni piacevoli o dolorose, in base alle quali si tenderà a ripeterle o meno; mentre nello strato della cultura fungono da memoria collettiva i linguaggi simbolici che istruiscono a replicare certe tecniche di lavorazione, certi rapporti sociali e certe visioni del mondo, mediante le espressioni

⁹⁰ “Ciò che caratterizza in particolare i corpi viventi, in contrapposizione ai corpi inanimati, è la loro attitudine a conservare le tracce dell'esperienza passata e a trasmetterla. Di fatto, i due momenti di rottura nell'evoluzione, l'apparizione della vita prima, quella del pensiero e del linguaggio poi, corrispondono ciascuno alla formazione di un sistema di memoria, quello dell'ereditarietà e quello del sistema nervoso” (François Jacob, *Évolution et réalisme*, in *Fondation Charles-Eugène Guye, Prix Arnold Reymond décerné le 5 décembre 1974 à M. le professeur François Jacob*, librairie Payot - Librairie de l'Université, Lausanne 1975, p. 21- 34, <https://uniris.unil.ch/pandore/notice/prix-arnold-reymond-1974/>, poi trad. in *Evoluzione e bricolage: gli "espediti" della selezione naturale*, Einaudi, Torino 1978, p. 33-52): ricordo il senso di illuminazione quando lessi questo passo in un piccolo bilocale di via Lomonaco a Pavia; ho discusso l'idea in C. Gnoli, *An informational approach to emergence*, *Foundations of science*, 29: 2024, p. 543-551, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10699-022-09883-9>. Gerald M. Edelman (*Bright air, brilliant fire: on the matter of the mind*, Basic Books, New York 1992, trad. it. *Sulla materia della mente*, Adelphi, Milano 1993) identifica il concetto di memoria come innesco di processi selettivi ai livelli genetico, immunitario-neurale, linguistico e scientifico. John Maynard Smith e Eörs Szathmáry ritengono che le principali transizioni dipendono dall'espansione della quantità e dell'accuratezza con cui l'informazione è trasmessa fra le generazioni, e osservano che sia i replicatori genici che quelli linguistici consentono “un numero indefinitamente grande di forme” (p. 283), mentre non considerano la cognizione (*The major transitions in evolution*, Oxford University Press, 1995). Anche Goonatilake ha identificato tre “information flow lineages” di “storing and communication to a later time”: genetico, neurale-culturale (che egli accorpa mentre noi li distinguiamo) ed esosomatico, meno spesso considerato al di fuori delle scienze della documentazione (Susantha Goonatilake, *The evolution of information: lineages in gene, culture and artefacts*, Pinter, London 1991, discusso in Marcia Bates, *The information professions: knowledge, memory, heritage*, *Information research*, 20: 2015, n. 1, <http://www.informationr.net/ir/20-1/paper655.html>). Per Seth Lloyd (*The computational universe*, in Davies and Gregersen, cit., p. 118-133) le “rivoluzioni nel trattamento dell'informazione” sono vita, sesso, cervelli e linguaggio, in particolare la scrittura e la stampa, mentre la fonte di varietà dello strato fisico sono le fluttuazioni quantistiche dette decoerenza.

gestuali, verbali o registrate che rimangono nell'uso, allorché altre espressioni non sono efficaci o non destano interesse e cadono nell'oblio⁹¹.

Ricordiamo che le memorie sono sistemi modulari costituiti per dipendenza compositiva da elementi di uno strato inferiore, che hanno subito un processo di modularizzazione: i geni sono infatti formati da molecole materiali ($\mu_1 \rightarrow \mu_2$), le menti sono basate su cellule neuronali ($\mu_2 \rightarrow \mu_3$), le lingue sono combinazioni di elementi gestuali e vocali del comportamento ($\mu_3 \rightarrow \mu_4$). Gli strati informativi sono dunque connessi fra loro attraverso i moduli delle loro memorie, che appartengono sempre ad uno strato inferiore. Tale dipendenza non è altro che l'emergenza forte ($\lambda_n \rightarrow \lambda_{n+1}$). Il fatto che la memoria del nuovo strato possa poi modellare la realtà esterna è una conseguenza dei cicli di replicazione, selezione e variazione che si instaurano con la sua comparsa.

Nel caso dello strato materiale (λ_1) è meno chiaro se qualcosa possa costituire una memoria, ma constatiamo che anche in questo caso sono presenti più esemplari degli stessi fenomeni – protoni, molecole di benzene, coni vulcanici... – ed anzi essi sono numericamente più abbondanti: esistono molti più atomi di carbonio che gabbiani. Deve dunque esistere anche in questo caso un qualche meccanismo di replicazione, che possiamo pensare consista nel riverificarsi delle stesse condizioni fisiche nelle quali i moduli del sistema si associano in quel determinato modo. Esse sono espresse nelle leggi di conservazione della fisica, della chimica e della geologia.

Oltre che più numerosi, i sistemi dei livelli inferiori sono più semplici, e per questo spesso sostanzialmente identici fra loro: due molecole di benzene non ci appaiono distinguibili, e due coni vulcanici si distinguono per un numero limitato di caratteristiche; invece una cellula, un gabbiano o un matrimonio non sono identici agli altri esemplari della stessa classe, in quanto la loro grande complessità rende inevitabile che si verifichino piccole differenze, sebbene il meccanismo che li produce sia sostanzialmente lo stesso in ciascun caso. È la comparsa di memorie modulari anch'esse complesse, che riproducono esemplari in un ciclo informativo, a permettere di conservare la complessità dei livelli superiori senza che gli esemplari si disperdano in forme indistinte e instabili.

Tavola delle dipendenze

Con lo sviluppo di sistemi sempre più complessi e interrelati, abbiamo assistito man mano alla comparsa di dipendenze di diverso tipo e delle strutture corrispondenti. Possiamo ora disporre i diversi tipi di dipendenza in una sequenza di apparizione, nella quale certe dipendenze risultano dalla combinazione di altre preesistenti.

⁹¹ Lenski, cit., p. 44, tab. 3.1. “La finalità nel mondo biologico – questa è l'enorme scoperta di Darwin – è l'espressione o, che è lo stesso, il nome che diamo al risultato della selezione di forme complesse efficaci nel sussistere. Ma il modo più efficace per sussistere in un ambiente è quello di ben gestire le correlazioni con il mondo esterno e cioè l'informazione su di esso, e di saper raccogliere, immagazzinare, trasmettere ed elaborare informazione. Per questo esistono codici del DNA, sistemi immunitari, organi di senso, sistemi nervosi, cervelli complessi, linguaggi, libri, la biblioteca di Alessandria, computer e Wikipedia: per massimizzare l'efficacia della gestione dell'informazione” (Rovelli, cit., p. 222).

	$\alpha \Rightarrow \beta$	logica	premessa \Rightarrow conseguenza
	$\varrho \rightarrow \varphi$ $\varrho \Rightarrow \varphi$ $\varrho \Rightarrow \sigma$ $\varrho \Leftrightarrow \circ$ $\varrho \Leftrightarrow \delta$	d. costitutiva - d. materiale - d.composizion. -- d. strutturale -- d. organica -- d. combinatoria	materia \rightarrow forma materiale \rightarrow forma parti \Rightarrow intero pezzi \Rightarrow struttura organi \Leftrightarrow sist. complesso moduli \Leftrightarrow sist. modulare
	$\sigma \rightarrow \tau$ $\sigma \mapsto \tau$ $\sigma \Rightarrow \gamma_i$	d. efficiente - influenza - produzione - selezione	causa \rightarrow effetto fattore \rightarrow effetto autore \mapsto creatura popolazione \Rightarrow sist. stabile
$\mapsto \Rightarrow$ $\Rightarrow \Rightarrow$ $\cup \rightarrow$ $\Rightarrow \cup$ $\cup \Rightarrow$ $\sim \rightarrow$ $\sim \Rightarrow$	$\sigma \Rightarrow \delta$ $\delta_i \cup \delta_j$ $\mu_i \sim \mu_j$ $\mu \sim \mu'$ $\mu \Rightarrow \iota \Rightarrow \kappa$ $\lambda \nearrow \lambda'$ $\lambda \nearrow \lambda''$	d. formale - replicazione -- variazione --d.genealogica -- d. telica, istr. --- emergenza ---- emer. forte	fenomeno \Rightarrow impronta genitore \cup figlio genitore \sim figlio variante antenato \sim disc., s. adattat. memoria \Rightarrow esemplari moduli \nearrow livello integraz. moduli \nearrow strato inform.

Le dipendenze costitutiva, efficiente e formale appaiono particolarmente importanti, come capostipiti di insiemi di dipendenze. Ma sembra che esista una catena di dipendenze fra le dipendenze stesse. La dipendenza formale si può vedere come un insieme di dipendenze efficienti applicate a un sistema modulare, che in quanto tale è in grado di produrre una traccia delle forze che hanno agito su di esso, come nell'esempio paradigmatico del cratere d'impatto. Anche le dipendenze replicativa, genealogica e telica trasmettono in fin dei conti delle forme, sono cioè dipendenze formali che coinvolgono i casi più complessi delle memorie. L'emergenza richiede, oltre alla dipendenza formale, anche quella compositiva.

Accanto alle dipendenze ricordiamo anche le relazioni fra classi, loro proprietà essenziali e loro individui:

- individuo, particolare \in classe, universale
- classe più specifica \subset classe più generale
- proprietà (classe o individuo⁹²)

La relazione fra individui e classe, così come quella fra classe specifica e classe generale, si potrebbero anche considerare come tipi di dipendenza costitutiva. Non ci sembra invece il caso di includere nelle dipendenze la terza relazione, quella delle proprietà, sebbene in qualche caso ciò

⁹² Le proprietà di individui sono anche dette *tropi*.

venga fatto affermando che un individuo dipende dalle sue proprietà⁹³. Tra le proprietà degli organismi, delle organizzazioni e delle macchine si potrebbe annoverare il fatto e siano articolati in determinati organi, che verrebbero allora considerati come dei loro sottoinsiemi anziché come delle loro parti costitutive.

Gli strati di sistemi informati

Siamo ora in grado di schematizzare nella tabella seguente i diversi strati (λ) in quanto insiemi di sistemi informati composti di memorie, con funzioni di modello (μ) e di informatore (ι), e di esemplari (χ). In ciascuno strato λ_n le memorie determinano la forma degli esemplari: $\mu_n \Rightarrow \iota_n \Rightarrow \chi_n$

λ	modularizzaz. → {moduli}	variazione ↗	memorie {moduli}: modelli (μ) ⇒ informatori (ι) ⇒		esemplari (χ)	replicazione ∪ selezione ⇒
for m e	differenza, discretezza	premesse	dati {bit}	algoritmi	strutture algebriche	simmetrie
m a t e r i a	cosmogenesi	decoerenza	energia {quanti}	campi di forze - forze nucleari - elettromagnetismo - gravitazione	corpi - atomi {fermioni} - sostanze chimiche - corpi continui {fasi} - oggetti celesti	leggi di conservazione stabilità ⇒ - cicli geochimici
v i t a	adattamento	mutazioni - ricombinazione - fecondazione - deriva genetica	genomi {nucleotidi} - cromosomi - diploidia - consanguineità	espressione genica - proteosintesi, reg. - svil. embrioidia - diffus. caratteri	fenotipi - organismi procarioti - organismi eucarioti - popolazioni	eredità, riproduzione morte, sterilità ⇒
m e n t e	cefalizzazione - categorizzaz. - ritualizzazione	sensi - antigeni, stimoli - situazioni - fantasticherie - compagnie	cognizione {neuroni} - sensibilità - percez., coscienza - pensiero - intersogg. {n.sp.}	volontà - reazioni - istinti, desideri - azioni, strategie - comunic. intrasp.	agentività {moduli comp.} - immunità, riflessi - comportamenti - abitudini - socialità, culture preling.	apprendimento - abitudine dolore ⇒ - esperienza inibiz. ⇒ - intuito punizione ⇒ - imitazione tabù ⇒
c l t u r e	convenzional., pertinentizzaz. - domesticazione - standardizzaz. - certificazione - formalizzaz. - pubblicazione	innovazione - scoperta - invenzione - ideazione - riforme - creatività, ricerca	linguaggio constat. {tatti pertin., simboli} - storia naturale - con. dei materiali - saperi gestionali - definiz., dottrina - miti, mimesi, teorie, paradigmi	ling. performativo, procedure, regole - metodi, estraz. - tecnologie, strum. - prassi, erogaz. - codici, contratti - riti, usi, stili, arti, gusti, ideologie	prodotti - materie prime - trasformati, manufatti - servizi - organizzazioni - senso, mentalità	insegnamento - dimostrazione - apprendistato corez. ⇒ - formazione - addestram. repress. ⇒ - tradizione, diffusione critica ⇒

Nel séguito del testo considereremo in maggiore dettaglio i diversi strati, specialmente dal punto di vista dei loro aspetti informativi. Auspicabilmente, renderemo così meno astratti i concetti di modulo, memoria, informatore, esemplare, replicazione, selezione che abbiamo fin qui delineato in modo più formale.

Come si può osservare, alle nostre classi iniziali abbiamo aggiunto qui uno strato iniziale delle **forme** (λ_0), che contiene gli oggetti della logica e della matematica come le strutture algebriche, anch'esse composte da elementi combinati secondo varie regole sintattiche, che possono essere il risultato di determinati algoritmi. Le dipendenze fra forme sono in genere implicazioni (\Rightarrow) che seguono le regole della logica classica, quali i principi del terzo escluso, della doppia negazione, di non contraddizione, di necessità e sufficienza ecc.

⁹³ Cfr. Paolini Paoletti, *Respects...*, cit., es. 3RD. Si noti che porre le classi o universali come dipendenti dagli individui o particolari implica una loro visione aristotelica anziché platonica; la situazione sembra invertita nel caso della dipendenza telica, in cui gli esemplari dipendono dalle memorie che li informano. Anche questa dipendenza può essere temporanea, come nel caso di un individuo che cambi sesso nel tempo.

Come suggerisce il suo nome, questo strato può forse corrispondere all'idea di informazione pura, non ancora realizzata nei diversi fenomeni degli strati successivi. Si tratta di un regno di *possibilità* (*Möglichkeit*) logiche, che in alcuni casi si traducono anche in *realtà effettuali* (*Wirklichkeit*). Hartmann ricomprende tali enti logico-matematici nell'“essere ideale”, che egli contrappone all'“essere reale” manifestantesi negli strati materiale, organico, psichico e spirituale. Tuttavia in qualche passaggio egli considera anche quello ideale come uno strato, precedente agli altri almeno sul piano logico⁹⁴.

Posizionare le forme alla sorgente degli strati successivi implica adottare la visione platonista di logica e matematica, secondo la quale i contenuti di queste scienze formali sono proprietà intrinseche del mondo e non costruzioni della mente umana (i numeri primi, una volta scoperti, non possono che risultare quelli, in qualsiasi cultura); anche se, naturalmente, le discipline logico-matematiche li analizzano nei modi particolari che si sono sviluppati nel corso della storia umana (con una certa simbologia, terminologia, concettualizzazione ecc. che avrebbero anche potuto essere diverse).

In questo quadro, la materia non sarebbe quindi una sostanza primaria, ma potrebbe emergere dalle pure forme, in modi ancora sconosciuti. Sta di fatto che la fisica fondamentale già ora si occupa di entità non materiali, quali le particelle prive di massa, i campi, le stringhe, lo spaziotempo: le particelle materiali o fermioni compaiono soltanto in una certa fase dell'evoluzione cosmica. Le prime classi elencate nella ILC, di cui mostreremo qui solo le sottoclassi di maggior rilievo, comprendono

- a forme; strutture; oggetti matematici
- ab individui
- ac classi
- ad proprietà
- ae relazioni
- ag operazioni
- ai proposizioni
- al strutture algebriche
- an quantità; numeri
- aq funzioni
- at algoritmi
- aw sistemi
- b campi quantistici
- bg campo gravitazionale
- bl campo elettromagnetico
- bn interazione debole
- bs interazione forte

⁹⁴ “Lo strato d'essere della materia fisica, del movimento spaziale, del meccanismo e dell'energia non è lo strato più basso. Ancora al disotto, il regno del quantitativo costituisce uno strato più basso e più elementare; esso, come tale, non è ancora realtà, ma un tipo d'essere inferiore – incompiuto per così dire –, un essere soltanto ideale, sola essenza senza esistenza” (Nicolai Hartmann, *Systematische philosophie in eigener Darstellung*, in *Deutsche systematische Philosophie nach ihren Gestaltern*. Vol. 1, ed. H. Schwarz, Junker und Dünnhaupt, Berlin 1931, § 15, trad. it. *Filosofia sistematica*, Bompiani, Milano 1943, p. 168). Peraltro, per Hartmann, all'essere ideale apparterebbero anche i valori.

c	spaziotempo
cb	tempo
cc	spazio

La materia

Proseguendo nello schema degli strati informativi abbiamo la **materia** (λ_1), intesa qui nel senso di fenomeni dotati di massa studiati dalle scienze fisiche e non in quello aristotelico di costituente di una forma.

Lo strato della materia ci appare di facile intuizione poiché il nostro apparato cognitivo si è evoluto alla scala dei corpi materiali continui. Essa tuttavia si articola già nei livelli di integrazione delle particelle, degli atomi e delle molecole, che in realtà sono separati fra loro da porzioni relativamente grandi di spazio e che i nostri sensi non percepiscono direttamente. Ciò che noi percepiamo sono i corpi cosiddetti continui, ossia descritti con le equazioni della fisica matematica del continuo, quali pianeti, gocce, masse d'aria e altri aggregati; a seconda della temperatura e della pressione essi possono trovarsi allo stato di plasma, di gas, di liquido, di solido. Tra i corpi continui allo stato solido, miscele di cristalli danno origine con varie combinazioni alle rocce, alle formazioni rocciose complesse e alle forme del rilievo terrestre.

d	onde-particelle; quantoni
dq	quark
dt	leptoni
dte	elettroni
dv	adroni
dvt	protoni
e	atomi; elementi chimici
f	molecole; sostanze chimiche
g	materia macroscopica
gg	gas
gl	liquidi
gs	solidi
gx	cristalli
h	oggetti celesti
hg	galassie
hl	stelle
hp	pianeti
i	rocce
j	forme del rilievo
jd	montagne
jj	valli
jl	pianure
js	acque dolci
jy	mari

Le proprietà di un livello materiale, come la valenza degli atomi, informano i livelli successivi

determinando le forme che essi sviluppano, come le strutture molecolari tridimensionali. E le strutture stesse della matematica, che abbiamo posto come lo strato precedente, si potrebbero considerare il fondamento di quello materiale, che notoriamente le rispetta, come viene osservato da chi constata il fatto sorprendente che “il mondo è matematico”⁹⁵. Ma non è da escludere che esistano livelli sub-materiali che non ci sono ancora noti, i cui esemplari forniscano gli elementi per lo strato materiale: la ricerca fisica sta sviluppando settori come la teoria delle stringhe o l'elettrodinamica quantistica che indagano livelli più profondi rispetto alla materia elementare.

Neppure è ancora chiaro se ai livelli materiali si possa già applicare pienamente il nostro schema di sistema informato. I moduli materiali più semplici possono consistere nei fermioni, le particelle dotate di massa, e gli esemplari nei corpi (κ_1), gli aggregati di massa che essi formano secondo i principi di combinazione identificati in fisica e chimica, chiamati al livello chimico *composti*. Sui corpi agiscono certe forze, come quelle gravitazionali ed elettromagnetiche. La selezione $\epsilon \gg \kappa_1$ è data dalla maggiore o minore stabilità dei corpi, e ciò che le loro forme rispecchiano sono in qualche modo le condizioni ambientali di stabilità.

Qualsiasi differenza di energia tra sistemi ben separati può produrre delle tracce di un sistema sull'altro, come onde o crateri di impatto, che persistono per periodi più o meno lunghi⁹⁶. Sono forse allora le varie forme di energia, compresa l'energia potenziale, a portare l'informazione che, attraverso i campi delle diverse forze quali gravità ed elettromagnetismo, determina le associazioni fra particelle materiali che formano man mano gli atomi, le molecole, le miscele gassose, liquide e solide, i corpi celesti, le forme del paesaggio e così via. In questo senso l'energia potrebbe svolgere il ruolo di memoria (μ_1), e il suo flusso attraverso i campi quello di informatore. Resta da approfondire che cosa precisamente possa costituire una memoria di natura energetica formata da moduli di un livello pre-materiale – i quanti? – capaci di combinazioni articolate.

I meccanismi di selezione tra forme varianti e di loro replicazione che portano a un'evoluzione dei sistemi sono in genere associati solo agli strati superiori, a partire da quello della vita. Tuttavia un “darwinismo quantistico” è stato teorizzato come selezione fra diversi stati quantici, che porterebbe a uno “stato puntatore” stabile col quale emergerebbe il livello classico delle particelle materiali⁹⁷. Esso riguarderebbe dunque un livello pre-materiale.

Nello strato materiale, comunque, un'evoluzione si è avuta nel corso della cosmogenesi che ha portato alle diverse forme di corpi più o meno complessi. Quanto alla replicazione di sistemi stabili, essa si verifica ogni volta che si ripresentano le stesse condizioni energetiche in presenza degli stessi elementi materiali. La replicazione è dunque legata a quelle regolarità che chiamiamo leggi di conservazione, intese

⁹⁵ John D. Barrow, *Perché il mondo è matematico?*, Laterza, 1992.

⁹⁶ Carlo Rovelli, Memory and entropy, *Entropy*, 24: 2022, n. 8, <https://www.mdpi.com/1099-4300/24/8/1022/htm>. Come si è osservato, anche il semplice urto di una molecola produce una determinazione causale su un'altra molecola, variandone la traiettoria: ma le molecole singole ancora non sono un sistema modulare, capace di modellare il primo sistema.

⁹⁷ Wojciech Hubert Zurek, Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical, *Review of modern physics*, 75: 2003, n. 3, p. 715-775; id., Quantum darwinism, *Nature physics*, 5: 2009, n. 3, p. 181-188; id., Classical selection and quantum darwinism, *Physics today*, 68: 2015, n. 5, p. 56-58.

però non come creazioni umane ma come principi intrinseci alla natura; e naturali sarebbero anche le *simmetrie* che si ritiene stiano a fondamento di tali leggi.⁹⁸

Replicazioni di strutture materiali si possono osservare nella moltiplicazione sulla base di risonanze dei modi laser, fra i quali uno nella luce laser viene selezionato e domina⁹⁹; nell'accrescimento di cristalli di argilla che ripetono il modello iniziale, mantenendo una data irregolarità anche nelle parti nuove¹⁰⁰; negli stessi cicli compiuti dalle sostanze chimiche presso la superficie terrestre (ciclo dell'azoto, ciclo dell'acqua...) che determinano la ricomparsa periodica di fenomeni meteorici come le gocce di pioggia; nell'auto-catalisi della reazione di combustione, in cui il calore prodotto dal fuoco favorisce a sua volta la combustione della materia vicina senza apporti di energia dall'esterno; o semplicemente nel ripresentarsi in molte località diverse delle forme sinuose dei corsi d'acqua e delle coste marine (che sono spesso frattali, ossia osservabili sia a piccola che a grande scala). In tutti questi casi però la complessità rimane limitata: mancano lunghe sequenze aperiodiche di moduli replicanti, in quanto non conosciamo sistemi modulari con k e n abbastanza grandi, a differenza che negli strati superiori.

Nei sistemi fisici chiusi l'entropia, ossia il disordine di moduli, non può che aumentare, limitando la formazione di combinazioni complesse; nei sistemi aperti dissipativi è invece possibile, attraverso gli scambi con l'ambiente, una diminuzione locale di entropia con auto-organizzazione di strutture più complesse, quali i cicloni o la reazione chimica oscillante di Belousov-Zhabotinskyi. Eigen¹⁰¹ ha ipotizzato come una serie di reazioni avvenute in acidi nucleici e polipeptidi abbia potuto costituire degli embrioni di auto-organizzazione anche prima che il codice genetico dei viventi si stabilizzasse: un replicatore nucleico fungerebbe da stampo per la propria autoriproduzione, e contemporaneamente verrebbe tradotto in un prodotto la cui diffusione influirebbe a sua volta sulla riproducibilità del replicatore, determinando così un *iperciclo* che si può rappresentare con equazioni differenziali.

La vita

Osservando fenomeni di questo genere appare ormai abbastanza intuitiva l'emergenza dalla materia dello strato della **vita** (λ_2), che sembra distinguersi dalla semplice materia proprio per l'organizzazione delle sue reti di informazione¹⁰². Essa è caratterizzata dalle configurazioni di DNA organizzato in geni, che vengono "trascritti" in catene di RNA e poi da queste "tradotti" nelle proteine alla base di tutti gli organismi: dai semplici batteri agli esseri pluricellulari con la loro meravigliosa varietà di alghe, funghi,

⁹⁸ Vincenzo Barone, *L'ordine del mondo: le simmetrie fisiche da Aristotele a Higgs*, 5a ed., Bollati Boringhieri, Torino 2013.

⁹⁹ Hermann Haken, *Erfolgsgeheimnisse*, Deutsche Verlag Anstalt, Stuttgart 1981, trad. it. *Sinergetica: il segreto del successo della natura*, Boringhieri, Torino 1983; la selezione nel laser ha "una struttura matematica molto simile" alla selezione nelle molecole organiche (Manfred Eigen, *Stufen zum Leben: die frühe Evolution in Visier der Molekularbiologie*, Piper, München 1987, trad. it. *Gradini verso la vita*, Adelphi, Milano 1992, p. 56).

¹⁰⁰ Anche indipendentemente dalla teoria che li vorrebbe all'origine delle prime forme di vita: A. Graham Cairns-Smith, 'The origin of life and the nature of the primitive gene', *Journal of theoretical biology*, 10: 1966, n. 1, p. 53-88; id., 'Chemistry and the missing era of evolution', *Chemistry*, 14: 2008, n. 13, p. 3830-3839.

¹⁰¹ *Gradini verso la vita*, cit.

¹⁰² Paul Davies, *The demon in the machine: how hidden webs of information are solving the mystery of life*, University of Chicago Press, 2019.

piante ed animali. Come gli acidi nucleici, anche le proteine e i polisaccaridi, gli altri costituenti basilari degli organismi, sono *polimeri*, ossia macro-molecole formate da lunghissime catene di moduli detti *monomeri* (rispettivamente i nucleotidi, gli aminoacidi e gli zuccheri semplici). Mentre i polisaccaridi, come amido e cellulosa, hanno sequenze di moduli banalmente ripetitive, negli acidi nucleici e nelle proteine le sequenze aperiodiche trasmettono molta informazione, determinando i modi complessi con cui il polimero si ripiega in particolari strutture tridimensionali che gli permettono di controllare finemente le sue interazioni con altre molecole specifiche, svolgendo le diverse funzioni del metabolismo.

I moduli delle memorie genetiche (μ_2), i quattro nucleotidi con le diverse basi azotate chiamate adenina, citosina, timina e guanina, possono infatti disporsi in lunghissime catene in qualsiasi sequenza sintattica. Il codice genetico consiste nella corrispondenza biochimica di ogni sequenza di tre nucleotidi con un certo aminoacido: nel processo informatore della sintesi proteica ($\iota_2 \Rightarrow \kappa_2$), la sequenza dei nucleotidi determina la sequenza risultante degli aminoacidi – i moduli delle proteine –, le cui proprietà tridimensionali determinano poi i fenotipi, cioè i caratteri risultanti degli esemplari di cellule, interi organismi e loro funzioni vitali.

Col progredire della ricerca genetica si va chiarendo il fatto che anche gli acidi nucleici sono organizzati in livelli di integrazione: dalle semplici catene di nucleotidi, ai meccanismi di regolazione con cui certe parti della catena nucleotidica sono in grado di sbloccarne altre, ai cromosomi che vincolano degli insiemi di geni a replicarsi tutti insieme, alle combinazioni prodotte negli organismi diploidi, che cioè contengono due copie del patrimonio genetico che possono differire leggermente tra loro e rimescolarsi con la riproduzione sessuata; e anche la diversa diffusione dei geni all'interno delle popolazioni di una specie produce fenomeni di variazione come la deriva genetica, con un ulteriore livello di evoluzione. Questi livelli di integrazione delle memorie hanno un parallelo negli esemplari (κ_2), anch'essi distinti nei ben noti livelli delle cellule procariote (quali i batteri), degli organismi eucarioti (ossia formati da una o molte cellule con un nucleo ben separato, dai funghi unicellulari agli animali) e delle popolazioni di organismi, ciascuno con le innumerevoli forme della biodiversità:

k	biopolimeri
kb	RNA ¹⁰³
kd	DNA
kh	cromosomi
ki	plasmidi
kp	proteine
ks	polisaccaridi
kv	virus
l	cellule
lh	archei
lk	eubatteri

¹⁰³ Acidi nucleici, coscienza e linguaggio sono rese nella ILC come classi sorelle di quelle dei rispettivi esemplari, senza differenziarle per il loro ruolo di memorie, che è stato identificato dall'autore solo successivamente.

l u	cellule eucariote
m	organismi eucarioti
mn	funghi
mo	alghe rosse
mp	piante
m q	animali
n	popolazioni
ne	colonie
nu	biocenosi
ny	ecosistemi

Gli organismi sono il livello al quale per la prima volta è stato compreso da Charles Darwin e Alfred Russel Wallace il meccanismo della selezione naturale, che si applica in effetti anche ad altri livelli di fenomeni. L'evoluzione per selezione scoperta dai biologi viene oggi riconsiderata in senso più generale: Eldredge l'ha sintetizzata come “il destino a lungo termine dell'informazione trasmissibile in un contesto economico”¹⁰⁴.

L'interazione degli esemplari viventi con l'ambiente $\varepsilon \Rightarrow \kappa_2$ risulta più o meno efficace a seconda delle varianti dei primi, a loro volta dipendenti dalle varianti dei genomi; gli esemplari stabili di maggiore successo replicano anche con maggior frequenza le loro memorie genetiche, attraverso la riproduzione degli individui $\kappa_i \cup \kappa_j$, contribuendo così alla sua diffusione. Anche le memorie genetiche man mano sussistenti si potrebbero in questo senso vedere come modelli indiretti dell'ambiente in cui si trovano gli organismi, essendo per così dire retro-informati dagli esemplari selezionati che li hanno riprodotti¹⁰⁵. Gli aspetti informativi insiti nelle forme degli organismi sono stati intuiti già da Lorenz:

Anche nel corso dello strutturarsi del corpo, cioè della morfogenesi, si formano delle *immagini* del mondo esteriore: le pinne e il modo stesso di muoversi dei pesci riproducono le caratteristiche idrodinamiche dell'acqua, che le sono proprie indipendentemente dal fatto che al suo interno si agitano o meno delle pinne. L'occhio, come ha giustamente visto Goethe, è una copia del sole e delle caratteristiche fisiche proprie della luce, indipendentemente dalla circostanza che ci siano degli occhi a vederla. Anche il *comportamento* degli uomini e degli animali, proprio per il fatto di essersi adattato all'ambiente circostante, è un'immagine di esso. [...]

Già nella parola “adattamento” è implicita la constatazione che attraverso questo processo si determini un rapporto di corrispondenza tra ciò che si adatta e ciò a cui si adatta. Quello che il sistema vivente impara in questo modo sulla realtà esteriore, ciò che in questo modo gli viene “impresso” o “inculcato”, è l'*informazione sui* dati corrispondenti del mondo esteriore. Informare significa letteralmente dare forma!¹⁰⁶

Alcune unità proteiche dei viventi si sono specializzate nel legarsi a corpi estranei in modo da

¹⁰⁴ Niles Eldredge, Material cultural macroevolution, in *Macroevolution in human prehistory: evolutionary theory and processual archaeology*, eds. Anna Marie Prentiss - Ian Kujit - James C. Chatters, Springer, 2009, p. 297-316. Eldredge ha citato la propria definizione, tra l'altro, in un tweet del 26 marzo 2021, associato a un altro cui ho risposto ottenendo l'onore di un suo “like”. Bickhard e Campbell (cit., p. 268) identificano moduli anche nelle specie viventi, che sarebbero “relative modularizations of reproductive activity in the biosphere”.

¹⁰⁵ Nonostante l'osservazione secondo cui non si tratterebbe ancora di semantica, in quanto “sono i geni stessi ad essere le informazioni. I geni non trasmettono le informazioni nello stesso senso in cui una radio trasmette un segnale” (Luciano Floridi, *Information: a very short introduction*, Oxford University Press, 2010, trad. it. *La rivoluzione dell'informazione*, Codice, Torino 2012, p. 98).

¹⁰⁶ Lorenz, *L'altra faccia dello specchio*, 0.2, p. 24.; 1.2, p. 52, corsivi originali. L'idea di una “immagine” del mondo esterno è avanzata anche da Kenneth Boulding, *The image: knowledge in life and society*, University of Michigan Press, Ann Arbor 1956.

neutralizzarne gli effetti negativi sul metabolismo: esse formano il sistema immunitario, che ha anch'esso una natura informazionale, in particolare nelle sue forme adattative presenti nei vertebrati gnatostomi. In queste ultime infatti avvengono processi di selezione simili a quelli genetici, in séguito ai quali vengono attivate e riprodotte in numero maggiore quelle configurazioni proteiche che corrispondono a patogeni già incontrati dall'organismo.

La mente

In alcuni organismi – gli animali – si è evoluto a partire da cellule immunitarie un modo ulteriore di reagire all'ambiente esterno; esso utilizza configurazioni di attivazione di cellule particolari, i neuroni, capaci di connettersi in complesse reti che permettono un numero incalcolabile di percorsi alternativi. In altre parole, un particolare aspetto degli esemplari dello strato organico si è a sua volta modularizzato divenendo un nuovo tipo di memoria ad uno strato successivo ($\mu_2 \leftrightarrow \mu_3$) – una dinamica che ritroveremo negli strati superiori, come si vede nella seconda colonna della nostra tabella. Emerge così lo strato informazionale della cognizione o, con il termine più tradizionale usato soprattutto per la sua componente di memoria, della **mente** (λ_3).

La percezione attraverso i diversi organi di senso acquisisce informazioni che vengono elaborate nella memoria intesa in senso stretto, quella neurale, sviluppando modelli del mondo esterno. Nel riflettere molti aspetti del proprio ambiente, la mente contribuisce a costruirne modelli anche attivamente secondo regole sintattiche proprie, le categorie logiche innate quali quelle evidenziate da Kant. Anch'esse peraltro si sono evolute in modi adattativi e non arbitrari, il che fornisce una base di attendibilità all'epistemologia, come si diceva in apertura¹⁰⁷.

È noto come gli esseri capaci delle forme sviluppate di cognizione siano dotati di un sistema nervoso centrale (cervello e midollo spinale) che elabora le informazioni in contenuti mentali (i modelli μ_3), nonché di una rete afferente di organi di senso e una efferente che controlla i muscoli e i movimenti del corpo, spesso descritta globalmente come la *volontà* (gli informatori ι_3), dando luogo all'*agentività* che consiste nei comportamenti più o meno complessi (gli esemplari κ_3). Il comportamento di un animale, cioè, appartiene allo strato della mente, mentre la sua anatomia e il suo metabolismo appartengono allo strato della vita e i suoi costituenti molecolari e atomici appartengono allo strato della materia. Nel parlare comune, dicendo “animale” comprendiamo in effetti tutti questi strati, senza riflettere sulla loro distinzione. La cognizione e l'agentività distinguono invece un animale da un fungo, che è limitato allo strato della vita, oltre che da una cascata, che è limitata alla materia. Questa sovrapposizione di strati si ritroverà anche con il quarto, quello della cultura.

Anche nell'ambito della mente si possono distinguere diversi livelli di integrazione. L'evoluzione ha

¹⁰⁷ “Considering the internal constraints on evolution, cognitive structures appear not only as structures corresponding to a given external reality, but as the “producers” of a coherent scheme of reactions to external phenomena” (Franz Wuketits, *Evolutionary epistemology and its implications for humankind*, State University of New York Press, 1990, p. 153); Lorenz, *Kant's Lehre...*, cit.

portato dalle coordinazioni motorie involontarie e i riflessi, presenti fin dagli animali più semplici quali meduse e vermi, a quelle controllate dal cervello e in parte adattabili attraverso l'*apprendimento* individuale. Questa adattabilità rapida è una proprietà innovativa degli esemplari dello strato mentale, che è la sua forma caratteristica di selezione e replicazione. Oltre al controllo ereditario degli istinti, che già permette una reazione a diverse situazioni incontrate, è presente il controllo variabile dell'*apprendimento*, che induce a replicare i comportamenti dimostratisi più vantaggiosi. I dati sensoriali vengono continuamente confrontati con valori ottimali di riferimento e con la memoria appresa, per aggiustare di conseguenza i comportamenti, ossia selezionarli. A questi scopi si sono evoluti dei sistemi neurali che segnalano con sensazioni dolorose o piacevoli la maggiore o minore corrispondenza della situazione alle condizioni ideali. Tali sistemi di *controllo* rendono più sofisticati i processi di selezione e riproduzione degli strati superiori (nello strato culturale essi saranno rappresentati da meccanismi di tabù, repressione e critica che tendono a sfavorire la replicazione di alcune concezioni a vantaggio di altre).

La cognizione non è considerata esplicitamente un distinto strato di memoria da Jacob, che elencando la comparsa di nuove memorie cita insieme “il pensiero e il linguaggio” in un'unica espressione; né è considerata una delle transizioni evolutive principali da Maynard Smith e Szatmáry, forse perché non appare chiaro come in essa avvenga una replicazione di forme varianti. Al nostro modello si avvicina maggiormente il darwinismo neurale di Gerald Edelman, che intende fondare lo studio della mente su solide premesse fisiche e biologiche; esso infatti propone una “selezione dei gruppi neuronali”, ossia di reti di neuroni strettamente connessi la cui attività viene amplificata in modo differenziale, dapprima nel corso dello sviluppo del cervello quindi dall'esperienza sensoriale di determinati oggetti o situazioni. Tale dinamica è analoga a quella di amplificazione delle cellule immunitarie, di cui i neuroni sono precursori nell'evoluzione, nella quale vengono replicati preferenzialmente gli esemplari più utili a far fronte agli antigeni presenti. I gruppi neuronali, che costituirebbero dunque le unità su cui agisce la selezione neurale, formano in diverse zone del cervello “mappe” con funzioni complementari – ad esempio una per il riconoscimento di forme angolari e un'altra per quello del movimento – le quali vengono poi collegate fra loro da un meccanismo di “rientro” in modo che un certo oggetto le attivi contemporaneamente, determinando una sua categorizzazione di ordine superiore; si formano così mappe a livelli di integrazione crescenti, fino ad arrivare alla coscienza percettiva degli animali e alla coscienza linguistica autoconsapevole degli umani¹⁰⁸.

Abbiamo dunque una selezione dei componenti che amplificandosi consolidano i modelli immunitari o neurali della realtà, i quali a loro volta informano la replicazione di certi anticorpi o il ripetersi di certi comportamenti. Anche questi ultimi sono esemplari di natura modulare, consistendo di una combinazione sequenziale di coordinazioni motorie, anch'esse regolate da una certa “grammatica”

¹⁰⁸ Gerald Edelman, *Neural Darwinism: the theory of neuronal group selection*, Basic Books, New York 1987, trad. it. *Darwinismo neurale*, Einaudi, Torino 1995; id., *The remembered present: a biological theory of consciousness*, Basic Books, New York 1989, trad. it. *Il presente ricordato*, Rizzoli, Milano 1991; id., *Sulla materia della mente*, cit. Questa e altre teorie selezioniste della cognizione sono discusse da Chrisantha Fernando - Eörs Szathmáry - Phil Husbands, *Selectionist and evolutionary approaches to brain function: a critical appraisal*, *Frontiers in computational neuroscience*, 6: 2012, art. 24, p. 1-28.

secondo il termine significativamente adottato da Irenäus Eibl-Eibesfeldt, fondatore dell'etologia umana¹⁰⁹. Una delle attività degli etologi è infatti registrare su schede di osservazione le sequenze di comportamenti semplici (spostarsi, cibarsi, comunicare...), per poi analizzare statisticamente, fra l'altro, quali comportamenti facciano seguito più spesso a quali altri¹¹⁰: si tratta chiaramente delle regole di combinazione di un sistema modulare.

Le loro diverse forme sono a loro volta soggette alla selezione dell'apprendimento: sia nel corso della vita di uno stesso individuo, che li ripeterà o meno, sia in altri individui che si adeguano ai loro vicini, in specie gregarie come i lemmini in migrazione, o che le apprendono per imitazione, in specie sociali come le oche. Passiamo così a un ultimo livello di integrazione mentale: quello della socialità animale. In specie come oche, lupi e molte scimmie si sviluppano reti anche abbastanza complesse di relazioni gerarchiche, gruppi familiari, amicizie e inimicizie. Si tratta di strutture sociali che realizzano comportamenti integrati di gruppo, ma ancora prescindono dalle culture umane, a cui molti filosofi irreflessivamente le equiparano utilizzando per esse il termine *sociale* e che presuppongono invece un ulteriore strato informativo, come ora vedremo.

Le principali sottoclassi della ILC relative allo strato mentale sono:

- o agentività; esseri animati; istinti
- of riflessi
- oh coordinazioni ereditarie
- om locomozione
- os sequenze comportamentali
- osg aggressività
- osk alimentazione
- osm accoppiamento
- osp cure parentali
- oss interazioni sociali
- ou comunicazione
- oy abitudini; strategie
- p coscienza
- pc percezione
- pe emozioni
 - p1 consapevolezza
 - po cognizione s.s.; intelligenza
 - ps sé

La coscienza compare nel corso dell'evoluzione della mente, in modi che ci risultano ancora sfuggenti, come un'integrazione di funzioni cognitive e volitive complesse, delle quali in quanto esseri mentali abbiamo esperienza soggettiva. Abbiamo ragione di ritenere che qualche forma di coscienza sia presente almeno in molti altri vertebrati¹¹¹. Lo studio della coscienza umana è stato per secoli un classico oggetto

¹⁰⁹ Irenäus Eibl-Eibesfeldt, *Die Biologie des menschlichen Verhaltens*, Piper, München 1986, trad. it. *Etologia umana: le basi biologiche e culturali del comportamento*, Bollati Boringhieri, Torino 1993.

¹¹⁰ Paul Martin - Patrick Bateson, *Measuring behaviour: an introductory guide*, Cambridge University Press, 1986, trad. it. *La misurazione del comportamento: una guida introduttiva*, Liguori, Napoli 1990.

¹¹¹ Colin Allen - Marc Bekoff, *Species of mind*, MIT Press, 1997, trad. it. *Il pensiero animale*, McGraw-Hill, Milano

della filosofia, dalla quale nel 19esimo secolo si è distaccata la disciplina più specializzata della psicologia. Il fatto che essa sia ancora limitata a metodi qualitativi non ne diminuisce la rilevanza nell'apprezzare e trattare i fenomeni che emergono a questo livello.

Tra gli esemplari prodotti dalla volizione vi è la comunicazione con altri animali della stessa o di un'altra specie: la sua natura informazionale ci risulta particolarmente evidente. I segnali si sono evoluti attraverso processi di *ritualizzazione*, una modularizzazione che ha fissato ed enfatizzato comportamenti preesistenti, quale l'aprire la bocca per mordere, in posture che hanno ora un valore soltanto allusivo, quale il mostrare la bocca aperta con i denti per comunicare una minaccia. A partire da uno spettro continuo di possibili stati e aspetti di un animale si è così formato un repertorio limitato e determinato di moduli di un nuovo tipo. Il primo studio in cui è stata descritta la ritualizzazione è quello sul corteggiamento dello svasso maggiore, un uccello che abita gli specchi d'acqua europei¹¹².

I segnali posturali e vocali sono usati in combinazioni sintattiche complesse già in alcune famiglie animali come cefalopodi, api, passeriformi e primati. Essi avranno poi uno sviluppo straordinario con l'evoluzione dell'uomo grazie ad una serie di circostanze ecologiche, anatomiche e neuronali. Dalle funzioni inizialmente prevalenti di *espressione* delle emozioni e di *appello* a una reazione nell'interlocutore si passerà al dominio della terza funzione, già comparsa in qualche mammifero sociale: quella *referenziale*, che gli etologi non casualmente definiscono anche "semantica", capace di indicare oggetti terzi fra loro distinti come la natura volante, camminante oppure strisciante di un predatore avvistato¹¹³; compare cioè un'associazione convenzionale fra un segnale trasmesso da emittitore a ricevitore e un oggetto terzo¹¹⁴.

Nei primati e nell'uomo sono stati recentemente identificati neuroni particolari, detti neuroni-specchio perché si attivano sia quando l'individuo sta compiendo un certo movimento che quando osserva lo stesso movimento in un altro individuo. Si ritiene che essi aprano alla possibilità di un nuovo tipo di apprendimento: quello per *imitazione*, grazie al quale molti individui diventano capaci di copiare le azioni momentanee di un singolo¹¹⁵; quando queste si rivelino particolarmente efficaci, ad

1998; Peter Godfrey-Smith, *Other minds: the octopus, the sea, and the deep origins of consciousness*, W. Collins, New York 2016, trad. it. *Altre menti*, Adelphi, Milano 2016; id., *Metazoa: animal minds and the birth of consciousness*, Farrar, Straus and Giroux, New York 2020, trad. it. *Metazoa*, Adelphi, Milano 2021.

¹¹² Julian S. Huxley, The courtship-habits of the great crested grebe (*Podiceps cristatus*); with an addition to the theory of sexual selection, *Proceedings of the Zoological Society of London* 84: 1914, n. 3, p. 491-562; id. ed., A discussion on ritualization of behaviour in animals and man, *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological sciences*, 251: 1966, n. 772, special issue; R. J. Andrew, Evolution of facial expression, *Science* 142: 1963, p. 1034-1041; Thomas A. Sebeok ed., *Animal communication*, Indiana University Press, 1968, trad. it. *Zoosemiotica: studi sulla comunicazione animale*, Bompiani, Milano 1973; Rainer Feistel, Emergence of symbolic information by the ritualisation transition, in *Information studies and the quest for transdisciplinarity*, eds. Mark Burgin - Wolfgang Hofkirchner, World Scientific, Singapore 2017, p. 115-164. Nella General theory of information (Burgin - Feistel, cit.) la ritualizzazione è un evento di portata generale che trasforma informazione "strutturale" in informazione "simbolica": cfr. le nostre considerazioni sulla modularizzazione.

¹¹³ Karl Bühler, *Sprachtheorie: die Darstellungsfunktion der Sprache*, G. Fischer, Jena 1965, trad. it. *Teoria del linguaggio: la funzione rappresentativa del linguaggio*, Armando, Roma 1983; P. Benyon - O. A. E. Rasa, Do dwarf mongooses have a language?: warning vocalisations transmit complex information, *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Wetenskap* 85: 1989, 447-450; Dorothy L. Cheney - Robert M. Seyfarth, *How monkeys see the world*, University of Chicago Press, 1990; Johansson, cit.

¹¹⁴ Tomlinson, cit., la identifica con la semiosi peirciana e la riconosce solo agli uccelli canori e all'uomo, sebbene per Peirce essa sia invece una caratteristica diffusa nel mondo in genere.

¹¹⁵ Susan Blackmore, *The meme machine*, Oxford University Press, 2000, trad. it. *La macchina dei memi: perché i geni non bastano*, Instar, 2002; Giacomo Rizzolatti - Laila Craighero, The mirror-neuron system, *Annual review of neuroscience*, 27: 2004, p. 169-192; Marco Iacoboni, *Mirroring people: the new science of how we connect with others*,

esempio perché modificano degli oggetti in modi utili ad impiegarli come strumenti, la scoperta del singolo può così diffondersi rapidamente nella popolazione (*innovazione*).

La cultura

Grazie alla condivisione di segnali referenziali o *simboli*, nell'uomo la conoscenza del singolo individuo basata soltanto sulla propria esperienza può moltiplicarsi, divenendo parte di una conoscenza collettiva condivisa e trasmessa socialmente: nasce così il nuovo strato informativo della **cultura** (λ_4). Una teoria evoluzionistica della cultura è stata proposta di recente in analogia con le dinamiche dell'evoluzione degli organismi, senza però cogliere il ruolo chiave del linguaggio come memoria necessaria per informare la produzione di strutture materiali e istituzionali.¹¹⁶

Comportamenti tradizionali appresi da conspecifici, descritti dai biologi come “culture”, sono presenti già in svariate specie animali¹¹⁷; ma in quei casi si trasmettono attraverso interazioni intersoggettive e imitazione, senza ancora un linguaggio referenziale. Con la cultura appare una progettazione comune di attività con le quali ottenere risorse dall'ambiente e proteggersi dai pericoli, mediante combinazioni sintattiche di azioni capaci di risolvere uno specifico problema. Mentre nelle scimmie antropomorfe la progettualità (*insight*) è esercitata perlopiù individualmente, nel ramo degli ominini apparso circa 6 milioni di anni fa essa era già praticata imitando le strategie di altri individui e dimostrando maggiori capacità previsionali; proprio tale capacità di architettare sequenze di azioni sembra essere stata un pre-requisito per lo sviluppo del linguaggio, esso pure combinatorio. La pianificazione infatti permette di concepire tanto azioni complesse non ancora realizzate quanto combinazioni complesse di gesti organizzati in frasi, e di tenerle a mente grazie a una memoria a breve termine. Nel cervello tali evoluzioni risultano associate a un maggiore sviluppo della corteccia prefrontale e di alcune zone del lobo parietale sinistro (area di Broca, area di Wernicke e adiacenti) che significativamente corrispondono a quelle dei neuroni-specchio nelle scimmie¹¹⁸.

Nelle culture umane, le memorie da progettuali diventano linguistiche, intendendo con *linguaggio* (nonostante che il termine ci evochi soprattutto i segnali vocali) l'ampio insieme di simboli gestuali e verbali con i quali si possono scambiare informazioni su oggetti terzi combinate in una sintassi ricorsiva.

Farrar Straus and Giroux, New York 2007, trad. it. *I neuroni specchio: come capiamo ciò che fanno gli altri*, Bollati Boringhieri, Torino 2008.

¹¹⁶ Alex Mesoudi - Andrew Whiten - Kevin N. Laland, Towards a unified science of cultural evolution, *Behavioral and brain science*, 29: 2006, p. 329-383; A. Mesoudi, *Cultural evolution: how Darwinian theory can explain human culture and synthesize the social sciences*, University of Chicago Press, 2011. Una prospettiva simile è quella della memetica proposta da Dawkins (cit.) e sviluppata da Susan Blackmore (*The meme machine*, Oxford University Press, 2000) e da Daniel Dennett.

¹¹⁷ Kevin N. Lala - Tobias Uller - Nathalie Feiner - Marcus Feldman - Scott F. Gilbert, *Evolution evolving: the developmental origins of adaptation and biodiversity*, Princeton University Press, 2024. Esclusivamente umana sarebbe la cultura cumulativa che aumenta di complessità con le generazioni (Marius Kempe - Stephen J. Lycett - Alex Mesoudi, From cultural traditions to cumulative culture: parameterizing the differences between human and nonhuman culture, *Journal of theoretical biology*, 359: 2014, p. 29-36) ovvero quella *open-ended* (James Borg et al., Evolved open-endedness in cultural evolution, *Artificial life*, 30: 2024, n. 3, p. 417-438; Eli Elster in *The conversation*, <https://theconversation.com>, 19 marzo 2025).

¹¹⁸ Michael C. Corballis, *From hand to mouth: the origins of language*, Princeton University Press, 2002, trad. it. *Dalla mano alla bocca*, Cortina, Milano 2008.

Con esso è possibile riferirsi anche a oggetti non direttamente presenti sul posto, come un animale ubicato in una zona non visibile, condividendo con i compagni informazioni utili. La capacità linguistica si è potuta sviluppare nell'uomo grazie alla presenza di pre-requisiti sia fisici che comportamentali, come la socialità e l'inclinazione a comunicare con i simili, meno presenti nelle altre antropomorfe¹¹⁹. Un linguaggio gestuale con vere strutture sintattiche sarebbe comparso nel genere *Homo* a partire da 2 milioni di anni fa, in corrispondenza con l'apparizione di strumenti in pietra concepiti per durare anziché di uso occasionale; solo con la specie *Homo sapiens*, apparsa 200mila anni fa, il linguaggio sarebbe diventato prevalentemente vocale.

A differenza dei segnali animali, il linguaggio consiste in gran parte di simboli che stanno per oggetti terzi e sono combinabili in costruzioni sintattiche complesse¹²⁰ dalla struttura ricorsiva, come “il cervo che ho visto ieri vicino al lago dove c'è la capanna era zoppo”. Questo permette di creare reti linguistiche illimitate, capaci di modellare sia le relazioni sociali che la struttura del mondo esterno. Per Marcel Jousse, infatti, la caratteristica più tipica dell'uomo è quella di essere un “mimo” del mondo, che egli è incline a rappresentare semanticamente mediante gesti e in séguito – forse attraverso passaggi intermedi come le ombre cinesi – mediante simboli visivi e orali¹²¹, vere e proprie rappresentazioni iconiche¹²² delle forme del mondo.

I linguaggi sono dunque le nuove memorie che, seguendo la legge di Jacob, permettono l'emergere dello strato culturale. Grazie ad essi le comunità umane si trasmettono abilità e conoscenze assai più sofisticate di quelle dei loro parenti scimmieschi e le accumulano in un patrimonio linguistico collettivo. La funzione di modello delle memorie linguistiche (μ_4) permette di riferire agli altri qualsiasi situazione di fatto, mentre la loro funzione di informatori (t_4) fornisce metodi, tecniche e regole per realizzare dei *prodotti* adattati al mondo, ossia gli esemplari di beni e servizi funzionali alle comunità umane (κ_4)¹²³.

Come i segnali animali di espressione e appello si sono modularizzati per ritualizzazione, così i simboli lo fanno per convenzionalizzazione o pertinentizzazione¹²⁴, cioè fissazione di certe espressioni che vengono riconosciute come significative da tutti i membri del gruppo. Tale processo è stato ben

¹¹⁹ Sverker Johansson, *Origins of language: constraints on hypotheses*, Benjamin, Amsterdam-Philadelphia 2005; id., *L'alba del linguaggio*, cit.

¹²⁰ “[A]ccording to our model natural selection can only favour the emergence of syntax if the number of required signals exceeds a threshold value. This result might explain why only humans evolved syntactic communication” (Martin A. Nowak - Joshua B. Plotkin - Vincent A.A. Jansen, *The evolution of syntactic communication*, *Nature*, 404: 2000, p. 495-498).

¹²¹ Marcel Jousse, *Anthropologie du geste*, Gallimard, Paris 1974, trad. it. *Antropologia del gesto*, edizioni Paoline, Roma 1979.

¹²² I singoli “simboli” come li ha definiti Peirce, a differenza dei più primitivi “indici” e “icone”, hanno aspetto arbitrario: la parola per indicare i cani in ciascuna lingua non assomiglia alla forma dei cani più di altre parole; ma le combinazioni di simboli corrispondono invece in modo semantico alle forme dei loro referenti: le relazioni sintattiche fra le parole per cani, morsi e postini nelle frasi del linguaggio corrispondono ai rapporti che intercorrono fra i rispettivi significati nel mondo reale.

¹²³ Harry J. Jerison, *Evolution of the brain and intelligence*, Academic Press, New York 1974; Terrence W. Deacon, *The symbolic species: the co-evolution of language and the brain*, Norton, 1997. “L'ipotesi di Jerison sembra particolarmente accattivante proprio perché utilizza lo stesso elemento, la raccolta di informazioni sul mondo esterno e la rappresentazione della realtà, come fattore di pressione selettiva che si verifica lungo tutta l'evoluzione dei mammiferi, ominidi compresi. È anche possibile guardare a certe attività umane, come le arti, la produzione di miti, o le scienze naturali, come a sviluppi culturali nella stessa direzione. [...] Tutte queste attività fanno appello all'immaginazione umana. Tutte operano ricombinando frammenti di realtà per creare strutture nuove, nuove situazioni e nuove idee” (Jacob, *Il gioco dei possibili*, cit., p. 99-100).

¹²⁴ R. Burling, *The talking ape: how language evolved*, Oxford University Press, 2005.

identificato in fonologia, con il passaggio dalle proprietà fisiche dei suoni (poniamo, l'emissione più sonora o più sorda della voce) ai *tratti pertinenti* che permettono di distinguere i fonemi riconosciuti in una certa lingua (il tratto “sonorità” che consente la distinzione fra /b/ e /p/); analoghi tratti pertinenti sono poi stati studiati in altre aree della linguistica¹²⁵ e dell'antropologia. Fra le innumerevoli proprietà dei simboli osservabili ma irrilevanti, come il tipo di adesivo con cui su una porta d'albergo sono applicate delle lettere o il loro colore, solo alcune sono considerate pertinenti, come le combinazioni di lettere “push” oppure “pull”.

Questa nozione è stata generalizzata in quella di *frame*, ossia di intelaiatura o cornice le cui diverse posizioni possono venir occupate ciascuna da diversi valori alternativi: dei “sistemi a componenti” creano continuamente nuovi frame, dando luogo una volta di più a un'esplosione di combinazioni¹²⁶. Si tratta dunque, anche in questo caso, del riutilizzo di particolari esemplari dello strato della cognizione – certi comportamenti – come moduli di memoria del nuovo strato culturale – i tratti pertinenti delle lingue che si possono combinare per formare delle espressioni: $\kappa_3 \leftrightarrow \mu_4$.

Il fatto che certi movimenti e suoni divengano dei moduli fa sì che essi tendano a venire accentuati, in modo da essere meglio distinti dagli altri per migliorare l'efficacia informativa: è il *principio dell'antitesi* già colto da Darwin¹²⁷, che possiamo vedere come la realizzazione informazionale del più generale principio di Bertalanffy secondo cui, quando una struttura diventa parte di un sistema più grande, essa tende a semplificarsi e divenire meno autonoma riducendosi a poche proprietà essenziali, nell'ambito di un processo di meccanizzazione. Ciò si osservava già nei segnali animali: se per mordere capita di lasciar apparire i denti nel contesto di molti altri movimenti, per esprimere minaccia i denti vengono invece nettamente ostentati. I movimenti e suoni che hanno assunto valore simbolico sono pure enfatizzati e quasi esagerati rispetto alle caratteristiche più sfumate e complesse che avevano nella loro funzione originaria.

Nelle culture orali, certi gesti e frasi assumono particolare valore simbolico e si fissano come tradizionali e rituali attraverso il consueto processo di modularizzazione, che qui è chiamato di “canonizzazione”¹²⁸. Anche nelle manifestazioni linguistiche più complesse come discorsi e testi si possono riconoscere unità che funzionano come moduli già pronti da applicare alle diverse situazioni: è il

¹²⁵ Ferdinand de Saussure, *Cours de linguistique générale*, Payot, Lausanne - Paris 1916, trad. it. *Corso di linguistica generale*, a cura di Tullio De Mauro, Laterza, Roma - Bari 2009; Nikolai Trubetzkoy, *Grundzüge der Phonologie*, Engl. tr. *Principles of phonology*, University of California Press, 1969; Luis Jorge Prieto, *Principes de noologie: fondements de la théorie fonctionnelle du signifié*, Mouton, 1964, trad. it. *Principi di noologia*, Ubaldini, Roma 1968 (che analogamente ai fonemi individua nel lessico dei “noemi” costituiti da tratti lessicali e grammaticali: il noema *guardano* contiene il tratto lessicale «guardare» e i tratti grammaticali «indicativo», «presente», «seconda persona», «plurale»).

¹²⁶ Marvin Minsky, Frame-system theory, in *Thinking*, eds. P.N. Johnson Laird - P. Watson, Cambridge University Press, 1977, p. 355-376, citato in George Kampis, Information: course and recourse, in Haefner, cit., p. 49-62; G. Kampis, Process, information theory and the creation of systems, in Haefner, cit., p. 83-102.

¹²⁷ Charles R. Darwin, *The expression of the emotions in man and animals*, J. Murray, London 1872, trad. it. *L'espressione delle emozioni nell'uomo e negli animali*, 3a ed., Bollati Boringhieri, Torino 2012.

¹²⁸ “In termini generali, il processo di canonizzazione fa sì che l'azione umana venga istituzionalizzata, diventi autorevole e riconosciuta come canonica. [...] Mi sembra intrinseco all'emergere di quei modelli ripetitivi del comportamento umano che chiamiamo cultura o, in un altro contesto, il sociale” (Jack Goody, *The power of the written tradition*, Smithsonian Institution Press, 2000, trad. it. *Il potere della tradizione scritta*, Bollati Boringhieri, Torino 2002, p. 133). Per Olivier Morin (*How traditions live and die*, Oxford University Press 2016) i tratti culturali che si conservano sono quelli replicati più spesso anche perché cognitivamente più attraenti.

caso delle frasi fatte, dei proverbi e delle *formule*. Gli eroi di Omero sono spesso nominati insieme a un loro appellativo canonico, come “Achille dal piede veloce”, insieme al quale costituiscono una formula facilmente ricordata che aiutava a ricomporre una narrazione originariamente orale; in modo simile, le ballate tradizionali italiane riutilizzano spesso formule ripetitive, come “quando fu a metà strada”, “prese un pugnale e lo piantò nel cuore” o “picchia alla porta”, per comporre storie diverse. Alla scala degli interi racconti è spesso possibile identificare dei ruoli fissi di *attanti* come l’eroe, il suo aiutante, l’antieroe, e strutture narrative ricorrenti comprendenti una minaccia, delle vicissitudini avventurose, uno scontro cruciale, il ritorno vittorioso¹²⁹.

Si è detto che le memorie linguistiche comprendono una componente di modello, gli enunciati *constativi* (μ_4), ed una di informatore, gli enunciati *performativi* (t_4). Secondo la visione pragmatista di John L. Austin, John Searle e altri¹³⁰, qualsiasi contenuto del linguaggio ha una funzione pratica, che sia esplicita o meno: non solo istruzioni come “passami il sale” sono performative, ma anche affermazioni apparentemente neutre sul mondo come “oggi piove” – ossia la componente modellante – sono in realtà *atti linguistici* compiuti con una qualche funzione di comunicazione sociale. Questa visione rende bene conto della funzione del linguaggio come informatore che trasmette istruzioni per la formazione degli esemplari culturali. Le funzioni di espressione e appello erano esclusive in gran parte della comunicazione animale ed è quindi naturale che nell’uomo permangano, l’espressione ad esempio nelle interiezioni e l’appello in tutti gli enunciati performativi; ciò tuttavia non impedisce che su di esse si costruiscano anche rappresentazioni semantiche di modello, che non hanno alcuna funzione immediata se non quella di accrescere la conoscenza, quale “la galassia di Andromeda dista 2538 anni luce”. Questo rapporto vale anche per le elaborazioni culturali più complesse, come quelle della scienza, che pur basandosi per la loro costruzione sui rapporti sociali fra gli studiosi possono però modellare la realtà in modi svincolati da utilizzi immediati: un trattato o un’enciclopedia non servono ad altro che a trasmettere in generale le conoscenze che contengono. Considerando la mente o la cultura nel loro insieme, in quanto risultati di un’evoluzione guidata dalle pressioni ambientali, riconosciamo naturalmente che la loro esistenza e il loro funzionamento sono in ultima analisi teleonomiche, ossia sviluppatasi in modo tale da produrre statisticamente degli esemplari stabili; ciò tuttavia non esclude che delle loro manifestazioni particolari possano fiorire anche in forme fini a sé stesse.

Gli informatori della cultura, ossia le tecniche e i metodi trasmessi linguisticamente che istruiscono la produzione di esemplari culturali, si servono anche di *mezzi*, ossia strumenti materiali attraverso i quali realizzare le loro funzioni, che comprendono utensili più o meno sofisticati; molti di essi sono stati a loro

¹²⁹ Jousse la chiama la “legge del formulismo”; vedi Albert B. Lord, *The singer of tales*, Harvard University Press, 1960, trad. it. *Il cantore di storie*, Argo, Lecce 2005; Algirdas Julien Greimas, Actants, actors, and figures, in *On meaning: selected writings in semiotic theory*, University of Minnesota Press, Minneapolis 1987, p. 106-120; C. Gnoli, La ricombinazione di formule nei canti tradizionali, in *Dove comincia l’Appennino*, <http://www.appennino4p.it/formule> 2015. La narrativa combinatoria è stata esplorata anche da Italo Calvino nella conferenza *Cibernetica e fantasmi* (1967) e nei romanzi *Il castello dei destini incrociati* (1969), *Le città invisibili* (1972), *La taverna dei destini incrociati* (1973) e *Se una notte d’inverno un viaggiatore* (1979).

¹³⁰ John L. Austin, *How to do things with words*, Clarendon, Oxford 1962, trad. it. *Come fare cose con le parole*, 2a ed., Marietti 1820, 2019.

volta prodotti dalla tecnica umana¹³¹. Fra i prodotti, poi, alcuni come taccuini, dischi o computer servono essi stessi come mezzi attraverso i quali scambiarsi espressioni linguistiche registrate, capaci perciò di trasmettere informazioni attraverso tempi e spazi più ampi di quelli coperti da un singolo individuo: si tratta dei *documenti*, anch'essi produttori di nuove realtà culturali. Essendo costituiti usando esemplari culturali, si è tentati di considerarli come le memorie di un ulteriore strato; ma non si tratta di uno strato informativo μ_5 in quanto sia le memorie che gli esemplari prodotti sono sostanzialmente della stessa natura che nel caso dell'oralità, soltanto più durature e articolate.

Man mano che compaiono nuovi modi di registrare e trasmettere il linguaggio, diventa possibile tramandare strutture linguistiche sempre più ricche e complesse: dai concetti semplici contenuti in parole o disegni alle reti di relazioni sviluppate nelle storie e nei discorsi, dapprima orali e poi scritti. I documenti comprendono infatti il livello di integrazione delle raffigurazioni, che rappresentano fenomeni reali disegnandole o incidendole su pareti o rocce, di cui abbiamo testimonianze risalenti almeno a 45000 anni fa; e quello successivo della scrittura che rappresenta parole, comparsa circa 5000 anni fa e a sua volta articolata nei sotto-livelli dei manoscritti, della pubblicazione a stampa e del digitale, ciascuno dei quali ne ha ampliato la diffusione e l'efficacia.

Livelli della cultura

Tutte queste memorie simboliche permettono ai gruppi umani organizzati la realizzazione di prodotti (μ_4), gli esemplari della cultura. Si tratta di fenomeni dei quali tutti abbiamo esperienza quotidiana, che nel seguito osserveremo sotto i loro aspetti informativi. Dato il carattere interconnesso di tutti gli aspetti della cultura, non è immediato individuare dei livelli nei quali analizzarli (gli esempi classici di livelli di integrazione, infatti, considerano i fenomeni materiali e quelli viventi). Ci sembra tuttavia che essi possano corrispondere ai settori tradizionalmente individuati nell'economia, ciascuno in effetti dipendente dai precedenti: le materie prime prodotte dal settore primario, i trasformati e manufatti prodotti dal settore secondario, i servizi prodotti dal settore terziario, le organizzazioni formali e i prodotti della creatività collettiva che vengono a volte assegnati a un settore quaternario o quinario.

Di seguito la loro copertura nella ILC, dove sono elencati in modo leggermente diverso:

q	linguaggio
r	prodotti; beni
rj	allevamento
rl	agricoltura
rq	miniere
rt	industrie

¹³¹ Anche qualche specie animale, come api, passeriformi e castori, realizza manufatti, applicando tuttavia una memoria genetica anziché un progetto. Lontre marine, scimmie ecc. sono capaci di usare oggetti trovati in natura come strumenti, e alcuni uccelli realizzano strumenti (ossia dispositivi), ma solo l'uomo userebbe strumenti per costruire altri strumenti. Anche il termine *cultura* è talvolta applicato a comportamenti animali come l'uso di una certa melodia negli uccelli canori o il lavaggio delle patate dolci nei macachi del Giappone; essi tuttavia sono stati appresi per imitazione e non insegnati attraverso un linguaggio simbolico, e appartengono perciò ancora al livello informativo mentale.

s	servizi
sd	alloggio
sf	abbigliamento
sh	sanità
sr	commercio al dettaglio
st	logistica; trasporti
t	società civile
u	enti politici; governi
v	enti giuridici; aziende
w	consuetudini; tradizioni
x	arti creative
y	erudizione; scienze; conoscenza pubblica

Di questi aspetti della cultura espressi nella ILC, solo alcuni stanno in effetti nel consueto rapporto di dipendenza compositiva che individua i livelli di integrazione: tali possiamo considerare, come si è accennato, le materie prime, i manufatti (x) e i servizi (s). Gli altri aspetti contribuiscono a formare la cultura, in particolare i suoi livelli delle organizzazioni e delle opere creative, con un altro tipo di dipendenza costitutiva, quella organica: sono cioè organi che tutti insieme fanno funzionare, ognuno per il proprio aspetto, le civiltà umane: (u, v, w, x, y) \Leftrightarrow κ_4 . Nella tavola dei sistemi informati abbiamo invece elencato, nella colonna destra degli esemplari, i cinque livelli di integrazione: materie prime, manufatti, servizi, organizzazioni formali e opere d'ingegno; mentre nella colonna delle memorie si trovano i diversi contenuti linguistici che li informano: si tratta di procedure per la realizzazione di attività organizzate di gruppo – insiemi di azioni coordinate fra individui umani – capaci di produrre beni e servizi.

Boulding ha infatti considerato i beni prodotti dalle attività economiche come il “fenotipo” dell'economia¹³², ossia gli esemplari su cui agisce la selezione, prodotti dalle memorie linguistiche conoscitive e progettuali. Lo sviluppo dei diversi tipi di società umane (di caccia e raccolta, di pesca, orticole, agrarie, marittime, pastorali, industriali, postindustriali) è delineato da Lenski come un processo evolutivo fondato sull'accumulo di informazioni, sebbene egli dia il nome piuttosto vago di “teoria ecologico-evoluzionistica” a quello che a noi sembra piuttosto un approccio opportunamente informativo all'analisi dello strato delle culture¹³³.

Consideriamo dapprima le forme più basilari dell'attività culturale umana, sviluppatasi già nella preistoria. La capacità di esprimere relazioni tra i fenomeni e combinarle a formare reti condivise di significati permette alla nostra specie di sviluppare innanzitutto dei saperi empirici, non ancora formalizzati in un corpus scientifico ma limitati a raccolte di esperienze trasmesse oralmente, come “il legno brucia bene” o “i cachi maturano più in fretta se tenuti accanto alle mele”. Essi costituiscono la

¹³² Boulding, *Economic development...*, cit.

¹³³ “Although social scientists have generally been reluctant to acknowledge the degree of its influence [...], *technology* appears to have been the most important component of cultural systems [...]. *Technology is information about the ways in which the resources of the environment may be used to satisfy human needs and desires*. In other words, it is *the critical interface between the biophysical environment and all the other components of sociocultural systems*” (Gerhard Lenski, *Ecological-evolutionary theory: principles and applications*, Paradigm, 2005, poi Routledge, London - New York 2016, p. 63, corsivi originali). Per Lenski la tecnologia svolgerebbe nella cultura un ruolo simile a quello del genoma nella vita (p. 64); cfr. anche p. 42-43: “Evolution as the cumulation of information”; tuttavia a noi la memoria culturale sembra di natura linguistica più che genericamente tecnica.

componente modello dei primi livelli della cultura. I corrispondenti informatori sono i *metodi* e le *tecniche* con cui è possibile ottenere prodotti utili; in ambiti particolari, metodi e tecniche sono chiamati anche *progetti, ricette, artifici...* Beniniteso, con “progetti” non intendiamo riferirci ancora ai lavori degli ingegneri professionisti, memorizzati sui supporti scritti diffusi nei tempi più recenti, ma più genericamente alla concezione di architetture secondo le quali è possibile realizzare dei prodotti che risultino funzionali.

Un primo livello della cultura si manifesta nelle competenze collettive utili al procacciamento del cibo e all'estrazione di materie prime, a partire dalle strategie di raccolta, caccia o pesca e dalla conoscenza di ubicazioni e proprietà delle migliori cave di pietra; in séguito, con la domesticazione di alcune specie, materie prime come latte, carne, pelli, cereali e legumi vengono prodotte anche mediante le tecniche di allevamento e agricoltura. Le diverse attività minerarie, di pesca, di allevamento e di coltivazione non sono sotto-livelli, ma semplicemente organi del livello della produzione di materie prime.

Al livello successivo troviamo i *manufatti* (in inglese *artefacts*) ottenuti trasformando le materie prime mediante l'artigianato e l'industria. Sebbene alcuni manufatti come le preparazioni gastronomiche o i carburanti si usino una volta sola, il termine fa pensare specialmente ai beni durevoli (*durables*) prodotti per essere riutilizzati successivamente, magari anche oltre l'arco della vita degli individui. Le grandi scimmie realizzano già qualche oggetto, ma ne fanno soltanto un uso immediato; i manufatti umani, a cominciare dagli utensili in pietra lavorata, sono invece concepiti per essere riutilizzati e spesso ottenuti combinando diverse parti, cosa che in genere richiede ai loro artefici di coordinarsi con un linguaggio verbale¹³⁴. I metodi permettono la produzione di beni mediante l'assemblaggio di determinati componenti materiali, utilizzati a loro volta come moduli: ne offrono un'esemplificazione i mattoni, che non a caso vengono di frequente presi come metafora di “costruzioni” più astratte, o i pezzi di giochi quali Meccano e Lego.

Ad un terzo livello, certi insiemi di metodi permettono di realizzare *servizi* quali la ristorazione, l'alloggio, l'abbigliamento, l'assistenza medica e sociale, la guardiania, che sono anch'essi degli esemplari stabili in quanto strutturati in modo tale da adeguarsi ad una certa realtà.

La modularizzazione è un processo evolutivo particolarmente evidente nella tecnologia, dove è mosso dal bisogno di uniformare i componenti in misure e proprietà *standard* per poterli impiegare in modi sempre più flessibili e realizzare prodotti sempre più complessi; ma anche le azioni che compongono i servizi per le persone e la vita delle organizzazioni sono identificati in forme modulari, come avviene ad esempio nelle certificazioni di qualità. Anche in questi casi, si tratta della ricomparsa di elementi degli strati precedenti (componenti materiali come nell'ingegneria classica, entità viventi come nelle biotecnologie, o comportamenti in genere) che diventano ora moduli del nuovo strato.

Di recente, il modello classico dei tre settori economici è stato messo in discussione proponendo ulteriori settori quaternario ed eventualmente quinario per rendere conto delle attività centrate sulla

¹³⁴ “Ma, forse, il vantaggio più rilevante della parola ha a che fare con il suo ruolo nella spiegazione delle tecniche manuali. [...] In manifatture più complesse, però, la spiegazione diventa indispensabile. Sarebbe davvero difficile spiegare come costruire un'automobile o un'astronave, o un software, senza far ricorso al linguaggio e a qualcuno dei suoi prodotti più esotici, come la modellizzazione matematica e computerizzata” (Corballis, cit., p. 264).

gestione (compreso il governo) e sullo scambio di informazioni e conoscenze¹³⁵. Possiamo identificare un ulteriore livello nelle *organizzazioni* sia produttive che socio-politiche, che alcuni economisti distinguono come settore quaternario. Esse si sviluppano con la formazione di civiltà evolute, coincidente con la diffusione della scrittura a partire dalla Mesopotamia e in séguito da altre zone della Terra. In quanto prodotto di documenti scritti, le organizzazioni a cui ci riferiamo sono quelle di natura formale, o come si usa dire “ufficiale”, quali gli enti pubblici e gli stati, le società, le banche, le associazioni ecc. Esse coprono i diversi aspetti della vita civile elencati nella ILC: sociale, legale, finanziario, religioso, artistico e intellettuale.

Per gli ultimi aspetti citati si può probabilmente identificare un ulteriore livello delle opere di ingegno e della sapienza collettiva che realizzano, le cui memorie linguistiche possono consistere nella mimesi (imitazione estetica del mondo), nei miti e nelle teorie scientifiche, delle quali ci occuperemo più oltre.

I prodotti della cultura sono spesso descritti come *patrimonio*; gli antropologi notoriamente ne distinguono una componente materiale – i manufatti, come muraglie e automobili – e una immateriale (*intangible heritage*), rappresentata da tutte le invenzioni istituzionali, artistiche e intellettuali dell’ingegno umano. In analogia con i manufatti, alcuni antropologi hanno definito gli esemplari immateriali della cultura *sociofatti* (comprendenti le strutture sociali come famiglie, stati, aziende) e *mentefatti* (le creazioni intellettuali come saghe, sinfonie, filosofie)¹³⁶. I sociofatti – da non confondere con la semplice socialità già presente negli animali – sono l’oggetto delle discipline oggi raggruppate nelle scienze sociali, come la sociologia, le scienze politiche, il diritto e quella parte dell’economia che si occupa dello statuto di privati, aziende, banche (mentre l’economia della produzione riguarda piuttosto i manufatti).

Le strutture della società civile si originano in séguito a una modularizzazione dei ruoli svolti dalle persone, che si sono differenziati attraverso un processo di divisione del lavoro. In esse i modelli linguistici consistono nelle *dottrine* che specificano e definiscono formalmente aspetti della vita, talvolta anche in modo controintuitivo (come nel codice stradale la definizione di curva quale tratto di strada privo di visibilità, che esclude i tratti aperti in cui pur vi è un cambiamento di direzione), spesso fornendone misure di riferimento e standard (le unità di misura dei liquidi, della superficie dei terreni ecc.). Gli informatori delle organizzazioni consistono invece in regole e norme, sia orali che scritte, affini alla “ragion pratica” di Kant: prassi, principî morali, regolamenti, leggi che indicano come organizzare la vita civile in modi efficaci. Loro elementi modulari sono determinati *valori* che in esse vengono variamente combinati. Anche tali insiemi di regole vengono comunicati da un individuo all’altro attraverso il linguaggio; in particolare, la loro registrazione in forma scritta ne permette la successiva

¹³⁵ Ad es. Alex Schafran et al., Replacing the services sector and three-sector theory: urbanization and control as economic sectors, *Regional studies*, 52: 2018, n. 12, p. 1708-1719.

¹³⁶ Earl Edward Eubank, *The concepts of sociology*, Western Educational Service, 1928; David Bidney, *Theoretical anthropology*, Columbia University, New York 1953; Julian S. Huxley, Evolution, cultural and biological: guest editorial, *Yearbook of anthropology*, 1955, p. 2-25. Questi concetti appaiono utili fra l’altro a definire meglio l’oggetto di discipline come le scienze dell’informazione, di cui accenno più sotto: ne ho discusso in C. Gnoli, Mentefacts as a missing level in theory of information science, *Journal of documentation* 74: 2018, n. 6, p. 1226-1242; id., Levels of information and LIS as a science of mentefacts, *Information research* 24: 2019, n. 4, <http://www.informationr.net/ir/24-4/colis/colis1903.html>; id., Classification in the wider perspective of informational ontology. 1: Bibliographic classifications, *Journal of information and knowledge*, 62: 2025, n. 2, p. 73-81; 2: Informational ontology, *ibidem*, p. 83-96.

consultazione, alla quale si fa riferimento per dirimere le controversie mediante le procedure del diritto.

In base alle regole codificate, un determinato ruolo in un'organizzazione quale un'alleanza, il sacerdozio o la presidenza di uno stato può entrare in vigore attraverso una *dichiarazione*¹³⁷, un'espressione linguistica che afferma certi rapporti fra persone in modo *pubblico*, cioè dinanzi a un certo numero di testimoni anziché solo fra due individui come avviene nelle conversazioni correnti. In forza di tale dichiarazione, le persone si comporteranno coerentemente in modo da rispettare le funzioni dei ruoli che sono stati loro assegnati, temporaneamente o stabilmente. Sulla base delle regole di volta in volta dichiarate, vengono definite le istituzioni nelle quali le società umane sono organizzate: famiglie, caste, stati, società per azioni eccetera. Svolgendovi i diversi ruoli, gli individui danno luogo a organizzazioni complesse, le cui forme sono adattative in quanto funzionali ai contesti ambientali e storici; esse infatti variano sia nei diversi ambienti naturali che con i diversi stadi tecnologici, ma anche secondo le modalità particolari di ciascun popolo.

La rimanente componente del patrimonio immateriale è costituita dai mentefatti, ossia i prodotti intellettuali della cultura. Gli esemplari corrispondenti consistono in consuetudini e riti (che già hanno un certo ruolo nelle istituzioni: si pensi alle procedure ufficiali di nomina o passaggio di consegne), compresi i sistemi delle religioni; nonché nell'espressione dell'inventiva umana nello sport, nelle arti marziali e performative e nelle creazioni artistiche quali scultura, pittura o musica; e nelle costruzioni teoriche in cui le culture organizzano le proprie esperienze del mondo. Le *opere (works)* intellettuali oltre che materiali sono chiamate da Hartmann nel loro insieme lo "spirito oggettivato", ossia la realizzazione dello spirito umano in entità ad esso esterne, che potranno poi tramandarsi indipendentemente dai loro produttori; sono in parte assimilabili alle entità etichettate da Karl Popper come "Mondo 3"¹³⁸.

In particolare le arti creative, oltre che in esecuzioni teatrali, musicali, coreutiche, atletiche ecc. (arti performative), si materializzano in *opere d'arte (artworks)*, che sono appunto mentefatti creativi consolidati in un supporto materiale, capace di tramandare certi accostamenti e proporzioni che soddisfano un senso estetico. Nelle teorie e sistemi concettuali (KOS) che modellano l'ambiente esterno, anche in questo caso con una componente teorica e una applicativa¹³⁹, i contenuti trasmessi sono invece conoscenze sul mondo, informate dal linguaggio simbolico registrato in documenti, come un libro sacro, un articolo scientifico o qualsiasi altro oggetto impiegato per veicolare conoscenze, compresi un elmo esposto in un museo e un'antilope viva esposta in uno zoo per trasmettere conoscenza sulle antilopi¹⁴⁰. In questi casi, le memorie linguistiche si traducono in un'*opera di ingegno* che può essa stessa apparirci costituita da linguaggio, sebbene il prodotto consista piuttosto nel suo contenuto intellettuale, ossia in significati che

¹³⁷ Searle, cit.

¹³⁸ Nicolai Hartmann, *Das Problem des geistigen Seins*, de Gruyter, Berlin 1933, trad. it. *Il problema dell'essere spirituale*, la Nuova Italia, Firenze 1971; Popper - Eccles, cit.; Luciano Floridi, Content studies: a new academic discipline..., *Philosophy and technology*, 38: 2025, article 41, <https://link.springer.com/article/10.1007/s13347-025-00877-6>.

¹³⁹ Flavio Del Santo, Between understanding and control: science as a cultural product, *Foundations of science*, 30: 2025, p. 755-771, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10699-024-09960-1>.

¹⁴⁰ Riccardo Ridi, *Il mondo dei documenti: cosa sono, come valutarli e organizzarli*, Laterza, 2010; l'antilope nello zoo è un classico esempio di documento concepito negli anni Cinquanta dai documentalisti Robert Pagès e Suzanne Briet.

danno un senso alla vita collettiva dello spirito (*mentalità*).

Notiamo inoltre che in certi oggetti i diversi componenti dello strato culturale possono sovrapporsi: un vaso decorato contiene espressioni estetiche integrate in un oggetto primariamente strumentale; l'affresco di un episodio storico è un'espressione artistica che intende al contempo trasmettere la memoria di fatti conosciuti.

Con lo sviluppo storico delle civiltà, molti mentefatti sono stati progressivamente fissati in documenti mediante l'utilizzo di manufatti, detti *mezzi di comunicazione (media)*. Le memorie linguistiche hanno cioè utilizzato anche dei mezzi materiali nei quali sono registrati e trasmessi dei *contenuti* informativi, inizialmente raffigurati poi anche scritti, dalle grotte di Lascaux a *Wikipedia*. Anch'essi hanno una componente performativa di informatori, che consiste di istruzioni scritte per la realizzazione di prodotti sociali e intellettuali: essa è sottolineata da Barry Smith che sostituisce i documenti agli atti linguistici di Austin e Searle¹⁴¹, sebbene a noi ne appaiano soltanto una forma più sofisticata. Pur essendo impiegate più largamente negli aspetti artistico e intellettuale, le forme di linguaggio registrate in documenti ricorrono anche negli altri componenti della cultura: si pensi al foglio di istruzioni per montare un mobile o ai documenti giuridici conservati nello studio di un avvocato.

Il processo di modularizzazione per passare al linguaggio scritto consiste nella redazione dei documenti da parte di autori. Abbiamo noi stessi esperienza di come la varietà e fluidità dell'informazione mentale e di quella orale, per poter essere registrate e trasmesse nel nuovo mezzo scritto, siano costrette a irrigidirsi fissandosi in nuove forme: un passaggio nel quale si perdono molte sfumature, mentre in cambio si raggiunge una maggior durevolezza. Sull'informazione registrata di solito non è possibile chiedere chiarimenti all'autore originale, che se fosse presente potrebbe elaborarla sul momento spiegandosi con altri termini o conversando con altri presenti, e occorre affidarsi alla sola interpretazione della forma che è stata tramandata. Era probabilmente questo che la rendeva disprezzabile a Socrate, cultore del dialogo, il cui pensiero d'altronde non potremmo conoscere due millenni e mezzo più tardi se Platone non si fosse dato la pena di fissarlo, magari in parte deformandolo. La transizione a una cultura scritta, acceleratasi con la diffusione della stampa a caratteri mobili – un tipo molto efficiente di moduli –, fu una trasformazione epocale dalle profonde implicazioni, analizzate da importanti studiosi¹⁴². Recentemente stiamo assistendo a un'ulteriore innovazione con la diffusione dell'informazione digitale, i cui moduli sono byte e pixel.

La replicazione dei fenomeni culturali avviene grazie all'insegnamento, ossia la trasmissione attiva dei loro contenuti attraverso il linguaggio, a differenza dell'apprendimento individuale di informazioni

¹⁴¹ Barry Smith, How to do things with documents, *Rivista di estetica*, 50: 2012, p. 179-198; id., Document acts, *Institutions, emotions, and group agents: contributions to social ontology*, eds. Anita Konzelmann-Ziv - Hans Bernhard Schmid, Springer, Dordrecht 2013, p. 19-31.

¹⁴² Jousse, cit., che pure svaluta l'informazione registrata rigidamente "algebrosata" rispetto alla saggezza "verbo-motoria" dei contadini fra i quali crebbe; Walter Ong, *Orality and literacy: the technologizing of the world*, Methuen, London - New York 1982, trad. it. *Oralità e scrittura: le tecnologie della parola*, il Mulino, Bologna 1986; Ivan Illich, *In the vineyard of text: a commentary to Hugh's Didascalicon*, the University of Chicago Press, 1993, trad. it. *Nella vigna del testo: per una etologia della lettura*, Cortina, Milano 1994.

mentali che coinvolgeva soltanto il soggetto di una memoria neurale. L'insegnamento assume varie forme nei diversi livelli: nelle tecniche di estrazione e produzione è un apprendistato che avviene affiancando operativamente chi già applica e padroneggia i metodi e indicando oralmente i loro dettagli, mentre nella trasmissione di nozioni sui servizi e le organizzazioni può avvenire con una più astratta formazione, sempre consistente nella replicazione di moduli linguistici.

Le immagini e i testi possono essere ricopiati da amanuensi, trasmessi (*broadcasting*) su canali radio o digitali, stampati in più copie o fotocopiati, pubblicati e diffusi da case editrici, indicizzati in bibliografie e cataloghi e condivisi come avviene con la consultazione e fruizione di gallerie, archivi, musei e biblioteche, istituzioni dagli scopi affini che recentemente sono infatti state raggruppate nella sigla *GLAM* (*galleries, libraries, archives, museums*). Alcune di queste attività sono ricomprese nella bibliografia¹⁴³ e nella *documentazione*, descritta come una specifica disciplina teorizzata da Paul Otlet e sviluppatasi nel corso del Novecento per poi confluire nella *library and information science (LIS)*¹⁴⁴, oggi spesso rivolta in proporzione fin troppo dominante alle implicazioni delle tecnologie digitali sullo scambio delle conoscenze. La natura di questo campo, spesso dibattuta, può dunque essere chiarita dalla posizione dei suoi oggetti nell'ontologia informazionale: i documenti sono le forme registrate – tipicamente in testi scritti, ma anche in campioni, immagini, audio o video – di memorie linguistiche che sono alla base delle forme avanzate degli esemplari culturali, mentre la documentazione è la loro diffusione e messa a disposizione degli utenti, una forma di replicazione che può a sua volta essere l'oggetto di servizi e organizzazioni quali scuole, università, accademie, biblioteche ecc.

La specificità delle scienze

Come si è visto, le arti e le scienze appartengono all'ultimo livello di integrazione della cultura, quello del patrimonio culturale, spesso anche se non sempre registrato in documenti. Sulla natura informazionale delle opere artistiche e intellettuali non ci sono dubbi: il loro consistere in strutture reticolari che mediante la combinazione di moduli riproducono le relazioni osservate nella realtà ci appare qui particolarmente evidente.

Più sottile è invece la loro distinzione dall'informazione mentale e da quella tecnica, che purtroppo vengono spesso indicate con la stessa terminologia (“conoscenza”, “idee”, “concetti”...). Anche chi come Ferraris, nel meritorio intento di sviluppare un'ontologia dei fenomeni culturali, ha rivolto l'attenzione ai documenti o “iscrizioni” in quanto prodotti sociali fissati su un supporto, vi ricomprende poi gli accordi verbali che invece non utilizzano linguaggi registrati e a suo parere si “iscriverebbero” solo nelle menti degli individui¹⁴⁵; a noi sembra più preciso riferirsi alla nozione più generale di linguaggi simbolici, che possono ricomprendere tutti i tipi di memorie, tanto gestuali e verbali quanto registrate in

¹⁴³ Specialmente nel senso molto ampio del termine adottato da Alfredo Serrai.

¹⁴⁴ Bates, cit.; David Bawden - Lyn Robinson, *Introduction to information science*, 2nd ed., Facet, London 2018.

¹⁴⁵ Maurizio Ferraris, *Documentalità: perché è necessario lasciar tracce*, Laterza, Roma - Bari 2009.

documenti, dalle quali sono informati i diversi fenomeni culturali.

Elencandolo dopo quelli materiale, vivente e mentale, lo strato dei sistemi informati dal linguaggio viene generalmente etichettato come “sociale”; sotto l’influsso di questo termine, i fenomeni che gli appartengono sono spiegati quasi esclusivamente con l’influenza che verrebbe esercitata dai gruppi sociali sul pensiero degli individui che vi appartengono. Tuttavia, come abbiamo visto, di per sé la socialità compare già nello strato mentale fra i comportamenti animali. Dicendo “sociale” si pensa probabilmente alle organizzazioni della società civile come le unioni matrimoniali o gli stati, che sono uno fra i prodotti delle memorie linguistiche; ma altrettanto lo sono le componenti tecniche, religiose, artistiche e intellettuali delle culture, ognuna dotata anche di dinamiche proprie.

La cultura in quanto tale è oggetto dell’antropologia culturale, disciplina nel cui ambito sono nati i concetti di patrimonio culturale materiale e immateriale. In un’accezione più ristretta, per “cultura” si intendono soprattutto le opere creative e d’ingegno di ambienti colti, come i concerti o le conferenze. Una disciplina specifica per questi fenomeni è in parte ancora da sviluppare, e sarebbe probabilmente connessa sia all’archeologia e alla paleografia – che si dedicano alla decifrazione di documenti del passato – che ai campi più recenti della *heritage science*, della documentazione e delle scienze dell’informazione in senso stretto.

I saperi collettivi che si sviluppano sul piano intellettuale sono organizzati in concetti e sistemi di relazioni tra concetti, che costituiscono dei modelli sofisticati della realtà¹⁴⁶, espressi formalmente nei KOS. Anche questi modelli sono espressi da parole, ma queste assumono un significato più tecnico che è il frutto di un lungo processo scientifico: sono cioè dei *termini*. Il rapporto fra concetti e termini è un classico oggetto di discussione: mentre alcuni vorrebbero ridurre i concetti ai termini linguistici che li esprimono, la nostra prospettiva sembra al contrario indicare che i concetti siano il frutto degli scambi linguistici delle comunità scientifiche e si situino appunto nel livello di integrazione più avanzato, del quale sono le unità. La loro natura dunque non sarebbe genericamente sociale né tantomeno mentale, bensì specificamente intellettuale.

I saperi condivisi si fondano sulla formazione di un *consenso*, i cui elementi hanno in effetti una natura di sociofatti: gruppi di dimensioni sufficientemente grandi, assenza di coercizione, inclusione di attori diversi e indipendenti, oltre all’appoggiarsi su prove originate da diverse linee di ricerca¹⁴⁷. Il livello dei sociofatti ha dunque effetti anche su quello dei mentefatti, con l’avvicendamento di diversi *paradigmi* tramite le “rivoluzioni” identificate da Thomas Kuhn per le scienze; ma si tratta di una dinamica che si verifica in tutta la cultura, al momento della sostituzione di usanze, norme, lingue esistenti con altre portate da nuovi dominatori o dall’evoluzione della civiltà (e in senso più lato esistono rivoluzioni anche nelle coscienze individuali o negli ecosistemi viventi). È vero che anche le scienze vi sono soggette, e che

¹⁴⁶ “Every science is a model in the broad sense of the word, that is a conceptual structure intended to reflect certain aspects of reality” (Ludwig von Bertalanffy, General system theory: a critical review, *General systems* 7: 1962, p. 2).

¹⁴⁷ Boaz Miller, When is consensus knowledge based? Distinguishing shared knowledge from mere agreement, *Synthese*, 190: 2013, n. 7, p. 1293-1316; Joeri Witteveen - Atriya Sen - Beckett Sterner, Consensus and scientific classification, *Knowledge organization*, 49, n. 4, p. 236-256.

le loro dinamiche si possono studiare anche in una prospettiva storica, come succede per la storia del diritto o la storia dell'arte, tuttavia appunto non è questo che ne caratterizza la natura particolare: sicché assumere che l'analisi del patrimonio scientifico debba avvenire esclusivamente con i metodi della sociologia, come implicitamente fanno molti autori contemporanei, è alquanto riduttivo. I sociologi della scienza hanno giustamente il loro spazio, che non esaurisce però le discipline aventi titolo ad occuparsi del fenomeno delle opere d'ingegno.

Studiosi appartenenti a società e tradizioni diverse possono arrivare – magari con diverse terminologie – a idee simili, e viceversa: i fenomeni intellettuali possono cioè avere realizzabilità molteplice (*multiple realizability*¹⁴⁸) utilizzando svariate basi sociali per giungere agli stessi risultati. La distinzione fra organizzazioni sociali e opere dell'ingegno diventa particolarmente evidente in casi come quello del matematico Grigorij Perel'man, che ha dato un grande contributo alle seconde dimostrando dopo 98 anni la congettura di Poincaré ma ha rifiutato le componenti sociali di vita accademica, quali la pubblicazione su riviste specializzate e il ritiro dei ricchi premi e delle alte onorificenze che gli sarebbero stati assegnati. In generale, aspetti che distinguono il sapere scientifico dagli altri fenomeni culturali appaiono essere:

- la ricerca attiva di nuova conoscenza, attraverso l'azione deliberata di scienziati, filosofi ed altri eruditi, anziché soltanto riceverla passivamente nell'insieme impersonale della società;

- l'apertura al confronto critico con l'opinione e l'esperienza di altri ricercatori, sottolineato anche dall'epistemologia falsificazionista di Popper, solitamente attraverso l'incontro personale in congressi o quello indiretto in pubblicazioni: ciò è palesemente diverso dall'accettazione di norme sociali, prassi consuetudinarie o verità rivelate che avviene in altri settori della cultura;

- la raccolta sistematica delle nozioni acquisite, con la loro continua riorganizzazione in concetti, “leggi” e sistemi di sapere, provvisoriamente coerenti, sulla cui base possono essere spiegati e insegnati più facilmente: è questo il processo in cui è pertinente il campo dell'organizzazione della conoscenza (KO);

- la registrazione di tali contenuti in documenti pubblici, che come si è visto possono utilizzare i mezzi più diversi (disco, libro, reperto museale, antilope allo zoo...), più o meno duraturi e riproducibili, ma sono comunque allestiti o concepiti proprio con l'intenzione di trasmettere conoscenze¹⁴⁹ (a differenza di altri documenti come una lista della spesa o un segnale di divieto di sosta). LIS e KO, che nella pratica accademica in parte si sovrappongono, appaiono dunque complementari, in quanto la prima si concentra sulla mediazione delle conoscenze attraverso la pubblicazione di documenti e l'accesso ad essi, mentre la seconda sulla strutturazione dei loro contenuti (tipicamente quelli del sapere dotto: sono concepibili anche studi dell'organizzazione semantica delle espressioni artistiche e delle tradizioni orali, ad esempio in rime, formule e proverbi, ma l'organizzazione del sapere documentato sembra essere un'esigenza assai più sentita, strutturata nei modi più sofisticati dei KOS).

¹⁴⁸ John Bickle, Multiple realizability, in *Stanford encyclopedia*, cit., <https://plato.stanford.edu/entries/multiple-realizability/>, 1998, rev. 2020.

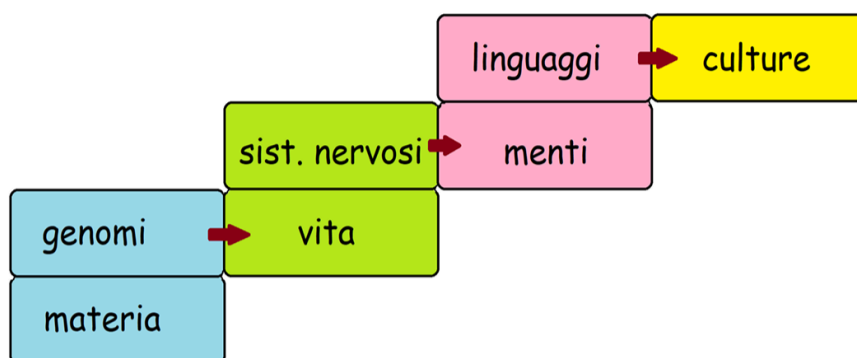
¹⁴⁹ Carlo Bianchini e Riccardo Ridi, al termine di una fitta discussione, li designano come “documenti bibliografici”.

Studi sulle caratteristiche e le dinamiche dell'erudizione (*learning, scholarship, science, knowledge*) sono stati avviati da vari autori¹⁵⁰, sebbene raramente sistematizzati. Alcuni adottano per questo campo il termine *logologia* (peraltro conteso da teologi e linguisti con altri significati) ovvero “scienza della scienza”, espressione quest’ultima che si ritrova negli articoli di Dahlberg fondativi del campo dell’organizzazione della conoscenza; simile è l’ambito degli *science studies*, che tuttavia rischia spesso, come si diceva, di venire ridotto alle analisi politiche, sociologiche e psicologiche quali uniche spiegazioni per quanto si osserva nelle scienze: tale approccio non è che un altro caso di riduzionismo, ossia di analisi di un livello della realtà esclusivamente nei termini di livelli inferiori, al pari della trattazione di ecologia e comportamento nei soli termini dei loro fattori genetici. Seppure l’esistenza delle scienze sia effettivamente fondata anche sul precedente livello delle organizzazioni sociali e della vita pubblica, ho mostrato come appellarsi ad essi non sia sufficiente ad esaurirne la comprensione: come sempre, il livello più alto richiede di essere considerato specificamente nelle sue proprietà autonome.

Conclusioni

In sintesi, l’ontologia informazionale propone un’immagine del mondo come una serie di strati informativi, ognuno dei quali si origina dal precedente per effetto di un processo di modularizzazione: alcuni elementi dello strato inferiore diventano cioè moduli di un nuovo tipo di memoria (i genomi, i sistemi nervosi, i linguaggi). Gli strati sono dunque disposti come i gradini di una scala, nei quali il sottosistema memoria poggia sul sottosistema di certi esemplari dello strato precedente, dei quali è in ultima analisi composto ($\mu_i \rightarrow \mu_{i+1}$): per questo lo abbiamo rappresentato con lo stesso colore nella figura sottostante.

Tuttavia, nello strato superiore il nuovo ruolo di memoria funziona come un insieme di istruzioni, qui rappresentate da una freccia, che informando esemplari di nuova consistenza e proprietà (gli organismi, i comportamenti, i prodotti culturali) permette di produrli e riprodurli. Senza tali memorie informanti, la realtà resterebbe caotica e disorganizzata. Uno strato non è che il risultato organizzato di un nuovo tipo di memoria.



¹⁵⁰ Florian Znaniecki, “Przedmiot i zadania nauki o wiedzy”, *Nauka Polska*, 4: 1923, n. 1, trad. “The subject matter and tasks of the science of knowledge”, in *Polish contributions to the science of science*, ed. Bohdan Walentynowicz, Reidel, Dordrecht 1982, p. 1-81; Maria Ossowska - Stanisław Ossowski, “Nauka o nauce”, *Nauka Polska*, 20: 1935, n. 3, trad. “Science of science”, *ibidem*, p. 82-95.

Ogni strato modella certi aspetti degli strati precedenti disponendo i propri elementi secondo relazioni isomorfe. Per prendere ad esempio un fenomeno complesso, le celebrazioni tradizionali dell'arrivo del mese di maggio (strato culturale) si esprimono con canti il cui testo inneggia alle uova, agli uccelli, alla ricrescita della vegetazione e all'amore fra la gioventù quali simboli di rinascita vitale; essi esprimono i sentimenti di gioia ed eros che in quel periodo sorgono negli animi (strato mentale); questi a loro volta sono stimolati dai bioritmi degli organismi, sia umani che animali, che beneficiando della nuova abbondanza delle risorse naturali si predispongono alla stagione attiva (strato vivente); e tali fenomeni sono a loro volta conseguenza dell'orbita annuale della Terra intorno al Sole che determina il ciclo delle stagioni (strato materiale). Abbiamo così una successione di dipendenze che collegano fra loro tutti gli strati informativi.

La teoria dei sistemi e quella dei livelli, dalle quali abbiamo preso le mosse, non sono nuove, essendo state sviluppate e proposte da autori di diverse tradizioni nel corso del Novecento, con molti precursori anche nelle epoche precedenti. L'elemento più innovativo dell'ontologia informativa consiste nell'interpretare livelli maggiori e sistemi alla luce del nuovo paradigma informativo, che si va diffondendo solo di recente. In particolare, l'idea di informazione entra nella legge di Jacob, che spiega la comparsa dei nuovi strati con la comparsa di nuovi tipi di memorie. La varietà degli aspetti del reale, che tende ad essere dispersa come oggetto delle molte discipline specialistiche, può così essere ricondotta ad un nuovo quadro unitario, il cui elemento collante è la nozione di trasmissione dell'informazione fra sistemi modulari.