

Ontologia informazionale

Una visione del mondo come livelli di sistemi informati

Appunti in evoluzione

iniziati il 2021-02-28, aggiornati il 2024-09-06

da Claudio Gnoli

<https://gnoli.eu/ontoinfo>

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.

La comunissima metafora della mappa, con cui questo genere di schemi viene spesso rappresentato, ci è congeniale probabilmente per un'istintiva predisposizione ad apprendere i passaggi praticabili sul territorio orizzontale nel quale dobbiamo vivere; come quella 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.

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 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*, 1981, trad. it. *Il gioco dei possibili*, Mondadori, Milano 1983, p. 22.

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'*ápeiron*, 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 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 (le sedie, i cani).

Nella vita quotidiana questi vengono accettati come sono, senza approfondire se e come possano essere collegati fra loro. È l'ontologia che indaga meglio quali tipi di cose ci siano nel mondo ed in che modi i tipi siano connessi. 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 sono infatti in grado 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 gerarchico.

⁵ In particolare dal contatto diretto 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.

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 scienze, alle quali essa si propone di fornire il complemento di un quadro del mondo più generale. Tale è anche la visione del tedesco baltico Nicolai Hartmann, uno dei maggiori ontologi del Novecento, cui sono stato introdotto leggendo Lorenz. 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 la componente che 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?⁶ 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 sociale⁷).

Tuttavia, chi nella conoscenza cerca con maggior passione dei risultati non si rassegna a questa saggezza di circostanza e, pur riconoscendo le difficoltà di sfronarla dalle 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”⁸.

Nelle parole di John Searle, “una delle caratteristiche positive dello scrivere in questo momento

⁶ Rebecca Bryant, *Discovery and decision: exploring the metaphysics and epistemology of scientific classification*, Farley Dickinson University Press - Associated University Press, 2000.

⁷ 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>.

⁸ *Vangelo* di san Giovanni, § 3.8; “Classification Research Group: bulletin no. 9”, *Journal of documentation*, 24: 1968, n. 4, p. 273-298; Brian Vickery, email 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*, eds. Alan Gilchrist – Judi Vernau, Emerald – Aslib, Bingley 2012, p. 11-24.

storico è che abbiamo in larga misura superato la nostra ossessione, vecchia ormai di tre secoli, per l'epistemologia e lo scetticismo⁹. La filosofia degli ultimi secoli infatti, specialmente da quando Kant ha considerato le categorie a priori della conoscenza quali spazio, tempo e causa come epistemologiche, 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'evoluzione¹⁰: se il nostro apparato cognitivo 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 discendenza¹¹. 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 rose, svariate Honda Jazz, svariate pietre calcaree, svariate molecole di benzene... Come si è accennato, già il linguaggio naturale li raggruppa designandoli in ciascun caso con una stessa parola: *gabbiano*, *rosa* ecc.

Un insieme di gabbiani, o di rose, o di Honda Jazz è una **classe**. La somiglianza fra i loro elementi viene riconosciuta dalle nostre facoltà conoscitive, per via epistemologica, ma sembra avere

⁹ John R. Searle, *Making the social world*, 2010, trad. it. *Creare il mondo sociale*, Cortina, Milano 2010, p. 4-5.

¹⁰ 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., *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. Altri filosofi che hanno considerato questa tesi sono Karl Popper, *Objective knowledge: an evolutionary approach*, Clarendon Press, 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*, 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*, Franco Angeli, 1997, p. 53, segnalatomi da Ridi.

¹¹ 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 riflettesse 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).

qualche fondamento a monte, essere cioè anche ontologica. Il fatto che i fenomeni individuali si ripetano uguali o almeno simili, anziché appartenere ad un continuo di forme indeterminate, non è scontato¹²; in termini metafisici esso viene spesso ricondotto all'esistenza di qualche *universale* al quale apparterrebbero tutti i *particolari* che si assomigliano.

Possiamo chiederci come avvenga che siano stati generati numerosi esemplari di uno stesso fenomeno. Ciò sembra dovuto a un qualche processo di replicazione; vedremo nel séguito come questo si verifichi attraverso il ripresentarsi ciclico delle stesse condizioni di partenza: sia nei modi meccanici dei semplici cicli fisici, come certi valori di umidità e temperatura determinano ogni volta il generarsi di cristalli di ghiaccio, sia in quelli più sofisticati resi possibili da memorie genetiche, neurali, linguistiche. Mentre al livello materiale 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, ai livelli superiori – gabbiani, governi... – i numeri sono meno grandi e diventano rilevanti le differenze fra un individuo e l'altro, fino ad avere casi in cui le contingenze giocano un ruolo determinante per l'evoluzione storica¹³.

Nel linguaggio naturale 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 individuando una forma preferita rispetto a varianti grammaticali e lessicali (sinonimi, come *larini*): dalle parole passiamo così a *termini* più formali, come *gabbiani*.

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

Jonathan \in gabbiani (Jonathan è un gabbiano)

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

gabbiani \subset uccelli (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” (caradriiformi, 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 fondamentali nelle quali il mondo è articolato, ossia le classi di fenomeni somme a cui gli altri fenomeni possono essere ricondotti.

Come spesso si ripete, ci sono innumerevoli modi alternativi di raggruppare gli aspetti del mondo. A noi tuttavia interessa individuare delle classi quanto più possibile generali e stabili, che raggruppino fenomeni intrinsecamente affini e offrano un riferimento rispetto al quale anche le

¹² “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 Elements. Metaphysics, Cambridge University Press, 2024).

¹³ Mayr, Causa ed effetto in biologia, cit., p. 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.

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 natura¹⁴; è oggetto di dibattito se essi possano venire definiti in base a un insieme di proprietà necessarie (*essenza*: i quadrati sono i rettangoli che hanno tutti i lati uguali), oppure solo a “grappoli” di proprietà comunque reali (*property clusters*), o addirittura selezionando delle proprietà a seconda degli specifici interessi di indagine (realismo promiscuo di John Dupré¹⁵).

Una classificazione impostata scientificamente, in particolare, si sforza di individuare le classi che abbiano in comune il massimo numero di **proprietà** ovvero *caratteristiche*, e non soltanto poche proprietà accidentali¹⁶; 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”¹⁷.

Naturalmente, ottimale non significa mai perfetto e le classi così individuate possono essere migliorate 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*, sebbene comprenda struzzi e pinguini che non volano, ha in comune un numero maggiore di altre proprietà significative (piume, ali, ossa cave, sangue caldo, deposizione di uova...). 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, che depongono uova ecc. Non è escluso peraltro che un cambiamento

¹⁴ Platone, *Fedro*, ~370 a.C., trad. Einaudi, Torino 2011; 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”; Alexander Bird - Emma Tobin, Natural kinds, in *Stanford encyclopedia of philosophy*, <https://plato.stanford.edu/entries/natural-kinds/> substantial rev. 2022; 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.

¹⁵ John Dupré, *The disorder of things: metaphysical foundations of the disunity of science*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1993.

¹⁶ “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 quanto dettato dalla convenienza” (Herbert Spencer, *The classification of the sciences*, Williams and Norgate, London 1864).

¹⁷ Brzović, cit.

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 conseguenza¹⁸. 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 altre 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, definito come il rapporto fra il numero di proprietà possedute da entrambe le entità e il numero di proprietà 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:

¹⁸ Sergio Zani - Andrea Cerioli, *Analisi dei dati e data mining per le decisioni aziendali*, Giuffrè, Milano 2007.

	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.

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 suddivisioni¹⁹. Conviene decidere di 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*.

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

¹⁹ 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.

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 sono state direttamente osservate, e che sono quindi tipi naturali.

La ricostruzione delle origini, ovvero delle storie evolutive o genealogie, si può compiere mediante delle procedure di analisi *cladistica*, che considerando solo le proprietà che hanno un'origine comune, come le ali dei pipistrelli e le braccia degli umani, portano a identificare dei *cladogrammi*. Essi hanno l'aspetto di una serie di suddivisioni ad albero simili a quelle dei dendrogrammi, ma anziché somiglianze rappresentano parentele. Talvolta, tuttavia, i cladogrammi finiscono per raggruppare anche fenomeni dall'aspetto assai diverso seppur originati entro lo stesso ramo evolutivo, come gli uccelli e i rettili, perdendo di vista le somiglianze di struttura. Questo suggerisce che, seppure le origini siano un elemento esplicativo cruciale, anche le somiglianze rimangono comunque rilevanti: due classi che hanno la stessa origine ma si assomigliano poco 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 Hull²⁰. Egli ritiene che ciascuno dei due criteri si possa rappresentare solo a scapito dell'altro; tuttavia ci sembra che la questione possa invece essere affrontata 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 altre²¹, la classificazione ideale appare essere quella che identifica dapprima i rapporti di origine, 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 differenziati sufficientemente per costituire una classe a parte – allo stesso rango gerarchico o addirittura a un rango più elevato. È questo l'approccio della tassonomia evuzionistica 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 origini²².

D'altra parte, spesso non conosciamo ancora la storia evolutiva di ogni forma, e dobbiamo provvisoriamente considerare solo le somiglianze. Le classi vengono allora raggruppate inizialmente

²⁰ David L. Hull, *Taxonomy*, in *Routledge encyclopedia of philosophy*, v. 9, Routledge, London-New York 1988, p. 272-276.

²¹ 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.

²² Julian S. Huxley, *Clades and grades*, in *Function and taxonomic importance*, ed. A.J. Cain, Systematics Association, London 1959; Lance J. Rips, *Similarity, typicality and categorization*, in *Similarity and analogical reasoning*, eds. S. Vosniadou - A. Ortony, Cambridge University Press, 1989, p. 21-59; Ernst Mayr, *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; C. Gnoli, *Phylogenetic classification*, *Knowledge organization*, 33: 2006, n. 3, p. 138-152; id., *Genealogical classification*, in *ISKO encyclopedia of knowledge organization*, eds. Birger Hjørland and C. Gnoli, <https://www.isko.org/cyclo/genealogical> 2018, § 3, poi in *Knowledge organization*.

sulla base delle loro forme, e solo successivamente le affinità possono essere confermate o smentite dalla ricostruzione della storia evolutiva, come sta avvenendo per molte specie viventi grazie alle analisi genetiche.

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. Adottando una terminologia filosofica diffusa, andiamo allora in cerca 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:²³ nell'Antichità per esempio furono considerati tali 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:

- terra
 - sabbia
 - roccia ... ecc.
- ...
- montagne ← terra

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

²³ Karen Bennett, *Making things up*, Oxford University Press, 2017.

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 dipendano dall'esistenza della terra sulla quale entrambi si formano; e inoltre che le valli a U dipendano 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; ma ciò che conta è che compaiano dopo la terra e non prima.

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. Considerare le spiegazioni che diamo di un fenomeno è di per sé epistemologia, ma sul versante ontologico essa intende corrispondere ai modi in cui esso dipende da altri fenomeni a monte²⁴.

La letteratura filosofica contemporanea analizza queste relazioni in una varietà di modi; ultimamente, una dipendenza di natura primitiva che rispetta certe condizioni formali viene detta *grounding*, fondamento; altri autori considerano le molteplici possibilità di *realizati* di un fenomeno complesso a partire da fenomeni più basilari²⁵. Qui distinguiamo intanto due tipi piuttosto intuitivi di

²⁴ “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 (eds.), Cambridge University Press, 2012, p. 186-213).

²⁵ 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 of philosophy*, eds. Edward N. Zalta - Uri Nodelman, <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

dipendenza, che indichiamo con frecce leggermente diverse:

- dipendenza **costitutiva**, es. legno → tavolo
- dipendenza **efficiente** o causale (*causation*), es. forza → accelerazione

Mentre la prima riguarda ciò da cui un'entità è costituita, come il suo materiale o le sue parti componenti, la seconda 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: la forza agisce sul corpo 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 prime determinano la natura e le proprietà di un fenomeno, come l'essere un marito presuppone essere maschio; le seconde la sua esistenza o meno, come esiste un marito solo dopo la celebrazione del matrimonio;
- valide per singoli individui, come me e i miei genitori, tra cui sussiste una dipendenza “rigida”; oppure per intere classi, che sono di ancor maggiore interesse per l'ontologia, dando luogo a una dipendenza “generica”²⁶. Il mio corpo 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 inoltre affermare che la classe degli umani (a cui anch'io appartengo) dipende dalla classe delle cellule.

Sistemi

Consideriamo innanzitutto le dipendenze costitutive (→), come quella del tavolo dal legno. Si tratta di ciò che la filosofia tradizionalmente ha chiamato rapporto fra “materia e forma”, intendendo con “materia” qualsiasi costituente di un altro fenomeno e non soltanto il livello dei corpi materiali: anche una poesia è costituita da incorporei versi. È una dipendenza di tipo esistenziale, in quanto il fenomeno non potrebbe esistere in assenza dei suoi costituenti.

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.

²⁶ Tahko - Lowe, cit.; 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* 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.

Tra le dipendenze costitutive, è possibile distinguere la dipendenza *materiale* 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 *composizionale* (\Rightarrow) da dei costituenti discreti, che chiamiamo allora *parti* (ρ). Tocchiamo qui la fondamentale distinzione fra il continuo e il discreto: mentre il legno o il bronzo formano (a questa scala) una massa continua, i mattoni che costituiscono un muro sono parti discrete.

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. 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 *moduli* e, più avanti, osserveremo che danno luogo a proprietà particolari ($\rho \leftrightarrow \delta$).

Considerando nel dettaglio una singola classe di fenomeni, quasi sempre ci renderemo conto di poterla descrivere in termini di strutture formate da parti 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 una struttura formata da parti interagenti, come ha evidenziato la teoria generale dei sistemi di Bertalanffy e Boulding²⁷.

Bunge ha formalizzato i sistemi come insiemi di una composizione ρ , una struttura φ e un ambiente E : $\sigma = (\rho, \varphi, \varepsilon)$. 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 (ρ), 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 di un sistema 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. Oppure possono stabilire fra loro per *sinergia*²⁸ delle relazioni strutturali, dando vita allora a un *integrato* o con un ordine superiore di organizzazione, come

²⁷ 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*, ILI, 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.

²⁸ 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*, World Scientific, 2018.

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 complesso e articolato su diversi livelli.

La dipendenza compositiva comporta che i sistemi presuppongano le loro parti; non esistono 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 sono invece 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 fenomeni costituiti da parti di una stessa classe. Il diamante, la grafite, l'acqua ecc. sono tutti formati di atomi, anche se di diversa natura 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 le loro specifiche proprietà (hanno una certa 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 dipende infatti da 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 dipendenti l'uno dall'altro:

- ...
- atomi
- sostanze chimiche ← atomi
- ...
- cellule
- 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 realtà²⁹, altri ne colgono la rilevanza ontologica in quanto componenti della struttura reale del mondo.

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. Al contempo 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 *C*, ma anche le strutture *S* con cui sono connesse), ricadendo allora sui livelli precedenti: quando una sequoia 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.³⁰ I

²⁹ 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 ne’ livelli del reale” fra i colpevoli di errori nel canto 12o del poemetto *Le tribolazioni del filosofare*, Laterza, Roma-Bari 2014, segnalato da Ridi.

³⁰ 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.

“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 più attuali traduciamo con culturale)³¹ 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 Hartmann³². 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 online³³. 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, la storia o la pedagogia. Essi inoltre possono chiarire il dibattito sulla naturalità di classificazioni alternative, come quella biologica e quella agraria delle piante: queste infatti descrivono semplicemente proprietà delle piante a due livelli diversi – rispettivamente, la loro struttura organica e la loro utilità per l’uomo – che colgono entrambi dei “tipi naturali”³⁴; 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 ora rivolgerci a considerare come i livelli di fenomeni siano fra loro in relazioni di

Rubino, ISCE, Goodyear (AZ) 2008; Michael Kleineberg, Integrative levels, in *ISKO encyclopedia of knowledge organization*, eds. Birger Hjørland – C. Gnoli, 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.

³¹ Nicolai Hartmann, *Die Aufbau der realen Welt: Grundriß der allgemeinen Kategorienlehre*, de Gruyter, Berlin 1940; id., *Neue Wege der Ontologie*, in *Systematische Philosophie*, ed. N. Hartmann, Kohlhammer?, Stuttgart-Berlin 1942, trad. it. *Nuove vie dell’ontologia*, la Scuola.

³² 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 (Colorado) 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 *History and memory of the knowledge organization*, eds. Gustavo Saldanha - Tatiana de Almeida, in prep.

³³ *Integrative Levels Classification: research project*, <https://www.iskoi.org/ilc> 2004-; C. Gnoli, Integrative Levels Classification (ILC), in *ISKO encyclopedia of knowledge organization*, eds. C. Gnoli – Birger Hjørland, <https://www.isko.org/cyclo/ilc> 2020.

³⁴ Magnus, cit.; C. Gnoli, *Classification in the wider philosophical perspective of philosophical ontology*, SRELS, Bangalore, in prep.

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 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. Desideriamo però 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 –, cominciando 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 cellule, 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          genomi
l          cellule
m          organismi
mp         piante
mpj        muschi
mpn        felci
mpr        conifere
mpw        piante con fiori

```

n popolazioni

Questa rappresentazione esprime sia le dipendenze che l'inclusione nelle classi delle loro sottoclassi; infatti gli organismi comprendono le piante, che a loro volta comprendono le conifere:

$$mpr \subset mp \subset m.$$

La linearizzazione delle classi, 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 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 sarà quindi elencata prima dei fenomeni vitali; tuttavia gran parte delle rocce calcaree sono il risultato della decomposizione dei gusci calcarei di organismi marini, e in questo senso sono dipendenti anche dal livello della vita.

λ_1 materia
i rocce
i i t calcari ← m organismi
...
 λ_2 vita
m organismi

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 entità³⁵. Gli organismi sono sistemi che hanno tipicamente 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. Ricordando il principio di generalizzazione ottimale, possiamo dire 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; nella ILC esse sono:

³⁵ 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.

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

Ogni classe principale dell'ILC 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 come si è detto alla categoria fondamentale dei costituenti, e si esprimono perciò con mp7. Fra loro ci sono le radici mp7g. Le sottoclassi delle piante ereditano le loro faccette: mp r 7g 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 (ruota ↔ 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 regolare 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 di sussistere. Si tratta del processo comune che chiamiamo **selezione** ($\epsilon \Rightarrow \gamma$), 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. 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.

I sistemi in equilibrio sono dunque fondati su dipendenze efficienti ovvero causali. 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 ruote³⁶.

Si può dire che l'**informazione** nel senso più generale, che possiamo chiamare *informazione assoluta*, 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 animati³⁷. Nel considerare questi aspetti, l'ontologia che cerchiamo di sviluppare diventa così un'ontologia *informazionale*.

Moduli

Et tot vicibus, quod miscet ipsum diversimode, habet notitiam diversam ab ipso.³⁸

Occorre ora spiegare meglio che cosa intendevamo quando abbiamo accennato che alcuni sistemi di particolare interesse hanno come parti dei **moduli**. Possiamo pensare a qualunque sistema –

³⁶ 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*.

³⁷ 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>.

³⁸ "E ogni volta che [l'intelletto] lo combina in un modo diverso, ottiene da esso una diversa informazione" (Raimondo Lullo, *Arte brevis*, § 8, 1308).

materiale, vivente, culturale ecc. – che sia composto di numerosi elementi di tipo simile fra loro, però non tutti identici come succede nel caso delle molecole di carbonio, bensì appartenenti 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 questi 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: $\varrho_\delta = \{a, b, c, \dots\}$. 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 combinatorio³⁹. 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). 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 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 polipeptidi come le proteine hanno sia k che n più grandi e introducono così nel mondo naturale una maggiore complessità, dalla quale può emergere il livello della vita.

Sebbene ogni genere di cose possa essere descritto come un sistema, le particolarità dei sistemi modulari (δ) sono dunque 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 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

³⁹ Jacob (*Il gioco dei possibili*, p. 67) nota “il modo in cui la natura opera per creare la diversità: combinando senza fine gli stessi pezzi e gli stessi frammenti”.

forme: già Democrito paragonava infatti le innumerevoli disposizioni dei suoi “atomi” alle combinazioni di lettere dell’alfabeto⁴⁰.

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 elemento⁴¹. 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 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 insensata⁴².

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 la complessità combinatoria delle sequenze possibili di aminoacidi supera tale valore-soglia, diventa computazionalmente impossibile descrivere lo strato vivente in base alle sole leggi di quello fisico⁴³: per questo occorre studiarne le proprietà a un livello superiore. Allo stesso modo i livelli ulteriori potrebbero emergere sui precedenti per analoghe esplosioni combinatorie. Per Michael Polanyi il livello superiore opera un controllo selettivo sulle innumerevoli possibilità di combinazione che sarebbero altrimenti lecite secondo le leggi del livello inferiore⁴⁴.

Nella prospettiva di molti teorici dell’informazione contemporanei, ogni cosa potrebbe essere vista come una certa combinazione di informazioni elementari. John Wheeler⁴⁵ ha descritto questa

⁴⁰ 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.

⁴¹ Claude E. Shannon, A mathematical theory of communication, *Bell System technical journal*, 27: 1948, p. 379-423 e 623-656.

⁴² Jorge Luis Borges, La biblioteca de Babel, in *El jardín de senteros 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).

⁴³ 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/>.

⁴⁴ “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).

⁴⁵ John Archibald Wheeler, *A journey into gravity and spacetime*, Freeman, New York 1990; Paul Davies – Niels Henrik Gregersen eds., *Information and the nature of reality: from physics to metaphysics*, Cambridge University Press 2014; Riccardo Ridi, La piramide dell’informazione: una proposta. 1a parte. *AIB studi*, 60: 2020, n. 2, art. 12215,

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 informazione, espresse dalle equazioni che ne descrivono il comportamento. Altri descrivono la realtà fondamentale come “strutturale” ovvero “matematica”⁴⁶, 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 informazionale combinatorio 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 definitive⁴⁷, 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.

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, Gregory Bateson ha descritto l’informazione come “una differenza che fa differenza”⁴⁸. 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)⁴⁹. 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 fenomeni⁵⁰ che

<https://aibstudi.aib.it/article/view/12215>.

⁴⁶ 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.

⁴⁷ 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.

⁴⁸ 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 per il numero zero di una rivista digitale che non avrebbe avuto séguito il tema “Differente?”, contribuì con un articolo vagamente ispirato a queste idee: C. Gnoli, La significazione come differenza, *Il millantatore*, 0: 1999.

⁴⁹ Edgar Morin, *La méthode. 1: La nature de la nature*, Seuil, Paris 1977, tr. it. *Il metodo*, Feltrinelli, Milano 1983, 1, 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.

⁵⁰ Jonathan Culler, Structuralism, in *Routledge encyclopedia of philosophy*, <https://www.rep.routledge.com/articles/thematic/structuralism/v-1>.

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 ennuple 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 (es. lucentezza) del minerale risultante (pirite).

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 certo ruolo all'interno del sistema superiore. Abbiamo allora 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 ancora maggiormente in quelle degli insetti sociali.

Impronte

Tra gli innumerevoli sistemi modulari che abbiamo così definito, che sono semplicemente *sintattici* cioè formati di sequenze qualsiasi di elementi, sono particolarmente interessanti quelli che sono anche *semantici*, ossia che con le loro sequenze riflettono in qualche modo una realtà a loro esterna.

Tale modellazione dell'ambiente esterno avviene già con semplici interazioni causali, ma sembra richiedere la modularità. Infatti, mentre un meteorite che colpisce un corpo celeste indeformabile può alterarne la traiettoria (dipendenza efficiente) senza lasciare altre tracce, se invece le particelle della superficie del corpo sono in grado di assumere molte configurazioni spaziali diverse, si formerà un cratere che 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. Occorre cioè che un sistema sia modulare affinché esso si possa disporre in una forma complessa specifica a seconda delle influenze ambientali.

Nella nostra trattazione questi sistemi sono costituiti da moduli discreti, come i bit di Wheeler;

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”⁵¹ riferendosi genericamente a delle relazioni interne a un intero. Allo stesso modo ci potremmo chiedere se la costituzione dei livelli superiori debba necessariamente essere discreta, come nella sua rappresentazione matematica combinatoria, o possa anche consistere di forme continue. Per semplicità qui continueremo a utilizzare esempi discreti.

In questi sistemi, dunque, i moduli si dispongono in sequenze non arbitrarie, bensì dipendenti da situazioni esterne. Questo è possibile, chiaramente, 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:

$$\begin{array}{cccc} 4 & 2 & 6 & 4 \\ 9 & 0 & 1 & 7 \\ 0 & 3 & 2 & 3 \end{array}$$

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 causa efficiente. Dopo un certo tempo, la configurazione del sistema sarà diventata questa:

$$\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 3 \\ 4 & 2 & 2 & 4 \\ 9 & 3 & 6 & 7 \end{array}$$

Questa matrice, oltre ad essere il risultato di una serie di dipendenze efficienti, è già semantica nel senso che *rappresenta*⁵² 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”⁵³. Impronte relativamente banali, analoghe al

⁵¹ 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]).

⁵² 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).

⁵³ Dretske, cit.

nostro esempio astratto della matrice di cifre, si possono osservare già nella disposizione ordinata di ciottoli di dimensioni crescenti sulla battigia, che farebbero pensare a un ordinamento intenzionale mentre sono semplicemente selezionati dalla forza delle onde, o nell'accumulo di pietrisco ai lati di una strada per effetto del passaggio dei veicoli⁵⁴. 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 matematica⁵⁵. 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 categorie⁵⁶.

⁵⁴ 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).

⁵⁵ "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).

⁵⁶ "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 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 Vanbreemersch,

Inoltre, spesso ciò che viene modellato sono soltanto certi aspetti dei fenomeni, come succede in qualsiasi operazione di misura, mentre altri aspetti possono sfuggire al modello. 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 – ogni mappa è un'astrazione che non può mai essere dettagliata quanto il territorio che rappresenta –, cionondimeno esse 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, 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. 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. A meno che lo stampo venga a sua volta riprodotto, divenendo allora una vera e propria **memoria** (μ). La replicazione può avvenire a partire dalle impronte, che fungano a loro volta da stampo riformando un sistema modulare 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 complesse⁵⁷. È questa la grande innovazione apportata dai sistemi modulari in grado di

Memory evolutive systems, Elsevier, 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.

⁵⁷ "Without retaining this structural information, living beings would be as astronomically rare among random chemical

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 basi azotate funge così da stampo per una sequenza modulare complementare ($\mu \Rightarrow \delta$), a partire dalla quale si può riformare un altro individuo della prima sequenza ($\delta \Rightarrow \mu$). Abbiamo allora la comparsa di un nuovo genere di dipendenza formale: la dipendenza **replicativa** ($\mu \cup \mu'$).

Questo tipo di ciclo si presta a sviluppare dei ruoli differenziati per la memoria e per l'impronta: quest'ultima infatti, anziché un sistema modulare speculare al primo e della sua stessa natura, come una catena complementare di acido nucleico che originariamente poteva avere anche funzioni catalitiche⁵⁸, può essere ora un sistema autonomo di natura diversa, che chiameremo **esemplare** o copia (*copy*, κ): è quanto avviene per le proteine, che sono anch'esse sistemi modulari la cui sequenza di aminoacidi è controllata dagli acidi nucleici⁵⁹.

Utilizzando i termini della biologia, Boulding ha descritto questa architettura generale di sistemi come la separazione di un "genotipo" – la memoria – da un "fenotipo" – gli esemplari⁶⁰, mentre Marcia Bates li chiama rispettivamente "encoded information" e "embodied information"⁶¹. 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 organismi.

Variazioni

Oltre a diffondere gli esemplari conservandone così le forme per tempi più lunghi, l'esistenza di memorie comporta anche un altro nuovo fenomeno di grande rilevanza. Nel processo di replicazione infatti possono comparire, anche accidentalmente, delle **variazioni** nelle memorie

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.

⁵⁸ Walter Gilbert, Origin of life: the RNA world, *Nature*, 319: 1986, n. 6055, p. 618.

⁵⁹ Richard Dawkins (*The selfish gene*, Oxford University Press, 2006, trad. it. *Il gene egoista: la parte immortale di ogni essere vivente*, Oscar Mondadori, Milano 2007) suggerisce di considerare gli organismi come dei modi attraverso cui i geni riescono a riprodurre copie di sé stessi.

⁶⁰ 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).

⁶¹ "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>)

(mutazioni genetiche nei viventi, idee nella cognizione, innovazioni nella cultura). 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: 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 livelli⁶².

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”⁶³, ossia essere considerata un processo informativo. Vi possiamo individuare un ulteriore tipo di dipendenza formale, che presuppone quella replicativa, ora integrata con la comparsa di variazioni: è la dipendenza **genealogica** di una forma variante dalle forme antenate che la precedono nella sua linea evolutiva ($\mu \rightsquigarrow \mu'$).

Tutta la complessità dei livelli superiori 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.

Sistemi informati

Per quanto riguarda i processi di informazione, una memoria non interagisce direttamente con l'esterno, ma funge piuttosto da **modello**, ossia fonte di informazione che rispecchia per così dire passivamente alcuni aspetti del mondo, in modo simile alle semplici impronte; la configurazione degli esemplari stabili interagenti con l'esterno avviene invece attraverso una componente pragmatica, che chiameremo genericamente **informatore** o effettore (*t*). Nelle memorie è cioè possibile distinguere una funzione di modellazione del mondo (il DNA, l'esperienza, i saperi), sintetizzabile nella formula *know that*, da una funzione operativa di informatore (la sintesi proteica, la volontà, i metodi e le norme) che agisce sul mondo in funzione del modello e di valori parametrici di riferimento (omeostasi, felicità, consenso), sintetizzabile nella formula *know how*.

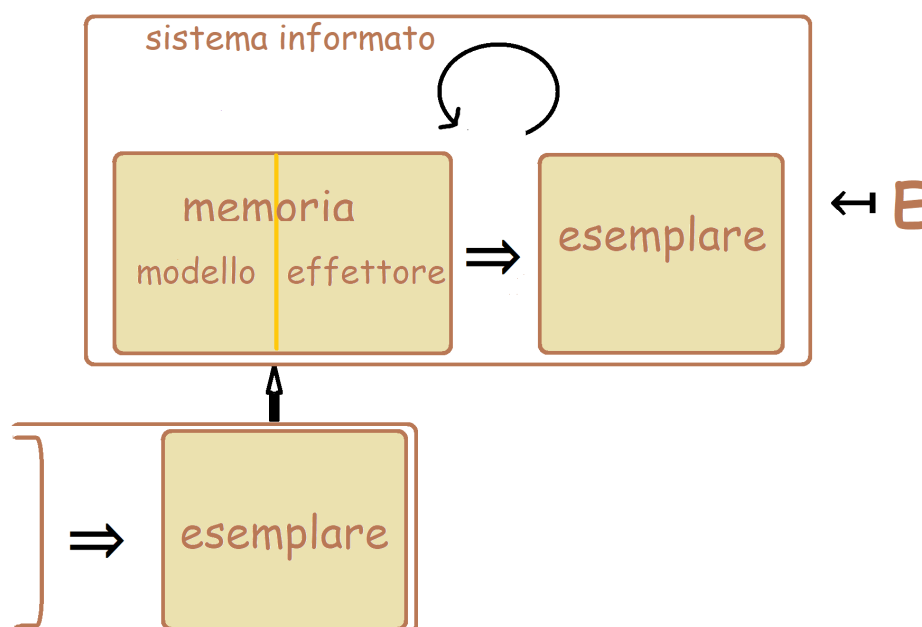
⁶² Donald T. Campbell, Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes, *Psychological review* 67: 1960, n. 6, p. 389-400; id., Epistemological roles for selection theory, in *Evolution, cognition, and realism: studies in evolutionary epistemology*, 1990, p. 1-19; Gary Cziko, *Without miracles: universal selection theory and the second Darwinian revolution*, MIT Press, 1995; 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”. 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 York 2023, p. 82-83.

⁶³ Gerhard Lenski, *Ecological-evolutionary theory: principles and applications*, Paradigm, 2005, poi Routledge, London-New York 2016, p. 43.

Le due funzioni di modello ed informatore appaiono peraltro 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 dal modo imperativo e relative a situazioni vicine, presenti e future su cui si può sperare di influire quali propositi, preghiere o auspici (la *facoltà*); Ruth Millikan le ha chiamate “rappresentazioni descrittive” e “direttive”⁶⁴. Il linguaggio di tutti i giorni è una commistione continua delle due componenti, più che una successione di due fasi separate.

Possiamo 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 replicazione e conservazione 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*): $\mu \Rightarrow \iota \Rightarrow \chi$; 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”⁶⁵, in accordo con il senso dinamico della parola *informazione* intesa come processo comunicativo di trasmissione, adottato da numerosi autori⁶⁶.



⁶⁴ Ruth Garrett Millikan, Pushmi-pullyu representations, *Philosophical perspectives* 9: 1995, p. 185-200.

⁶⁵ Peter Corning, Control information theory: the “missing link” in the science of cybernetics, *Systems research and behavioral science*, 24: 2007, p. 297-311, <https://complexsystems.org/publications/missing-link-in-the-science-of-cybernetics/>; l'idea di controllo tuttavia esprime la correzione di deviazioni da valori prestabiliti, mentre i sistemi informati possono evolvere in modi creativi.

⁶⁶ 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 semantico⁶⁷ – ossia una dipendenza formale – quello che determina il 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 sul quarto tipo di spiegazione di Aristotele, 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 qualcosa 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 replicazione⁶⁸. Nella prospettiva informazionale, tali corrispondenze funzionali si possono ricondurre al fatto che una memoria informi le disposizioni dei moduli nei nuovi esemplari ($\mu \Rightarrow \kappa$), che possiamo chiamare **dipendenza telica** o istruzione e che svolge appunto la funzione di far sopravvivere il sistema mediante la sua riproduzione. 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 ($\epsilon \Rightarrow \kappa$), che riproducono prevalentemente certe memorie, 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 possiamo 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 essi sono il risultato di sistemi informati.

Con i sistemi informati si è dunque venuta a creare un'architettura circolare di retroazione:

⁶⁷ 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, $\delta \Leftarrow \epsilon$; e una pragmatica: effetto sull'ambiente, $\delta \rightarrow \epsilon$ (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, $C \rightarrow S$ (Tullio De Mauro, *Lezioni di linguistica teorica*, Laterza, Roma-Bari 2008, p. 34-37). Il classico triangolo semiotico corrisponde nella nostra architettura a due dipendenze formali fra strati successivi: quella del linguaggio dalla cognizione e quella della cognizione dal 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, 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*.

⁶⁸ Ernst Mayr, Cause and effect in biology, *Science*, 134: 1961, p. 1501-1506, trad. it. in *Evoluzione e varietà dei viventi*, Einaudi, 1983, p. 188-205; 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.

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, nei sistemi cognitivi e in quelli culturali si sviluppa con variazioni ben più rapide, come le percezioni sensoriali che inducono un batterio ad allontanarsi da un ambiente con parametri chimici troppo 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 valle⁶⁹. Le retroazioni assumono particolare rilevanza a partire dai livelli viventi, anche se ne esistono pure in matematica (insieme di Mandelbrot), in fisica (radiazione del corpo nero, negativa) e in climatologia (come 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 ambientali⁷⁰, 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 quello della formazione del 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, poi con la velocità e flessibilità ancora maggiori⁷¹ di quelle cognitive e culturale. Ogni comparsa di un nuovo strato (vita, mente, cultura) apporta nuove possibilità combinatorie e quindi un nuovo spazio di forme esplorabili.

L'emergenza di nuovi livelli

Ricordiamo che le memorie, che stanno alla base dei sistemi informati, sono sistemi modulari costituiti per dipendenza compositiva da elementi di un livello di organizzazione 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 ($\mu_2 \rightarrow \mu_3$), i linguaggi sono combinazioni di elementi

⁶⁹ 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.

⁷⁰ Alfred W. Hübler - Timothy Wotherspoon, Self-adjusting systems avoid chaos, *Complexity*, 14 (2008), n. 4, p. 8-11.

⁷¹ "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).

gestuali e vocali del comportamento ($\mu_3 \rightarrow \mu_4$). In questo senso, un sistema informato non è altro che un processo di determinazione formale a un certo livello di organizzazione: livello che si è originato proprio con la comparsa di forme superiori di memorie.

Tipica dei sistemi informati è, si diceva più sopra, la dipendenza genealogica fra due stadi evolutivi successivi ($\mu \rightarrow \mu'$), come quella fra i mesoippici 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 consistenti, possiamo assistere 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 _q	animali
m _{qv}	cordati
m _{qv1}	rettili
m _{qv_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_{qx} sorella dei cordati, o addirittura una classe m_x sorella degli animali). Quando la genealogia comporta, magari attraverso cicli di retroazioni positive, cambiamenti con la comparsa di proprietà estremamente innovative, si arriva alla comparsa di un intero nuovo livello⁷², ovvero alla sua **emergenza** (*emergence*, con significato diverso da *emergency* nel senso di problema urgente), che possiamo considerare come un ulteriore tipo di dipendenza (ρ). In molti animali, con le reti di neuroni, sono comparse le facoltà cognitive che danno origine al livello della mente; e nel caso del particolare animale che è la specie umana, sono comparsi il linguaggio e le abilità tecniche che danno origine all'ulteriore livello della cultura⁷³. I livelli di sistemi informati dunque emergono al momento della comparsa di innovazioni evolutive particolarmente rivoluzionarie.

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 minori, ad esempio la vita λ_2 comprende le cellule 1, gli organismi m, le popolazioni n ecc.

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

⁷² 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.

⁷³ J.S. Huxley, Clades and grades, cit.

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).

Oggi la crescente attenzione, anche filosofica, al concetto di informazione⁷⁴ ci suggerisce di dare nuove interpretazioni al mistero della sovracostruzione e dell'emergenza forte. La relazione fra uno strato e l'altro, che non consiste solamente in una dipendenza compositiva, può consistere in una dipendenza formale: un isomorfismo nel quale lo strato superiore rispecchia, come avviene già nelle impronte, certe caratteristiche degli altri strati, ma ora mediante i moduli differenti che gli sono propri⁷⁵. I geni dei viventi modellano l'ambiente materiale nel quale gli individui dovranno abitare; le configurazioni di attività neurale dell'essere pensante a loro volta modellano gli strati inferiori; e i linguaggi degli esseri culturali modellano pensieri, organismi e materia con altri mezzi ancora. Ognuna di queste forme di modellazione avviene in un livello successivo di sistemi informati. Nel complesso, otteniamo dunque la serie degli strati della realtà: $\lambda_0 \nearrow \lambda_1 \nearrow \lambda_2 \nearrow \lambda_3 \nearrow \lambda_4$.

Si osservi peraltro che uno strato comparso con l'emergenza forte, come la vita, la mente e la cultura, oltre che lo strato sottostante può modellare anche quelli precedenti o successivi (il linguaggio descrive anche le pietre), con i quali è dunque in dipendenza formale ma non direttamente costitutiva ($\lambda_3 \Leftarrow \lambda_1$).

Chiamo *legge di Jacob*, da un passo rivelatore del grande biologo François Jacob⁷⁶, il fatto che lo

⁷⁴ 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 of knowledge organization*, eds. B. Hjørland - C. Gnoli, <https://www.isko.org/cyclo/information> 2021-.

⁷⁵ 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 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.

⁷⁶ “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 appartamento di via Lomonaco a Pavia; vedi anche John Maynard Smith - Eörs Szathmáry, *The major transitions*

sviluppo di un nuovo strato di sistemi informati 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 i genomi funzionino come una memoria per il livello dei viventi; nel livello 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 nel livello 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 gestuali, verbali o registrate che rimangono nell'uso, allorché altre espressioni non sono efficaci o non destano interesse e cadono nell'oblio⁷⁷.

Nel caso dei sistemi materiali è meno chiaro che cosa costituisca 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* della fisica, della chimica e della geologia, che si ritiene siano fondate nell'esistenza di certe *simmetrie* fondamentali del mondo⁷⁸.

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 informazionale, a permettere di conservare la

in evolution, Oxford University Press, 1995 (secondo cui le principali transizioni dipendono dall'espansione della quantità e dell'accuratezza con cui l'informazione è trasmessa fra le generazioni); e 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>. 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>).

⁷⁷ 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).

⁷⁸ Vincenzo Barone, *L'ordine del mondo: le simmetrie fisiche da Aristotele a Higgs*, 5a ed., Bollati Boringhieri, Torino 2013.

complessità dei livelli superiori senza che gli esemplari si disperdano in forme indistinte e instabili.

Tavola delle dipendenze

Con lo sviluppo di strutture sempre più complesse e interrelate, 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:

$\alpha \Leftrightarrow \beta$	d. logica , implicazione: es. pari \Leftrightarrow non dispari
$\varrho \rightarrow \varphi$	d. costitutiva , esistenziale: “materia” \rightarrow “forma”
$\varrho \rightarrow \varphi$	- d. materiale : es. legno \rightarrow tavolo
$\varrho \rightarrow \sigma$	- d. compositiva : parti discrete \rightarrow sistemi
$\varrho \Leftrightarrow \sigma$	-- d. strutturale : organi \Leftrightarrow organismi, macchine
$\varrho \leftrightarrow \delta$	-- d. combinatoria : moduli \leftrightarrow s. modulari (stringhe, matrici, tensori)
$\sigma \rightarrow \tau$	d. causale , efficiente, variazione: causa \rightarrow effetto
$\sigma \rightarrow \tau$	- influenza : parziale e essenziale
$\sigma \mapsto \tau$	- produzione , creazione: totale e esistenziale
$\sigma \gg \gamma$	- selezione : s. stabili, equilibri
$\sigma \Rightarrow \delta$	-- d. formale ($\mapsto \Rightarrow$): modello \Rightarrow impronte, autore \Rightarrow opera
$\delta \cup \mu$	--- replicazione ($\Rightarrow \rightarrow$): s.modulare \cup memoria, es. DNA \cup DNA, genitore \cup figlio
$\mu \rightsquigarrow \mu'$	---- evoluzione , d. genealogica: ($\rightarrow \gg \cup$): s. adattati
$\mu \Rightarrow \iota \Rightarrow \kappa$	---- d. telica , istruzione ($\cup \Rightarrow$): memorie \Rightarrow esemplari, s. informati
$\lambda \nearrow \lambda'$	----- emergenza , realizzazione, sovraformazione ($\rightsquigarrow \rightarrow$): livelli
$\lambda \nearrow \lambda''$	----- emergenza forte , sovracostruzione ($\rightsquigarrow \Rightarrow$): strati

Le dipendenze compositiva e formale sono forse le più importanti. 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/token \in classe/universale/tipo
- classe più specifica \subset classe più generale

- proprietà (classe o individuo⁷⁹)

Esse hanno a che fare con l'essenza dei fenomeni piuttosto che la loro esistenza. Non ci sembra il caso di includerle nelle dipendenze, sebbene in qualche caso questo venga fatto, affermando per esempio che un individuo dipende dalle sue proprietà, o che una classe dipende dai suoi individui⁸⁰.

I livelli di sistemi informati

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

modularizz. → {moduli}	variazione ~	modelli {moduli} $\mu \Rightarrow$	informatori $\iota \Rightarrow$	esemplari \varkappa	replicazione \cup selezione \gg
differenza, discretezza	premesse	dati {bit}	algoritmi	forme , disposiz. - strutt. algebriche	simmetrie
cosmogenesi	cause	energia {quanti}	campi di forze	materia - atomi {fermioni} - sost. chimiche - corpi {fasi} - oggetti celesti	leggi di conservaz. - cicli
adattamento	mutazioni	genomi {nucleotidi}	proteosintesi	vita , fenotipi - org. unicellulari - org. pluricellulari - popolazioni	eredità, riproduz. morte, sterilità \gg
cefalizzazione - ritualizzazione	sensi - stimoli - situazioni - fantasticherie - compagnie	mente , cogniz. {neuroni} - conosc. innata - esperienza, cosc. - pensiero, intuito - intersogg. {n.sp.}	volontà - istinti - desideri, reazioni - azioni - strategie	agentività {moduli comportam.} - riflessi - comportamenti - abitudini - socialità	apprendimento dolore, inibiz., dimenticanza \gg - imitazione
pertinentizz. - divis. lavoro - differenz. ruoli - ufficializzaz. - canoniz., formul. - formalizzaz. - pubblicazione	innovazione - invenzione - anticonformis. - riforme - profeti - creatività, immaginazione - ricerca	ling. descr., narr. {concetti,memi}{orale/reg.} - saperi empirici - conversaz., idiomi - dottrina, definiz. - miti, credenze - mimesi, espressione - teorie, KOS	linguaggio prescrittivo ragion pratica - tecnica, metodi, strum. - valori, morale, principi - atti, norme, potere es. - osservanza, celebraz. - suggestioni, messaggio - applicazioni, previsioni, indicazioni	p.culturale , civiltà ↔ beni e servizi, manuf. - società civile {ruoli} - enti, istituzioni ↔ usi, consuetudini ↔ gusti, stili, arte ↔ sapienza, scienza, opere intellettuali	insegnamento - apprendistato - educazione tabù \gg - autorità repressione \gg - tradizione, trasmis. - influsso - didattica, document. critica \gg

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,

⁷⁹ Le proprietà di individui sono anche dette *tropi*.

⁸⁰ 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.

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* (*entailment*, \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.

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 logico⁸¹.

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, bensì emergerebbe 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

⁸¹ “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.

aw	sistemi
b	campi quantistici
bg	campo gravitazionale
bl	campo elettromagnetico
bn	interazione debole
bs	interazione forte
c	spaziotempo
cb	tempo
cc	spazio

Proseguendo nello schema degli strati, la **materia** (λ_1) è uno strato che 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 inferiori delle particelle, degli atomi e delle molecole, che i nostri sensi non percepiscono direttamente. Ciò che noi percepiamo sono i corpi continui quali stelle, pianeti e altri aggregati, che possono trovarsi allo stato di plasma, di gas, di liquido, di solido; tra i corpi 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
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 il livello successivo determinando le forme che esso sviluppa, come i magmi di un vulcano (a noi risulta più intuitivo

pensare a forme stabili solide, ma anche liquidi e gas hanno proprietà formali). E le strutture stesse della matematica, che abbiamo posto come lo strato precedente, si potrebbero considerare il fondamento dello strato materiale, che notoriamente le rispetta, come viene osservato da chi constata il fatto sorprendente che “il mondo è matematico”⁸². Ma non è da escludere che esistano livelli sub-materiali che non ci sono ancora noti, i cui esemplari forniscano gli elementi per il livello materiale.

Neppure è ancora chiaro se allo strato materiale si possa già applicare pienamente il nostro schema di sistema informato. I suoi moduli più semplici possono consistere nei fermioni, le particelle dotate di massa, mentre gli esemplari consistono negli aggregati di massa che essi formano secondo i principi di combinazione identificati in fisica e chimica, chiamati al livello chimico *composti*. Sui composti materiali agiscono dall’ambiente certe forze, come quelle gravitazionali ed elettromagnetiche. La selezione $\epsilon \Rightarrow \sigma_1$ è data dalla maggiore o minore stabilità dei composti, e ciò che essi modellano 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 lunghi⁸³ (anche il semplice urto di una molecola produce una determinazione causale su un’altra molecola, variandone la traiettoria: ma in questo caso ancora manca un sistema modulare che possa modellare il primo sistema).

Sono forse le varie forme di energia, compresa l’energia potenziale, a portare nelle unità chiamate *quanti* 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. Resta da approfondire che cosa precisamente possa costituire una memoria di natura energetica con moduli di un livello pre-materiale capaci di combinazioni articolate, forse da associare ai quattro tipi di campi e forze (gravitazionale, nucleare forte, nucleare debole, elettromagnetico). Si tratterebbe, come si è accennato, di qualcosa di legato a ciò che chiamiamo leggi fisiche, intese però non come creazioni umane ma come principi di regolarità intrinseci alla natura, quali le simmetrie che si ritiene stiano a fondamento di tali leggi.

Quanto alla riproduzione di sistemi stabili, essa si verifica ogni volta che si ripresentano le stesse condizioni energetiche in presenza degli stessi elementi materiali. Una replicazione di strutture materiali si può osservare per esempio nella moltiplicazione sulla base di risonanze dei modi laser, fra i quali uno nella luce laser viene selezionato e domina⁸⁴; nell’accrescimento di cristalli di argilla che ripetono il modello iniziale, mantenendo una data irregolarità anche nelle parti nuove⁸⁵; negli

⁸² John D. Barrow, *Perché il mondo è matematico?*, Laterza, 1992.

⁸³ Carlo Rovelli, Memory and entropy, *Entropy*, 24: 2022, n. 8, <https://www.mdpi.com/1099-4300/24/8/1022/htm>.

⁸⁴ 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).

⁸⁵ Anche indipendentemente dalla teoria che li vorrebbe all’origine delle prime forme di vita: A. Graham Cairns-Smith, *The*

stessi cicli compiuti presso la superficie terrestre dalle sostanze chimiche (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, in quanto non sono presenti sistemi modulari con k e n abbastanza grandi, a differenza che nei livelli superiori.

Nei sistemi fisici chiusi l'entropia, ossia il disordine di moduli, non può che aumentare; nei sistemi aperti *dissipativi* è invece possibile, attraverso gli scambi con l'ambiente, una diminuzione locale di entropia con auto-organizzazione di strutture complesse, quali i cicloni o la reazione chimica oscillante di Belousov-Zhabotinsky. Eigen⁸⁶ 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 influisca a sua volta sulla riproducibilità del replicatore, determinando così un *iperciclo* che si può rappresentare con equazioni differenziali.

Osservando fenomeni di questo genere appare ormai abbastanza chiara l'emergenza dalla materia dello strato della **vita** (λ_2), caratterizzato dalle configurazioni di acidi ribonucleici (RNA, DNA) organizzati in geni, che vengono "trascritti" e poi "tradotti" nelle proteine alla base di tutti gli organismi – dai semplici batteri agli esseri pluricellulari con la loro meravigliosa varietà di alghe, funghi, piante ed animali. Le memorie genetiche μ_2 hanno per moduli quattro basi azotate di natura chimica (adenina, citosina, timina, guanina) che possono disporsi in lunghissime catene in qualsiasi sequenza sintattica. Il codice genetico consiste nella corrispondenza biochimica di ogni sequenza di tre basi azotate con un certo aminoacido: nel processo effettore della sintesi proteica ($t_2 \Rightarrow \kappa_2$), la sequenza delle basi azotate – i moduli dei geni – 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.

È noto che le forme viventi si articolano in diversi livelli, composti gli uni degli altri, ciascuno con le innumerevoli forme della biodiversità:

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.

⁸⁶ *Gradini verso la vita*, cit.

k	geni ⁸⁷
kh	cromosomi
ki	plasmidi
km	genomi
kv	virus
l	cellule
lh	archei
lk	eubatteri
lu	cellule eucariote
m	organismi
mn	funghi
mo	alghe rosse
mp	piante
mq	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'interazione dei fenotipi con l'ambiente $\varepsilon \succ \kappa_2$ 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 il loro genotipo, attraverso la riproduzione degli individui $\kappa_2 \cup \kappa_2'$, contribuendo così alla sua diffusione. Anche i genotipi man mano sussistenti si possono perciò vedere come rappresentazioni indirette dell'ambiente in cui si trovano gli organismi, essendo per così dire retro-informati dagli esemplari selezionati che li hanno riprodotti⁸⁸.

L'evoluzione per selezione scoperta dai biologi viene oggi riconsiderata in senso più generale, ossia esteso agli altri livelli, come “il destino a lungo termine dell'informazione trasmissibile in un contesto economico”⁸⁹. La prospettiva informazionale è stata già intuita 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

⁸⁷ Geni, 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.

⁸⁸ 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).

⁸⁹ Niles Eldredge, Material cultural macroevolution, in *Macroevolution in human prehistory: evolutionary theory and 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”.

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!⁹⁰

Alcune unità proteiche dei viventi si sono specializzate nel legarsi a corpi estranei in modo da 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. Si hanno dunque dei sensori capaci di modificare i modelli fissi prodotti dalla memoria genetica.

In alcuni organismi – gli animali – si è poi sviluppato un modo ulteriore di rappresentare l'ambiente esterno, utilizzando configurazioni di attivazione di neuroni, particolari cellule capaci di connettersi in complesse reti che offrono un numero incalcolabile di percorsi alternativi. In altre parole, un particolare aspetto degli esemplari del livello organico si è a sua volta modularizzato divenendo un nuovo tipo di memoria ad un livello successivo – una dinamica che ritroveremo negli strati superiori, come si vede nella prima colonna della nostra tabella. Emerge così lo strato della cognizione σ , con il termine più tradizionale usato per la sua componente di memoria, della **mente** (λ_3), i cui elementi sono esperienze coscienti semplici (*qualia*). La complessità dei sistemi nervosi e degli organismi da cui sono portati implica che la mente, pur riproducendo molti aspetti dell'ambiente, contribuisca anche attivamente a costruirne dei modelli secondo regole proprie, quali le categorie logiche innate; anch'esse peraltro si sono evolute in modi adattativi e non arbitrari, il che fornisce una base attendibile all'epistemologia, come si diceva in apertura⁹¹.

È noto come gli esseri capaci 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 (gli effettori ι_3), dando luogo all'*agentività* con comportamenti più o meno complessi (gli esemplari κ_3). L'evoluzione ha portato dalle coordinazioni motorie involontarie presenti fin dagli animali più semplici a quelle controllate dal cervello e in parte adattabili attraverso l'apprendimento individuale. Questa adattabilità

⁹⁰ Lorenz, *L'altra faccia dello specchio*, 0.2, p. 24.; 1.2, p. 52. L'idea di una "immagine" è avanzata anche da Kenneth Boulding, *The image: knowledge in life and society*, University of Michigan Press, Ann Arbor 1956.

⁹¹ "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.

rapida è una caratteristica innovativa dei sistemi informati dello strato mentale, in quanto oltre al controllo ereditario degli istinti è presente il controllo variabile dell'apprendimento. I dati sensoriali vengono continuamente confrontati con valori ottimali di riferimento e con la memoria appresa, per aggiustare di conseguenza i comportamenti. 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 dei livelli superiori (nel livello culturale essi saranno rappresentati da meccanismi di tabù, censura e critica che tendono a sfavorire la replicazione di alcune concezioni a vantaggio di altre).

Il comportamento è infatti una combinazione di coordinazioni innate e apprese, anch'esse regolate da una certa "grammatica" secondo il termine significativamente adottato dal fondatore dell'etologia umana, Irenäus Eibl-Eibesfeldt⁹². Una delle attività degli etologi è registrare su schede di osservazione le sequenze di comportamenti semplici (spostarsi, cibarsi, comunicare...), per poi analizzare statisticamente, ad esempio, quali comportamenti facciano seguito più spesso a quali altri⁹³: si tratta chiaramente delle regole di combinazione di un sistema modulare.

Le principali sottoclassi relative a comportamenti e cognizione nella ILC 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
pl	consapevolezza
po	cognizione s.s.; intelligenza
ps	sé

Tra i possibili comportamenti è compresa la comunicazione con altri animali della stessa o di un'altra specie: la sua natura informazionale ci è particolarmente evidente. I segnali si sono evoluti attraverso processi di *ritualizzazione*, una modularizzazione che ha fissato ed enfatizzato comportamenti

⁹² 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.

⁹³ 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.

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 identificata la ritualizzazione è quello sul corteggiamento dello svasso maggiore, un uccello degli specchi d'acqua europei⁹⁴.

I linguaggi gestuali e vocali, di cui alcune caratteristiche sono già presenti in famiglie animali come cefalopodi, api, passeriformi e primati, hanno avuto 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 è passati al dominio della terza funzione: quella *referenziale*, capace di indicare oggetti terzi fra loro distinti, come la natura volante, camminante oppure strisciante di un predatore avvistato; comunicazione che gli etologi non casualmente definiscono “semantica”⁹⁵. Con il linguaggio, l'uomo può fare riferimento anche a oggetti non direttamente presenti sul posto, come un animale ubicato in una zona non visibile, condividendo con i compagni informazioni utili; compare cioè un'associazione convenzionale fra un segnale trasmesso da emittitore a ricevitore e un oggetto terzo⁹⁶.

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 singolo⁹⁷; quando queste si rivelino particolarmente efficaci, ad esempio perché modificano degli oggetti in modi utili ad impiegarli come strumenti, la scoperta del singolo può così diffondersi rapidamente nella popolazione (*innovazione*). 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

⁹⁴ 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. più sotto le nostre considerazioni sulla modularizzazione.

⁹⁵ 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.

⁹⁶ 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.

⁹⁷ 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*, Farrar Straus and Giroux, New York 2007., trad. it. *I neuroni specchio: come capiamo ciò che fanno gli altri*, Bollati Boringhieri, Torino 2008.

ombre cinesi – mediante simboli visivi e orali⁹⁸, vere e proprie rappresentazioni iconiche delle forme del mondo esterno.⁹⁹

Nell'uomo la conoscenza del singolo basata soltanto sulla propria esperienza può moltiplicarsi divenendo parte di una conoscenza collettiva condivisa e trasmessa socialmente: nasce il nuovo strato della **cultura** (λ_4). Il convogliamento di informazioni cognitive condivise attraverso il linguaggio dà luogo a un *ideale*, codificato in informatori di tipo prescrittivo – metodi, norme ecc. – che determinano le forme degli esemplari culturali. Comportamenti tradizionali appresi da conspecifici, descritti dai biologi come “culture”, sono presenti già in svariate specie animali¹⁰⁰, ma in quei casi si trasmettono attraverso interazioni intersoggettive e imitazione senza ancora un linguaggio referenziale.

I livelli culturali

I linguaggi simbolici sono le nuove memorie (μ_4) che permettono lo sviluppo dello strato culturale. Grazie a tali memorie gestuali, verbali o registrate, le comunità umane si trasmettono e accumulano abilità e conoscenze assai più sofisticate di quelle dei loro parenti scimmieschi. Anche in questo caso, la funzione di informatore delle memorie fornisce istruzioni per produrre degli esemplari adattati al mondo¹⁰¹.

Un primo aspetto dello strato culturale si manifesta nelle tecniche produttive collettive. Le memorie consistono in questo caso nella loro concezione progettuale, ossia in combinazioni di azioni concepite per risolvere uno specifico problema. Mentre nelle scimmie antropomorfe la progettualità (*insight*) era esercitata perlopiù individualmente, nel ramo degli ominini apparso circa 6 milioni di anni fa essa è spesso praticata imitando le strategie di altri individui e dimostrando maggiori capacità previsionali. Proprio questa 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 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 nonché di aree del lobo parietale sinistro (area di

⁹⁸ Marcel Jousse, *Anthropologie du geste*, Gallimard, Paris 1974, trad. it. *Antropologia del gesto*, Edizioni paoline, Roma 1979.

⁹⁹ 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.

¹⁰⁰ Kevin N. Lala - Tobias Uller - Nathalie Feiner - Marcus Feldman - Scott F. Gilber, *Evolution evolving: the developmental origins of adaptation and biodiversity*, Princeton University Press, 2024.

¹⁰¹ Harry J. Jerison, *Evolution of the brain and intelligence*, Academic Press, New York 1974; “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. E' 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*, p. 99-100).

Broca, area di Wernicke e adiacenti) che significativamente corrispondono a quelle dei neuroni-specchio nelle scimmie¹⁰².

Nelle culture umane, le memorie da progettuali diventano linguistiche, intendendo con *linguaggio* (nonostante che il termine ci evochi soprattutto i simboli vocali) l'ampio insieme di espressioni gestuali, verbali e registrate nelle quali vengono memorizzate e trasmesse le informazioni di interesse culturale. La capacità linguistica si è potuta sviluppare nell'uomo anche 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 antropomorfe¹⁰³. 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, e in séguito registrato graficamente.

Secondo la visione pragmatista di John L. Austin, John Searle e altri¹⁰⁴, qualsiasi contenuto del linguaggio ha una funzione pratica, che sia esplicita o meno: non solo “passami il sale” è una richiesta pratica, ma anche affermazioni apparentemente neutre sul mondo come “oggi piove” – la componente modello know-that – sono in realtà *atti linguistici* (*speech acts*) compiuti con una qualche funzione di comunicazione sociale. Questo aspetto rende bene conto della funzione del linguaggio come memoria-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, ad esempio nelle interiezioni; 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 di cui tratteremo per ultima, 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.

La cultura si serve anche di *mezzi*, ossia strumenti materiali attraverso i quali può realizzare le proprie funzioni. Nella produzione i mezzi sono costituiti da utensili più o meno sofisticati utilizzati dall'uomo per produrre beni e servizi: attrezzi, case, veicoli ecc.; molti di essi quali sono stati a loro volta prodotti dalla tecnica umana¹⁰⁵. Le stesse memorie linguistiche necessitano di vettori materiali nei quali sono codificate: i movimenti del corpo stesso, le onde sonore o i supporti nei quali ci si scambiano dei documenti, cioè delle espressioni linguistiche registrate (non importa se in forma di immagini, di

¹⁰² Michael C. Corballis, *From hand to mouth: the origins of language*, Princeton University Press, 2002, trad. it. *Dalla mano alla bocca*, Cortina, Milano 2008.

¹⁰³ Sverker Johansson, *Origins of language: constraints on hypotheses*, Benjamin, Amsterdam-Philadelphia 2005; id., cit.

¹⁰⁴ 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.

¹⁰⁵ 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.

suoni o di parole: dalle grotte di Lascaux a *Wikipedia*) capaci di trasmettere le informazioni attraverso tempi e spazi più ampi di quelli coperti da un singolo individuo.

Tutte queste memorie simboliche permettono l'espressione degli esemplari culturali (κ_4), collettivamente indicati come il *patrimonio culturale* o la *civiltà*, o anche le "arti" nel senso lato un tempo in voga: organizzazioni sociali e istituzioni, cerimoniali, espressioni creative e strutture intellettuali. Si tratta di un genere di sistemi informati più astratto dei precedenti, che conferisce alla vita dei membri di una cultura le sue forme specifiche.

q	linguaggio
r	produzione
rj	allevamento
rl	agricoltura
rq	miniere
rt	industrie
s	servizi
sd	alloggio
sf	abbigliamento
sh	sanità
sr	commercio al dettaglio
st	logistica; trasporti
t	società civile; istituzioni
u	enti politici; governi
v	enti giuridici; aziende
w	consuetudini; tradizioni
x	arti creative
y	erudizione; scienze; conoscenza pubblica

Di questi aspetti della cultura elencati nella ILC, solo alcuni stanno in realtà nel consueto rapporto di dipendenza compositiva che individua i sotto-livelli dei livelli precedenti: tali possiamo considerare nell'ordine le famiglie, i clan, i gruppi sociali, i popoli e le nazioni, gli stati, le organizzazioni internazionali. Gli altri aspetti, come le imprese produttive, i servizi, le consuetudini, le arti e le scienze, contribuiscono a formare la cultura con un altro tipo di dipendenza costitutiva, ossia la dipendenza strutturale: sono cioè organi che tutti insieme fanno funzionare, ognuno per il proprio aspetto, le civiltà umane: $(r, s, t, u, v, w, x, y) \rightarrow \kappa_4$. Sono componenti dei quali tutti abbiamo esperienza quotidiana, che osserviamo ora nel séguito sotto i loro aspetti informativi.

La capacità umana di imitare sequenze di attività, collegando in una catena causale diverse operazioni apprese da altri individui, ha portato alla peculiare tendenza della nostra specie a sviluppare dei saperi empirici, non ancora formalizzati in un corpus scientifico ma basati sulla raccolta di esperienze trasmesse perlopiù oralmente, come "il legno brucia bene", "i cachi maturano più in fretta se tenuti accanto alle mele", o "i caprioli usano uscire ai margini del bosco al tramonto". Essi costituiscono le componenti modello, di cui i corrispondenti informatori sono *metodi* e *tecniche*, chiamati in ambiti particolari anche *progetti*, *ricette*, *artifici*...: ossia, nell'insieme, procedure per la realizzazione di attività organizzate di gruppo (*imprese*) capaci di produrre servizi per la collettività. Con "progetti" non

intendiamo qui riferirci necessariamente ai progetti degli ingegneri professionisti, memorizzati sui supporti cartacei o digitali diffusi nei tempi più recenti: ma più genericamente alla concezione e all'imitazione di una certa architettura (intesa in senso assai generale: si parla infatti non soltanto di "architettura" degli edifici ma anche, ad esempio, di "architettura dei calcolatori") secondo la quale è possibile realizzare dei *prodotti* che risultino funzionali. I metodi possono comprendere sia insiemi di azioni e di coordinazione fra gli individui, sia la produzione di beni mediante l'assemblaggio di determinati componenti materiali, utilizzati a loro volta come moduli: ne offrono esemplificazioni lampanti 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.

Nella tecnologia la modularizzazione è un processo evolutivo particolarmente evidente, 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 già le sole azioni che compongono i servizi per la collettività sono da considerare come moduli ricombinabili dell'organizzazione sociale. Anche in questi casi, si tratta della ricomparsa di elementi dei livelli precedenti (componenti materiali come nell'ingegneria classica, entità viventi come nelle biotecnologie, o comportamenti in genere) che diventano ora moduli del nuovo livello.

Le modalità di cooperazione, assemblaggio di materiali e utilizzo di strumenti man mano acquisite costituiscono dunque gli informatori della componente tecnica, il cui sviluppo caratterizza le diverse fasi della storia umana. Certi insiemi di metodi permettono di realizzare *servizi* quali la ristorazione, l'alloggio, l'abbigliamento, l'assistenza medica e sociale, la guardiania, che sono esemplari stabili in quanto strutturati in modo tale adeguarsi ad una certa realtà. 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 del livello della cultura tecnica¹⁰⁶.

Un termine generale per indicare ogni tipo di realizzazioni materiali della tecnologia è *manufatti* (in inglese *artefacts*). Questo termine fa pensare specialmente ai beni durevoli (*durables*) prodotti per essere riutilizzati successivamente, magari anche oltre l'arco della vita degli individui; ci sono tuttavia anche i beni di consumo, come le preparazioni gastronomiche o i carburanti, che sono fatti per essere impiegati una sola volta. Ci sembra quindi più significativo definire gli esemplari del livello tecnico concentrandosi sulla nozione di servizio, che può realizzarsi anche nell'utilizzo di determinati beni. Anche la cultura tecnica può dunque essere analizzata come sistema informato dotato di memorie ed esemplari: Boulding ha infatti considerato i beni prodotti dalle attività economiche come il "fenotipo"

¹⁰⁶ Lenski, cit.

dell'economia¹⁰⁷, ossia gli esemplari su cui agisce la selezione, a loro volta prodotti dalla memoria delle concezioni progettuali.

Entro il macro-livello del patrimonio culturale, gli antropologi notoriamente distinguono una componente materiale – appunto i manufatti, come muraglie e automobili – e una componente immateriale, che è prodotta nei successivi organi dei sistemi informati. Il patrimonio culturale immateriale (*intangible heritage*) è rappresentato da tutte le invenzioni istituzionali, artistiche e intellettuali dell'ingegno umano.

Le unità linguistiche su cui si fondano i componenti immateriali della cultura sono *simboli*, contenuti tanto in espressioni gestuali e verbali quanto in manifestazioni e oggetti materiali impiegati con scopi comunicativi: il colore della tonaca dei sacerdoti, la struttura ritmica e posturale delle danze... Come i segnali animali di espressione e appello si sono modularizzati per ritualizzazione, così i simboli lo fanno per convenzionalizzazione o pertinentizzazione¹⁰⁸, cioè fissazione di certe espressioni che vengono riconosciute come significative dai membri del gruppo: tale processo è stato ben 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" consente la distinzione fra /b/ e /p/); analoghi tratti pertinenti sono poi stati studiati in altre aree della linguistica¹⁰⁹ 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 combinazioni¹¹⁰.

Il fatto che certi tratti culturali divengano dei moduli fa sì che essi, per migliorare l'efficacia informativa, tendano a venire accentuati, in modo da essere meglio distinti dagli altri: è il *principio dell'antitesi* già colto da Darwin¹¹¹, che possiamo forse 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,

¹⁰⁷ Boulding, *Economic development...*, cit.

¹⁰⁸ R. Burling, *The talking ape: how language evolved*, Oxford University Press, 2005.

¹⁰⁹ 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»).

¹¹⁰ 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.

¹¹¹ 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.

nell'ambito di un processo di meccanizzazione. I gesti che hanno assunto valore simbolico sono infatti enfatizzati e quasi esagerati, rispetto alle caratteristiche più sfumate e complesse che avevano nella loro funzione originaria: se per mordere capita nel contesto di altri movimenti di lasciar apparire i denti, per minacciare questi vengono invece nettamente ostentati.

Anche nelle manifestazioni linguistiche più complesse come frasi, discorsi e testi si possono riconoscere unità che funzionano come moduli già pronti da applicare alle diverse situazioni: è il caso delle frasi fatte, dei proverbi, delle *formule* e dei ruoli di *attanti* utilizzati nei racconti¹¹². Nelle culture orali, certi gesti assumono particolare valore simbolico e si fissano come tradizionali e rituali attraverso il consueto processo di modularizzazione, che qui è chiamato di “canonizzazione”¹¹³.

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)¹¹⁴. 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.); mentre gli informatori consistono in *principi, regole e norme* sia orali che scritte: prassi, principi morali, regolamenti, leggi, che indicano come organizzare la vita sociale e intellettuale in modi efficaci. Loro elementi modulari sono determinati *valori* che in esse vengono variamente combinati. Anche tali insiemi di regole sociali vengono comunicati da un individuo all'altro attraverso i linguaggi.

¹¹² 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.

¹¹³ “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.

¹¹⁴ 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*, SRELS, Bangalore in prep.

In base alle regole, un determinato status civile quale un'alleanza, un sacerdozio o la presidenza di uno stato può entrare in vigore attraverso una *dichiarazione*¹¹⁵, ossia un'espressione linguistica che utilizza simboli gestuali, verbali o registrati per affermare certi rapporti fra persone in modo *pubblico*, cioè dinanzi a un certo numero di testimoni anziché solo fra due individui come avviene nella comunicazione corrente. In forza di tale dichiarazione, le persone si comporteranno coerentemente in modo da rispettare le funzioni dei ruoli che sono stati assegnati, temporaneamente o stabilmente. La capacità di imitare, già presente nelle forme più avanzate di cognizione, è ancora qui un presupposto che assicura la ripetizione di tali rapporti, ora però indirizzati dalle dichiarazioni pubbliche: anziché imitazione di atti individuali, si tratta ora di imitazione che si conforma a uno schema di rapporti nell'insieme del gruppo sociale trasmessi esplicitamente nell'insegnamento. Un terzo genere di imitazione, l'imitazione dell'ambiente esterno, darà luogo agli ultimi componenti della cultura con i mentefatti.

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, la cui struttura è adattativa in quanto funzionale ai contesti ambientali e storici (essa infatti varia 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 veri e propri, 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.

Con lo sviluppo storico delle civiltà, molti mentefatti sono stati progressivamente fissati mediante l'utilizzo di manufatti. Le memorie linguistiche hanno cioè utilizzato anche dei mezzi materiali nei quali vengono registrati e trasmessi dei *contenuti* informativi. Queste *opere (works)* materiali e concettuali 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"¹¹⁶.

In particolare le arti creative, oltre che con 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

¹¹⁵ Searle, cit.

¹¹⁶ Nicolai Hartmann, *Das Problem des geistiges Seins*, de Gruyter, Berlin 1933, trad. it. *Il problema dell'essere spirituale*, la Nuova Italia, Firenze 1971; Popper – Eccles, cit.

soddisfano un senso estetico. Nelle teorie e sistemi concettuali (KOS) che modellano l'ambiente esterno i contenuti trasmessi sono invece conoscenze sul mondo, che sono informate dal linguaggio simbolico spesso 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 antilopi¹¹⁷. 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. 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.

Abbiamo noi stessi esperienza di come anche nel caso dei documenti la varietà e fluidità dell'informazione mentale e di quella orale, per poter essere registrate o trasmesse nel nuovo mezzo, siano costrette a irrigidirsi fissandosi in nuove forme: un passaggio nel quale si perdono molte sfumature, mentre in cambio si raggiunge una maggior durezza. 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 effettivamente una trasformazione epocale dalle profonde implicazioni, successivamente analizzate da altri studiosi¹¹⁸. Recentemente stiamo assistendo a un'ulteriore innovazione con la diffusione dell'informazione digitale, i cui moduli sono byte e pixel.

La specificità del livello del sapere

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 nei diversi livelli della realtà ci appare qui particolarmente evidente. Più sottile è invece la loro

¹¹⁷ 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.

¹¹⁸ 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.

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 l'ontologia dei livelli culturali, ha rivolto l'attenzione ai documenti o “iscrizioni” in quanto prodotti sociali fissati su un supporto, vi ricomprende poi anche gli accordi verbali che invece non utilizzano linguaggi registrati e si “iscriverebbero” solo nelle menti degli individui¹¹⁹; a noi sembra più preciso, con Searle, riferirsi alla nozione più generale di linguaggi simbolici, che possono ricomprendere tutti i tipi di memorie, tanto gestuali e verbali quanto registrate in documenti, dalle quali sono informati i diversi fenomeni culturali.

Nell'ambito culturale occorre anche definire con maggiore precisione le differenze fra manufatti, sociofatti e mentefatti, che qui abbiamo soltanto iniziato a delineare. Oggi questo grande strato della realtà, elencandolo dopo quelli materiale, vivente e mentale, viene spesso indicato sommariamente come “sociale”, e i fenomeni che gli appartengono sono spiegati quasi esclusivamente con l'influenza sul pensiero degli individui che verrebbe esercitata dai gruppi ai quali appartengono; tuttavia quello della società civile è soltanto uno dei componenti della cultura, che occorre analizzare in modo più completo considerando pure, come abbiamo visto, la conoscenza tecnica, quella espressiva e quella intellettuale, ognuna dotata anche di dinamiche proprie. Mi è accaduto di favorire l'incontro fra un suonatore giapponese e un costruttore di strumenti che parla solo italiano: idiomi e società diversissimi, eppure si sono capiti a suon di note.

Le categorie di questi componenti vengono spesso confuse. La cultura nel suo insieme, come abbiamo visto, viene informata da modelli che posso assumere forme svariate, ma si trasmettono grazie ai linguaggi gestuali, verbali e scritti. Essa è oggetto dell'antropologia culturale, nel cui ambito sono nati i concetti di patrimonio culturale materiale e immateriale, che si concentra perlopiù sulla componente delle consuetudini pur considerando anche gli aspetti tradizionali dei manufatti, delle arti e delle scienze. Ai contenuti informativi trasmessi nel patrimonio culturale occorrerebbe dedicare una disciplina specifica in buona parte ancora da sviluppare, connessa probabilmente sia all'archeologia e alla paleografia – che si dedicano alla decifrazione delle opere prodotte in passato – che ai campi più recenti della *heritage science*, della documentazione e delle scienze dell'informazione in senso stretto¹²⁰.

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 realtà¹²¹. Anch'essi 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 al livello linguistico dei termini che li esprimono, la nostra prospettiva sembra al contrario indicare che i concetti siano il frutto degli scambi linguistici delle

¹¹⁹ Maurizio Ferraris, *Documentalità: perché è necessario lasciar tracce*, Laterza, Roma-Bari 2009.

¹²⁰ Bates, cit.; David Bawden – Lyn Robinson, *Introduction to information science*, 2nd ed., Facet, London 2018.

¹²¹ “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).

comunità scientifiche e si situino appunto nella componente più avanzata, quella del sapere, del quale sono le unità. La loro natura dunque non è genericamente linguistica né tantomeno mentale, bensì specificamente intellettuale.

I saperi condivisi si fondano sulla formazione di un *consenso*, i cui elementi hanno in effetti natura sociale: gruppi di dimensioni sufficientemente grandi, assenza di coercizione, inclusione di attori diversi e indipendenti, oltre all'appoggio su prove originate da diverse linee di ricerca¹²². Il componente della società civile ha dunque effetti anche su quello dei saperi, 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 tutto il livello culturale, 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 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 affermare che l'analisi del patrimonio scientifico debba avvenire esclusivamente con i metodi della sociologia, come assumono implicitamente 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 dell'erudizione.

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*¹²³) utilizzando svariate basi sociali per giungere agli stessi risultati. La distinzione fra società e contenuti intellettuali diventa particolarmente evidente in casi come quello del matematico Grigorij Pereľman, che ha dato un grande contributo al livello dei mentefatti 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 dalle altre componenti della cultura appaiono essere:

– la ricerca attiva di nuova conoscenza, attraverso l'azione deliberata di scienziati, filosofi ed altri eruditi, anziché soltanto recepirla 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;

¹²² 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.

¹²³ John Bickle, Multiple realizability, in *Stanford encyclopedia of philosophy*, 1998, substantive rev. 2020, <https://plato.stanford.edu/entries/multiple-realizability/>.

– 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 còlti, 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 conoscenze (a differenza di una lista della spesa o un segnale di divieto di sosta, che non si conservano nelle biblioteche): è questo l’aspetto di interesse specifico dei campi della bibliografia¹²⁴ e della documentazione, recentemente denominati *library and information science (LIS)* e oggi spesso rivolti (in proporzione fin troppo dominante) alle implicazioni delle tecnologie digitali sullo scambio delle conoscenze. 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 in modi più sofisticati quali classificazioni, tesauri e ontologie).

Studi sulle caratteristiche e le dinamiche dell’erudizione (*learning, scholarship, science, knowledge*) sono stati avviati da vari autori¹²⁵, sebbene raramente sistematizzati. Alcuni opportunamente 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 del livello delle scienze sia effettivamente fondata anche su quello della società civile, ho mostrato come appellarsi a quest’ultimo non sia sufficiente ad esaurirne la comprensione, e come sempre il livello più alto richiede di essere considerato specificamente nelle sue proprietà autonome.

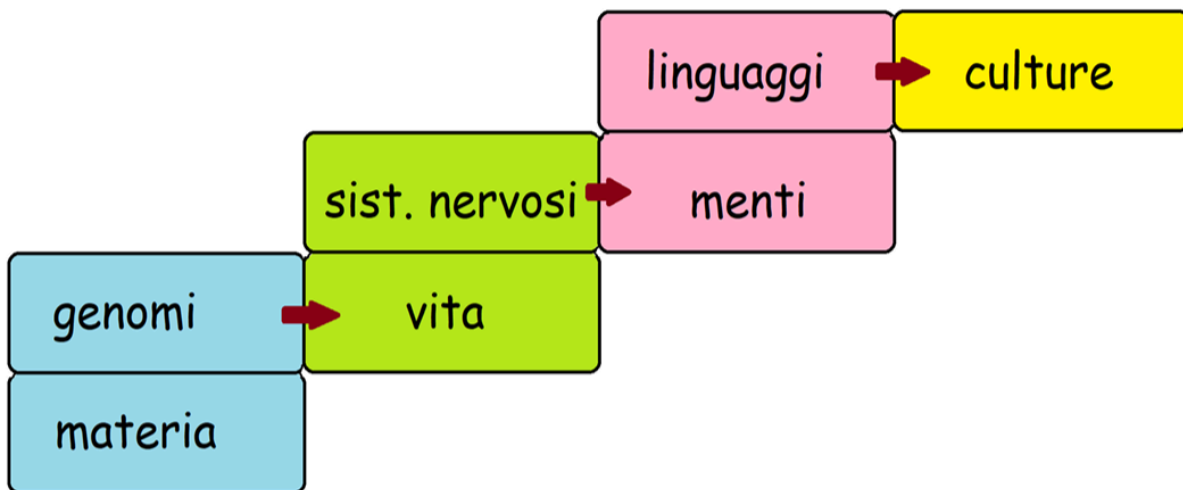
¹²⁴ Specialmente nel senso molto ampio del termine adottato da Alfredo Serrai.

¹²⁵ 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 - Stanislaw Ossowski, “Nauka o nauce”, *Nauka Polska*, 20: 1935, n. 3, trad. “Science of science”, ibidem, p. 82-95.

Conclusioni

In sintesi, l'ontologia informazionale propone un'immagine del mondo come una serie di macro-livelli, ognuno dei quali si origina dal precedente per effetto di un processo di modularizzazione: alcuni elementi del livello inferiore diventano cioè moduli di un nuovo tipo di memoria (i genomi, i sistemi nervosi, i linguaggi). I livelli sono dunque disposti come i gradini di una scala, nei quali il sottosistema memoria poggia sul sottosistema degli esemplari del livello 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, al livello superiore il nuovo ruolo di memoria funziona come un insieme di istruzioni, qui rappresentate da una freccia marrone, che in-formando esemplari di nuova consistenza e proprietà (gli organismi, le menti, le culture) 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 più avanzato e complesso di determinazioni formali, ossia di in-formazioni, reso possibile da un nuovo tipo di memorie.



Ogni macro-livello modella certi aspetti dei livelli precedenti disponendo i propri elementi secondo relazioni isomorfe. Le celebrazioni tradizionali dell'arrivo del mese di maggio (livello 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 (livello 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 (livello vivente); e tali fenomeni sono a loro volta conseguenza dell'orbita annuale della Terra intorno al Sole che determina il ciclo delle stagioni (livello materiale). Abbiamo così una successione di dipendenze che collegano fra loro tutti i livelli.

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 informazionale consiste nell'interpretare livelli e sistemi alla luce del nuovo paradigma informazionale, che si va diffondendo solo di recente. In particolare, l'idea di informazione entra nella legge di Jacob, che spiega la comparsa dei nuovi macro-livelli 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 sistemi informati.