

Mirko Di Bernardo

Modelli metaforici della conoscenza biologica e teoria della complessità

L'universo è un tutto armonico, ogni creatura non è altro che una nota, una sfumatura di una grande armonia, che l'uomo deve studiare nella sua interezza e grandezza, altrimenti ogni dettaglio rimarrebbe una lettera morta

Goethe, Lettera a C.L. Knebel del 17 novembre 1784

The article, based on an inter- and multi-disciplinary methodology, using the evolution of metaphorical and symbolic languages of the scientific models of explanation of biological development as a sort of "Ariadne's thread", aims to highlight the close relationship that exists, in epistemological terms, between the conceptual representations used in scientific explanation and the role of metaphor as a means of theoretical development, taking into account as a case study not only some of the recent results of the experimental sciences, such as the physics of complex systems and the biology of meaning, but above all the contribution offered by some of the latest research in the field of the self-organization of living systems to extending, in non-algorithmic terms, contemporary complexity theory.

La figura della grande danza come paradigma della complessità

Sebbene avesse scosso il mondo della cultura cui apparteneva riconoscendo che ogni organismo in quanto tale è caratterizzato da un progetto unitario che gli conferisce alcuni fini (organizzazione legata ad un *telos* interno) enunciando in formato moderno ciò che già Aristotele e la scolastica avevano segnalato, vale a dire, che in un essere vivente vi è un principio di unità e di sviluppo, J. Monod, insistendo sul fatto che la vita consiste in una successione di processi fisico-chimici governati dal determinismo statistico delle trasformazioni chimiche, non si sgancia fino in fondo dall'approccio deterministico di ispirazione meccanicistica che aveva guidato le ricerche sperimentali fin dalla nascita della biologia molecolare.

I modelli metaforici dello sviluppo biologico di metà Novecento quali, ad esempio, il cristallo a-periodico, la doppia elica del DNA ed il programma genetico non riescono, dunque, a liberarsi completamente dall'influsso meccanicista ben rappresentato nella storia del pensiero scientifico dalla metafora dell'orologio, risa-

lente all'epoca di Galileo e di Newton, secondo la quale l'universo è un meraviglioso orologio in cui tutte le cose sono così abilmente congegnate che una volta che il meccanismo è messo in moto tutto procede secondo il progetto dell'artefice¹. Il meccanicismo deterministico in effetti consentì i grandi successi della scienza moderna e finì per dominare la scena della ricerca scientifica. Gli scienziati, cioè, si convinsero che la descrizione di un oggetto complesso in termini delle sue parti e delle loro proprietà avrebbe detto tutto quello che c'era da sapere su quell'oggetto, anche se questa convinzione in realtà riposava sul riferimento a sistemi fisici molto semplici, come il sistema solare. La meccanica divenne così il modello della scienza autentica, anche se nello stesso tempo la chimica stava faticosamente aprendo la via alla comprensione della natura della vita e al sorgere della biologia integrazionista. Nella seconda metà del Novecento, infatti, la concezione del mondo fisico che si era andata via via sviluppando sulla traccia di Galileo viene rimessa in discussione da grandi progressi concettuali e da nuove teorie – come il caos deterministico, i sistemi complessi e la termodinamica del non equilibrio, nonché l'emergenza di ordine, la teoria generale dei sistemi e la teoria della complessità nella sua versione classica² – che contribuiscono a dare forma ad una visione del mondo che punta in direzione opposta suggerendo di mettere insieme idee diversissime come la medievale musica delle sfere, lo spazio-tempo einsteiniano e l'intrinseca irreversibilità storica dei processi naturali, conducendo infine, in ambito biologico, ad una rivisitazione profonda dello stesso modello metaforico monodiano della morfogenesi autonoma.

Gli studiosi più rappresentativi di questo cambiamento sono innanzitutto il chimico-fisico russo I. Prigogine che pose le premesse della spiegazione del fenomeno vita in termini di leggi fisiche non lineari e L. V. Bertalanffy che estese il lavoro pionieristico di R. Wiener in campo cibernetico ad una teoria generale dei sistemi viventi e non viventi atta a dar conto della costituzione e dell'analisi delle proprietà di sistemi in grado di comportarsi come totalità attive ed integrate. Prigogine, in modo particolare, mostrò che lo stato della scienza, con la scoperta dei grandi principi della termodinamica della relatività e della meccanica quantistica, richiede il superamento del meccanicismo di matrice cartesiana³. Così come Keplero rinnovò l'ideale conoscitivo dell'astronomia, spezzando il cerchio che aveva condotto da Tolomeo a Copernico, Prigogine ed altri studiosi contribuirono a frantumare il cerchio della ragione sufficiente creando un nuovo linguaggio matematico capace

1 Cfr. D.M. MacKay, *The Clockwork Image*, InterVarsity Press, London 1974.

2 Per versione classica si intende qui quell'insieme di teorie della complessità – ambito fisico, biologico e psicologico – che fanno prevalentemente riferimento a strumenti matematici quali la meccanica statistica, la teoria delle transizioni di fase e la teoria dell'emergenza, vale a dire, a strumenti che hanno come modello teorico di base il caos deterministico inteso come quel programma di formalizzazione della realtà che ha contribuito a produrre un ripensamento critico della dicotomia esistente tra determinismo e probabilità, evidenziando come in particolari situazioni molti fenomeni naturali, pur essendo descritti da leggi deterministiche, manifestano comportamenti predicibili, eventualmente, in senso soltanto probabilistico.

3 Cfr. I. Prigogine, (1997) *La fine delle certezze. Il tempo, il caos e le leggi della natura*, Bollati Boringhieri, Torino 2014.

di rendere intelligibili i processi e gli eventi irreversibili che la fisica tradizionale si era limitata a salvare mediante approssimazioni fenomenologiche. Di qui la possibilità di identificare il tempo della complessità come complessità del tempo: è il tempo, infatti, che torna protagonista indiscusso dei fenomeni, e quindi dell'analisi scientifica, delle dinamiche osservabili e di quelle non ancora oggetto di una misurabilità compiuta⁴. La teoria della complessità, pertanto evidenzia prima di tutto l'intrinseca irreversibilità di ogni fenomeno naturale che sia esso molecolare, cellulare, sociale o digitale⁵.

Nascono così in tutte le discipline degli anni Settanta (parallelamente agli studi di Monod) nuovi linguaggi adatti a rappresentare le proprietà dei sistemi caratterizzati da una complessità funzionale e strutturale che impedisce di dedurle da quelle dei loro componenti. Questo nuovo modo di indagare la realtà che è stato definito da alcuni studiosi "la sfida della complessità" porta a ritenere che i fenomeni semplici, manifestazioni di leggi naturali universali, che per la scienza classica erano la regola, siano in realtà rare eccezioni⁶. A differenza, infatti, della concezione del moto di Galileo e dei suoi successori, secondo cui ad ogni istante il sistema dinamico viene definito da uno stato che contiene la verità del suo passato come del suo futuro, la concezione del moto di Prigogine offre uno spessore all'istante e lo congiunge al divenire, cosicché ogni stato istantaneo sia memoria di un passato che consente di definire solo un futuro delimitato da un intrinseco orizzonte temporale. Questa trama si presenta, allo stesso tempo, come creazione e rivelazione. Come la creazione continua di nuove forme di autonomia e, contemporaneamente, come la rivelazione continua di nuovi livelli di potere generativo: un'emergenza di continue novità in grado di plasmare in modo consecutivo e ravvicinato le determinazioni (o schemi) del tempo, che formano, a loro volta, in base a precisi moduli matematici, l'espressione variegata e vincolata del linguaggio della vita⁷.

I sistemi viventi, dunque, in accordo con Prigogine, sono strutture dissipative (vortici metabolici in non equilibrio), ovvero sistemi chimici complessi che metabolizzano di continuo le molecole nutritive per mantenere la loro struttura interna e riprodursi, tentando di resistere alla tendenza all'equilibrio che per i sistemi viventi corrisponde alla morte. Per lo studioso russo, quindi, la vita costituisce un eccezionale stato della materia: essa emerge proprio sull'orlo del caos, dove cioè la materia diviene in grado di percepire e comunicare. I sistemi viventi si trovano in

4 Cfr. I. Prigogine, I. Stengers, *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*, Einaudi, Torino 1999; G. Nicolis, I. Prigogine, *Exploring Complexity*, W.H. Freeman, New York 1989.

5 Cfr. ER. Morin, Introduzione al pensiero complesso, Sperling & Kupfer, Milano, 1993; A. Gandolfi, *Vincere la sfida della complessità*, Franco Angeli, Milano, 2008.

6 Cfr. G. Bocchi, M. Ceruti (a cura di), *La sfida della complessità*, Mondadori, Milano 2007.

7 Con i sistemi dinamici non lineari appare chiara la precedenza dei flussi informativi rispetto a quelli materiali e ciò sancisce la possibilità di costruire modelli non standard sempre più adeguati al mondo biologico, un mondo vale a dire in continua auto-organizzazione gratuita e spontanea – superamento del determinismo e del materialismo (Cfr. I. Prigogine, *From Being to Becoming*, W.H. Freeman, San Francisco 1980; R. Shaw, "Strange attractors, chaotic behavior, and information flow", in *Z. Naturforsch.* 36a, 1981, pp. 80-112).

uno stato intermedio tra l'ordine del cristallo ed il disordine dell'anello di fumo, è proprio lì infatti che emergono i comportamenti più complessi, processi vale a dire il cui risultato è dato non da principi generativi, bensì da forme auto-organizzanti in azione. Di qui la possibilità di considerare la natura contemporaneamente come irruzione e come emergenza, come informazione profonda (*meaningful complexity*) che nasconde se stessa attraverso l'affiorare di sempre nuovi postulati a livello semantico; emergenza a cui verrà a corrispondere la comparsa progressiva di sempre nuovi vincoli, forme e regole a livello generativo⁸.

La vita, allora, non può essere più spiegata attraverso l'idea monodiana di un compromesso tra caso e necessità, invarianza e metamorfosi, bensì può essere "interpretata" come un ordine che, emergendo dal caos, è in grado di auto-assemblarsi in modi sempre diversi producendo altresì un tipo di informazione non più misurabile attraverso la tradizionale teoria di Shannon e Weaver basata, cioè, su un tipo di matematica troppo semplice⁹. A differenza di quanto pensava Monod, infatti, in un sistema complesso la novità dell'informazione è intrinseca alla dinamica del processo (si pensi ad esempio alla morfogenesi)¹⁰. In altre parole, si passa dal modello deterministico in cui tutto è platonicamente prestabilito (per esempio le idee immutabili presenti nell'Iperuranio), all'interpretazione del DNA come sistema complesso capace di creare sempre nuovi significati (informazione qualitativamente sempre differente)¹¹. La nuova visione, allora, sarà quella legata non più ad un programma deterministico, bensì ad un fascio di capacità (possibilità imprevedibili), vale a dire a regole capaci di auto-regolarsi e di mutare in relazione all'ambiente. Un approccio siffatto, come riconosciuto in questi ultimi anni da diversi studiosi¹², richiede di recuperare una visione olistica dell'universo in cui i singoli eventi sono tutti in interazione tra loro, una visione che suggerisce di associare la complessità dei fenomeni vitali e cognitivi ad una metafora nuova e al contempo antica, ad una metafora in grado di sostituire la spazialità lineare e predicibile dell'orologio (complicazione) con l'affiorare di una temporalità generativa in azione (complessità) che risulti necessariamente legata all'emergere successivo di schemi di auto-organizzazione, nonché a livelli sempre nuovi di realtà: ci stiamo riferendo qui alla figura della Grande Danza¹³, guidata da una

8 Cfr. A. Carsetti, "Entropia, morfogenesi autonoma e sistemi cognitivi, *La Nuova Critica*, 45-46 (2005), pp. 102-104.

9 Cfr. C. Emmeche – K. Kull (a cura di), *Towards a Semiotic Biology – Life is the Action of Signs*, World Scientific, Singapore 2010.

10 Cfr. M. Di Bernardo, *Per una rivisitazione della dottrina monodiana della morfogenesi autonoma alla luce dei nuovi scenari aperti dalla post-genomica*, Aracne, Roma 2007.

11 Cfr. M. Li et al., *Widespread RNA and DNA Sequence Differences in the Human Transcriptome*, www.sciencexpress.org / 19 May 2011, pp. 1–10.

12 Cfr. C.R. Cantor, "DNA Choreography", in *Cell.*, 25, 2, pp. 293-295; J.A. Wheeler, *World as system self-synthesized by quantum networking*, in "IBM Journal of Research and Development", 32, 1998; M. Ceruti, *La danza che crea*, Feltrinelli, Milano 1994; G. Del Re, *La danza del cosmo*. UTET, Torino 2006.

13 La danza cui si pensa qui è quella delle Tre Grazie di Sandro Botticelli e non quella di un gruppo di selvaggi.

sinfonia che dà il ritmo e la forma all'intera realtà materiale nello spazio e nel tempo, dove, ad esempio, un gruppo di danzatori si unisce agli altri al tempo e al posto opportuno per interpretare una nuova voce della suite e dove i danzatori già presenti fanno spazio ai nuovi continuando a seguire la loro linea melodica, oppure ritirandosi nel silenzio di una voce che non si ode più. Nella danza la musica sembra trasformare in suoni le regolarità dei processi dell'universo e, al tempo stesso, la comunione profonda, anche se nascosta, offre un'infinita varietà di tutto ciò che è divenire, ossia emergenza ed auto-organizzazione in atto della irruzione continua di sempre nuova incomprimibilità che sola può dar luogo al nascere di più sofisticate modalità di elaborazione dell'informazione: al comparire di nuove voci, infatti, nuovi danzatori entrano in scena, e la complessità e la bellezza appaiono sempre più cospicue; alcune voci possono fondersi lentamente o improvvisamente con le altre per svanire o generare altre voci. Rispetto alla figura dell'orologio, la caratteristica più peculiare è allora la libertà goduta dai danzatori (permessa sia dalla musica che dalla coreografia): essi, infatti, seguono la melodia e la interpretano tenendo sempre conto di ciò che è venuto prima, sicché anche i passaggi musicali ripetuti non vengono intesi costantemente nel medesimo modo. Caratteristica, questa, che mette in luce il valore che possono avere nel divenire coerente di un particolare ambiente le fluttuazioni casuali e le azioni spontanee dei sistemi viventi (e cognitivi) così come delineate dalla teoria della complessità nella sua versione estesa¹⁴.

Occorre specificare che il concetto di significato, a questo livello, viene inteso come un processo profondo (capacità potenzialmente infinite) di «produzione di forme» (nel senso che *ritaglia* in modo creativo forme) e, in accordo con Carsetti

14 In senso generale la teoria della complessità consiste nello studio interdisciplinare dei sistemi complessi adattativi (sistemi naturali e biologici) e dei fenomeni emergenti ad essi associati. L'accezione cui facciamo riferimento nel presente lavoro riguarda, invece, una sua versione estesa divisata, sia pure con articolazioni differenti, da Atlan e Carsetti. Non ci si riferisce più, cioè, alla semplice disamina di fenomeni dissipativi di stampo markoviano, bensì si giunge a considerare fenomeni di elaborazione e di trasformazione accoppiata dell'informazione presenti al livello del costituirsi successivo di un sistema biologico caratterizzato dall'elaborazione dell'informazione stessa. I sistemi viventi, infatti, come affermano Atlan e Carsetti, sono caratterizzati dal fatto che «ciò che si auto-organizza al loro interno è la funzione stessa che li determina con il loro significato». Qui possiamo riconoscere con esattezza quel particolare intreccio di complessità, auto-organizzazione, intenzionalità ed emergenza che caratterizza le forme naturali dell'attività cognitiva di ogni sistema vivente. In questo contesto, dunque, lo studio dei meccanismi di trasmissione dell'informazione necessita di nuove misure della complessità, misure (nuovi sistemi assiomatici), vale a dire, che non possono riguardare solo la rarità statistica (Shannon) o la incomprimibilità computazionale (Kolmogorov-Chaitin), al contrario esse dovrebbero anche essere in grado di tener conto della connessione accoppiata tra la sorgente e l'agente vivente (o cognitivo), l'evoluzione di questa connessione, nonché la costituzione successiva di veri e propri processi di riorganizzazione continua a livello semantico. Cfr. A. Carsetti, *Knowledge construction, non-standard semantics and the genesis of the mind's eyes*, in Id. (a cura di), *Causality, Meaningful Complexity and Embodied Cognition*, Springer, Berlin 2009, pp. 283-300; H. Atlan, *Self-organizing networks: weak, strong and intentional, the role of their underdetermination*, in A. Carsetti, a cura di, *Functional Models of Cognition*, Dordrecht, A.P. Kluwer, 2000, pp. 127-143).

e Atlan, si applica in più ambiti disciplinari¹⁵. Come il significato delle parole è connesso con un universo di funzioni altamente dinamiche e di processi funzionali che operano sintesi, cancellazioni, integrazioni (un universo che possiamo soltanto descrivere in termini di dinamica simbolica), allo stesso modo, a livello della biologia dei sistemi, vengono continuamente svelati e costruiti schemi assimilati e resi disponibili per la selezione che si dà tramite l'informazione coordinata che penetra dalla realtà esterna (a livello matematico i modelli non standard che interpretano tali processi, nonostante gli ambiti disciplinari differenti, sono praticamente gli stessi). Tutto ciò, infine, perviene ad intrecciarsi con i meccanismi della selezione interna lungo un "viaggio" nelle regioni della teleonomia.

Secondo questo nuovo modello metaforico in cui si fanno i conti con le qualità emergenti l'informazione genetica dell'organismo non risiede nelle condizioni iniziali del processo dinamico dell'ontogenesi, bensì in programmi distribuiti che governano nuova informazione e che rendono impossibile, date le condizioni iniziali, la previsione certa dello stato finale dell'organismo in questione¹⁶. L'aspetto più importante dei fenomeni di auto-organizzazione è l'auto-creazione del senso, cioè la creazione di nuovi significati nell'informazione trasmessa da una parte a un'altra parte o da un livello di organizzazione a un altro livello di organizzazione. Perché, dunque, una disorganizzazione sia in grado di produrre una riorganizzazione è necessario che si trasformi il significato delle relazioni fra le parti.

Tali idee hanno trovato una ulteriore conferma sperimentale sulla base dei risultati del progetto "Encode"¹⁷, nato nel 2003 per opera del *National Human Genome Research Institute* che include 32 laboratori sparsi nel mondo, pubblicati nel 2012 sulla rivista *Nature*¹⁸ e presentati al grande pubblico nel settembre dello stesso anno presso il Museo della Scienza di Londra come scoperte realizzate mediante una danza per installazione dal titolo: "*Encode the Dance of DNA*". La metafora iniziale della grande danza, che aveva ispirato vari modelli di spiegazione scientifica come quelli della circolarità (Atlan) e dei programmi distribuiti legati a funzioni di auto-programmazione (Fox Keller), è giunta ora ad assumere una precisa connotazione scientifica: non più solo oggetto di studio o strumento di indagine (ruolo cognitivo dei modelli metaforici della conoscenza biologica), ma anche strumento di elaborazione teorica (ruolo costitutivo)¹⁹. A livello dei risultati ottenuti all'interno del progetto "Encode" non ci troviamo più dinanzi

15 Cfr. A. Carsetti, "Linguistic structures, cognitive functions and algebraic semantics", in Id. (a cura di), *Functional models of cognition*, pp. 253-286; H. Atlan, "Intentional self-organization. Emergence and reduction. Towards a physical theory of intentionality", *Thesis Eleven*, 52, 1998, pp. 5-34.

16 Cfr. Wallace R (2014) Cognition and biology: perspectives from information theory. *Cogn Process* 15(1):1-12.

17 Cfr. The ENCODE Project Consortium, An integrated encyclopedia of DNA elements in the human genome, *Nature* 489, 57-74 (2012).

18 Cfr. Djebali, S. *et al.* Landscape of transcription in human cells, *Nature* 489, 101-108 (2012).

19 Cfr. E. Gagliasso, G. Frezza (a cura di), *Metafore del vivente. Linguaggi e ricerca scientifica tra filosofia, bios e psiche*, Franco Angeli, Milano 2010.

ad una indicazione di prospettiva (un corredo di intuizioni) o ad uno specifico e momentaneo modello metaforico da intendersi come rappresentazione funzionale, bensì ad una “metafora viva”, vale a dire, alla conclamata nascita di un vero e proprio nuovo paradigma scientifico. A conferma di tutto ciò, E. Green, direttore dello NHGR Institute, durante la teleconferenza di presentazione dei risultati del progetto ha affermato: “Ciò che abbiamo appreso da ENCODE è quanto sia complicato il genoma umano. Tramite i risultati ottenuti abbiamo avuto la possibilità di vedere la coreografia incredibile che viene a svolgersi al suo livello per tramite di un numero immenso di interruttori che coreografano il modo in cui i geni sono utilizzati.”²⁰

Conclusioni

In accordo a questa nuova chiave di lettura, rintracciabile anche in altri lavori²¹, la vita in generale ci si presenta, quindi, come un amalgama del lavoro cooperativo e simultaneo svolto da molecole che possono essere considerate come componenti effettive di una danza; ci stiamo riferendo qui al gioco altamente orchestrato in cui il DNA, lo RNA e le proteine vengono a svolgere al contempo i ruoli di attori ed interpreti di una trama misteriosa. Il DNA rappresenta la coreografia, lo scritto coreografico. Lo RNA è il coreografo, ossia colui che interpreta lo scritto e che procede ove necessario alle alterazioni dovute. Le proteine rappresentano invece i danzatori fisicamente individuati. Esse sono assemblate dallo RNA, ma informate dal DNA²². Oggi, infatti, sappiamo che la membrana a livello della cellula mette a punto combinazioni di proteine, a seguito delle computazioni effettuate, in grado di modulare l’espressione del DNA a livello di superficie. Essa in tal modo permette l’emergere di potenzialità mai prima conosciute dando adito al DNA di delineare nuove forme di espressione a livello funzionale²³. A partire da questo intreccio complesso una unità nuova di funzione e di significato viene ad emergere²⁴. Non vi è più, infatti, solo una macchina dell’eredità da un lato ed un significato esterno ad essa racchiuso, ad esempio, in una semplice procedura selettiva che si dà a livello ambientale, dall’altro²⁵. Ora gli occhi dello scienziato si trovano dinanzi ad un intreccio complesso al cui interno il significato giunge ad operare come guida immanente per ciò che

20 Cfr. <http://www.livescience.com/22990-encode-explanation-facts.html>.

21 Cfr. Sanyal, A., Lajoie, B. R., Jain, G. & Dekker, J. The long-range interaction landscape of gene promoters, *Nature* 489, 109–113 (2012).

22 Cfr. Gerstein, M. B. *et al.* Architecture of the human regulatory network derived from ENCODE data, *Nature* 489, 91–100 (2012).

23 Cfr. G. J. Faulkner *et al.*, *The regulated retrotransposon transcriptome of mammalian cells*, in «*Nat. Genet.*», 41, n. 5 (2009), p. 505; O’Nuallain S (2008) Code and context in gene expression, cognition, and consciousness. In: Barbieri M (ed) *The codes of life: the rules of macroevolution*, vol 15. Springer, New York, pp 347–356.

24 Cfr. A. Carsetti (2013) *Epistemic complexity and knowledge construction*, New York.

25 Cfr. E. Jablonka, M.L. Lamb, *Evoluzione a quattro dimensioni*, UTET, Torino, 2007.

concerne l'espressione primaria della vita nel mentre che l'osservatore stesso viene ad essere a sua volta determinato dalla funzione in atto. In un'ottica siffatta dunque nella metafora della danza come nuovo paradigma non solo della scienza ma dell'intera conoscenza umana è possibile interpretare la coreografia che si dà a livello del DNA in funzione innanzitutto dell'armonia e anche della salute di un corpo. A livello coevolutivo tale coreografia non potrà tuttavia non tener conto dell'esistenza di alcuni corpi e delle altre menti se si vuole assicurare una reale ed oggettiva danza della vita. Una danza che mentre darà luogo alla realizzazione di un sé si medierà necessariamente nell'altro. Una danza, vale a dire, che non potrà che articolarsi a livello della società e dei suoi tempi.

In quest'ottica, dunque, risulta possibile riscoprire anche un'altra grande metafora (antropomorfa) della natura come realtà intelligibile che accompagna da sempre il pensiero dell'occidente, nonostante i plurisecolari tentativi di metterla in discussione; ci stiamo riferendo qui alla metafora del libro della natura così come magistralmente sintetizzata dalle parole stesse di Galileo: "La filosofia [naturale, ossia la scienza] è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscere i caratteri, ne' quali è scritto"²⁶. A nostro giudizio i punti principali su cui si concentrò l'attenzione di Galileo, vale a dire, l'esistenza di una natura indipendentemente dal pluralismo prospettico di chi la osserva, i limiti degli schemi cognitivi (da considerarsi più che altro come ipotesi di lavoro in costante evoluzione) messi in campo dallo scienziato, nonché la comprensibilità del reale intesa come frutto della rivelazione di regolarità interne che la mente umana percepisce come regole logiche, possono essere ritenuti ancora oggi degni di attenzione in quanto rendono tale metafora valida non solo per tutti i rami della scienza sperimentale, dalla meccanica alla chimica e alla biologia, ma anche per saperi a carattere umanistico, come la filosofia e la teologia, che dopo la comparsa del metodo sperimentale sono stati considerati, dalla comunità degli studiosi, come non scientifici. Tali saperi, al contrario, pur non essendo formalizzabili in termini di equazioni o di relazioni geometriche, costituiscono pur sempre dei tentativi di razionalizzazione e quindi di conoscenza noetica. Così come per la grande danza anche per la metafora del libro l'intelligibilità giunge a configurarsi come una proprietà intrinseca della natura stessa nel senso che la spiegazione scientifica può venir interpretata, segnatamente, a giudizio di un filosofo, come il rendersi conto da parte della nostra mente di relazioni che effettivamente esistono nella realtà tra enti eventi e processi in un quadro di profonda armonia. Ecco, dunque, una razionalità che si dispiega e che si rende visibile nonostante una incompressibilità della cui costante irruzione un significato originario viene a "parlare" dall'interno della natura. Ecco il venire ad affiorare di una misura infinitaria e mai adeguata della complessità reale dell'essere uomo, ma ecco anche lo stagliarsi di una individualità portatrice di un *logos* che non è mera computazione algoritmica, bensì generazione metaforica di un rapporto preciso tra emergenza di sempre

26 G. Galilei, *Il Saggiatore*, a cura di E. Garin, Conte, Lecce 1995, p. 232.

nuovi aspetti del reale, crescita a carattere rinnovato delle radici profonde della cognizione pura e scelta razionale.

Mirko Di Bernardo
Università degli Studi di Roma Tor Vergata
mirko.di.bernardo@uniroma2.it

Mirko Di Bernardo (Frascati, 1984) laureatosi cum laude l'8 luglio 2009 in Filosofia della scienza presso l'Università di Roma Tor Vergata, nel 2010 è risultato vincitore dei premi SEFIR e Rita e Sebastiano Raeli. Il 7 novembre 2012 ha conseguito il dottorato internazionale di ricerca su tematiche epistemologiche con titolo congiunto tra l'Università di Roma Tor Vergata e l'Universidad de Granada. Attualmente è Professore a contratto di Filosofia della Scienza presso l'Università di Roma Tor Vergata (corso di laurea in Filosofia e corso di laurea ESA della Facoltà di Medicina) e *fellow research* della Scuola Internazionale Superiore per la Ricerca Interdisciplinare presso la Pontificia Università della Santa Croce (Centro DISF) di Roma. Il 26 novembre 2014 ha conseguito l'Abilitazione Scientifica Nazionale per la funzione di Professore Associato di filosofia morale. È autore di quattro monografie e di circa quaranta articoli (apparsi in sedi nazionali ed internazionali) riguardanti temi legati alla teoria della complessità biologica, alle scienze cognitive, alla bioetica e alle implicazioni antropologiche delle nuove frontiere aperte dalle neuroscienze e dalla biologia dei sistemi. È stato membro del Network Internazionale Bio-Techno-Practices presso il Campus Biomedico di Roma da ottobre 2014 a maggio 2016".