



Economia Aziendale Online

Economia Aziendale Online

Business and Management Sciences
International Quarterly Review

Vincere l'Ignoranza
L'Arte della Spiegazione

Piero Mella

Pavia, June 2022
Volume 13 - N. 2/2022

DOI: 10.13132/2038-5498/13.2.287-312

www.ea2000.it
www.economiaaziendale.it



PaviaUniversityPress

Vincere l'Ignoranza L'Arte della Spiegazione

Piero Mella

Professor
Department of Economics and
Management. University of
Pavia, Italy.

Corresponding Author:

Piero Mella
Department of Economics and
Management. University of
Pavia, Via S. Felice 5. 27100
Pavia, Italy
piero.mella@unipv.it

Cite as:

Mella, P. (2022). Vincere
l'ignoranza. L'arte della
spiegazione. *Economia Aziendale
Online*, 13(2), 287-312.

Section: *Refereed Paper*

Sezione Didattica - Didactic Area

ABSTRACT

Questo breve saggio, proposto nella sezione "Sezione Didattica - Didactic Area", presenta diverse forme in cui si può articolare la "Spiegazione". Sappiamo che "Capire" significa costruire modelli coerenti e dotati di senso che formano la nostra "Conoscenza" e che sono la base per valutare e a decidere le nostre azioni. Lo stock dei modelli posseduti da un individuo o da una collettività, in un certo tempo, ordinati sistematicamente, forma il "Sapere" e la "Cultura" che è sapere condiviso e consolidato e trasmesso da una generazione all'altra. Quando l'individuo non riesce a capire, cioè costruire i modelli di comprensione, si trova in una situazione di *ignoranza* che suscita *curiosità* e porta a una *domanda* che richiede una *risposta* per ottenere la quale è necessario sviluppare un processo logico di "Spiegazione" che guidi l'individuo alla risposta, con la costruzione di un modello convincente per "vincere l'ignoranza". La presentazione dei più comuni processi di spiegazione rappresenta l'oggetto di questo studio.

This short essay, proposed in the section "Didactic Section - Didactic Area", presents different forms in which the "Explanation" can be articulated. We know that "Understanding" means building coherent and meaningful models that form our "Knowledge" and that are the basis for evaluating and deciding our actions. The stock of models possessed by an individual or a community, at a certain time, systematically ordered to formal "Knowledge". The "Culture", individual, group or collective, is knowledge consolidated and transmitted from one generation to another. When the individual fails to understand, that is, to build models of understanding, he finds himself in a situation of ignorance that arouses curiosity, which leads to a question, which requires an answer; it is necessary to develop some logical process of "Explanation" that guides the individual to the construction of a convincing model to "overcome ignorance". The presentation of the most common processes of explanation is the subject of this study.

Keywords: processo di spiegazione, domande di conoscenza, explanandum, explanans, chiusura operativa della spiegazione, "ignoranza", spiegazioni comuni o contingenti, spiegazioni scientifiche classiche, spiegazioni procedurali, spiegazioni sistemiche, spiegazioni teleologiche

1 – Introduzione. La spiegazione e la sua chiusura operativa

Nel mio articolo "Capire e Imparare. L'Arte dello Studio", pubblicato nel Vol. 13, N. 1/2022 di questa rivista, ho cercato

Received: December 2021

Published: 30/06/2022

di costruire un sistema di definizioni per costruire un modello coerente e dotato di senso del processo di conoscenza (comprendere, apprendere, conoscere) che porta alla formazione e alla modifica continua del sistema di modelli che costituiscono il nostro "sapere".

Capire (o *comprendere*, *intendere*, *afferrare*) la realtà – oppure un *concetto* o un'*idea* che la rappresenta – significa costruirne un *modello coerente e dotato di senso*.

Imparare (o *apprendere*, *sapere*, *conoscere*) significa essere in grado di *ripetere* o di *utilizzare* il *modello* che costituisce la nostra forma di comprensione.

Tutti sappiamo che le persone "intelligenti" sono quelle più pronte a *capire* e a *imparare* per "ampliare" e "rafforzare" la loro conoscenza.

Il processo di conoscenza (comprendere, apprendere, conoscere) è la formazione e la modifica continua del sistema di modelli che costituiscono la conoscenza (Mella, 2022, p. 126-127).

Una domanda appare spontanea: quali sono i "fattori" (motivi, motivazioni, cause, scelte, necessità, ecc.) che spingono ciascuno di noi a voler capire qualche aspetto del mondo? La "causa" è una sola: la necessità (bisogno, aspirazione, innata natura ecc.) di porci "domande", di voler sapere, sia per risolvere problemi della vita quotidiana (come faccio a impostare il programma della lavastoviglie), sia per le decisioni comuni (a quale facoltà mi conviene iscrivermi, date le mie attitudini e gli sbocchi professionali?), sia per conoscenze scolastiche o accademiche (quali personaggi ha menzionato Dante nel Canto V dell'Inferno nella Divina Commedia?), o per espandere le conoscenze in qualche campo della scienza (perché la luna non cade sulla terra e questa non cade nel sole?) o della tecnologia (come funzionano i led?).

Quando la *mente* dell'uomo si trova di fronte a fenomeni o eventi che non *riesce a capire* o non ha *ancora capito*, esiste una situazione di "ignoranza", che suscita "curiosità", o fa sorgere una necessità, che porta a una "domanda di conoscenza" che richiede una "spiegazione" soddisfacente.

La "spiegazione" deve essere intesa come un processo – razionale, o astratto, o empirico, o concreto, o anche immaginario – che porti alla costruzione di un "modello" – mentale o formale – che dia una "risposta soddisfacente" alle domande relative ai fenomeni o eventi (cose) che suscitano il "desiderio di conoscenza". Già Aristotele considerò il "processo di spiegazione" alla "domanda" di chi, osservando una "cosa, si chiede "cos'è quella cosa" – o "ti esti" in greco – come un "ragionamento" valido che da un "discorso" (modello verbale che rappresenta un modello mentale), che pone delle *premesse*, si possono derivare delle *conclusioni* "vere" che "vadano oltre" le premesse, e chiarire "cos'è quella cosa", rispondendo alla "domanda iniziale". Questo processo di spiegazione è denominato "sillogismo"; la spiegazione (sillogismo) è "valida" se essendo vere le premesse la spiegazione non può portare a una conclusione falsa (Aristotele, 2009, 2022). La "verità" o la "falsità" della conclusione, quindi della spiegazione dipende dalla verità o falsità delle premesse (sulla spiegazione "logica" ritornerò al Paragrafo 8).

La teoria della spiegazione scientifica nasce dall'incontro di due problemi fondamentali della filosofia. Il primo, la caratterizzazione del concetto di spiegazione, fa parte dei problemi più antichi nella storia della filosofia (Aristotele per primo negli Analitici Secondi (II, 1) nota che esiste una differenza tra conoscenza del "cosa" (ti) e conoscenza del "perché" (da ti)). Il secondo problema è molto più recente, ed è il problema della demarcazione (ossia il problema di distinguere sapere scientifico da sapere non scientifico), la cui formulazione e sviluppo si deve soprattutto al neopositivismo (Felline, 2016, p. 2, online).

Per questa ragione molti filosofi, anche all'interno della tradizione empirista (Carl Hempel ed Ernst Nagel, solo per fare due esempi), hanno rivendicato un ruolo per la teoria della spiegazione all'interno della filosofia della scienza (ivi, p. 3).

Ciascuno di noi ricerca le spiegazioni agendo direttamente (spiegazione individuale o in una squadra) o ricorrendo al supporto di libri (raccolte di modelli) o all'aiuto di un docente o di qualcuno che "ne sappia più di noi" (spiegazione guidata).

Tecnicamente parlando, "spiegare" un fenomeno F (*explanandum*) significa costruirne un "modello" – mentale o formale – normalmente basato su qualche altra conoscenza, identificando così una "successione di affermazioni" che costituiscono un'"argomentazione deduttiva" (*explanans*) da cui è possibile derivare F come conclusione *valida* (Hempel, 1965). Ogni *explanandum* richiede un *explanans* appropriato e soddisfacente.

La conoscenza progredisce grazie non solo a nuove osservazioni e modelli mentali, ma anche per "spiegazioni successive" a partire da modelli che sono già noti e che si presume siano, fino a quale momento, esplicativi. La spiegazione, tuttavia, è anche un *processo ricorsivo all'indietro*: ogni *spiegazione* può diventare, a sua volta, un *explanandum* che richiede esso stesso una spiegazione, e così via, proprio come il "gioco del *perché*" così amato dai bambini (e non solo). Qualsiasi "ignoranza" è spiegata ricorrendo a qualche conoscenza già acquisita, ma questa, a sua volta, si basa su altre conoscenze in una *ricorsione a ritroso* (Keil, 2005).

Se indichiamo, brevemente, con F l'*explanandum* e con $E(n)$ gli *explanans* a livello (n) , il processo di "spiegazione ricorsiva" presenta la seguente struttura:

F perché $E(n)$,
 $E(n)$ perché $E(n - 1)$,
 $E(n - 1)$ perché $E(n - 2)$,
...
 $E(0)$ – Fine. Raggiunta la "chiusura operativa"

Il "processo di spiegazione" si "chiude" quando raggiungiamo $E(0)$; cioè, un *explanans che non ammette ulteriori spiegazioni*. Propongo di definire $E(0)$ come la "chiusura operativa" della spiegazione; essa rappresenta il *punto dell'ignoranza*, il *limite alla conoscenza*. $E(0)$ può denotare due possibili forme di ignoranza:

(I) – $E(0)$ = "Ciò che non è ancora noto" e costituisce l'*ignoranza reversibile*, che può assumere la forma di:

- (1) *ignoranza temporanea* in attesa di nuovi modelli ("ricerca in corso ...", "stiamo controllando", ecc.);
- (2) *disinteresse*, cioè soddisfazione per $E(0)$ ("Non sono interessato ad indagare oltre", "È già abbastanza!");
- (3) *segretezza*, cioè il desiderio di nascondere la conoscenza non indagando oltre $E(0)$ ("Non posso spiegartelo"; "È classificato").

(II) – $E(0)$ = "Ciò che non possiamo mai sapere". In questa situazione, la "chiusura operativa" rappresenta un'*ignoranza irreversibile*, che può assumere varie forme:

- (1) *ignoranza permanente*, vale a dire, ciò che *non può* essere *mai* conosciuto (principio di indeterminazione di Heisenberg, teoremi di Gödel e Turing, e altri simili, contenuto di un black hole);
- (2) *mistero*, cioè l'inconoscibile (principi ineluttabili, miti, Dio, metafisica o agnosticismo,

atti di fede, ecc.);

(3) *postulato*, cioè un'origine non dimostrabile, solo assunta, da cui derivare la spiegazione ("Ipotizziamo che ...", "Dato che..."; "Supponiamo che ...", ecc.);

(4) *caso*, in tutte le sue manifestazioni (casualità quantistica, mutazioni genetiche, impulsi iniziali di sistemi combinatori, ecc.);

(5) *necessità*, cioè l'autosufficienza di $E(0)$ ("Deve essere così", "Non può essere altrimenti", "Il motore immobile", ecc.). In questi casi la chiusura operativa è un *dogma esplicativo*.

In termini molto sintetici, una *spiegazione* può definirsi:

- (a) *Completa*, se include anche la propria chiusura operativa; altrimenti è parziale.
- (b) *Esplicita*, se non si fonda su "premesse tacite" e le $E(n)$ sono esplicitabili.
- (c) *Globale*, se la sua chiusura operativa è un *dogma* e non consente ulteriori spiegazioni; altrimenti è *intermedia*.
- (d) *Coerente*, se la spiegazione non include elementi che contraddicono altre spiegazioni.
- (e) *Valida*, se deriva da un'inferenza corretta.
- (f) *Veritiera*, se le $E(n)$ non contengono elementi falsi ma elementi che sono stati comunque dichiarati veri.
- (g) *Logica*, se ci permette di ricavare l'*explanandum* attraverso una soddisfacente chiusura operativa sulla base di un certo bagaglio di conoscenze e in un determinato contesto sociale.
- (h) *Efficiente*, se l'*explanans* è composto da un numero minimo di premesse.
- (i) *Efficace*, se è completa, esplicita logica e consente verifiche o previsioni.

La coerenza, la validità e la veridicità di una spiegazione sono, secondo le leggi della scienza, sempre verificabili; logica, efficienza ed efficacia sono invece soggettive. Ogni tentativo di una spiegazione globale si basa sull'ignoranza irreversibile. Osservo che non sempre le spiegazioni non esplicite sono da rifiutare perché possono essere fondate su opportune premesse tacite utili per arrivare alla conoscenza.

I shall reconsider human knowledge by starting from the fact that we can know more than we can tell. This fact seems obvious enough; but it is not easy to say exactly what it means. Take an example. We know a person's face, and can recognize it among a thousand, indeed among a million. Yet we usually cannot tell how we recognize a face we know. So most of this knowledge cannot be put into words (Polanyi, 1967, p. 4).

Dopo aver delineato le caratteristiche principali del "processo di spiegazione", esamineremo le più rilevanti forme di processi di spiegazione, che si basano su schemi e premesse diverse. Proprio in quanto chi vuole "spiegare" deve scegliere una forma di spiegazione e deve decidere a quale livello di ricorsione arrestare la ricerca delle spiegazioni di spiegazioni di livello inferiore, la "spiegazione" può essere considerata un'Arte che richiede talento, capacità inventiva e controllo continuo dei risultati.

2 – Spiegazioni "comuni", di buon senso, descrittive o contingenti

La cosiddetta "spiegazione comune" (semplicitica, non sofisticata o descrittiva) è quella che applichiamo quotidianamente per giustificare qualche fenomeno o per rispondere velocemente

a qualche domanda. Nella “spiegazione comune” si suppone che il fenomeno oggetto della domanda da spiegare derivi da “modelli” che, di solito, semplicemente *descrivono* ciò che dobbiamo spiegare senza ricercare cause scientifiche o relazioni sistemiche sottostanti, spesso arrivando a conclusioni semplicistiche, se non errate, come accade, per esempio, nelle seguenti spiegazioni: “la luce si è accesa perché Aldo ha premuto l'interruttore”; “la luce si è accesa perché si è fatto buio; “ha avuto la febbre perché è stato punto da un insetto”, ecc. La spiegazione comune a volte fa ricorso alle *intenzioni* (“la luce si è accesa perché Aldo doveva entrare nel garage”); al *caso* (“Ho incontrato Piero perché passava proprio di lì”); all'*esperienza* (“piove, perché sono uscito senza ombrello”); a *regolarità* o *leggi di buon senso*, compresi i “proverbi dei saggi” (“questa è una primavera piovosa perché l'inverno è stato secco”; a *banalità* e *false credenze* (“l'inflazione cresce perché aumentano i prezzi”, “c'è il global warming perché l'uomo bruciando combustibili riscalda l'aria”). Lo stesso fenomeno può anche dare origine a una pluralità di “spiegazioni comuni” fondate su fattori che sembrano convincenti e che di solito consentono uno o al massimo due livelli di ricorsione (“hai commesso un errore perché sei distratto. A cosa stai pensando?”; “Sto pensando a quello che farò stasera”; “Cosa devi fare di così importante?”).

La “spiegazione comune” può assumere anche la forma di enunciato descrittivo e non fa uso di sofisticati modelli qualitativi (Hempel, 1965). Rientrano in questa tipologia le *spiegazioni storiche* (l'Italia è un paese ricco di opere d'arte perché ha avuto il Rinascimento”). Spesso, per spiegare il proprio comportamento e quello altrui, si introduce qualche forma di “giustificazione”, come indicato dalla “teoria dell'attribuzione”, proposta da Fritz Heider (Heider, 1958) secondo la quale, per “spiegare” il modo in cui si comportano le persone e gli eventi della vita, tendiamo ad attribuire il comportamento degli altri, o gli esiti di tale comportamento, a due possibili “cause”: una *interna* – tratti di personalità, intelligenza, motivazione, ecc. (“ha litigato perché è un po' pazzo”) – o una *esterna*, fortuna, circostanza, azioni di terze persone, ecc. (“ha vinto alla lotteria perché è il solito fortunato”, “... perché ha chiesto un miracolo a Sant'Antonio) (Weiner, 1994; Wikipedia, 2020). Un'altra tecnica di “spiegazione comune” è quella che ricorre in modo ingenuo al metodo delle “5-W” 1H – Who, What, When, Where, Why, How (Chi, Cosa, Quando, Dove, Perché e Come) – tipica del “problem solving” – ideata e sviluppata negli anni '30 del secolo scorso, da Sakichi Toyoda, fondatore di Toyota Industries – che rappresenta la maggior parte delle esigenze esplicative nella nostra vita quotidiana (Mulder, 2012, online).

La struttura generale della “spiegazione” comune è la seguente:

<i>Explanans</i>	P = Premesse descrittive, contingenti o semplicistiche, non sofisticate: – funzioni, – obiettivi, – intenzioni, – cause supposte, – caso (ignoranza), ecc.
<i>Explanandum</i>	F = fenomeno da spiegare
Conclusione	F si verifica perché si sono verificate le premesse P
Chiusura operativa	È l'ultima delle premesse che spiegano ricorsivamente F

Le spiegazioni comuni possono facilmente diventare tautologiche – e quindi non esplicative – quando si cerca di spiegare un fenomeno semplicemente attraverso la sua definizione: “La gravità esiste perché tutti i corpi gravi sono attirati verso la terra”; “L'internazionalizzazione è un processo inevitabile perché nessuno lo può arrestare”, ecc.

3 – Spiegazioni “scientifiche” classiche, o “causali”

Le spiegazioni “classiche” sono quelle che vengono utilizzate in qualsiasi contesto scientifico in cui l'*explanans* è un modello – spesso molto articolato – che, oltre alle c.d. *condizioni iniziali* del fenomeno per spiegare, “C”, include anche le *leggi causali* o le *relazioni funzionali*, “L”, nonché le *teorie* o le *ipotesi scientifiche*, “T”, che possono giustificare l'*explanandum* (Mella, 2020, . Proprio in quanto l'*explanans* comprende *leggi causali*, questa forma di spiegazione è anche denominata “causale” e si sviluppa secondo lo schema seguente:

<i>Explanans</i>	T = teorie scientifiche e postulati L = leggi scientifiche o generalizzazioni statistiche C = condizioni iniziali
<i>Explanandum</i>	F = fenomeno da spiegare
Conclusione	“F” si osserva perché, date le condizioni iniziali, “C”, esso segue (deriva, è prodotto) dalle leggi, “L”, se accettiamo la teoria “T”
Chiusura operativa	Le teorie fondamentali e i postulati rappresentano la chiusura operativa della spiegazione

Variando il contesto teorico, “T”, e/o le leggi adottate, “L”, e/o le condizioni iniziali, “C”, anche la spiegazione può modificarsi (Cupples, 1977). Questa “struttura” di spiegazione è diventata riconosciuta come la “spiegazione scientifica per eccellenza” (Hempel, 1965).

Forty years ago a remarkable event occurred. Carl G. Hempel and Paul Oppenheim published an essay, “Studies in the Logic of Explanation,” which was truly epoch-making. It set out, with unprecedented precision and clarity, a characterization of one kind of deductive argument that, according to their account, does constitute a legitimate type of scientific explanation. It came later to be known as the deductive-nomological model. This 1948 article provided the foundation for the old consensus on the nature of scientific explanation that reached its height in the 1960s (Salmon 1990, 3).

Hempel claimed that “there are two types of explanation, what he called ‘deductive-nomological’ (DN) and ‘inductive-statistical’ (IS) respectively.” Both IS and DN arguments have the same structure. Their premises each contain statements of two types: (1) initial conditions C, and (2) law-like generalizations L. In each, the conclusion is the event E to be explained [...] The only difference between the two is that the laws in a DN explanation are universal generalizations, whereas the laws in IS explanations have the form of statistical generalizations (IEP online, pp. 2-3).

Nel contesto scientifico questa struttura di “spiegazione” è normalmente adottata nelle scienze fisiche, chimiche e altre connesse nelle quali le relazioni tra eventi od oggetti sono tipicamente “causali” e possono essere osservate o supposte (presenterò al Paragrafo 6 alcune riflessioni sulla nozione di “causa”).

Ciò di cui abbiamo bisogno è enunciato in grado di esprimere l’idea – inerente all’uso tanto ordinario quanto scientifico della parola *causa* – chè, assai più di una relazione, quella causale è una categoria di connessione genetica e quindi di cambiamento e che pertanto essa designa una modalità di causa di cose (nuove se non altro per il loro numero) a partire da altre cose. Cercheremo di esprimere in una terza approssimazione questa efficacia o produttività della causa efficiente, questo carattere dinamico omesso nella formula di Hume. Prendiamo in esame la proposizione seguente:

*Se C ha luogo, allora (e soltanto allora)
E è sempre prodotto da C.*

Tradotto nel modo categorico, quest'enunciato può venir formulato così: *ogni evento appartenente a una certa classe C produce un evento appartenente a una certa classe E*. Queste proposizioni costituiscono perfezionamenti dell'enunciato volgare o di quello ancora più breve (Bunge, 1970, p. 68, 69).

La seguente proposizione viene quindi frequentemente considerata una formulazione rigorosa del principio causale:

Gli stati d'un sistema (chiuso) si succedono nel tempo in modo univoco e continuo. (Bunge, 1970, p. 89).

Alcune osservazioni mi sembrano utili. Innanzitutto, di fronte a un *explanandum* non spiegabile ricorrendo le teorie accettate, confermate, bisognerebbe evitare, o limitare al minimo, il ricorso a "teorie" per le quali non sono ancora stati ideati testi di falsificazione, nel senso di Karl Popper (1959), e non hanno ancora ricevuta qualche forma di conferma.

It doesn't matter how beautiful your theory is, it doesn't matter how smart you are. If it doesn't agree with experiment, it's wrong (Richard Feynman, Tweet, 2018).

Tuttavia, di fronte a fenomeni non spiegabili con il ricorso a teorie accettate, viene spontaneo suggerire nuove teorie non ancora confermate ma ritenute plausibili per arrivare alla spiegazione. È sufficiente pensare allo scetticismo con cui è stata accolta la Teoria della Relatività, la teoria della vaccinazione come strumento per attivare il sistema immunitario, la teoria della struttura del DNA, successivamente confermate, per comprendere l'importanza del proporre nuove teorie. Le spiegazioni fondate su teorie che non hanno ancora ricevuto conferma possono essere considerate "accettabili in linea di principio", in attesa di conferma.

Occorre, inoltre, evitare di confondere i fenomeni da spiegare con le teorie che sono fondate proprio sul verificarsi di quei fenomeni.

Quando chiediamo, per esempio, cosa accade a due blocchetti di rame, inizialmente a temperature differenti, lasciati da soli in un contenitore isolato, ci viene risposto che i due blocchetti giungeranno alla stessa temperatura. Naturalmente, se chiediamo come si fa a saperlo, normalmente ci viene risposto "Perché è una legge di natura." (...) l'opposto è altrettanto vero (...) è una legge di natura perché accade (Dixon, Emery, 1965, p. 428 [mia traduzione]).

Occorre, inoltre, evitare utilizzare quelle che io denomino "teorie improprie", o false teorie, che altro non sono che *denominazioni* di caratteristiche di oggetti o fenomeni e non giustificano alcuna legge verificata.

Negli studi aziendali si ricorre spesso tali "teorie improprie" quali, ad esempio, la Stakeholder theory:

Stakeholder theory posits that the essence of business primarily lies in building relationships and creating value for all its stakeholders. Though the composition of stakeholders may differ depending on company's industry and business model, the main stakeholders typically include employees, customers, communities, suppliers, and financiers (owners, investors). All these stakeholders are equally important for the company and any trade-off among the stakeholders should be avoided. Rather executives need to find ways that these interests can be guided into the same direction (Freeman & Dmytriiev, 2017, p. 10).

E che dire della resource-based theory, che si fa ancora fatica a definire?

the article addresses several questions about resource-based theory: Is it a theory or a view? Is resource-based theory tautological? Is resource-based theory static? How important are stakeholders within resource-based theory? Does resource-based theory constitute a theory of the firm? Does resource-based theory acknowledge industry structure's role in explaining firm performance? Does resource-based theory incorporate uncertainty? Does resource-

based theory have strong managerial implications? In accomplishing these tasks, the article sets the stage for the further evolution and application of resource-based theory (Barney *et al.* 2021, abstract).

L'utilizzo di "teorie improprie" può essere utile per focalizzare l'attenzione su un problema, un comportamento, un effetto – come accade per la teoria delle stringhe (Michio Kaku, 2012) o la Teoria del Reddito (Gino Zappa, 1950) e la Combinatory Systems Theory (Mella, 2017a) – e, in molti casi, possono anche fornire spiegazioni (convincenti).

4 – Spiegazioni "scientifiche procedurali"

La "procedurale" è un tipo di spiegazione molto comune, anche se non ha ricevuto la giusta attenzione in letteratura. Essa fa derivare l'*explanandum* da una procedura in grado di ottenerlo al termine di una sequenza di operazioni. Viene utilizzata ogni volta che un fenomeno non deriva da particolari "modelli", ma, piuttosto, appare come il risultato di qualche *elaborazione* o *calcolo*, o l'applicazione di qualche *algoritmo*, *procedura* o *programma* (Gibbon 1998).

Quando ci chiediamo perché la soluzione che abbiamo ottenuta estraendo la radice quadrata di un'espressione non corrisponde alla risposta nel nostro libro di testo, perché il nostro biglietto non è stato estratto alla lotteria, o perché abbiamo sbattuto contro il paraurti dell'auto di fronte a noi, è inutile (esagerato) ricorrere alla Teoria dei numeri, alla Teoria delle Probabilità, alle leggi di Isaac Newton o di Albert Einstein, o alle leggi biologiche dell'occhio o della coordinazione degli arti e, forse, nemmeno alla Teoria del Controllo (Mella, 2021); è più efficace cercare la risposta nella "procedura" seguita per il calcolo o per l'estrazione della lotteria; oppure conviene esaminare la nostra procedura di parcheggio e la situazione dei freni della nostra autovettura. E quando sentiamo domande come queste: "Perché la contabilità non quadra?", "Come può essere successo che nessuno si sia accorto dell'esaurimento delle scorte di quella materia prima?", "Per quale motivo abbiamo pubblicato un libro con così tanti refusi?", non occorre cercare una spiegazione scientifica; è necessario ripercorrere le procedure che guidano quei processi. La spiegazione procedurale può assumere la seguente struttura.

<i>Explanans</i>	P = procedura la cui applicazione produce F C = condizioni di applicazione della procedura
<i>Explanandum</i>	F = fenomeno da spiegare
Conclusione	F deriva da P applicato alle condizioni C
Chiusura operativa	La procedura rappresenta la chiusura operativa della spiegazione

Essa rientra nella più generale "spiegazione sistemica" (Par. 5).

5 – Spiegazioni "scientifiche sistemiche"

La "spiegazione sistemica" dev'essere utilizzata quando l'*explanandum* non può essere derivato da un *explanans* che includa *leggi e teorie* (spiegazione classica) o sia il risultato dell'applicazione di una *procedura* ma può essere, invece, considerato un "fenomeno" (elemento, input, output, ecc.) connesso alla dinamica di qualche "processo sistemico" del quale dobbiamo individuare, o scoprire, il modello.

Ci sono diverse interpretazioni (visioni, concezioni, idee) di cosa possa essere considerato "sistema". In estrema sintesi, per comprendere la struttura della "spiegazione sistemica"

propongo di interpretare un "sistema" come una "struttura" (fisica o logica) formata da un complesso di elementi *operatori*, o *processori* (enti, parti, ecc.), tra loro *collegati* così da formare un'unità *necessaria* (naturale o progettata e/o realizzata) per svolgere *operazioni* o *processi* elementari (*comportamento* del sistema), quindi per attuare un "macro-processo" attribuibile al sistema (*fine* del sistema) dal quale possono derivare "comportamenti o effetti emergenti". I sistemi nei quali i singoli processori attuano un *processo specializzato per funzione, funzionalità, funzionamento e topologia* si denominano "sistemi organizzati" e i processori ne rappresentano gli "organi". Le relazioni stabili tra gli organi definiscono l'"organizzazione" del sistema. I "sistemi organizzati" che, tramite specifici *organi sensori* – per percepire gli input – e *organi processori*, per produrre gli output, si definiscono "sistemi aperti" e mostrano un *accoppiamento strutturale* con l'ambiente, per ricevere *input* (o anche: "perturbazioni") e per emettere *output* (o anche: "reazioni" alle perturbazioni), in relazione alle operazioni da svolgere e ai processi da sviluppare da parte degli *organi interni*. Salvo casi elementari e particolari, nei sistemi aperti tra gli input (I) e gli output (O) non esiste, normalmente, una relazione diretta, funzionale del tipo $O = f(I)$. L'output, infatti, dipende ovviamente, dalla "struttura" che, a seguito degli input, subisce una modificazione del suo "stato" (Δ struttura), e proprio dalla successione degli stati interni derivano gli output, come indicato nel modello di Figura 1. La "Teoria dei sistemi" presenta diversi sviluppi del modello di Figura 1, esprimendo analiticamente le funzioni che legano le variazioni tra Input, Stati interni e Output (rinvio a Rinaldi, 1977; Marro, 1999).

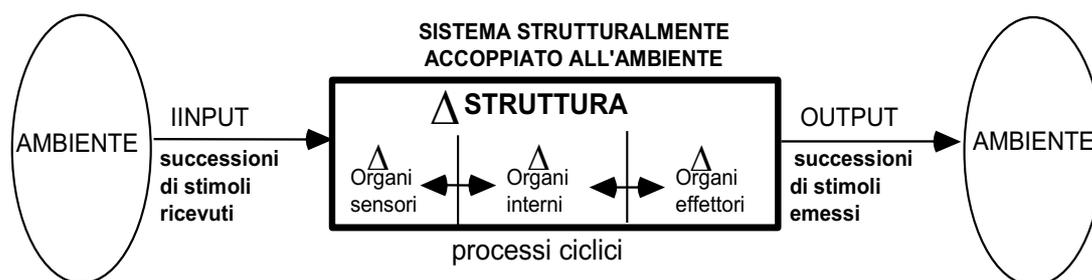


Fig. 1 – Modello di sistema aperto della forma: input-stato-output (Mella, 1997) [legenda: i flussi di Input provocano una modificazione degli organi sensori (Δ sensori) che, a sua volta, produce una modificazione degli organi interni (Δ organi interni) che modificando gli organi effettori (Δ effettori) consentendo al sistema di produrre flussi di Output)]

Il modello di Figura 1 non rappresenta ancora una base adeguata alla "spiegazione sistemica" perché, oltre alla struttura (S) e ai processi (P) che si svolgono in essa, occorre considerare come parte integrante del modello anche i programmi, (Π), che generano e disciplinano quei processi, controllati da processi di controllo (C), oltre che l'ambiente (E) in cui il sistema opera.

Completando il modello di Figura 1, in un *sistema con memoria*, la relazione tra (I) e (O) può essere rappresentata come segue:

$$O = f(A, I, S, P, \Pi, C)$$

Nota 1: Gli input e gli output di un sistema aperto possono essere distinti in tre grandi classi:

1 - *input/output energetici*; gli input sono rappresentati da flussi energetici (di qualsivoglia natura) che consentono alla struttura di attuare le modificazioni di stato; gli output sono flussi energetici che la struttura cede all'ambiente;

2 - *input/output istruttivi*; gli *input istruttivi* (o informazioni, o comandi, o regole) sono forme particolari di input energetici che indicano lo stato iniziale e la dinamica che gli organi sensori devono assumere in conseguenza degli input; da tale stato iniziale si originano tutti i processi della struttura; gli *output istruttivi* sono rappresentati dallo stato di organi effettori che si produce a conclusione dei processi interni e che provoca qualche effetto (output energetico) sull'ambiente;

3 - *input/output strumentali*; sono flussi di elementi, materiali o di altra natura, che nei sistemi processori subiscono qualche specie di trasformazione.

Nota 2. Ritengo utile porre enfasi sull'importanza dei programmi nella dinamica dei sistemi aperti. Nel contesto dei sistemi sopra delineato, un *programma* è una successione di "input istruttivi" (inseriti, osservati o ipotizzati dall'esterno) che consentono alla struttura di sviluppare "processi" coerenti con l'"organizzazione" della struttura, per produrre output e risultati. Quattro sono i "programmi" che, unitamente agli "input" delle altre specie, regolano la dinamica dei sistemi aperti:

- 1) *Programma operativo* – comprende le istruzioni:
 - di *stato iniziale*: specificano lo stato iniziale degli organi e dei processi;
 - di *transizione di stato*: specificano quale dinamica degli stati debba essere prodotta al manifestarsi degli input;
 - di *stato finale*: indicano lo stato finale da cui si origina (oppure che si identifica con) l'output del sistema.
- 2) *Programma applicativo* – comprende le istruzioni che consentono al sistema di produrre determinati output, dato uno *specifico* programma operativo.
- 3) *Programma genetico* – è un particolare programma *applicativo* che, *applicato da* un sistema *generatore*, consente di *generare* un nuovo sistema (replica o copia o figlio). I sistemi sono, di norma, generati da altri sistemi. Un sistema che non ha un generatore è *autogenerato*.
- 4) *Programma regolativo* – è un particolare programma operativo che, *applicato da* organi *regolatori*, consente di *controllare* e mantenere intatta la *mappa strutturale* – quindi la rete dei processi ammissibili – pure al mutare degli elementi specifici della struttura. Un sistema senza programma regolativo aumenta la propria "entropia interna" degradando, ancor più rapidamente, la struttura e la rete dei processi.

Dopo le precedenti considerazioni, appare relativamente semplice comprendere come la "spiegazione sistemica" sia di fatto un *explanans* per evidenziare i *processi*, P, che hanno generato l'*explanandum*; F, la *struttura sistemica*, S, che supporta tali processi; i *programmi*, Π, e i controlli, C, che guidano questi ultimi, nonché l'*ambiente*, E, che li condiziona. La "spiegazione sistemica" presenta la seguente struttura:

<i>Explanans</i>	E = ambiente a cui è accoppiato il sistema S = struttura sistemica che genera i processi che danno origine all' <i>explanandum</i> F Π = programmi che fanno sì che la struttura generi i processi P = processi generati dalla struttura S attraverso le operazioni dei programmi Π C = controlli della dinamica di S.
<i>Explanandum</i>	F = fenomeno da spiegare
Conclusione	F deriva da P prodotti da S in E per mezzo di Π, regolati da C.

Chiusura operativa	L'estensione (confine e grado di analisi) del sistema (ambiente-struttura-programmi-processi) rappresenta la chiusura operativa della spiegazione
--------------------	---

Mentre la "spiegazione classica" è particolarmente utile nelle "spiegazioni scientifiche" riconducibili nell'ambito delle "scienze sperimentali", la "spiegazione sistemica" si deve utilizzare quando l'*explanandum* non può essere ridotto a un "evento" che dipenda da altri tramite leggi e teorie, o che risulti dall'applicazione di una procedura, ma deve essere considerato un fenomeno dinamico connesso agli input o agli output o alla dinamica ambientale e strutturale di qualche sistema che occorre individuare. La "spiegazione sistemica" si dimostra più efficace di altre, in quanto può prendere in considerazione e "piegare" qualsiasi micro e macro-fenomeno dinamico, dall'iperglicemia, ai disturbi neuronali, dalle anomalie nella postura alle malattie infettive, dal riscaldamento globale alle dinamiche della popolazione, dalla deviazione del percorso di una sonda spaziale alla diffusione di epidemie; può essere anche impiegata per le spiegazioni relative a eventi singoli, non ripetibili, a fatti unici, prodotti nell'ambito del comportamento di un sistema;

I sistemi dotati di apparati che sviluppano "processi di controllo" delle loro dinamiche si denominano "sistemi di controllo"; molte "domande di conoscenza" relative a fenomeni dinamici e complessi richiedono l'individuazione e l'esame dei *programmi* che regolano la dinamica dei *sistemi di controllo* che avrebbero dovuto impedire gli inconvenienti. Ecco un esempio.

Perché è stata dimenticata una "pinza" nella pancia della zia? Perché mia zia sente dolore quando il medico preme un dito all'altezza del suo stomaco? Certamente non possiamo limitarci a fare ricorso alla nozione generale di dolore, al rapporto fisiologico tra organo infiammato e dolore, oppure, ancora, al fatto che la sensazione dolorosa deriva da impulsi elettrici che si generano al contatto del dito del medico e che sono trasmessi dai neuroni al centro del dolore del cervello della zia; o, ancora, al fatto che il dolore è lo stimolo generale di pericolo per tutti gli animali, ecc. Mia zia sente dolore perché, come la radiografia ha rivelato, ha una pinza chirurgica nello stomaco. Ecco, allora che viene spontanea una spiegazione procedurale, cercando non tanto di collegare la presenza della pinza al dolore quanto, piuttosto, di individuare il perché (la procedura secondo la quale) la pinza è rimasta nello stomaco della zia. Ma non possiamo accontentarci della risposta che mia zia sente dolore perché il chirurgo che l'ha operata l'anno scorso si è dimenticato nel suo stomaco il ferro chirurgico. La spiegazione che ci soddisfa è piuttosto quella che cerca di farci capire il perché di quella dimenticanza. Occorre pertanto sviluppare una vera spiegazione sistemica, nella quale l'originale viene inserito in una rete di processi, della quale si indaga l'organizzazione, i programmi e l'ambiente influente. Ecco che, allora, la nostra indagine esplicativa ci porta ad individuare un chirurgo che opera con una nuova infermiera, in quanto la sua precedente assistente è stata destinata ad altro reparto. La nuova infermiera non era pienamente al corrente delle procedure (programma) seguite dal chirurgo durante l'operazione ed ha spostato il carrello sul quale il chirurgo avrebbe dovuto appoggiare la pinza dopo l'uso; non trovando il carrello il chirurgo ha pensato di posare per un attimo la pinza nello stomaco per poi ritirarla subito dopo; questo atto si presenta come una variante ad un programma ben collaudato; il chirurgo seguendo gli altri passi ormai consueti si è dimenticato della pinza. Ma perché l'infermiera è stata sostituita? La spiegazione potrebbe a questo punto continuare ricercando i fattori ambientali che hanno condizionato tutti i processi appena descritti, quali i cattivi rapporti tra chirurgo e primario, tra primario e direttore amministrativo della clinica, oppure la ristrettezza di fondi che hanno imposto un diverso utilizzo dell'infermiera specializzata e così via (Mella, 1997, Par. 5.5).

In questo esempio enfatico appare evidente che altri tipi di spiegazione appaiono del tutto inadeguate; la "pinza nella pancia della zia" si spiega solo con l'esame di un sistema di procedure

e di eventi che hanno agito congiuntamente. La “spiegazione sistemica”, tuttavia, non è un'alternativa ad altre forme di spiegazione ma, piuttosto, le comprende, diventando un tipo di spiegazione ancora più generale. La spiegazione classica individua nelle teorie la chiusura ultima del processo di spiegazione. La spiegazione sistemica la individua invece nel confine del sistema, nell'estensione e nell'organizzazione della rete dei processi.

6 – Altre forme di “spiegazioni sistemiche”

Ci sono altre forme di spiegazioni sistemiche che fanno ricorso a sistemi con una logica operativa diversa rispetto a quelli indicati in Figura 1. Ne cito tre particolarmente rilevanti e utili:

(A). I sistemi dinamici elaborati secondo le regole del *Systems Thinking*, efficaci per “rispondere” a molte domande connesse a macro e micro fenomeni dinamici interconnessi e interagenti e ai loro effetti.

Systems thinking is a discipline for seeing wholes, recognizing patterns and interrelationships, and learning how to structure those interrelationships in more effective, efficient ways. (Senge and Lannon-Kim 1991, p. 24)

Il System Thinking può facilitare la spiegazione e la previsione sistemica di un fenomeno sotto vari aspetti.

a – Osserva solo “variabili” connesse a fenomeni dinamici e ne individua le “relazioni causali” e le connessioni circolari, i *loop*, i *feedback*, cioè le interconnessioni e le interazioni tra variabili; le variabili connesse tramite *loop*, congiuntamente considerate, formano “un sistema dinamico” che viene rappresentato da un particolare semplice modello denominato “mappa strutturale”, formalizzato in un “causal loop diagram”.

b – Consente di precisare operativamente la nozione di “causa” e di individuarne i limiti applicativi. Poiché ogni evento *deve* sempre essere pensato come connesso a qualche processo sistemico (Figura 1), il System Thinking considera *causa* dell'evento-effetto, E, quell'evento-causa, C, che, posto come l'input di un processo, consente *inevitabilmente* di ottenere E quale output (Bunge, 1970). Si modifica, inoltre, la definizione di “causa” introducendo il concetto di “loop” per indicare che se C è causa di E, e se, in un tempo successivo, E, essendo connesso a C, e ne causa la dinamica, si genera un *loop*, che produce una interazione, una specie di “causa circolare”, che può produrre effetti di “rinforzo” o di “bilanciamento” tra C ed E (Mella, 2012).

c – L'indagine della mappa strutturale consente di individuare i fenomeni connessi (*explanans*) a quello da spiegare (*explanandum*), atti a determinarlo o a giustificarlo (spiegazione).

d – Dalla “mappa strutturale”, studiando i fenomeni connessi, può essere possibile prevedere le *conseguenze future* del fenomeno osservato (previsione).

e – È necessario, quanto agevole, cogliere i *feedback* che connettono il fenomeno osservato ad altri fenomeni che ne condizionano le manifestazioni.

f – In particolare, il System Thinking considera fondamentale per la “spiegazione” la conoscenza (e l'analisi) dei *processi*, con i relativi *programmi*, la *struttura* e l'*ambiente* che condizionano i fenomeni da indagare.

g – Poiché la spiegazione deve essere “soddisfacente”, il System Thinking consente di individuare i *confini* del sistema, eliminando dall’osservazione i processi sistemici che risultano, o si ritengono, influenti sull’evento da spiegare; la spiegazione risulta soddisfacente nella misura in cui viene ottenuta da un sistema organizzativamente chiuso di processi coerenti.

La “spiegazione” tramite la logica del Systems Thinking individua la *chiusura operativa* della “spiegazione” nell’*estensione* e nell’*organizzazione* della rete dei processi, cioè nel *dettaglio* delle variabili, nelle *connessioni* stabili tra esse e nel *confine* del sistema. Rinvio gli interessati ad esplorare l’interessante campo del Systems Thinking al testo di Peter Senge, *The fifth discipline* (1990, Senge *et al.*, 1994) o al mio testo *Systems Thinking* (2012).

Al Systems Thinking si affianca la “System Dynamics”, un metodo e una tecnica sviluppata da Jay Forrester (1961) nei suoi lavori sulla Dinamica Industriale. La Systems Dynamics è collegata al Systems Thinking in quanto osserva esattamente lo stesso tipo di sistemi dalla stessa prospettiva ma offre strumenti per costruire modelli quantitativi di simulazione al computer per meglio “spiegare” i fenomeni dinamici.

“System dynamics” is a professional field that deals with the complexity of systems. System dynamics is the necessary foundation underlying effective thinking about systems. System dynamics deals with how things change through time, which covers most of what most people find important. System dynamics involves interpreting real life systems into computer simulation models that allow one to see how the structure and decision-making policies in a system create its behavior. (Forrester 1999, p. 1)

Nota 1. Sul concetto di relazione causa-effetto in termini di input e di output di processi, così come indicata da Mario Bunge (1970, 1979) (Paragrafo 3) il Systems Thinking ci consente di precisare che:

a) il concetto di causa presuppone un processo di produzione dell’effetto; ma ogni processo dipende dalla struttura del sistema che lo attua; la causa di un effetto è pertanto la coppia [input, struttura], tenuto conto dei processi, dei programmi e dei controlli;

b) la nozione di causa, intesa unicamente come input e non come coppia [input, struttura], ha significato, pertanto, solo nell’ipotesi di sistemi *senza memoria* i quali, al termine di ogni processo, riposizionano la propria struttura sempre in uno stato noto, così che lo stesso input (la stessa successione di input-causa) produca lo stesso output (la stessa successione di output-effetto); in tali sistemi la struttura equivale costante che, in quanto invariante, può essere sottintesa;

c) un *primo limite* alla nozione di causa deriva, però, dal fatto che essa perde di significato per i sistemi *con memoria*; in essi, per definizione, una successione di input uguali può produrre output diversi in quanto l’output deriva dallo stato interno che viene di volta in volta modificato dall’input precedente;

d) un *secondo limite* alla nozione di causa si connette al fatto che essa perde di significato in presenza di sistemi con *feedback esterni*; in tali sistemi, gli effetti influiscono, a loro volta, sulle cause; ogni ripetizione dello stesso processo che presenta uguali output può quindi avere richiesto input differenti;

e) un *terzo limite* alla nozione di causa si osserva proprio nei sistemi ad *input multipli* (si veda sub c e d) quando tali input non risultano indipendenti a motivo anche di feedback interni alla struttura; in questa eventualità, ogni input si connette agli altri secondo circuiti di rinforzo o di bilanciamento che rendono imprevedibile l’output-effetto. In tali sistemi, alla nozione di

relazione causale tra C ed E si può sostituire significativamente la nozione di *relazione funzionale*: l'evento E non deriva da una causa ma è *funzione* di una pluralità di fattori che lo producono quali input del sistema del quale E è output.

La nozione di causa va pertanto limitata a *processi semplici* che con certezza possiamo ritenere prodotti da elementi di sistemi o da "sistemi senza memoria", nei quali lo stesso flusso di input produce sempre lo stesso flusso di output. La *mappa strutturale* può, anzi deve, essere considerata come il modello nel quale le relazioni tra due variabili esprimono "sistemi senza memoria e le variabili fungono da *elementi* input-output, elementi causa-effetto; tali relazioni semplici tra due variabili vengono connesse tra loro *in circuiti complessi* dai quali deriva la struttura del sistema completo; per questo, la mappa strutturale rappresenta un "sistema con memoria" nel quale – per la presenza di loop – lo stesso flusso di input di una variabile produce, per l'intero sistema, differenti flussi di output. La nozione di "causalità lineare" dovrebbe essere sostituita da quella di "causalità circolare".

Nota 2. Connessa alla nozione di "causa" vi è quella di "caso", la cui analisi richiede la quantificazione di "probabilità" di accadimento. In termini elementari, possiamo affermare che un evento accade *casualmente* se non è possibile individuarne o specificarne la *causa*; se i fattori che influiscono sulla produzione dell'evento sono talmente numerosi, articolati e interconnessi che non è possibile arrivare a conoscerli compiutamente, quell'evento può ritenersi prodotto *casualmente*. "Caso", pertanto, equivale a ignoranza delle "cause". È immediato rendersi conto che anche il "caso" può avere una interpretazione in termini sistemici: affermiamo che un evento accade *per caso* quando non possiamo conoscere il sistema (ambiente, input, struttura e processo) che l'ha generato. Tra "causa" e "caso" vi è, però, un legame di feedback concettuale in quanto se il "caso" deriva dall'ignoranza delle "cause", anche la nozione di "causa" si fonda sull'ignoranza/esclusione degli altri fattori che possono influire sull'effetto o sulla loro mancata (spesso voluta) considerazione.

Un semplice esempio renderà evidenti le conclusioni.

Se fissiamo su un cavalletto un fucile di precisione e poniamo un bersaglio a 5 metri, certamente 100 colpi avranno tutti la stessa traiettoria e colpiranno sempre lo stesso punto se l'input cartuccia è costante ad ogni colpo (sul bersaglio si osserverebbe un unico foro); allontanando, però, il bersaglio a 100 o a 200 metri, o anche più lontano, per quanto le cartucce siano apparentemente identiche, i proiettili non colpiranno più tutti lo stesso punto ma si distribuiranno formando una *rosata*. La "spiegazione" è semplice; quando il sistema "fucile, cartucce, bersaglio" produceva un processo di sparo a 5 metri, le condizioni del processo potevano essere considerate perfettamente note; più precisamente, i numerosi fattori in grado di incidere sulla traiettoria – vento, differente densità dell'aria lungo la traiettoria, lievi differenze di caricamento delle cartucce, impercettibili movimenti del cavalletto, distorsione della canna con il calore, ecc. – risultavano pressoché ininfluenti, in quanto di intensità troppo tenue per apportare variazioni significative all'esito del processo: le condizioni di produzione *causale* derivavano dalla tenue attività di fattori *casuali*, che potevano, pertanto, essere ignorati. Allontanando il bersaglio, le condizioni prima trascurate iniziano, nella loro *congiunta* azione, a fare sentire la loro influenza sulle traiettorie, anche se, prese singolarmente, non sono significativamente misurabili; il processo, pertanto non avviene più alle stesse condizioni e si fa strada la nozione di *casualità*, come *ignoranza delle condizioni causali* che, pur essendo troppo deboli per essere misurate, nella loro azione congiunta influiscono sull'esito dei colpi.

Conclusione: la *casualità* deriva dall'ignoranza di fattori *causali* non conoscibili con "misurazioni" ma che, nel loro complesso, diventano fattori *casuali*.

(B). I "Sistemi Combinatori", utili per spiegare" molti fenomeni collettivi e loro effetti osservabili.

Un "Sistema Combinatorio" è una "collettività" (pluralità, popolazione, specie, gruppo, ecc) di agenti relativamente *simili* (uomini, animali, batteri e così via) che producono *micro-comportamenti* e *micro-effetti* relativamente *analoghi* (dinamiche dei loro micro-stati) osservabili o definibili. "Combinati insieme", i micro-comportamenti /effetti producono un *macro-comportamento emergente* (dinamica del macro-stato collettivo), che non è incluso in anticipo nel programma operativo del comportamento degli agenti, ma è, invece, attribuibile alla "collettività" nel suo complesso, considerata come un sistema unitario. Il macro-comportamento collettivo, a sua volta, condiziona o dirige i *successivi* micro-comportamenti degli agenti che modificano il macro-comportamento in un *feedback* la cui azione dura per un dato intervallo temporale (Richardson, 1991). Questo rapporto reciproco agenti-collettività è definito "micro-macro feedback" e rappresenta una condizione necessaria e sufficiente per l'esistenza di un sistema combinatorio in quanto garantisce il mantenimento nel tempo del macro-comportamento del sistema e aggiorna costantemente i micro-comportamenti; quando il sistema si avvia "per caso", "di necessità esso sviluppa e mantiene nel tempo le sue dinamiche.

Propongo una breve lista di "domande di conoscenza" relative a fenomeni che possono essere "spiegati" ricorrendo alla Teoria dei Sistemi Combinatori, tutti derivando dalle stesse regole logiche di base: Perché e come si formano i mucchi di immondizia o le nuvole di graffiti sui muri? Come si formano i pianeti? Come nascono gli insediamenti urbani e gli agglomerati industriali? Perché molte specie di animali vivono branchi e in colonie? Come nascono e si diffondono le droghe e epidemie? Perché le lingue e i dialetti si mantengono nel tempo, anche per secoli? Per quale ragione nei luoghi chiusi dove c'è assembramento nasce un brusio di fondo che persiste? Come si può eliminare? Qual è il meccanismo che mantiene le faide, i conflitti, le guerre endemiche? Perché si formano gli stormi di uccelli, i banchi di pesci e le fastidiose corsie nell'asfalto dell'autostrada? Qual è il meccanismo che rende inarrestabile il progresso scientifico e tecnologico?

La Teoria dei Sistemi Combinatori è stata da me elaborata a partire dal 1998 ma è stata compiutamente formalizzata nel 2017 nel testo *Combinatory Systems Theory. Understanding, Modeling and Simulating Collective Phenomena* (2017a, Springer) al quale rimando il lettore perché in esso sono presentati decine di fenomeni spiegabili con questa teoria. Una presentazione breve ma sufficientemente completa e accessibile è nel paper Mella, P. (2017b): *The unexpected cybernetics life of collectivities: the combinatorial systems approach*.

(C). I sistemi "complessi", e sistemi "autopoietici", due classi di sistemi spesso impiegati per "descrivere", più che per "spiegare", fenomeni che "sfuggono" alle altre forme di spiegazione.

Farò solo qualche breve cenno per consentire al lettore di valutare l'interesse per un autonomo approfondimento.

Murray Gell-Mann (1995) fa risalire il significato alla radice della parola "complexity". La parola inglese "complex" deriva dal latino *plexus* che significa *intrecciato*, da cui deriva *complexus*, che significa *intrecciato insieme*. La complessità è quindi associata all'intricato intreccio o

interconnettività di elementi all'interno di un sistema e tra un sistema e il suo ambiente. Per un'indagine sui diversi significati e distinzioni dell'idea di complessità si veda, ad esempio, Gell-Mann (1992). Delorme (2001) offre una distinzione formale tra complessità e complicazione.

Strutturalmente, i "sistemi complessi" (complex systems) sono formati da una molteplicità di elementi (agenti, pedoni sul marciapiede, auto che formano il traffico in una metropoli, particelle di un gas, vortici nell'acqua che scorre, ecc.) che agiscono in modo isolato o in piccoli gruppi senza forme di cooperazione o di pianificazione, producendo stati apparentemente disordinati, non descrivibili e non prevedibili; ciò significa che, dato lo stato attuale degli elementi di un sistema complesso, non si può prevedere il loro stato futuro (CSS 2013). L'idea fondamentale alla base della "teoria dei sistemi complessi" è che il comportamento di tali sistemi collettivi, osservati a livello *macro*, è determinato dall'interazione *non deterministica* del *micro*-comportamento degli elementi che li costituiscono e, per questo motivo, il loro *macro* comportamento è complesso (dinamiche turbolente della superficie del sole, evoluzione del tempo atmosferico, dinamica dei tifoni, correnti oceaniche, ecc.). L'unico "ragionevole" approccio alla complessità in tali sistemi è quello di riconoscere, definire o ipotizzare alcune *micro-regole* che si suppone producano o dirigono i *micro-comportamenti*. In altre parole, non è possibile "rappresentare" un sistema complesso tramite le descrizioni analitiche dei *micro-comportamenti* nè con equazioni complesse "globali"; occorre lasciare che la complessità emerga dall'interazione degli elementi, cercando regole il più possibile semplici che agiscano a livello locale (Waldrop 1992; Kauffman 1993, 1996; Gilbert & Doran, 1994). Il fisico Hermann Haken (Haken 1977b, 1982), ha proposto un metodo di indagine dei sistemi complessi denominato Sinergetica (Synergetics). "*La parola sinergica è composta da parole greche che significano 'lavorare insieme'*" (Haken 1982, p. 2). Secondo l'approccio sinergetico i sistemi complessi sono composti da un insieme di elementi così numerosi che le loro dinamiche possono essere analizzate e descritte a livello macro solo in termini di un numero limitato di parametri definiti come "parametri d'ordine".

Rientra nell'area dei sistemi complessi l'approccio dei *sistemi complessi adattivi* – complex adaptive systems, o CAS – (Kauffman 1993, 1996; Gilbert 1995; Allen 2001; Axelrod 1997) e l'approccio dei *sistemi complessi che si evolvono* (Complex Evolving Systems). Tali approcci studiano come i sistemi complessi interagiscono e come scambiano informazioni con il proprio ambiente (Conte e Castelfranchi 1994) per mantenere i loro processi interni nel tempo e sviluppare una qualche forma di "cognizione".

Definition (1): A complex adaptive system (CAS) consists of non-homogeneous, interacting adaptive agents. Adaptive means capable of learning.

Definition (2): An emergent property of a CAS is a property of the system as a whole which does not exist at the individual elements (agents) level. Typical examples are the brain, the immune system, the economy, social systems, the ecology, insect swarms, etc.

Therefore, to understand a complex system one has to study the system as a whole and not to decompose it into its constituents (Ahmed et al. 2005, pp. 1-2).

Secondo Murray Gell-Mann (1992, 1994, 1995) i CAS sono costituiti da agenti (individui, persone, animali, ecc.) che per sopravvivere in un ambiente che cambia adattano il proprio comportamento, producendo nuovi "schemi" di interazione e convivenza; questo comportamento viene previsto e adattato.

Now how does a complex adaptive system operate? How does it engage in passive learning about its environment, in prediction of the future impacts of the environment, and in

prediction of how the environment will react to its behavior? [. . .] The answer lies in the way the information about the environment is recorded. In complex adaptive systems, it is not merely listed in what computer scientists would call a look-up table. Instead, the regularities of the experience are encapsulated in highly compressed form as a model or theory or schema. Such a schema is usually approximate, sometimes wrong, but it may be adaptive if it can make useful predictions including interpolation and extrapolation and sometimes generalization to situations very different from those previously encountered. In the presence of new information from the environment, the compressed schema unfolds to give prediction or behavior or both. (Gell-Mann, 1992, p. 10).

Molti fenomeni problematici connessi alla “vita” biologica e sociale degli individui e delle collettività, possono essere interpretati e “spiegati” con la Teoria dei “sistemi autopoietici” – Autopoietic Systems – cioè sistemi che si *autoproducono* mantenendo stabili i loro processi interni, diventando “sistemi omeostatici”. Questa innovativa, ed elegante, interpretazione teorica è stata proposta dai biologi Herberto Maturana e Francisco Varela nel loro lavoro, *Autopoiesis and cognition* (1980) e confermata in successivi scritti (1987). Nessuno, più chiaramente degli autori può sintetizzare l’idea sistema autopoietico.

Autopoietic machines are homeostatic machines. Their peculiarity, however, does not lie in this but in the fundamental variable which they maintain constant. An autopoietic machine is a machine organized (defined as a unity) as a network of processes of production (transformation and destruction) of components which:

- (i) through their interactions and transformations continuously regenerate and realize the network of processes (relations) that produced them; and
- (ii) constitute it (the machine) as a concrete unity in space, in which they (the components) exist by specifying the topological domain of its realization as such a network.

It follows that an autopoietic machine continuously generates and specifies its own organization through its operation as a system of production of its own components, and does this in the endless turnover of components under conditions of continuous perturbations and compensation of perturbations. Therefore, an autopoietic machine is homeostatic (or rather a relations-static) system which has its own organization (defining network of relations) as the fundamental variable which it maintains constant (Maturana and Varela 1980, pp. 78–79).

Sulla base di questa definizione i due autori specificano e generalizzano, in modo sorprendente anche il concetto di sistema vivente.

If living systems are machines, [then the fact] they are physical autopoietic machines is trivially obvious: they transform matter into themselves in a manner such that the product of their operation is their own organization. However, we deem the converse is also true: a physical system, if autopoietic, is living. In other words, we claim that the notion of autopoiesis is necessary and sufficient to characterize the organization of living systems (Maturana and Varela 1980, p. 82).

L’approccio autopoietico è stato impiegato in molti contesti esplicativi. Salvatore Vicari lo ha utilizzato per descrivere l’impresa come sistema vivente nel suo saggio “L’impresa vivente” (1991) al quale rinvio il lettore interessato.

7 – Spiegazioni “teleologiche”

Le spiegazioni sistemiche possono essere tenute separate dalle spiegazioni “teleologiche”, che si basano sull’analisi del comportamento di un sistema (di solito biologico) nell’ipotesi che esso

sia strutturato e programmato per conseguire un "fine" o raggiungere un "obiettivo" (Lennox 1992). Le spiegazioni "teleologiche" riguardano fenomeni da spiegare relativi a sistemi a cui sono applicati i Sistemi di Controllo.

The necessity of teleological explanation for biology has been questioned by the formalist tradition. We have seen that the ideal of explanation for the formalists is the deductive model. Many attempts have been made to incorporate teleological explanation into the deductive model. Indeed such an incorporation is necessary if there is to be a formal reduction of biology to physics and chemistry. The basic line of argumentation is to subsume biological "goal-directed" systems under the wider category of "directively organized" systems which can apply to both living and inorganic systems (Plamondon 1979, p. 153).

Le spiegazioni teleologiche sono "spiegazioni evolutive" che giustificano certi fenomeni biologici legati a individui e popolazioni e che derivano da qualche "causa finale", uno "scopo necessario", un tipo di "causalità all'indietro" (backward causation). Come semplice esempio di spiegazione teleologica, supponiamo di voler spiegare "perché il mantello della lepre diventa bianco in inverno" (Fichera, 2018). La spiegazione causale classica farebbe ricorso all'analisi dei geni delle lepri, alla teoria dell'evoluzione che favorirebbe la sopravvivenza degli animali con doti mimetiche, ecc. La spiegazione teleologica evolutiva potrebbe essere, invece, presentata come segue:

1. Le differenze di colore esistono in tutte le popolazioni di lepri naturali.
2. Se in inverno una lepre di montagna ha un mantello bianco, è in grado di mimetizzarsi meglio nell'ambiente innevato circostante, risultando meno visibile nei confronti dei predatori (criptismo) e migliorando le sue possibilità di sopravvivenza..
3. Maggiori sono le sue possibilità di sopravvivenza, maggiori sono le probabilità di riprodursi con successo.
4. Pertanto, in media, le lepri con un mantello invernale di colore chiaro avranno più prole rispetto a quelle con mantello più scuri.
5. Il colore del mantello invernale è una caratteristica ereditaria.
6. Pertanto, la generazione successiva vedrà un numero maggiore di lepri con un mantello invernale bianco.
7. Dopo molte generazioni, esisteranno solo lepri con mantello invernale bianco.

Il modello della spiegazione teleologica ha la seguente struttura:

<i>Explanans</i>	S = struttura sistemica che genera i processi che danno origine all' <i>explanandum</i> F G = Obiettivo, goal, che S deve raggiungere C = Processo di controllo effettuato da S E = ambiente a cui è accoppiato il sistema
<i>Explanandum</i>	F = dinamica di S da spiegare
Conclusione	F deriva da S in E perché C dirige S verso G
Chiusura operativa	Il Sistema di Controllo che indirizza da S a G rappresenta la chiusura operativa della spiegazione

Perché alcune specie di dinosauri avevano aumentato la loro stazza assumendo dimensioni incredibili e sviluppando una lunga coda? Perché molti animali di una data specie che vivono nelle piccole isole assumono dimensioni minute rispetto agli esemplari che vivono in ampi spazi? Perché molti serpenti, insetti, meduse, funghi e frutti sono velenosi? Perché molti uccelli

hanno lunghe piume variopinte sul capo? È difficile rispondere a queste domande ricorrendo a spiegazioni causali o sistemiche, ricercando la risposta studiando il DNA o l'ambiente. Questi fenomeni richiedono il ricorso a "spiegazioni teleologiche" che si basano sulla Teoria darwiniana dell'evoluzione e sulle forme derivate da questa.

8 – Altre forme di spiegazione

Altre forme di spiegazione sono però "disponibili." Mi limito a menzionarne tre, senza approfondirle:

(A) – Spiegazione matematica. È una metodologia che richiede conoscenze specialistiche, spesso avanzate, in quanto cerca di costruire "modelli matematici" che esprimano la struttura degli aspetti che si vogliono spiegare. La Teoria della Relatività di Albert Einstein è un esempio significativo. Un altro esempio, che ho sempre trovato stimolante, è quello della spiegazione del fenomeno dell'oscillazione periodica del numero di *sardine* e di *squali* osservata dallo zoologo Umberto D'Ancona nelle statistiche di decenni di rilevazioni conservate negli archivi di biologi marina. Venne posta la "domanda" al matematico Vito Volterra, il quale, dopo le dovute riflessioni, spiegò le dinamiche oscillatorie reciproche delle due popolazioni come conseguenza della loro interazione: le sardine erano le *prede* degli squali e questi rappresentavano la popolazione *predatrice*. Elaborò quindi un modello matematico, relativamente semplice, formato da un sistema di due equazioni differenziali che spiegavano come le dinamiche reciproche erano un fenomeno di *coevoluzione* tra le due popolazioni (Volterra, 1926). Successivamente, Vito Volterra (1931) e Alfred Lotka (1925), realizzarono un modello ancora più generale (Mella, 2021, Par. 8.5). E che dire della curiosità di capire, con una dimostrazione rigorosa, perché vale il Teorema di Pitagora, che tutti sappiamo applicare? Vi sono anche le "spiegazioni matematiche" che "spiegano" struttura e comportamento di "oggetti matematici astratti" mediante la formulazione di teoremi.

(B) – Spiegazione logica. In parole semplici, la "spiegazione" della "verità" di una proposizione si dimostra costruendo un'"argomentazione" logica rigorosa, *explanans*, che derivi l'*explanandum* quale conclusione dalla verità delle proposizioni che formano l'*explanans*, asserite "vere". Da un punto di vista logico (a parte la logica fuzzy, per esempio) sappiamo che ogni proposizione può essere "vera" o "falsa". La più semplice struttura di spiegazione logica è rappresentata dal "sillogismo categorico" studiati da Aristotele. Possiamo, allora, supporre che nelle "proposizioni composte", il valore di verità di una proposizione assunta come "conclusione" derivi dai valori di verità delle altre proposizioni componenti, assunte come "premesse" (Copy and Cohen 2008, p. 290).

We know that every statement is either true or false. Therefore we say that every statement has a truth value, where the truth value of a true statement is true, and the truth value of a false statement is false. Using this concept, we can divide compound statements into two distinct categories, according to whether the truth value of the compound statement is determined wholly by the truth values of its components, or is determined by anything other than the truth values of its components (Copy and Cohen 2008, p. 290).

Ciò significa che facendo certe ipotesi sulla "verità" (o la "falsità") di premesse, è possibile determinare la "verità" (o la "falsità") della conclusione con una dimostrazione logica. L'esempio più immediato di una semplice "spiegazione" logica è rappresentato dal "sillogismo", un'argomentazione composta da *premesse*, che costituiscono l'*explanans*, dalle quali

deriva una *conclusione*, che rappresenta l'*explanandum*. Le spiegazioni logiche possono essere anche molto elaborate ma ci sono tecniche per arrivare in modo efficiente alla verifica della verità o falsità della conclusione date le premesse (Mella, 1982, Paragrafo 3.12).

Ai fini della "spiegazione" di ciò che viene asserito nella conclusione (*explanandum*), occorre distinguere due specie di argomentazioni (*explanans*): "logiche" (o "formali", comprese quelle "matematiche") e "fattuali" (comprese quelle "scientifico-empiriche"):

a) un'*argomentazione logica*, o formale, accerta la "verità" (o la "falsità") della conclusione basandosi solo sulle "relazioni logiche" che uniscono le premesse, dopo aver "*supposto*" la "verità" (o la "falsità") di queste ultime. Pertanto, si deduce la verità o la falsità della conclusione solo in base alla "forma" dell'argomentazione;

b) un'*argomentazione fattuale*, empirica, invece, asserisce la "verità" (o la "falsità") della conclusione dopo aver "*accertato*" la verità (o la falsità) delle premesse. Viene asserita una conclusione derivata da premesse *accertate* come "vere" o "false", o postulate come vere in attesa di verifica o falsificazione.

La seguente argomentazione è logica: "*Se assumiamo che i marziani esistano, e che siano di ghiaccio, se sbarcassero nel Sahara sotto il sole, senza tute protettive, fonderebbero*". L'argomentazione è logicamente vera in quanto dalle premesse segue la conclusione, anche se nessuno ha mai accertato la composizione del corpo dei marziani. "*Dato che il ghiaccio fonde a una temperatura sopra lo zero, un cubetto di ghiaccio al sole del Sahara fonderebbe*" è un'*argomentazione empirica* o scientifica relativa a un fenomeno che ammette una verifica fattuale.

Osservo, da ultimo che la "logica formale" – che si presenta come una teoria consolidata e argomenta secondo le regole di questa teoria – è accompagnata dalla "logica informale", tipica degli argomenti discorsivi che si svolgono in specifici contesti della vita quotidiana (Levi, 2000; Groarke, 2021).

I side with informal logic even if it does not have a theory because it is about arguments in actual discourse. Moreover, I'm not sure why any theory is needed to appreciate the practical value of informal logic in providing resources for critical thinking (Levi, 2000, p. 1).

(C) – Spiegazione fideistica e per argomentazione ad hominem. In parole semplici, la "spiegazione" della "verità" di una proposizione, anziché tramite un'"argomentazione" logica rigorosa, viene sostenuta in quanto la proposizione è asserita da un soggetto che gode di stima, prestigio, fama. "*Tutti i nervi partono dal cuore; questo dev'essere vero, giacché ciò fu affermato anche da Aristotele*".

All'opposto, una proposizione viene giudicata "falsa" perché viene messa in dubbio la capacità di ragionamento di chi argomenta, indipendentemente dalla verifica delle premesse a sostegno. "*Non si può credere a Tizio perché è iscritto a quel partito; oppure: perché appartiene a una setta; oppure: perché si è dimostrato incompetente; oppure: è noto che racconta frottole, ecc.*".

Rientrano in questo schema le "spiegazioni" offerte a livello religioso, politico e fideistico in generale, che per vari aspetti, molti trovano soddisfacenti e utili. In effetti, come "spiegare" i miracoli e le possessioni maligne, eventi riconosciuti in molte religioni? Molti scienziati di diverse discipline sono impegnati a spiegare questi fenomeni ma, in molti casi, una "spiegazione fideistica" appare, per molti, la più convincente.

9 – La spiegazione “migliore” o “preferibile”

Se sono possibili diverse forme di “spiegazione”, appare immediato chiedersi quale sia la *migliore spiegazione*, la preferibile, in quanto considerata la più *efficace* per rispondere alla “domanda di conoscenza”, ma anche anche la più *efficiente* per arrivare alla risposta con il minor “costo”; quella, cioè, che meglio soddisfa l'esigenza, per l'individuo o la comunità scientifica, di rendere conto dell'*explanandum*. Non credo che qualcuno si rivolgerebbe a leggi e teorie fisiologiche o psicologiche o a processi logistici per spiegare "perché non c'è più maionese nel frigo". O che qualcuno si rivolgerebbe solo alla biologia per rendere conto dell'evoluzione dell'*homo sapiens* nell'*homo erectus*; la teoria Darwiniana può rappresentare una premessa efficace per arrivare alla risposta.

Mentre la *spiegazione classica* è particolarmente utile nel contesto delle scienze sperimentali, la *spiegazione sistemica* può anche essere utilizzata per spiegare eventi individuali e non ripetibili che coinvolgono fatti unici derivanti dal comportamento di un sistema. La prima fonda la sua validità sulle condizioni iniziali del fenomeno in questione e su un sistema di leggi e teorie che rappresentano la chiusura finale del processo di spiegazione. La spiegazione sistemica si basa sulla ricerca del modello di sistema più appropriato per derivare l'*explanandum*, F, e ha come chiusura operativa i confini del sistema e l'estensione e l'organizzazione della rete di processi che ne costituiscono il funzionamento.

Una buona spiegazione deve consentire anche previsioni accurate. *Prevedere* il fenomeno F significa sviluppare un'argomentazione che, basata su leggi e condizioni specifiche, ci permetta di dedurre F prima di osservarla, cioè anticipatamente rispetto all'osservazione. È immediatamente chiaro che la struttura dell'argomentazione che produce le *spiegazioni* o le *previsioni* è del tutto analoga; la differenza è solo nella dimensione temporale. Se l'*explanandum* è "datato" (t1) e l'*explanans* (t2), abbiamo una spiegazione; se, d'altra parte, le premesse si riferiscono all'istante (t1) e l'*explanandum* all'istante (t2), l'argomentazione ha natura di una previsione. Pertanto, le spiegazioni scientifiche *classiche* e *sistemiche* sono preferibili poiché queste strutture argomentative sono considerate le migliori anche nel fornire previsioni accurate del verificarsi di F. Vorrei sottolineare che per comprendere e spiegare la realtà nei suoi aspetti dinamici, distribuiti spazialmente, gli approcci Systems Thinking e System Dynamic, applicati congiuntamente, ci permettono di identificare le migliori spiegazioni sistemiche costruendo modelli di sistemi dinamici, ripetitivi e interconnessi e simulandone il funzionamento. Oggetti osservati in una visione statica, sistemi non ripetitivi, fenomeni individuali, cause semplici, effetti semplici, mancanza di memoria: questi sono gli errori o i limiti che il Pensiero Sistemico cerca di eliminare.

Quando ci sono due spiegazioni ugualmente possibili, è generalmente considerata la migliore quella le cui premesse includono le teorie, le procedure e i sistemi e che, contemporaneamente, la comunità scientifica ritiene essere la più semplice e accreditata. Se, per spiegare un dato fenomeno, la comunità scientifica è divisa in gruppi che accettano differenti premesse e diverse chiusure operative (leggi, teorie, strutture, procedure, programmi, ecc.), allora per quel fenomeno, sono possibili spiegazioni alternative tutte ugualmente accreditate. La spiegazione diventa unica e “inequivocabile” solo quando i progressi in quel campo scientifico portano a una “chiusura operativa” prevalente sulle altre. Spesso queste spiegazioni sono considerate le migliori se includono tra le loro premesse solo (o solo alcune rilevanti) *leggi causali*. Tuttavia, credo di aver dimostrato che l'inclusione delle leggi causali è spesso impossibile quando il fenomeno da spiegare deriva da un sistema; in tal caso la spiegazione

sistemica potrebbe rivelarsi la più convincente.

In molte circostanze deve essere seguito un *approccio realistico*; come Stephen Hawking e Leonard Mlodinow (2010) hanno affermato, è necessario cercare costantemente nuove forme di spiegazione che possano dar conto delle osservazioni dei fatti, arricchendo così in modo sempre più coerente le reti di "immagini del mondo" (modelli scientifici) che possono fornire spiegazioni e comprensione.

Hawking e Mlodinow riconoscono che tutto ciò che possiamo sapere sulla "realtà" (fisica) consiste in sistemi (reti) di "immagini del mondo", o "modelli generali", espressi anche attraverso il linguaggio matematico; solo la connessione sistematica di un insieme di osservazioni accompagnate da un "modello" concettuale e da regole che collegano i concetti del modello alle osservazioni consente alla mente di "spiegare" tali osservazioni collegandole da regole a concetti definiti nei modelli.

In the history of science we have discovered a sequence of better and better theories or models, from Plato to the classical theory of Newton to modern quantum theories. It is natural to ask: Will this sequence eventually reach an end point, an ultimate theory of the universe, that will include all forces and predict every observation we can make, or will we continue forever finding better theories, but never one that cannot be improved upon? We do not yet have a definitive answer to this question ... (Hawking and Mlodinow 2010, p. 8).

Esistono immagini del mondo multiple, ugualmente valide; pertanto, la scienza richiede più modelli per comprendere le osservazioni esistenti:

Like the overlapping maps in a Mercator projection, where the ranges of different versions overlap, they predict the same phenomena. But just as there is no flat map that is a good representation of the earth's entire surface, there is no single theory that is a good representation of observations in all situations (Hawking and Mlodinow 2010, p. 9).

In sintesi, il processo di spiegazione può essere rappresentato dal modello di Figura 2.

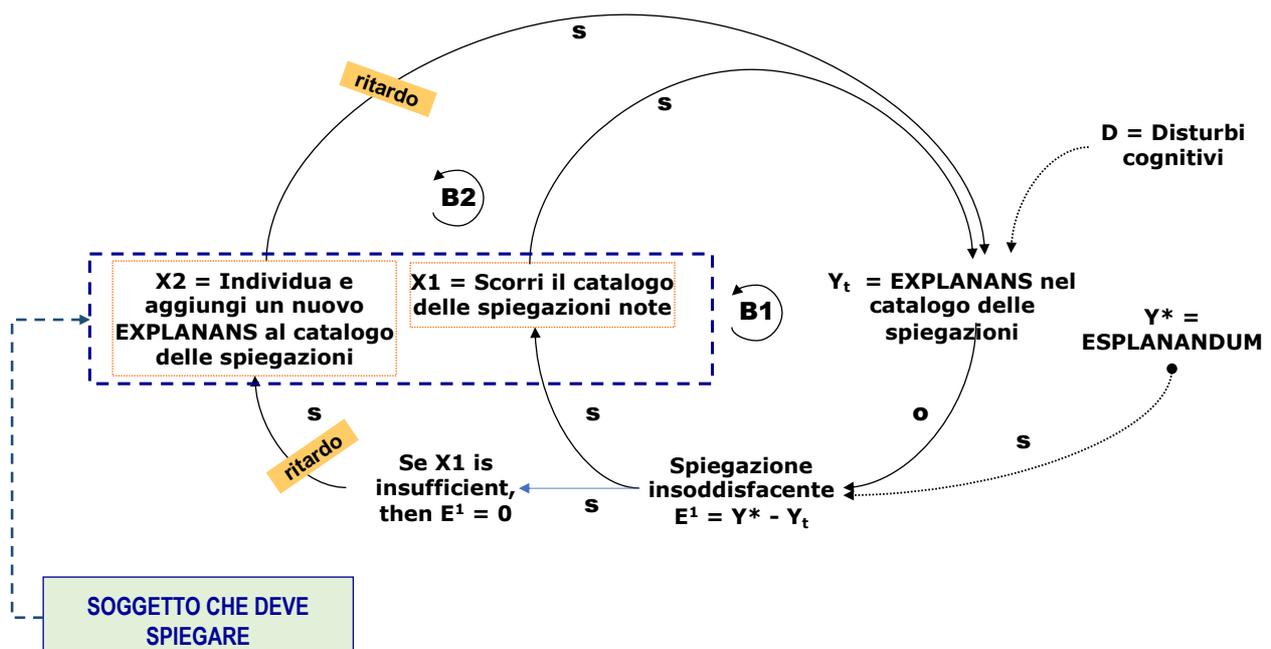


Fig. 2 – Il processo di spiegazione rappresentato come Sistema di controllo (fonte: adattamento da Mella, 2021, p. 744)

Ritengo opportuno, infine, osservare che la scelta di uno schema di “spiegazione” non dipende solo dal tipo di “domanda di conoscenza” cui si deve dare risposta ma anche da altri fattori, tra i quali:

– il *contesto* in cui la spiegazione è richiesta (aula di scuola elementare, corso universitario, laboratorio di biochimica o centro di astrofisica),

– le *risorse* e gli *strumenti* disponibili (per es., l'osservazione notturna delle stelle ha consentito di definire le costellazioni; l'uso del telescopio ha permesso la comprensione dei corpi celesti nel sistema solare; il telescopio Hubble, e tra poco, il telescopio Webb, consentono di osservare l'estensione delle galassie; i laboratori di ricerca biologica hanno consentito di individuare, mappare e studiare il DNA e di capire come i geni agiscano sul comportamento degli esseri viventi);

– il *tempo disponibile* per la “spiegazione” (per es. nelle sale di pronto soccorso, la spiegazione del perché si verifica un certo inconveniente nella situazione di un paziente richiede tempi brevissimi; la “spiegazione” delle regole di funzionamento del nostro universo prosegue da secoli e proseguirà ancora per un tempo non breve).

10 – Conclusioni

Il bisogno di spiegazione è connaturato alla natura umana. È sufficiente osservare i bimbi, gli adolescenti, le persone mature, di qualunque origine siano, qualunque scuola frequentino o qualunque professione esercitino – manuale, intellettuale, accademica, etc. – per rendersi conto di quante “domande di conoscenza” gli individui si pongano, di quante “curiosità” abbiano. I bimbi sono delle “mitragliatrici” che “sparano” domande a un ritmo impressionante e si attendono risposte comprensibili (chi ha portato i regali a Natale? Babbo ...); a differenza dei bambini che, data la loro “ignoranza” del mondo, si accontentano di spiegazioni comuni, anche approssimative, che non sono in grado di verificare, gli adolescenti e gli adulti hanno esigenze conoscitive più sofisticate che richiedono spiegazioni razionali, convincenti e, per quanto possibile, verificabili. I genitori (i nonni e gli amici), nei limiti delle loro conoscenze, sono la fonte principale delle spiegazioni per figli piccoli; la scuola, tramite i docenti e l'interazione sociale tra studenti, gradualmente si affianca e si sostituisce ai genitori, abituando gli studenti a diventare sempre più autonomi nella risposta alle domande che si pongono, attraverso i libri scientifici, i manuali e l'esperienza personale. L'attività sperimentale e speculativa, logica, matematica, in ogni forma, consente agli scienziati di tentare di dare “risposte” alle numerose “domande di conoscenza” che la natura fa sorgere, abbandonando le spiegazioni comuni “ingenua” e sostituendole con quelle “scientifiche” e “sistemiche”, applicando strutture rigorose di spiegazione. La presentazione delle più significative di queste strutture di spiegazione rappresenta proprio l'oggetto di questo studio.

Concludo con una duplice esortazione. Come genitori, parenti, amici, insegnanti, ricercatori, scienziati, operatori, uomini politici e di cultura non sottraiamoci alle “domande di conoscenza” che ci vengono sottoposte. Come individui non barrichiamoci dietro le nostre certezze, le “barriere al non voler sapere”, i dogmi; non rinunciamo a porci “domande di conoscenza”; non smettiamo di sperare che il mondo possa essere compreso, nella consapevolezza che solo la conoscenza può consentirci di modificarlo; in meglio, si spera.

11 – References

- Ahmed, E., & Elgazzar, A. S., & Hegazi, A. S. (2005). *An overview of complex adaptive systems*. arXiv preprint nlin/0506059.
- Allen, P. M. (2001). Knowledge, ignorance, and the evolution of complex systems. In: Foster, J. & Metcalfe, J. S. (eds) *Frontiers of evolutionary economics: competition and self-organization and innovation policy*. Cheltenham, Edward Elgar.
- Aristotele (2009). *Dizionario di filosofia*. Istituto dell'Enciclopedia Italiana.
- Aristotele (2022). *Wikipedia*.
- Axelrod, R. (1997). *The complexity of cooperation. Agent-based models of competition and collaboration*. Princeton University Press, Princeton
- Barney, J. B., Ketchen Jr, D. J., & Wright, M. (2021). Resource-based theory and the value creation framework. *Journal of Management*, 47(7), 1936-1955.
- Bunge, M. (1970). *La Causalità*. Torino, Boringhieri.
- Bunge, M. (1979). *Causality and modern science*, New York, Dover Publication (III Revised edition).
- Conte, R., & Castelfranchi, C. (1994). Mind is not enough. Precognitive bases of social interaction. In: Gilbert N, Doran J (eds). *Simulating societies: the computer simulation of social phenomena*. UCL Press, London, pp 267–287
- Copi, I. M., & Cohen, C. (2008, last ed.). *Introduction to logic* (14th ed.). Edinburgh: Pearson.
- CSS, Complex Systems Society. (2013). *About complex systems*.
<http://www.complexssociety.eu/aboutComplexSystems.html>
- Cupples, B. (1977). Three types of explanation. *Philosophy of Science*, 44(3), 387–408.
- Delorme R (2001) Theorizing complexity. In: Foster J, Metcalfe JS (eds) *Frontiers of evolutionary economics: competition, self-organization, and innovation policy*. Edward Elgar, Cheltenham
- Dixon, J. R., & Emery, A. H. (1965). Semantics, operationalism, and the molecular-statistical model in thermodynamics. *American Scientist*, 53(4), 428-436.
- Felline, L. (2016). Teorie della spiegazione scientifica. *APhEx.Giornale di Filosofia*. Online. www.aphex.it/public/file/Content20160621_APhEx14,2016-Felline-Temi-SpiegazioneScientifica.pdf
- Feynman, R. (2018). *Richard Feynman Tweet*.
<https://twitter.com/proffeynman/status/1010935192901554176?lang=en>
- Fichera, R. (2018, 16 novembre). *La lepre che diventa bianca come la neve*.
<https://www.buongiornonatura.it/la-lepre-che-con-la-neve-diventa-bianca/>
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial dynamics*. Waltham: Pegasus Communications.
- Forrester, J. W. (1999). *System dynamics: The foundation under systems thinking*. Cambridge, MA: Sloan School of Management, MIT 02139.
- Foster, J., & Metcalfe, J.S. (eds) (2001). *Frontiers of evolutionary economics: competition, self-organization, and innovation policy*. Cheltenham Glos, Edward Elgar Publishing.
- Freeman, R. E. & Dmytriyev, S. (2017). Corporate Social Responsibility and Stakeholder Theory: Learning From Each Other. *Symphonya. Emerging Issues in Management* (symphonya.unimib.it), 2, 7-15.
<http://dx.doi.org/10.4468/2017.1.02freeman.dmytriyev>
- Gell-Mann, M. (1992). Complexity and complex adaptive systems. In *The evolution of human languages*. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, 11 (pp. 3–18). Redwood City: Addison-Wesley.

- Gell-Mann, M. (1994). *The quark and the jaguar*. New York, NY: W. H. Freeman.
- Gell-Mann, M. (1995). What is complexity? *Complexity*, 1(1), 16–19.
- Gibbon, D. (1998). *Procedural explanations*. <http://coral.lili.uni-bielefeld.de/Classes/Summer98/PragEngDialogue/pragengdialogue/node18.html>
- Gilbert, N. (1995) Simulation: an emergent perspective. In: Conference on *New Technologies in the Social Sciences, October, 27–29*.
- Gilbert, N., & Doran, J. (1994) *Simulating societies. The computer simulation of social phenomena*. London, UCL press.
- Groarke, L. (2021). Informal Logic, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/logic-informal/>.
- Haken, H. (1977), *Synergetics. An introduction*. Berlin, Springer.
- Haken, H. (ed). (1982). *Evolution of order and chaos: in Physics, Chemistry, and Biology*. Berlin, Springer.
- Hawking, S. W., & Mlodinow, L. (2010). *The grand design*. Random House Publishing Group. Excerpt, <http://bookre.org/reader?file=65691>
- Heider, F. (1958). *The psychology of interpersonal relations*. New York: Wiley.
- Hempel, C. G. (1965). *Aspects of scientific explanation and other essays*. New York: The Free Press.
- IEP, Internet Encyclopedia of Philosophy. (2014). *Theories of explanation*. <http://www.iep.utm.edu/explanat/>
- Kaku, M. (2012). *Strings, conformal fields, and M-theory*. Springer Science & Business Media.
- Kauffman, S. A. (1993). *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. Oxford University Press, USA.
- Kauffman, S. A. (1996). Autonomous agents, self-constructing biospheres and science. *Complexity*, 2, 16–17.
- Keil, F. C. (2005). Explanation and understanding. *Annual Review of Psychology*, 57, 227–254.
- Lennox, J. G. (1992). Teleology. In E. Fox Keller & E. A. Lloyd (Eds.), *Keywords in evolutionary biology* (pp. 324–333). Cambridge: Harvard University Press.
- Levi, D. S. (2000). In defense of informal logic. In *Defense of Informal Logic* (pp. 1-15). Dordrecht, Springer.
- Lotka, A. J. (1925). *Elements of physical biology*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Marro, G. (1999). *Teoria dei sistemi e del controllo*. Bologna, Zanichelli.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1980, 1st ed, 1972). *Autopoiesis and cognition. The realization of living*. Boston, Reidel Publishing.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding*. New Science Library/Shambhala Publications.
- Mella, P. (1982). *L'osservazione scientifica ed operativa: primi strumenti per l'analisi scientifica*. Ipoa Informatica. Milano, Gruppo Wolters Kluwer Italia.
- Mella, P. (1997). *Dai Sistemi al pensiero sistemico: per capire i sistemi e pensare con i sistemi* (Vol. 28). Milano, FrancoAngeli.
- Mella, P. (2012). *Systems thinking: Intelligence in action*. New York: Springer.
- Mella, P. (2017a). *The Combinatory Systems theory*. New York: Springer.

- Mella, P. (2017b). The unexpected cybernetics life of collectivities: the combinatory systems approach. *Kybernetes*, 46 (7), 1086-1111.
- Mella, P. (2021, 1st Ed. 2014). *The Magic Ring. Systems Thinking Approach to Control Systems (Second Edition)*. Switzerland, Springer Nature.
- Mella, P. (2022). Capire e imparare. L'arte dello studio. *Economia Aziendale Online*, 13(1), 125-142.
- Mulder, P. (2012). *5 Whys analysis*. In Toolshero: <https://www.toolshero.com/problem-solving/5-whys-analysis/>
- Plamondon, A. L. (1979). *Whitehead's organic philosophy of science*. Albany: State University of New York Press.
- Polanyi, M. (1967). *The tacit dimension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Popper, K. (1959). *The logic of scientific discovery*. Hutchinson & Co, Cambridge.
- Richardson, G. P. (1991). *Feedback thought in social science and systems theory*. University of Pennsylvania.
- Rinaldi, S. (1977). *Teoria dei sistemi*. Milano, Hoepli.
- Salmon, W. C. (1990). *Four decades of scientific explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Senge, P. (1990/2006). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. New York: Doubleday.
- Senge, P., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R., & Smith, B. (1994). *The fifth discipline fieldbook*. New York: Doubleday.
- Senge, P., & Lannon-Kim, C. (1991). The systems thinking approach. *The Systems Thinker Newsletter*, 2(5). Cambridge, MA: Kendall Square.
- Vicari, S. (1991). *L'impresa vivente* [The firm as a living system]. Milano: Etas Ed.
- Volterra, V. (1926). Variazioni Fluttuazioni Del Numero D'individui in Specie Animali Conviventi [Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together]. *Memorie Della R. Accademia dei Lincei*, 6(2), 31-113.
- Volterra, V. (1931). *Leçons sur la théorie mathématique de la Lutte pour la vie*. Paris: Gauthier-Villars.
- Waldrop, M. M. (1992). *Complexity: the emerging science at the edge of order and chaos*. Simon and Schuster, New York.
- Weiner, B. (1994). Integrating social and personal theories of achievement striving. *Review of Educational Research*, 64, 557 – 573.
- Wikipedia (2020). *Teoria dell'attribuzione*.
- Zappa, G. (1950). *Il reddito d'impresa. Scritture doppie, conti e bilanci di aziende commerciali*. Milano, Giuffrè.