

Roberto Festa

Slides tratte da

**Brevissima introduzione alla filosofia della scienza
per psicologi**

Versione 2017-18

Ultimo aggiornamento: 7 marzo 2018

Capitolo 1

Epistemologia, epistemologia della scienza e filosofia della scienza

EPISTEMOLOGIA

Il termine “epistemologia” deriva dal greco *episteme*, che significa “**conoscenza**”. Nella letteratura filosofica in lingua italiana, questo termine viene usato in due sensi:

- nel primo, ancora oggi largamente diffuso, è sinonimo di “**filosofia della scienza**”;
- nel secondo, che corrisponde a quello dell’inglese *epistemology*, sta per “**teoria della conoscenza**”.

Preferiamo *identificare l'epistemologia con la teoria della conoscenza* così da riprodurre la distinzione tra *epistemology* e *philosophy of science*, operata nell'ambito della filosofia angloamericana.

L'epistemologia, intesa come teoria della conoscenza, si occupa dei problemi filosofici relativi alla **natura, all'acquisizione e alla crescita delle varie forme della conoscenza umana.**

La *Figura 1* offre una rappresentazione grafica delle *aree della ricerca epistemologica.*

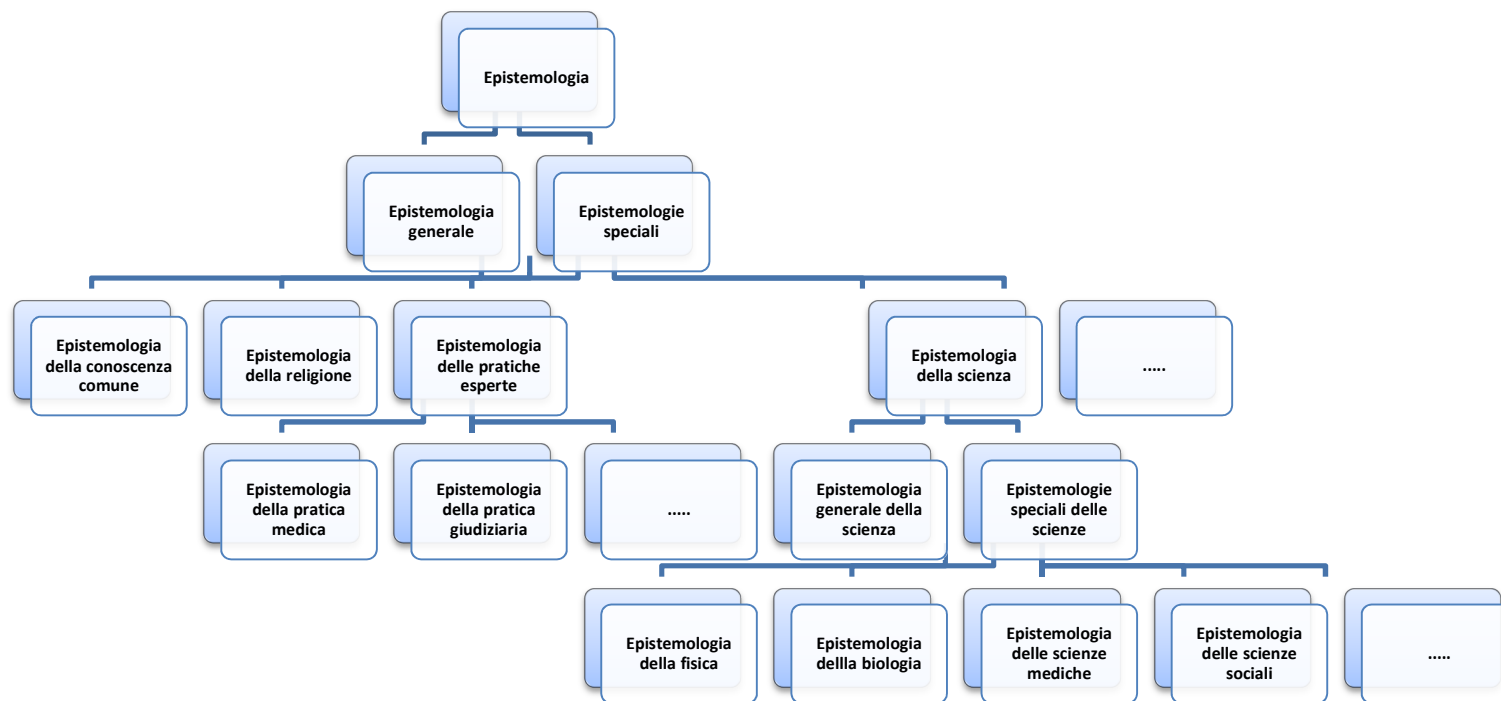


Fig. 1. *Aree della ricerca epistemologica*

La distinzione fondamentale illustrata nella Figura 1 è quella tra:

- ***epistemologia generale***: si occupano dei problemi filosofici generali concernenti qualsiasi forma di conoscenza
- ***epistemologie speciali***: si occupano di specifiche forme di conoscenza.

Esempi di epistemologie speciali

- ***epistemologia della conoscenza comune***: analisi delle conoscenze relative a oggetti ed eventi della vita quotidiana;
- ***epistemologia della religione***: analisi delle conoscenze religiose, con particolare riguardo a quelle concernenti l'esistenza, o inesistenza, di Dio.
- ***epistemologia della scienza***: analisi dei problemi concernenti la natura, l'acquisizione e la crescita della conoscenza scientifica.
- ***epistemologia delle pratiche esperte***: analisi delle conoscenze proprie delle “pratiche esperte”, come la **pratica medica** e quella **giudiziaria**.

COSA SONO LE PRATICHE ESPERTE?

Le pratiche esperte sono tutte quelle procedure di indagine e intervento caratterizzate dalla *combinazione di conoscenze scientifiche e ragionamento comune*.

Esempi di pratiche esperte

Negli ospedali si affrontano problemi che possono venire risolti sulla base delle *conoscenze scientifiche pubblicamente accessibili*.

Per esempio, si devono usare le conoscenze mediche disponibili nell'elaborazione delle *ipotesi diagnostiche* e delle *decisioni terapeutiche* relative a un particolare paziente.

EPISTEMOLOGIA DELLA SCIENZA

L'epistemologia della scienza si occupa dei **problemi epistemologici posti dalla ricerca scientifica** e dai suoi risultati. Per esempio, affronta questi interrogativi:

- In che modo la *conoscenza scientifica* si differenzia da altri tipi di conoscenza o di credenza?
- Lo *scopo della scienza* consiste solo nel fornire un'adeguata rappresentazione degli **eventi osservabili** o anche nell'individuare le **strutture profonde e inosservabili** della realtà?

- Nel *cambiamento scientifico*, cioè nel passaggio dalle vecchie alla nuove teorie, si realizza, oppure no, un vero e proprio *progresso scientifico*, vale a dire un avvicinamento agli obiettivi ultimi della scienza?
- * Come possiamo *giustificare un'ipotesi scientifica* o, al contrario, mostrare che è infondata?
- * Come dovremmo usare la conoscenza scientifica per *spiegare* i fenomeni già noti e *prevederne* di nuovi?

Gli ultimi due interrogativi, contrassegnati da un asterisco rosso, concernono il **metodo scientifico**, cioè le *procedure* e i *criteri* che gli scienziati dovrebbero seguire nelle loro indagini.

Più precisamente, riguardano i *principi metodologici* che gli scienziati dovrebbero applicare nella valutazione delle ipotesi e nel loro impiego a fini esplicativi e predittivi.

Poiché la riflessione sul metodo scientifico è il principale ambito d'indagine dell'epistemologia della scienza, si è soliti parlare di **metodologia della scienza** nel senso di epistemologia della scienza.

FILOSOFIA DELLA SCIENZA

L'ambito di indagine della filosofia della scienza non si limita all'epistemologia della scienza. Infatti, accanto ai problemi di carattere epistemologico, l'impresa scientifica suscita molti altri problemi filosofici, a partire dalle aree di ricerca rappresentate nella *Figura 2*.

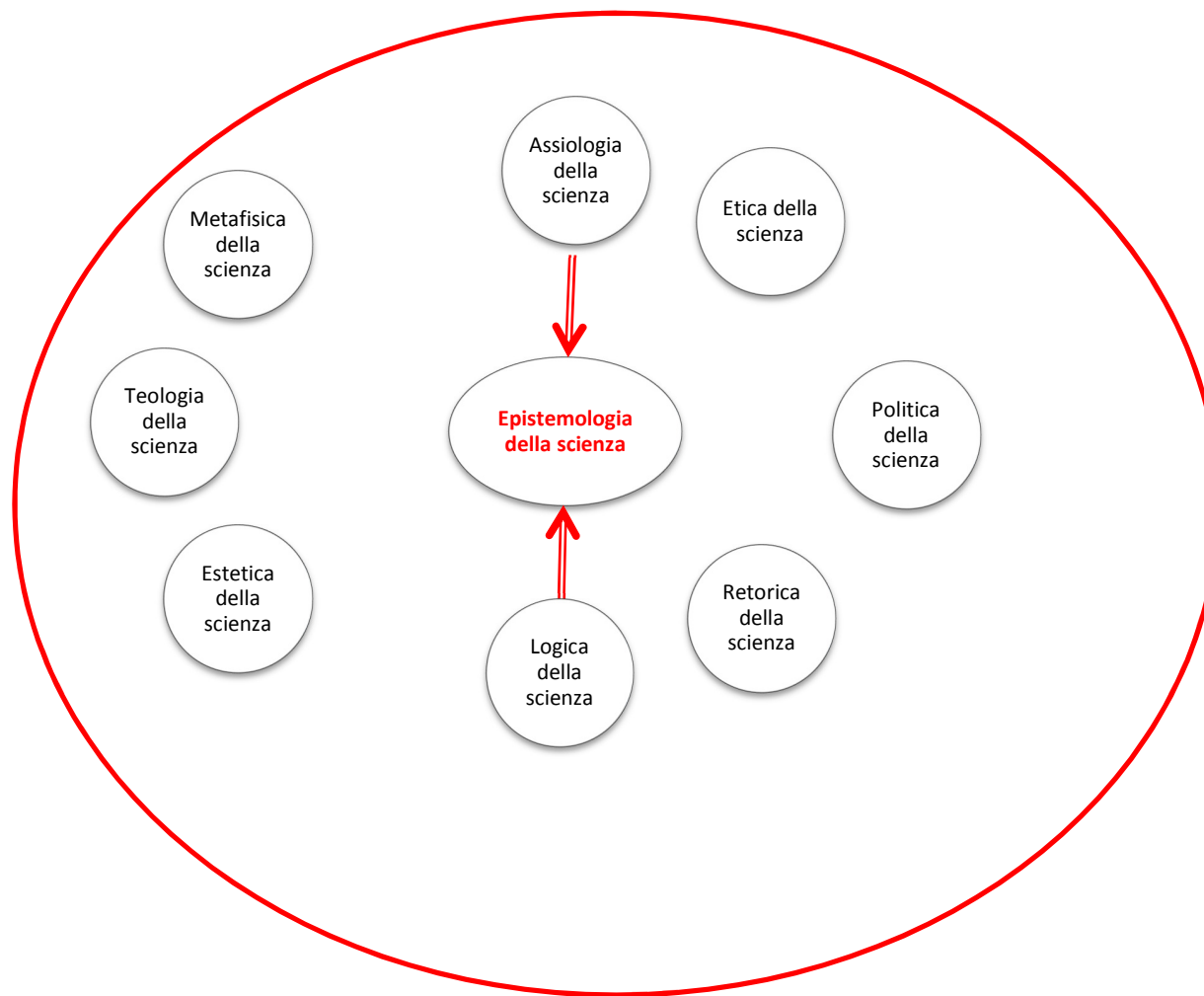


Fig. 2. *Mappa delle aree di ricerca della filosofia della scienza*

Di cosa si occupano le aree della filosofia della scienza rappresentate nella Figura 2?

- la **logica della scienza**: analisi dei problemi logici relativi all'indagine scientifica – per esempio, l'analisi della **struttura logica delle teorie scientifiche** e delle **forme di inferenza** usate nell'indagine scientifica;
- l'**assiologia della scienza**: identificazione degli **scopi della scienza**, cioè degli obiettivi perseguiti nell'indagine scientifica;
- la **retorica della scienza**: analisi dei **procedimenti persuasivi** adottati nella comunicazione scientifica;

- la **metafisica della scienza**: identificazione dei presupposti e delle implicazioni metafisiche della scienza;
- la **teologia della scienza**: identificazione dei presupposti e delle implicazioni teologiche dell'indagine scientifica e dei suoi risultati;
- l'**estetica della scienza**: analisi della dimensione estetica della scienza – per esempio, la nozione di **bellezza di una teoria** e i **criteri estetici nella scelta tra teorie**;
- l'**etica della scienza**: analisi della dimensione etica della scienza – per esempio, i problemi etici concernenti l'effettuazione di determinate indagini sperimentali o l'applicazione pratica di certe scoperte scientifiche;

- la *(filosofia) politica della scienza*: analisi della dimensione politica della scienza – per esempio, la determinazione del ruolo della scienza nell’ambito di un “giusto” ordine sociale e politico.

Capitolo 2

Uno sguardo sulla filosofia della scienza nel Novecento

MACH, POINCARÉ E DUHEM

Nell'Ottocento il filosofo francese **Auguste Comte** (1798-1857) ed altri filosofi **positivisti** consideravano la scienza come il paradigma della conoscenza, poiché aveva a suo fondamento l'esperienza.

A cavallo tra l'Ottocento e il Novecento, sulla scia dei positivisti e degli **empiristi britannici**, in particolare, di **David Hume** (1711-1776) –, l'austriaco **Ernst Mach** (1838-1916) e i francesi **Henri Poincaré** (1854-1912) e **Pierre Duhem** (1861-1916), fecero importanti ricerche sulla filosofia e la storia delle scienze naturali.

I tre studiosi erano erano, nello stesso tempo, grandi scienziati e filosofi. In particolare, Mach diede notevoli contributi alla fisica, mentre Poincaré è stato uno dei più importanti matematici e fisici del suo tempo.

Secondo Mach la scienza ha l'unico scopo di **descrivere con la massima semplicità le relazioni tra i fenomeni**, cioè tra gli eventi osservabili. L'idea che la **semplicità** svolga un ruolo fondamentale nell'accettazione delle teorie scientifiche viene condivisa da Poincaré.

La filosofia della scienza di Poincaré è nota sotto il nome di **convenzionalismo**. Infatti, egli pensa che le leggi della meccanica newtoniana siano **convenzioni** scelte, tra le molte possibili, per la loro semplicità. Esse non possono essere rifiutate sulla base di osservazioni o esperimenti.

Anche se non portò rilevanti contributi alla fisica, con i suoi studi di storia e filosofia della scienza Duhem ha avuto un'enorme influenza sulla riflessione metodologica del Novecento.

IL NEOEMPIRISMO

Il neoempirismo o empirismo logico – noto anche come **neopositivismo o positivismo logico** –, è il primo e più influente movimento nella filosofia della scienza del Novecento.

Prese le mosse dal cosiddetto **Circolo di Vienna** che si riunì in quella città per dodici anni, a partire dal 1922, quando il fisico e filosofo tedesco **Moritz Schlick** (1882-1936) vi arrivò per occupare la cattedra di filosofia delle scienze induttive che era stata di Mach.

Tra i membri del Circolo un ruolo di spicco fu svolto dallo studioso tedesco **Rudolf Carnap** (1891-1970) e dal sociologo e filosofo austriaco Otto Neurath (1882-1945).

In stretto collegamento con il Circolo di Vienna vi erano gli studiosi della cosiddetta **Scuola di Berlino**, come **Hans Reichenbach** (1891-1953) e **Carl Gustav Hempel** (1905-1997),

I membri del Circolo di Vienna e della Scuola di Berlino avevano tutti una formazione scientifica. Erano tutti *scienziati-filosofi*.

Nel 1936 Schlick fu assassinato da uno studente nazista e nel 1938 Hitler occupò l'Austria, annettendola alla Germania. Queste tragiche circostanze costrinsero all'esilio la maggior parte dei membri del Circolo, molti dei quali si stabilirono negli Stati Uniti e in Inghilterra, esercitando così una grande influenza sulla filosofia angloamericana.

Sulla scia di Hume, Comte e Mach, i neoempiristi affermano la necessità di **fondare tutta la conoscenza sull'esperienza**. Pertanto **rifiutano le pretese della metafisica**, ritenendo che gli enunciati metafisici non abbiano alcun rapporto con l'esperienza e siano quindi privi di significato.

Il neoempirismo viene influenzato dai **rivoluzionari sviluppi della fisica tra il 1900 al 1930**, che conducono alla sostituzione della meccanica newtoniana con la **teoria della relatività** e la **meccanica quantistica**.

Di fronte all'inatteso abbandono della teoria di Newton, che era stata considerata certa per più di due secoli, i neoempiristi ripropongono con forza il problema, già affrontato da Hume, di stabilire **se, e in che modo, l'evidenza sperimentale consenta una giustificazione induttiva delle teorie scientifiche**.

Un elemento innovativo dell'empirismo logico rispetto alla tradizione empirista è richiamato proprio dall'aggettivo "logico". Questo si riferisce all'intento dei neoempiristi di utilizzare come strumento principale dell'analisi filosofica della scienza la moderna **logica matematica** sviluppata a cavallo del Novecento dallo studioso tedesco **Gottlob Frege** (1848-1925) e dal matematico e filosofo inglese **Bertrand Russell** (1872-1970).

Oltre ai concetti scientifici tipici delle varie discipline – come "massa", "molecola" e "gene" –, gli scienziati fanno uso di nozioni di carattere squisitamente filosofico – come "*conferma*", "*spiegazione*" e "*teoria scientifica*".

Questi termini vengono di solito impiegati con un significato vago e impreciso. Quindi i neoempiristi affermano che occorre procedere alla loro **esplicazione** o **ricostruzione razionale**: occorre cioè darne una definizione logicamente esatta e priva di ogni ambiguità.

KARL POPPER

Il filosofo austriaco **Karl Raimund Popper** (1902-1994) fu uno dei primi critici del neoempirismo.

Popper intrattenne stretti legami con il Circolo di Vienna, al punto di essere considerato l'**oppositore ufficiale del Circolo**.

Popper rifiuta l'idea neoempiristica che le ipotesi scientifiche possano essere giustificate induttivamente sulla base dell'evidenza osservativa. In alternativa all'induttivismo, suggerisce una concezione del tutto diversa del metodo scientifico, nota come **falsificazionismo**.

IL POSTPOSITIVISMO

Fino agli anni cinquanta del Novecento

Il **neoempirismo** resta la **concezione standard** nella filosofia della scienza.

Dagli anni sessanta agli anni ottanta del Novecento

Si affermano nuove prospettive teoriche, talvolta comprese sotto l'etichetta di **postpositivismo**. I più famosi postpositivisti sono gli ungheresi **Michael Polanyi** (1891-1976) e **Imre Lakatos** (1922-1974), gli statunitensi **Thomas S. Kuhn** (1922-1996), **Norwood Hanson** (1924-1967) e **Larry Laudan** (1941-vivente), l'inglese **Stephen Toulmin** (1922-2009) e l'austriaco **Paul K. Feyerabend** (1924-1994).

I postpositivisti si occupano soprattutto degli **aspetti dinamici della scienza**, rivolgendo la loro attenzione al **cambiamento scientifico**.

I meccanismi del cambiamento scientifico costituiscono il tema principale del volume *The Structure of Scientific Revolutions* (1962) di **Thomas Kuhn**, che alcuni considerano come l'atto di nascita del postpositivismo.

GEOGRAFIA DELLA FILOSOFIA DELLA SCIENZA

Nei primi trent'anni del Novecento la filosofia della scienza fiorì soprattutto nell'**area germanica**; successivamente, anche in seguito alla massiccia emigrazione degli studiosi tedeschi e austriaci in fuga dal nazismo, l'**area angloamericana** divenne la sede principale degli studi metodologici.

Seguendo vie molto diverse da quelle percorse dalla filosofia della scienza di matrice germanica e angloamericana, un'importante corrente della filosofia della scienza contemporanea si è sviluppata in Francia. Il suo rappresentante più influente è **Gaston Bachelard** (1864-1962).

Capitolo 3

La natura della conoscenza scientifica

IL SIGNIFICATO DEGLI ENUNCIATI SCIENTIFICI

L'attività scientifica richiede un vasto insieme di capacità e conoscenze, alcune delle quali *non* si possono descrivere e trasmettere attraverso il linguaggio.

Per esempio, la capacità di usare in modo appropriato i sofisticati apparati necessari per effettuare determinati esperimenti non può essere trasmessa solo mediante il linguaggio.

Tuttavia un ingrediente fondamentale della scienza è costituito da conoscenze espresse nel linguaggio, attraverso determinati **enunciati** o **insiemi di enunciati**, che vanno sotto il nome di **teorie scientifiche**

Le teorie scientifiche possono venire espresse sia in forma scritta, su manuali e riviste, sia in forma parlata, per esempio nelle lezioni universitarie o nei congressi scientifici.

Quando ci chiediamo che cosa sia la conoscenza scientifica e che cosa la differenzi da altri tipi di conoscenza o di credenza, come la metafisica, la pseudoscienza o le credenze religiose, conviene partire dall'**analisi degli enunciati scientifici**, cioè degli enunciati che compaiono nell'ambito delle teorie scientifiche.

IL CRITERIO DI VERIFICABILITÀ DEI NEOEMPIRISTI

I neoempiristi cercano di precisare il **modo in cui il significato degli enunciati scientifici è in relazione con l'esperienza.**

Essi propongono il **criterio di verificabilità**, o **criterio verificazionista di significato**, per distinguere gli enunciati dotati di significato, o **enunciati significanti**, da quelli che ne sono privi.

Secondo il criterio di verificabilità dire che un enunciato è **significante** equivale ad affermare che è ***empiricamente verificabile***, cioè che possiamo indicare le condizioni osservabili che, qualora si realizzassero, renderebbero vero quell'enunciato.

Se accertiamo che si è realizzata qualcuna delle condizioni che rendono vero un enunciato significante, diremo che lo abbiamo *verificato*.

In molti casi siamo in grado di verificare un enunciato direttamente attraverso l'osservazione. Per esempio, mi basta entrare nel mio studio e volgere lo sguardo alla poltrona per stabilire con certezza se l'enunciato "C'è un gatto bianco sulla poltrona nel mio studio" è vero oppure no.

ENUNCIATI OSSERVATIVI E IPOTESI TEORICHE

Riferendosi a enunciati verificabili direttamente attraverso l'osservazione i neoempiristi parlano di **enunciati osservativi**.

La scienza non comprende solo enunciati osservativi, ma anche enunciati che **non** si possono verificare direttamente mediante l'osservazione, come le **ipotesi teoriche**, cioè le ipotesi scientifiche contenenti **termini teorici** – quali, per esempio, “forza” e “massa” –, che si riferiscono a entità inosservabili.

Nei primo decennio di attività del Circolo di Vienna i neoempiristi sostengono che anche le ipotesi teoriche sono empiricamente verificabili e quindi, in base al criterio di verificabilità, significanti.

Sono convinti che **il valore di verità di un'ipotesi teorica, cioè il fatto che sia vera oppure falsa**, possa venire stabilito sulla base dell'osservazione, anche se non in maniera diretta.

Infatti, a loro giudizio

- 1) l'osservazione consenta di determinare direttamente i valori di verità di determinati enunciati osservativi che si trovano in particolari relazioni logiche con l'ipotesi teorica; e che
- 2) sulla base di tali valori di verità si potrà derivare il valore di verità dell'ipotesi.

LE CRITICHE DI POPPER AL CRITERIO DI VERIFICABILITÀ

Il criterio di verificabilità dei neoempiristi fu ben presto sottoposto a obiezioni severe da Karl Popper in *Logik der Forschung* (1934), tradotto in italiano con il titolo **Logica della scoperta scientifica**.

Popper sostiene che le ipotesi scientifiche **non** possono essere verificate sulla base dell'evidenza osservativa.

Secondo Popper occorre quindi **rifiutare il criterio di verificabilità**, se non vogliamo classificare come prive di significato proprio le ipotesi scientifiche, che costituiscono un esempio paradigmatico di enunciati significanti.

L'impossibilità di verificare **le ipotesi scientifiche** dipende dal fatto che tali ipotesi **hanno carattere universale**, sono cioè caratterizzate dalla forma "**Tutti gli A sono B** ".

Poiché **un'ipotesi universale si riferisce a un'infinità di potenziali esempi**, anche se potessimo verificare ogni singolo caso dell'ipotesi, le nostre osservazioni, che sono di numero finito, non potrebbero mai permetterci di verificarla conclusivamente, cioè di concludere che è certamente vera.

Per verificare l'ipotesi universale "Tutti i corvi sono neri" dovremo osservare tutti i corvi passati, presenti e futuri.

Nell'impossibilità di farlo, neppure l'osservazione di milioni di corvi neri ci consente di stabilire con certezza la verità dell'ipotesi, poiché non possiamo escludere l'eventualità di imbatterci, prima o poi, in un corvo rosa o di altro colore che la falsificherebbe.

Proprio in questo modo la scoperta di cigni neri in Australia ha falsificato l'ipotesi "Tutti i cigni sono bianchi".

IL CRITERIO DI FALSIFICABILITÀ DI POPPER

Vi è una netta **asimmetria tra verificabilità e falsificabilità delle ipotesi universali**:

mentre nessuna osservazione o esperimento può verificare un'ipotesi universale, è sufficiente l'osservazione di un singolo oggetto o evento per falsificarla, cioè per rifiutarla come falsa.

Popper si serve di tale asimmetria per enunciare il suo **criterio di falsificabilità**.

Diversamente dal criterio di verificabilità, che mirava a distinguere gli enunciati significanti da quelli privi di significato, il criterio popperiano è un **criterio di demarcazione** che, nell'ambito degli enunciati significanti, mira a **distinguere gli enunciati scientifici da quelli non scientifici**.

Il criterio di falsificabilità identifica gli enunciati scientifici con gli **enunciati falsificabili**, cioè con gli enunciati di cui possiamo accertare empiricamente la falsità, attraverso appropriati esperimenti od osservazioni.

Per esempio, “Tutti i corvi sono neri” e “Tutti i cigni sono bianchi” sono entrambi enunciati scientifici, poiché sono entrambi ugualmente falsificabili – anche se solo il secondo è già stato effettivamente falsificato.

Gli enunciati falsificabili includono, a giudizio di Popper, non solo le ipotesi universali che si riferiscono a entità osservabili, come l'ipotesi dei corvi, ma anche **le ipotesi teoriche, come la meccanica newtoniana o la teoria della relatività.**

L'ATTEGGIAMENTO ANTIMETAFISICO DEI NEOEMPIRISTI

Almeno a partire da Hume e Kant, i filosofi hanno cercato di individuare i tratti specifici che differenziano la scienza moderna dalla metafisica e da altre forme di conoscenza o di credenza.

Nel ventesimo secolo questo compito è stato affrontato, fra gli altri, dai neoempiristi e da Popper che, nelle loro analisi, si sono avvalsi dei criteri di verificabilità e di falsificabilità.

Mentre i neoempiristi si sono interessati soprattutto alla distinzione **tra scienza e metafisica**, Popper si è occupato specialmente di quella **tra scienza e pseudoscienza**.

I neoempiristi hanno un atteggiamento nettamente ostile alla metafisica e ritengono che le teorie metafisiche siano prive di valore conoscitivo.

Secondo **Carnap** l'analisi logica delle **proposizioni metafisiche** consente di mostrare che esse sono **prive di significato**. Carnap sottopone ad analisi logica la frase **“Come sta la cosa con il Nulla? Il Nulla nulleggia”**, compresa in *Che cos'è la metafisica?* (1929) di Martin Heidegger.

Egli osserva che non possiamo in alcun modo precisare le condizioni che, se si realizzassero, renderebbero vero l'enunciato “Il Nulla nulleggia”. Occorre dunque concludere, in base al criterio di verificabilità, che si tratta di un enunciato privo di senso.

IL RUOLO EURISTICO DELLA METAFISICA SECONDO POPPER

Popper condivide l'ostilità dei neoempiristi per la metafisica di Heidegger, ma ha un atteggiamento molto diverso nei riguardi della metafisica in generale.

Secondo Popper, infatti, **i grandi sistemi metafisici** creati nella storia della filosofia occidentale, dall'atomismo antico all'idealismo di Hegel, **sono costituiti da enunciati dotati di significato.**

Tuttavia, a differenza degli enunciati scientifici, gli enunciati metafisici non sono falsificabili, cioè non possono venire controllati, ed eventualmente rifiutati, sulla base dell'esperienza.

I sistemi metafisici possono però svolgere un importante **ruolo euristico**, cioè possono essere di aiuto nella ricerca e nell'elaborazione di interessanti ipotesi scientifiche.

Euristico: dal greco *eurisko*, che significa **scoprire**.

Un esempio di questo genere è l'**atomismo**, proposto nell'antichità da **Leucippo** e **Democrito** e poi ripreso nel Seicento da diversi filosofi e scienziati.

Per circa due millenni l'atomismo è stato formulato come una dottrina metafisica, non suscettibile di falsificazione empirica.

Successivamente, nel corso dell'Ottocento, gli scienziati inglesi **John Dalton** (1766-1844) e **James Clerk Maxwell** (1831-1879) lo riformularono in termini più esatti, nel tentativo di risolvere alcuni problemi relativi alla combinazione chimica e al comportamento dei gas.

In tal modo l'atomismo si trasformò gradualmente in una vera e propria ipotesi scientifica, che venne ulteriormente perfezionata, e poi accettata, nel corso del Novecento.

LA DISTINZIONE POPPERIANA TRA SCIENZA E PSEUDOSCIENZA

A giudizio di Popper gli enunciati dotati di significato ma non falsificabili comprendono, oltre a quelli della metafisica, anche le teorie appartenenti alle cosiddette **pseudoscienze**.

Diversamente dalla metafisica, **le pseudoscienze pretendono di essere ben confermate dai fatti osservabili**.

I sostenitori delle pseudoscienze tendono a considerare le loro concezioni come autenticamente scientifiche, alla pari della fisica, della chimica e delle altre scienze naturali.

Se oggi si conviene largamente che l'astrologia sia una pseudoscienza, vi sono altre dottrine il cui statuto scientifico è più problematico.

Per esempio, il Novecento è stato animato da accese discussioni sulla **scientificità della psicoanalisi e del marxismo**.

Popper ha partecipato attivamente a queste discussioni e si è sforzato di dimostrare che, nonostante le pretese di molti fra i loro sostenitori, **la psicoanalisi e il marxismo sono pseudoscienze**, poiché le loro ipotesi fondamentali sono formulate in maniera tale da impedirne il controllo empirico e, quindi, anche l'eventuale falsificazione.

Capitolo 4

La valutazione empirica delle ipotesi: induttivismo e falsificazionismo

CONTESTO DELLA SCOPERTA E CONTESTO DELLA GIUSTIFICAZIONE

Prima di entrare nei manuali universitari le teorie scientifiche devono essere

- inventate,
- sviluppate,
- superare severi controlli
- accettate dalla grande maggioranza degli studiosi.

Nella prima metà del ventesimo secolo quasi tutti i filosofi della scienza, da Carnap a Popper, pensano che il percorso dalla scoperta all'accettazione delle teorie comprenda due tratti essenzialmente diversi:

1) nel primo, noto come **contesto della scoperta**, un'ipotesi viene ideata e sviluppata;

2) nel secondo, noto come **contesto della giustificazione**, si procede alla **valutazione empirica** dell'ipotesi, nel senso che l'ipotesi viene valutata razionalmente, e talvolta giustificata, sulla base dell'evidenza empirica.

NON VI È NESSUNA LOGICA DELLA SCOPERTA

Secondo i neoempiristi e Popper, *il processo della scoperta non è governato da alcuna regola logica.*

Esempio: *scoperta della struttura ciclica del benzene* a opera del chimico tedesco Friedrich August **Kekulé** (1829-1896).

Kekulé avrebbe avuto l'idea quando, addormentatosi davanti alle fiamme del caminetto, sognò catene di atomi che si muovevano come serpenti di fuoco che si afferravano di tanto in tanto la coda, così da formare un anello chiuso.

Esempi di questo genere suggeriscono che:

- gli strumenti concettuali della filosofia della scienza sono inappropriati per l'analisi del contesto della scoperta,
- del contesto della scoperta dovrebbero invece occuparsi discipline scientifiche come la *storia, la sociologia e la psicologia della scienza*.

POSSIBILITÀ DI UNA LOGICA DELLA GIUSTIFICAZIONE

I neoempiristi e Popper condividono la convinzione che il contesto della giustificazione, diversamente da quello della scoperta, sia governato da regole logiche identificabili mediante l'analisi filosofica. Tuttavia dissentono aspramente circa la natura di tali regole. Infatti:

- i neoempiristi e, in seguito, molti altri studiosi, che potremmo chiamare **induttivisti**, ritengono che le regole logiche da utilizzare nella valutazione empirica delle ipotesi abbiano carattere induttivo,
- Popper pensa che la **logica della giustificazione** abbia carattere deduttivo.

INFERENZE DEDUTTIVE

Un'**inferenza** consiste nella derivazione, sulla base di regole appropriate, un enunciato detto **conclusione** da uno o più enunciati detti **premesse**.

Vi sono due tipi fondamentali di inferenze: quelle deduttive e quelle induttive.

Un'**inferenza deduttiva** è caratterizzata dal fatto che *non è possibile che le premesse siano vere e la conclusione falsa*.

Per dire che la conclusione di un'inferenza viene *inferita deduttivamente* dalle premesse si impiegano anche le seguenti espressioni:

- la conclusione è *deducibile* dalle premesse;
- le premesse *implicano (logicamente)* la conclusione;
- la conclusione è *conseguenza logica* delle premesse;
- la conclusione *segue necessariamente* dalle premesse.

La *conclusione* di un'inferenza *segue necessariamente dalle premesse* $\equiv$ la conclusione *è vera in ciascuno dei possibili stati di cose in cui le premesse sono vere*.

L'idea intuitiva di inferenza deduttiva

Un'inferenza deduttiva *trasmette la verità*: se si ammette la verità delle premesse, allora si deve ammettere anche la verità della conclusione.

La capacità di trasmettere la verità delle premesse alla conclusione dipende dal fatto che

- *le informazioni veicolate dalla conclusione di un'inferenza deduttiva sono contenute*, più o meno esplicitamente, *nelle premesse*, cioè dal fatto che
- la conclusione non dice *nulla di nuovo* rispetto alle premesse.

SILLOGISMO

Questo **sillogismo** è un esempio di inferenza deduttiva:

Premessa 1 Tutti i corvi sono neri.

Premessa 2 Tutti gli uccelli in quest'isola sono corvi.

Quindi

Conclusione Tutti gli uccelli viventi in quest'isola sono neri.

MODUS TOLLENDO TOLLENS

Un altro esempio di inferenza deduttiva è il *modus tollendo tollens* – in breve, **MTT**.

La forma di MTT è questa:

Premessa 1 Se A allora B .

Premessa 2 Non B .

————— *Quindi*

Conclusione Non A .

Si noti che:

- la prima premessa di MTT è costituita da un **condizionale** con antecedente A e conseguente B ;
- il **conseguente** del condizionale viene negato nella seconda premessa (Non B);
- nella conclusione (Non A) si nega l'**antecedente**.

Ciò significa che, negando (*tollendo*) il conseguente nelle premesse, concluderemo negando (*tollens*) l'antecedente.

Un esempio di MTT è il seguente:

<i>Premessa 1</i>	Se Marco è emozionato, allora Marco balbetta.
<i>Premessa 2</i>	Marco non balbetta.

<i>Conclusione</i>	Marco non è emozionato.
--------------------	-------------------------

Quindi

INFERENZE INDUTTIVE

Le **inferenze induttive** *non* presentano i tratti distintivi, sopra illustrati, delle inferenze deduttive. Sono invece caratterizzate da due tratti distintivi:

- 1) sono **inferenze ampliative**, nel senso che la conclusione dice *qualcosa di nuovo* rispetto alle premesse;
- 2) è quindi possibile che le premesse siano vere e la conclusione falsa.

Dai tratti distintivi 1) e 2) segue che

le premesse di un'inferenza induttiva non possono conferire alla conclusione una totale certezza, ma solo un certo grado, più o meno elevato, di probabilità, o plausibilità.

Per questa ragione, le inferenze induttive vengono talvolta chiamate **inferenze probabili**, o **inferenze plausibili**.

I tratti distintivi delle inferenze induttive emergono con chiarezza nella cosiddetta **induzione universale**, o **induzione per enumerazione**, considerata già da Aristotele, che consiste nel **raggiungere conclusioni di carattere universale sulla base di un certo numero di casi particolari**.

Un esempio di induzione per enumerazione è questo:

Premessa 1 Il primo corvo osservato è nero.

Premessa 2 Il secondo corvo osservato è nero.

[...]

Premessa 1000 Il millesimo corvo osservato è nero.

===== *Quindi, probabilmente*

Conclusione Tutti i corvi sono neri.

La doppia linea orizzontale sotto le premesse sta a indicare che la conclusione viene inferita induttivamente dalle premesse.

CONFERMA E PROBABILITÀ DELLE IPOTESI

In seguito alle critiche di Popper, all'inizio degli anni Trenta i neoempiristi abbandonarono il criterio di verificabilità, che identifica gli enunciati significanti con quelli verificabili, e lo sostituirono con un criterio meno restrittivo, noto come ***criterio di confermabilità***.

Criterio di confermabilità: non è necessario che gli enunciati scientifici siano conclusivamente verificabili, ma è sufficiente che siano *empiricamente confermabili*; cioè che possano essere sottoposti a controlli osservativi ed eventualmente confermati dal risultato di tali controlli.

Per formulare con precisione il criterio di confermabilità occorre una buona *esplicazione*, o *ricostruzione razionale*, del concetto di **conferma**.

L'evidenza empirica E *conferma* l'ipotesi $H \equiv E$ *rafforza la nostra fiducia nella verità di H .*

CONCEZIONE INDUTTIVISTA DELLA CONFERMA

Secondo gli induttivisti quando valutiamo *se, e in che misura, E conferma H*, stiamo operando un'inferenza induttiva, ove:

- *E* è la *premessa* dell'inferenza induttiva,
- *H* è la *conclusione*, che può venire inferita induttivamente da *E con un grado più o meno alto di probabilità*.

Quando diciamo che *E* conferma *H*, intendiamo dire che:

- *E* ha determinato un *aumento della probabilità* di *H*; o anche che
- la probabilità di *H*, così aumentata, ha raggiunto un elevato valore.

IL METODO IPOTETICO-DEDUTTIVO DI CONFERMA

Gli induttivisti ritengono che il **metodo ipotetico-deduttivo** – in breve, **ID** –, ampiamente usato dagli scienziati sia un metodo induttivo.

ID si basa sull'idea che *possiamo confermare un'ipotesi H deducendone una previsione E e accertando poi che E si è realizzata.*

Più precisamente:

Se H implica logicamente la previsione E e i successivi controlli mostrano l'avverarsi di E , allora E conferma H , cioè accresce la probabilità di H .

LA TEORIA DI NEWTON E LA COMETA DI HALLEY: UN ESEMPIO DI ID?

- 1682** Edmond Halley (1656-1742) osserva la cometa che oggi porta il suo nome
- 1687** la teoria newtoniana viene esposta in *Philosophiae naturalis principia mathematica*
- 1695** Halley applica la teoria newtoniana e ne deduce che la sua cometa avrebbe impiegato circa 76 anni per compiere un'orbita completa: sarebbe quindi riapparsa *tra la fine del 1758 e l'inizio del 1759*

1742 morte di Halley

1758 la cometa ritorna la notte di Natale e viene quindi battezzata “*cometa di Halley*”.

In accordo con ID, il successo della previsione di Halley venne interpretato dalla comunità scientifica come una straordinaria conferma della meccanica newtoniana.

TEORIA DELLE PROBABILITÀ

Diciamo che un'ipotesi *H è probabile* quando abbiamo buoni motivi per credere che H sia vera, pur senza esserne certi.

Talvolta usiamo frasi che precisano il *grado di probabilità di H* , come “ H è molto probabile” o “ H è estremamente probabile”.

A volte assegniamo un *valore numerico alla probabilità di H* dicendo, per esempio: “ H è probabile al 99%”.

L'idea che si possano attribuire precisi valori quantitativi alle probabilità costituisce il nocciolo della **teoria (matematica) delle probabilità**.

La teoria della probabilità è stata sviluppata a partire dalla metà del Seicento, a opera di alcuni grandi matematici e filosofi, tra i quali

- **Pierre de Fermat** (1601-1665)
- **Blaise Pascal** (1623-1662)
- **Christiaan Huygens** (1629-1695)

APPROCCIO BAYESIANO ALLE INFERENZE INDUTTIVE

Molti induttivisti ritengono che le inferenze induttive effettuate nell'indagine scientifica richiedano di *determinare la probabilità da attribuire a un'ipotesi sulla base dell'evidenza empirica*.

Questo orientamento viene abbracciato dai sostenitori dell'**approccio bayesiano** al ragionamento scientifico, così denominato in onore del reverendo **Thomas Bayes** (1702-1761), il matematico e teologo inglese che ne anticipò alcune idee chiave in uno scritto pubblicato postumo nel 1763.

I bayesiani ritengono che l'*intensità della nostra credenza nella verità di un'ipotesi scientifica H* possa essere rappresentata da una determinata probabilità, di valore compreso tra 0 e 1, dove

- probabilità 1 significa che siamo certi che H è vera
- probabilità 0 significa che siamo certi che H è falsa

Esempio. Attribuire ad H una probabilità pari a 0,99, cioè una probabilità del 99%, esprime una quasi totale certezza della verità di H .

Le probabilità utilizzate per esprimere i gradi di credenza nelle ipotesi vengono spesso chiamate **probabilità soggettive** o **epistemiche** ove:

- *“probabilità soggettive”* si riferisce alla circostanza che tali probabilità esprimono i gradi di credenza di un particolare scienziato, persona o *soggetto*;
- *“probabilità epistemiche”* si riferisce al fatto che esse forniscono una rappresentazione probabilistica della nostra *conoscenza* (in greco: *episteme*).

Secondo i bayesiani:

- all'inizio delle sue indagini lo scienziato dovrebbe determinare la **probabilità iniziale** $p(H)$ di qualunque ipotesi H da lui presa in esame
- successivamente dovrebbe aggiornare tale probabilità alla luce dell'evidenza sperimentale E acquisita nel corso dell'indagine, così da ottenere la **probabilità finale** $p(H|E)$, che si legge “probabilità di H data E ”.

$p(H|E)$ può venire calcolata applicando un teorema della teoria delle probabilità noto come **teorema di Bayes**.

L'ANTIINDUTTIVISMO DI POPPER

Secondo i *bayesiani*:

- talvolta possiamo attribuire una probabilità finale positiva alle ipotesi universali.

Al contrario, secondo Popper,

- **non possiamo mai attribuire una (sia pur minima) probabilità finale positiva alle ipotesi universali.**

Esempio. La probabilità che tutti i corvi siano neri è destinata a restare uguale a zero, anche in seguito all'osservazione di milioni di corvi neri.

LA FALSIFICAZIONE DELLE IPOTESI

Popper sviluppa una *logica della giustificazione di carattere puramente deduttivo*, nota come

- **falsificazionismo**, o
- **metodo delle congetture e confutazioni**

Secondo il falsificazionismo

- gli scienziati devono tentare di dimostrare la falsità delle loro migliori congetture, escogitando controlli sperimentali in grado di confutarle
- poiché *solo resistendo a ingegnosi tentativi di confutazione le ipotesi scientifiche possono mostrare il loro valore*

APPLICAZIONE DI MTT NELLA FALSIFICAZIONE DELLE IPOTESI

Supponiamo che si verifichi la seguente situazione:

- H implica la previsione E , cosicché possiamo asserire il condizionale:

Se H allora E

- i controlli sperimentali mostrano che la previsione E non si verifica, cosicché possiamo asserire la negazione di E :

Non E

Il condizionale “Se H allora E ” e la negazione “Non E ” possono essere usati come premesse del seguente MTT:

Premessa 1

Se H allora E .

Premessa 2

Non E .

————— *Quindi*

Conclusione

Non H .

La conclusione di questo MTT è costituita dalla negazione “Non H ” dell’ipotesi H , cioè dall’asserzione che H è falsa.

Secondo la *metodologia falsificazionista* di Popper:

- gli scienziati sforzarsi di formulare *audaci ipotesi* (*congetture*) sul mondo
- dovrebbero poi cercare di *falsificarle* (*confutarle*) mediante *severi controlli sperimentali*, ove la *falsificazione delle ipotesi* viene comunemente effettuata mediante MTT

- se qualche controllo porta alla falsificazione di un'ipotesi, questa deve essere ***eliminata***
- se un'ipotesi supera tutti i controlli, allora può venire considerata un'ipotesi **ben corroborata** e ***provvisoriamente accettabile***

AUDACIA DELLE IPOTESI

L'ipotesi che tutti i corvi sono neri **esclude** (**proibisce**) l'esistenza di corvi azzurri, rosa e di altri colori.

Ogni ipotesi scientifica esclude un gran numero di eventi, vale a dire tutti gli eventi che, se si realizzassero, falsificherebbero l'ipotesi.

L'**audacia**, o **grado di falsificabilità**, di un'ipotesi, è una misura del rischio che l'ipotesi corre di essere falsificata.

L'audacia di un'ipotesi si accresce al crescere del numero dei tipi di eventi che essa proibisce.

Un'ipotesi audace esclude molti tipi di eventi: ciò significa che essa *dice molte cose sul mondo*.

In altre parole: un'ipotesi audace è *interessante e ricca di contenuto informativo*.

Quindi *gli scienziati dovrebbero preferire ipotesi audaci, cioè ipotesi che, se superassero i controlli, accrescerebbero in maniera rilevante la nostra conoscenza del mondo*.

SEVERITÀ DEI CONTROLLI SPERIMENTALI

Popper richiede anche che i controlli sperimentali ai quali deve venire sottoposta una nuova ipotesi siano severi.

Ciò significa che non dobbiamo controllare *qualsiasi* previsione derivabile dall'ipotesi, ma solo le **previsioni rischiose**, cioè *le previsioni di eventi che non ci attenderemmo di osservare se l'ipotesi fosse falsa*.

Esempio. La previsione, poi verificata, che la *cometa di Halley* sarebbe riapparsa sulla volta celeste in un determinato arco di tempo rappresentò un **severo controllo** della teoria newtoniana.

ESPERIMENTI CRUCIALI

- Ogni **aspettativa** è il risultato dell'adozione, più o meno consapevole, di qualche teoria.
- Per sottoporre a un **severo controllo** una “nuova” teoria T_1 dobbiamo dedurre da T_1 la **previsione E di un evento che *non ci aspetteremmo senza T_1 .***
- Quindi affermare che senza T_1 non ci aspetteremmo il verificarsi di E significa affermare che, *sulla base di altre teorie*, per esempio di una teoria T_2 più “vecchia” di T_1 , ci aspetteremmo che E non si verifichi.

Il controllo sperimentale della previsione E dedotta da T_1 può condurci a due risultati:

- E non si è verificata  T_1 viene falsificata
- E si è verificata  T_2 viene falsificata

Esperimento cruciale $\equiv$ controllo sperimentale che permette di operare una netta discriminazione tra T_1 e una teoria rivale T_2 , rifiutando quella falsificata dal risultato del controllo.

Sottoporre a un ***severo controllo*** T_1 significa compiere un ***esperimento cruciale*** per scegliere tra T_1 e una teoria rivale T_2 .

CORROBORAZIONE DELLE IPOTESI

- Il fatto che T_1 abbia superato controlli severi non significa che T_1 è certamente vera, e neppure che è probabilmente vera, ma solo che è *corroborata*.
- Dire che T_1 ha un *alto grado di corroborazione* significa che T_1 ha resistito a numerosi e rigorosi tentativi di confutazione.

RICERCA DELLA VERITÀ E VEROSIMILITUDINE

A partire da *Conjectures and Refutations* (1963), Popper cerca di mostrare che la **preferenza per le ipotesi ben corroborate** può essere giustificata dall'obiettivo fondamentale della scienza, da lui identificato con la **verità**.

Popper crede che la scienza miri alla ricerca della verità, cioè alla scoperta di teorie vere.

Ciò non significa che riusciremo a trovare tali teorie o, se per caso le trovassimo, a stabilire con certezza che sono vere.

La verità è un ideale regolativo, al quale possiamo progressivamente avvicinarci, sostituendo le nostre vecchie teorie con altre teorie che

- *corrispondono meglio ai fatti*, cioè
- *sono più vicine alla verità*, cioè
- *hanno una migliore approssimazione alla verità*, cioè
- *hanno un più alto grado di verosimilitudine*, cioè

La ricerca della verità può venire intesa come la ricerca di un alto grado di verosimilitudine.

LA CORROBORAZIONE COME STIMA DELLA VEROSIMILITUDINE

Poiché non possiamo conoscere con esattezza la verità, non possiamo neppure determinare con certezza la vicinanza di un'ipotesi alla verità.

Tuttavia possiamo compiere una *stima fallibile della verosimilitudine di un'ipotesi* a partire dal modo in cui ha superato i severi controlli ai quali l'abbiamo sottoposta, a partire cioè dal suo grado di corroborazione.

La corroborazione di un'ipotesi fornisce un'indicazione attendibile della sua verosimilitudine.

Per esempio, il fatto che un'ipotesi sia meglio corroborata delle ipotesi rivali indica che quell'ipotesi è un'approssimazione alla verità migliore delle ipotesi rivali.

Capitolo 5

La spiegazione scientifica

DESCRIVERE IL MONDO E SPIEGARE I FATTI

I filosofi della scienza hanno proposto svariati criteri per la valutazione e l'*accettazione delle ipotesi*.

Le *ipotesi accettate* nel corpo della scienza vengono spesso denominate *leggi scientifiche* o, nel caso delle scienze naturali, *leggi di natura*.

Le leggi scientifiche vengono applicate per ***spiegare i fatti*** o ***eventi osservabili*** che suscitano il nostro interesse.

*Carattere **bidirezionale** del rapporto tra fatti e leggi scientifiche:*

- accettiamo le leggi scientifiche sulla base dei fatti
- spieghiamo i fatti sulla base delle leggi scientifiche

SPIEGAZIONI CAUSALI

Esempio di spiegazione. *Spiegare perché la finestra dello studio è rotta*

- (a) La finestra dello studio è rotta perché è stata colpita da una grossa pietra.

L'enunciato (a) fornisce una **spiegazione causale** della rottura della finestra poiché considera l'evento da spiegare come l'**effetto** di un altro evento che ne sarebbe la **causa**.

Secondo Hume le *relazioni causali* si fondano su *regolarità fenomeniche* espresse da determinate *leggi scientifiche*.

Esempio. La relazione causale tra il lancio della pietra e la rottura della finestra si fonda su regolarità fenomeniche nel comportamento del vetro espresse da determinate leggi scientifiche. Ciò significa che (a) può venire così riformulata:

(b)	<i>Premessa 1</i>	Tutte le finestre colpite da grosse pietre si rompono.	
	<i>Premessa 2</i>	La finestra dello studio è stata colpita da una grossa pietra.	
			<i>Quindi</i>
	<i>Conclusione</i>	La finestra dello studio è rotta.	

Si noti che:

- la spiegazione (b) è un argomento deduttivo che ha la forma di un sillogismo;
- la conclusione di (b), cioè “La finestra dello studio è rotta”, viene dedotta da due premesse: la Premessa 1 (“Tutte le finestre colpite da grosse pietre si rompono”) è una *legge scientifica*, mentre la Premessa 2 (“La finestra dello studio è stata colpita da una grossa pietra”) descrive le cosiddette *condizioni iniziali*, cioè gli eventi osservabili che hanno preceduto quello che deve essere spiegato;
- le condizioni iniziali vengono abitualmente chiamate “*la causa*” dell’evento che deve essere spiegato.

SPIEGAZIONI NOMICHE

<i>Explanandum</i>	≡	ciò che deve essere spiegato
<i>Explanans</i>	≡	ciò che opera la spiegazione
<i>Spiegazione nomica</i>	≡	spiegazione in cui l' <i>explanans</i> contiene una o più leggi

- la spiegazione (b), vista sopra, è una spiegazione nomica;
- la spiegazione nomica di un evento mostrache, date le leggi di natura e le condizioni iniziali, *l'evento doveva accadere*;
- molte spiegazioni scientifiche possono essere riformulate come spiegazioni nomiche.

Esempio. Si consideri questa spiegazione:

(c) La pressione del gas nel contenitore si è alzata perché si è mantenuto costante il volume e si è aumentata la temperatura.

(c) può essere riformulata come una spiegazione nomica in cui l'*explanandum* “La pressione del gas nel contenitore si è alzata” viene dedotto da un *explanans* con due premesse:

- la premessa 1 è la legge dei gas, che collega temperatura, pressione e volume;
- la premessa 2 è l'enunciato “Il volume è stato mantenuto costante e la temperatura è stata aumentata”, che descrive le condizioni iniziali.

SPIEGAZIONE NOMOLOGICO-DEDUTTIVA

Il **modello nomologico di spiegazione**, sviluppato da Carl Gustav Hempel (*Aspects of Scientific Explanation* 1965) si basa sull'idea che le spiegazioni scientifiche siano spiegazioni nomiche.

Secondo Hempel il tipo fondamentale di spiegazione nomica è la **spiegazione nomologico-deduttiva**, o **spiegazione ND**, nella quale l'*explanandum* viene **dedotto** da una o più leggi di natura e da a uno o più enunciati sulle condizioni iniziali.

Una spiegazione ND ha la seguente forma:

<i>Leggi</i>	$L_1, L_2, \dots, L_r$	
<i>Condizioni iniziali</i>	$C_1, C_2, \dots, C_k$	
		<i>Quindi</i>
<i>Explanandum</i>	E	

L'*explanandum* E è dedotto da un *explanans* costituito dalle leggi $L_1, L_2, \dots, L_r$ e dalle condizioni iniziali $C_1, C_2, \dots, C_k$.

PROBABILITÀ STATISTICHE E LEGGI STATISTICHE

Nell'*explanans* delle spiegazioni ND vengono utilizzate leggi di forma universale, del tipo “Tutti gli A sono B ”. Ma non tutte le leggi scientifiche hanno questa forma. Infatti molte scienze fanno largo uso delle cosiddette **leggi statistiche** che descrivono le relazioni statistiche fra due proprietà A e B .

Esempio. “Il 90% degli A sono B ”

oppure, equivalentemente,

“La probabilità che un A sia B è pari al 90%”.

Le probabilità che compaiono nelle leggi statistiche vengono spesso chiamate *probabilità statistiche*.

Mentre le probabilità epistemiche rappresentano i gradi di credenza di un particolare individuo nella verità delle ipotesi da lui prese in esame, *le probabilità statistiche indicano determinate caratteristiche oggettive del mondo esterno*.

Esempio. La probabilità statistica che compare nella legge “La probabilità che un A sia B è pari al 90%”, indica la *percentuale*, o *frequenza relativa*, della proprietà B tra gli individui di tipo A .

- probabilità epistemica e probabilità statistica sono nozioni molto diverse;
- tuttavia applichiamo a entrambe il termine “probabilità” poiché entrambe soddisfano i principi della teoria matematica delle probabilità.

SPIEGAZIONE STATISTICO-INDUTTIVA

Secondo Hempel possiamo spiegare i fenomeni anche mediante *spiegazioni probabilistiche*, dette anche *spiegazioni statistico-induttive* – in breve, *spiegazioni SI*.

L'*explanandum* di una spiegazione SI viene *inferito induttivamente* da una o più leggi statistiche assieme alle condizioni iniziali.

Esempio. Si consideri la seguente spiegazione SI:

Legge statistica

Il 90% delle infezioni batteriche curate con antibiotici guariscono in meno di un mese.

Condizione iniziale

L'infezione batterica di Giovanni è stata curata con antibiotici.

Quindi, con probabilità pari al 90%

Explanandum

L'infezione batterica di Giovanni è guarita in meno di un mese.

L'*explanandum* "L'infezione batterica di Giovanni è guarita in meno di un mese" viene *indotto* un *explanans* che comprende due premesse:

- la premessa 1 è la legge statistica "Il 90% delle infezioni batteriche curate con antibiotici guariscono in meno di un mese"
- la premessa 2 è la condizione iniziale "L'infezione batterica di Giovanni è stata curata con antibiotici".

Il doppio tratto sotto le premesse sta a indicare che l'*explanandum* viene *inferito induttivamente* dall'*explanans* con una *elevata probabilità epistemica*, pari al 90%.

Si noti che:

- la probabilità epistemica pari al 90% assegnata all'*explanandum* è identica alla probabilità statistica che compare nella legge statistica che costituisce la premessa 1 dell'*explanans*;
- infatti, se non sappiamo nulla di più di quanto detto nell'*explanans*, allora abbiamo buone ragione per attribuire una probabilità epistemica pari al 90% all'*explanandum*, cioè all'affermazione che l'infezione batterica di Giovanni è guarita in meno di un mese.

- secondo il **requisito dell'elevata probabilità** proposto da Hempel una spiegazione SI è adeguata solo se l'*explanandum* può essere inferito dall'*explanans* con una probabilità elevata, cioè superiore al 50%;
- ciò significa che le spiegazioni SI sono sostanzialmente simili alle spiegazioni ND;

- infatti, in entrambi i casi, se avessimo conosciuto le condizioni iniziali *prima* del verificarsi dell'evento da spiegare, avremmo potuto *prevedere*, in base alle leggi scientifiche (universali o statistiche), che l'evento si sarebbe verificato;
- nelle spiegazioni ND avremmo potuto prevederlo con certezza deduttiva, nel caso delle spiegazioni SI solo con elevata probabilità.

CRITICHE AL MODELLO HEMPELIANO

I critici del modello hempeliano della spiegazione rilevano che

- siamo molto spesso interessati alla spiegazione di eventi che si verificano piuttosto raramente, cioè di eventi improbabili;
- quindi un grave difetto delle spiegazioni SI consiste nel fatto che il requisito dell'elevata probabilità impedisce la spiegazione di eventi di questo genere.

Esempio. *Insorgenza del cancro polmonare nei fumatori*

- il cancro polmonare nei fumatori si presenta con una frequenza relativa piuttosto bassa, e comunque di gran lunga inferiore al 50%,
- supponiamo di accettare la seguente legge statistica S_1 :
 $S_1 \equiv$ “Il 5% dei *fumatori* contraggono il cancro polmonare”
- immaginiamo che Giovanni sia un fumatore e abbia contratto il cancro polmonare;

- sulla base di S_1 e della condizione iniziale rappresentata dal fatto che Giovanni è un fumatore, dovremmo attribuire all'*explanandum*, cioè al fatto che Giovanni ha contratto il cancro, una probabilità del 5%.
- a dispetto del requisito hempeliano dell'elevata probabilità, che ci vieta di utilizzare S_1 per formulare una spiegazione SI del fatto che Giovanni abbia contratto il cancro, molti medici affermerebbero che il cancro di Giovanni è stato causato dal fumo, cioè che il fumo spiega il fatto che Giovanni abbia contratto il cancro.

MODELLO DI RILEVANZA STATISTICA DELLA SPIEGAZIONE

Wesley Salmon (1925-2001) ha proposto una nozione di spiegazione statistica, nota come ***modello di rilevanza statistica***, in grado di rendere conto delle intuizioni espresse dai medici in casi come quello del cancro polmonare dei fumatori.

Una ***spiegazione statisticamente rilevante*** – in breve, ***spiegazione SR*** –, del cancro di Giovanni non si basa solo sulla legge S_1 , che stabilisce la frequenza relativa del cancro polmonare nei fumatori, ma anche su una legge statistica S_2 che indichi la frequenza relativa del cancro polmonare nei non fumatori.

Esempio. *Insorgenza del cancro polmonare nei fumatori
(continuazione)*

- supponiamo di accettare, oltre alla legge S_1 sopra formulata, anche la seguente legge statistica S_2 :

$S_2 \equiv$ “L’1% dei ***non fumatori*** contraggono il cancro polmonare”

- possiamo allora affermare che il fatto che Giovanni sia un fumatore, insieme con le leggi statistiche S_1 e S_2 , spiega il cancro polmonare di Giovanni;

- infatti, secondo S_1 e S_2 la probabilità statistica di contrarre il cancro è cinque volte maggiore nei fumatori rispetto ai non fumatori;
- ciò significa che il fumo è *statisticamente rilevante* per il cancro polmonare;
- quindi, la circostanza che Giovanni è un fumatore è una buona spiegazione SR del fatto che abbia contratto il cancro, nel senso che il fumo ha notevolmente accresciuto la probabilità che tale evento si verificasse.

Capitolo 6

Osservazione e teoria

IPOTESI OSSERVATIVE, IPOTESI TEORICHE E PRINCIPI PONTE

Vi sono tre tipi di leggi scientifiche:

- ***leggi osservative***: comprendono *solo termini osservativi*, cioè termini che si riferiscono a entità o proprietà osservabili, come “corvo” e “nero”;
- le ***leggi teoriche***: comprendono *solo termini teorici*, cioè termini che si riferiscono a entità o proprietà inosservabili, come “elettrone” e “lunghezza d’onda”;

- ***principi ponte***: comprendono *sia termini teorici sia termini osservativi*.

I principi ponte sono così chiamati poiché consentono di collegare le leggi teoriche con quelle osservative.

SISTEMI TEORICI

Il termine “teoria” può essere usato in due sensi:

- per indicare una *singola* ipotesi o legge scientifica;
- per indicare un intero *sistema teorico*, costituito da un *insieme di ipotesi*.

Per esempio, parliamo di teoria con riferimento alla meccanica newtoniana oppure alla genetica mendeliana.

In genere i sistemi teorici comprendono leggi osservative, leggi teoriche e principi ponte.

SPIEGAZIONE TEORICA

Le **leggi osservative** descrivono certe **regolarità fenomeniche** osservabili nel mondo esterno.

Talvolta riusciamo a trovare una ***spiegazione teorica*** delle regolarità fenomeniche, deducendo le leggi osservative a partire da appropriate leggi teoriche e principi ponte.

Ciò significa che riusciamo a spiegare le regolarità fenomeniche riconducendole a regolarità più profonde, relative a ***processi invisibili*** che si trovano, per così dire, sotto i fenomeni.

Esempio. *La spiegazione teorica delle proprietà fenomeniche dei gas*

Teoria cinetica dei gas: un sistema teorico che comprende leggi osservative, leggi teoriche e principi ponte.

Le *leggi osservative della teoria cinetica dei gas* descrivono certe caratteristiche *macroscopiche* dei gas, come la temperatura o la pressione, che possono essere osservate e misurate.

Legge di Boyle: legge osservativa formulata da Robert Boyle (1627-1691) la quale afferma che *la pressione di una massa di gas a temperatura costante è inversamente proporzionale al suo volume*.

Le *leggi teoriche della teoria cinetica dei gas* descrivono certe caratteristiche *microscopiche* dei gas, come la massa, la quantità di moto e l'energia cinetica delle molecole di una massa di gas.

I *principi ponte della teoria cinetica dei gas* collegano le caratteristiche microscopiche dei gas con quelle macroscopiche.

Esempi di principi ponte della teoria cinetica

- l'ipotesi che la pressione esercitata da un gas in un recipiente dipenda dalla quantità di moto che le molecole del gas trasmettono alle pareti;
- l'ipotesi che l'energia cinetica media delle molecole di una massa di gas rimanga costante finché rimane costante la temperatura.

Possiamo dedurre la legge di Boyle e diverse altre leggi osservative a partire dalle leggi teoriche e dai principi ponte della teoria cinetica dei gas.

Ciò significa che possiamo offrire una spiegazione teorica di svariate regolarità fenomeniche nel comportamento dei gas, riconducendole alle regolarità dei sottostanti fenomeni molecolari.

LA TESI DI DUHEM

La **tesi di Duhem** (1906) afferma che

non possiamo mai sottoporre a controllo sperimentale un'ipotesi teorica isolata, ma soltanto un sistema teorico.

Dalla tesi di Duhem segue che

se i risultati dei controlli sperimentali non sono in accordo con le previsioni derivate dal sistema, allora possiamo affermare solo che almeno una delle ipotesi del sistema è falsa, ma non possiamo dire esattamente quale.

Esempio. *Il controllo sperimentale della legge di gravitazione*

Vogliamo controllare la legge di gravitazione H_1 , deducendone una previsione osservabile E circa la posizione che il pianeta Urano occuperà in un determinato istante t .

H_1 , presa da sola, non implica alcuna previsione osservabile, e quindi neppure la previsione E .

Tuttavia E può essere dedotta a partire da un insieme di premesse che comprende l'*intera meccanica newtoniana*, cioè la legge di gravitazione H_1 e le tre leggi del moto, che chiameremo H_2 , H_3 e H_4 e, in aggiunta, svariate *ipotesi ausiliari*.

Si noti che vi sono diversi tipi di ipotesi ausiliari:

- alcune ipotesi ausiliari utilizzate nella derivazione di E sono *ipotesi di carattere particolare* che descrivono le attuali posizioni, velocità e masse di Urano e del Sole;
- altre ipotesi ausiliari sono *ipotesi di carattere generale* come, per esempio:
 - ✱ l'ipotesi che l'unica forza che agisce sui pianeti è quella gravitazionale;
 - ✱ l'ipotesi che i telescopi utilizzati per rilevare le posizioni dei pianeti non producono grossolane distorsioni.

Se indichiamo con **A** la congiunzione di tutte le ipotesi ausiliari utilizzate nella deduzione di E , possiamo affermare che

E è stata dedotta dalla congiunzione $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$,

cioè dalla congiunzione delle quattro leggi H_1 , H_2 , H_3 e H_4 della meccanica newtoniana e di un certo numero di ipotesi ausiliari.

Ciò significa che possiamo controllare la legge di gravitazione H_1 solo in maniera indiretta, cioè sottoponendo a controllo un intero sistema teorico comprensivo di H_1 , vale a dire $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$.

IL PROBLEMA DI DUHEM

La tesi di Duhem porta alla luce un problema oggi noto come ***problema di Duhem***.

Il problema di Duhem si presenta nel caso in cui le previsioni osservative dedotte da un sistema teorico ***non*** si realizzino.

Esempio. *Il controllo sperimentale della legge di gravitazione (continuazione)*

Consideriamo ancora una volta il controllo sperimentale della meccanica newtoniana, cioè del sistema teorico $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$.

Poiché la previsione E è deducibile dalla congiunzione $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$, siamo in grado di affermare:

Se $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ allora E

Inoltre, supponiamo di avere osservato la posizione di Urano nell'istante t , e scoperto che la previsione E non si è realizzata, cosicché possiamo affermare:

Non E

Possiamo ora usare gli enunciati “Se $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ allora E ” e “Non E ” come premesse del seguente MTT:

Premessa 1 Se $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ allora E .

Premessa 2 Non E .

Quindi

Conclusione Non $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$.

- La conclusione “Non $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ ” di questo MTT afferma che la congiunzione $(H_1 \wedge H_2 \wedge H_3 \wedge H_4 \wedge A)$ è falsa, cioè che **almeno una** delle ipotesi H_1, H_2, H_3, H_4 , e A è falsa.
- Tuttavia, tale conclusione non ci dice **quale** di queste ipotesi è falsa.
- Potrebbe essere falsa proprio la legge di gravitazione H_1 , oppure una delle leggi del moto H_2, H_3 e H_4 o, ancora, una delle ipotesi ausiliari comprese in A .
- La conclusione di MTT lascia aperta persino la possibilità che **tutte** le ipotesi H_1, H_2, H_3, H_4, A siano false.

Quando le previsioni dedotte da un sistema teorico vengono falsificate dai controlli sperimentali, l'unica conclusione certa che ne possiamo trarre, applicando MTT nel modo appena illustrato, è che

qualche parte del sistema teorico va eliminata.

Tuttavia, tale conclusione non ci consente di stabilire a quale parte del sistema teorico va addossata la “colpa” della falsificazione e, quindi, neppure di ***decidere quale parte del sistema va eliminata.***

Il ***problema di Duhem*** consiste nella richiesta di formulare un ***soddisfacente criterio per decidere quale parte del sistema teorico andrebbe eliminata in risposta alla falsificazione sperimentale di una previsione dedotta dal sistema.***

REALISMO SCIENTIFICO

Una delle dispute più importante nella riflessione sui *fini della scienza* è quella tra *realismo* e di *antirealismo*. Questa disputa trae origine dalla distinzione tra leggi osservative e leggi teoriche.

- Infatti, realisti e antirealisti hanno idee diverse circa *il significato, la verità e la conoscibilità delle leggi teoriche*.
- Le *leggi osservative* stabilite in varie discipline scientifiche descrivono *regolarità fenomeniche relative al comportamento di numerose entità osservabili*, dalle galline d'allevamento agli impianti nucleari.

- Inoltre, diverse discipline scientifiche comprendono anche *leggi teoriche* che descrivono *regolarità relative al comportamento di numerose entità non osservabili*, dagli atomi ai buchi neri.

Il **realismo scientifico** può essere definito, in termini molto semplici, come la tesi secondo la quale

dovremmo credere non solo a quello che la scienza ci dice sulle regolarità fenomeniche, ma anche a quel che ci dice circa la realtà inosservabile.

Questa tesi può essere precisata in molti modi. Per esempio, possiamo affermare che, secondo il realismo scientifico,

dovremmo credere che gli oggetti non osservabili postulati dalle nostre migliori teorie scientifiche esistano davvero, e che le leggi teoriche che li descrivono siano vere – o, almeno, approssimativamente vere.

Diverse versioni del realismo scientifico sono state sviluppate da studiosi come

- Karl Popper
- lo statunitense Hilary Putnam (1926-2016)
- il finlandese Ilkka Niiniluoto (1947-vivente)

Le varie forme di realismo scientifico sono accomunate dalla condivisione di tre tesi fondamentali, che vanno talvolta sotto i nomi di **realismo metafisico**, **semantico** ed **epistemico**.

REALISMO METAFISICO

La tesi del realismo metafisico può essere così formulata:

esiste un “mondo esterno” diverso e indipendente dal “mondo interno” della nostra mente.

Un realista sostenerrebbe che

- la pipa sul tavolo del mio studio non è un prodotto della mia mente o di altre menti, ma esiste davvero;
- la pipa continuerebbe a esistere anche se all'improvviso tutti gli esseri umani sparissero dall'universo;

- anche le entità teoriche di cui parlano le nostre migliori teorie scientifiche esistono davvero;
- l'esistenza di tali entità è indipendente dalla nostra conoscenza e dalle nostre menti.

REALISMO SEMANTICO

La tesi del realismo semantico può essere così formulata:

i termini che compaiono in un enunciato si riferiscono a cose e proprietà del mondo esterno, cosicché saranno i fatti del mondo esterno a determinare se un enunciato è vero o falso.

Ciò significa che i realisti semantici accettano la cosiddetta *teoria corrispondentistica della verità* secondo la quale

un enunciato è vero se corrisponde ai fatti, falso se non vi corrisponde.

- I realisti scientifici applicano la teoria corrispondentistica della verità anche alle ipotesi teoriche formulate nella scienza.
- Infatti, secondo i realisti, il valore di verità di tali ipotesi dipende *solo* da come è fatto il mondo.

REALISMO EPISTEMICO

La tesi del realismo epistemico può essere così formulata:

siamo in grado di conoscere, sia pure in modo fallibile, la verità sul dominio di eventi, osservabili e no, di cui parla la scienza.

Ciò significa che abbiamo *buone ragioni per credere* che

- la maggior parte delle entità teoriche postulate dalle nostre migliori ipotesi teoriche esistano davvero, e anche che
- tali ipotesi siano vere o, almeno, approssimativamente vere.

COSTRUTTIVISMO SOCIALE

Le diverse forme di **antirealismo** sviluppate nell'ultimo secolo sono caratterizzate dal rifiuto di almeno una delle tre tesi realiste appena illustrate.

Alcuni antirealisti rifiutano il realismo semantico, cioè la tesi che il valore di verità delle ipotesi scientifiche sia determinato dai fatti del mondo esterno. A questa specie di antirealisti appartengono

- il sociologo della scienza francese Bruno Latour (1947-vivente)
- gli inglesi Steve Woolgar (1950-vivente) e David Bloor (1950-vivente)

La forma di antirealismo semantico sviluppato da Latour e Woolgar in *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts* (1979) va sotto il nome di **costruttivismo sociale**.

Latour e Woolgar analizzano le pratiche quotidiane dei ricercatori in un laboratorio scientifico con lo stesso metodo con cui gli antropologi studiano le tribù primitive.

Essi sostengono che la “tribù” degli scienziati di laboratorio non studia la “natura”, ma solo i fenomeni osservati nelle condizioni artificiali da loro stessi prodotte.

L'idea centrale del costruttivismo sociale consiste nella tesi che

i fatti scientifici sono artefatti creati dalle pratiche di laboratorio.

Secondo i costruttivisti le pratiche di laboratorio hanno carattere essenzialmente *linguistico e sociale*.

Infatti, il risultato fondamentale degli esperimenti di laboratorio è costituito dalla produzione di vari tipi di “***iscrizioni***”, cioè di ***entità linguistiche come grafici, numeri e resoconti sperimentali.***

Le iscrizioni vengono poi confrontate e manipolate attraverso dibattiti, “negoziazioni” e scambi sociali di vario genere tra i membri del gruppo di ricerca, e tra quest’ultimo e il resto della comunità scientifica.

Ciò significa che **i fatti scientifici sono costruzioni sociali.**

Ne segue che, diversamente da quanto credono i realisti, *le teorie non possono essere confrontate con una realtà esterna preesistente alla pratica scientifica.*

EMPIRISMO COSTRUTTIVO

Il filosofo statunitense di origine olandese Bas van Fraassen (1941-vivente) ha elaborato, a partire da *Scientific Image* (1980), una forma di antirealismo nota come **empirismo costruttivo**.

Diversamente dai costruttivisti sociali, van Fraassen accetta il realismo semantico; ritiene quindi che le teorie scientifiche abbiano un valore di verità che dipende solo dalle condizioni del mondo esterno.

Tuttavia, *van Fraassen rifiuta il realismo epistemico* e sostiene che, per accettare una teoria scientifica, non è affatto necessario credere che la teoria sia vera.

La nozione chiave dell'empirismo costruttivo è quella di *adeguatezza empirica*:

- una *teoria è empiricamente adeguata* quando “salva i fenomeni”, cioè *quando tutto quel che dice circa gli eventi osservabili è vero*.

Secondo gli empiristi costruttivi, per *accettare una teoria* è sufficiente credere che sia empiricamente adeguata, cioè che descriva correttamente ciò che è osservabile.

Secondo gli empiristi costruttivi *l'indagine scientifica può avere pieno successo anche senza che si creda nella verità delle teorie*.

Esempio. *C'erano una volta due scienziati, il primo era antirealista e il secondo realista.*

- Il primo scienziato accetta la teoria atomica nel senso che ritiene che sia empiricamente adeguata, ma resta agnostico sulla questione se gli atomi esistano davvero.
- Il secondo scienziato, oltre a condividere la convinzione del primo circa l'adeguatezza empirica della teoria atomica, pensa anche che gli atomi esistano davvero.
- Gli empiristi costruttivi sostengono che la posizione realista del secondo scienziato non ha alcuna influenza sul suo lavoro scientifico: le sue attese e procedure saranno esattamente le stesse del collega agnostico.

- Infatti, entrambi gli scienziati sono persuasi che la teoria atomica sia in accordo con tutte le osservazioni fatte fino a quel momento e si aspettano che sarà in accordo anche con le osservazioni future.
- Quindi, entrambi penseranno nei termini della teoria atomica e useranno le sue risorse concettuali per risolvere tutti i problemi scientifici rilevanti.

L'esempio sopra illustrato suggerisce che un'interpretazione realista delle teorie non è affatto necessaria per la pratica scientifica: l'accettazione o il rifiuto dell'esistenza delle entità teoriche, come gli atomi, non svolge alcuna funzione nell'indagine scientifica.

Capitolo 7

Elementi di logica formale

COSA C'È NELLA CASSETTA DEGLI ATTREZZI DEL FILOSOFO DELLA SCIENZA?

Nella cassetta degli *attrezzi del filosofo della scienza*, tra gli *strumenti concettuali* usati per analizzare i problemi filosofici suscitati dall'impresa scientifica, troviamo le nozioni basilari di due discipline matematiche e di una disciplina filosofica, cioè

- *logica formale*
- *teoria delle probabilità*
- *epistemologia bayesiana*

LOGICA INFORMALE E LOGICA FORMALE

A partire dalle ricerche degli empiristi logici, la logica è diventata uno strumento concettuale molto importante per la filosofia della scienza.

Vedremo qui alcune forme di *inferenza deduttiva* che si possono operare con enunciati formulati nei *linguaggi naturali* e nei *linguaggi simbolici*.

Le inferenze deduttive operate nella lingua italiana e in altri *linguaggi naturali* possono essere usate per formulare teoremi e dimostrazioni in varie discipline scientifiche.

Spesso, tuttavia, scienziati e filosofi ricorrono anche a *linguaggi simbolici*, cioè a *linguaggi artificiali* interamente costituiti da simboli, il cui significato viene stabilito convenzionalmente.

Un aspetto attraente dei linguaggi simbolici consiste nel fatto che il loro impiego è governato da *regole molto precise*.

Lo studio delle inferenze deduttive operate nei linguaggi naturali va spesso sotto il nome di *logica informale*.

Lo studio delle inferenze deduttive operate nei linguaggi simbolici è comunemente noto come *logica formale*.

FRASI ED ENUNCIATI DI UN LINGUAGGIO NATURALE

Nella terminologia filosofica si parla di **frase** per indicare un'*espressione linguistica dotata di significato*.

Esempio. “L’attuale presidente degli Stati Uniti” è una frase, mentre “azzurro tuttavia aramburu perché” non lo è.

Un **enunciato** è una *frase dichiarativa*, cioè una frase per cui possiamo chiederci se sia vera o falsa. Non sono, invece, enunciati le frasi interrogative (“quanti anni ha tua nonna?”) e quelle imperative (“apri quella finestra!”).

Esempio. La frase “l’attuale presidente degli Stati Uniti” non è un enunciato, mentre la frase “l’attuale presidente degli Stati Uniti è giapponese” lo è, poiché ha senso chiedersi se sia vera o falsa.

ENUNCIATI SEMPLICI E COMPLESSI DI UN LINGUAGGIO NATURALE

Alcuni enunciati sono formati antepoendo il termine “non” a un altro enunciato.

Esempio. Otteniamo l’enunciato “Non sta piovendo” antepoendo “Non” all’enunciato “Sta piovendo”.

Il termine “Non” e altri termini dello stesso genere vanno sotto il nome di ***operatori***.

Altri enunciati sono formati connettendo due enunciati mediante il termine “e”.

Esempio. “Non ho superato l’esame del prof. Festa e ho deciso di prepararmi meglio per il prossimo appello” viene formato interponendo “e” tra gli enunciati “Non ho superato l’esame del prof. Festa” e “Ho deciso di prepararmi meglio per il prossimo appello”.

Il termine “e” e altri termini dello stesso genere sono chiamati ***connettivi***.

Di solito si usa “connettivo” in senso lato, così da includere tra i connettivi anche l’operatore “non”.

Possiamo distinguere tra *enunciati semplici* ed *enunciati complessi*:

- gli enunciati semplici *non includono* altri enunciati come propri componenti
- gli enunciati complessi *includono* altri enunciati come propri componenti

Esempio. “Sta piovendo” è un enunciato semplice, mentre “non sta piovendo” è un enunciato complesso.

CONNETTIVI DI UN LINGUAGGIO NATURALE

Le lettere minuscole $a, a_1, a_2, \dots, b, b_1, b_2, \dots$ possono essere usate come ***variabili enunciative***, cioè come simboli che indicano ***generici enunciati***.

Dato un enunciato a , possiamo usare il connettivo “Non” per formare l’enunciato complesso “Non a ”. Dati due enunciati a e b , possiamo usare i connettivi “e” e “oppure” per formare gli enunciati complessi “ a e b ” e “ a oppure b ”. Diremo che:

- “Non a ” è una ***negazione***
- “ a e b ” è una ***coniunzione***
- “ a oppure b ” è una ***disgiunzione***

ENUNCIATI VERO-FUNZIONALI NEI LINGUAGGI NATURALI

Determinare il *valore di verità* di un enunciato a significa determinare se a sia vero oppure falso.

Possiamo ora definire la nozione di *enunciato vero-funzionale*:

VF L'enunciato a è *vero-funzionale* $\equiv$ Il valore di verità di a dipende *solo* dai valori di verità dei componenti di a .

LA NOZIONE DI DEFINIZIONE

VF è una ***definizione*** formulata in modo rigoroso.

Gli elementi costitutivi di VF sono due espressioni linguistiche collegate dal simbolo

“≡”

che si legge in uno di questi modi.

- “ha lo stesso significato di”
- “è uguale per definizione a”

L'espressione alla sinistra di " $\equiv$ " viene chiamata ***definiendum*** (cioè, ***termine da definire***) e quella a destra ***definiens*** (cioè, ***termine che definisce***).

VF afferma che il *definiendum* "L'enunciato a è vero-funzionale" ha lo stesso significato del *definiens* "Il valore di verità di a dipende solo dai valori di verità dei *componenti* di a ".

Una definizione non fornisce alcuna informazione fattuale, ma esprime una semplice ***convenzione***, cioè la decisione di attribuire al *definiendum* lo stesso significato del *definiens*.

NEGAZIONI

Nella lingua italiana ci sono molti modi per esprimere la negazione di un enunciato.

Esempio. La negazione di “piove” viene solitamente espressa con “Non piove”, cioè facendo precedere il connettivo “Non” a “piove”.

Nel caso di enunciati più lunghi si usano formulazioni più eleganti.

Esempio. La negazione di “Mario si è rotto una gamba” viene espressa con enunciati quali “Mario *non* si è rotto una gamba” o “*Non è vero che* Mario si è rotto una gamba”.

In ambito logico la preoccupazione per l'eleganza passa in secondo piano rispetto all'esigenza di identificare immediatamente le negazioni.

Esempio. La negazione di “Mario si è rotto una gamba” sarà quindi espressa con “*Non (Mario si è rotto una gamba)*”.

Una negazione di forma “Non a ” viene abitualmente interpretata in senso vero-funzionale, cosicché il suo valore di verità dipende *solo* dal valore di verità di a .

Le condizioni di verità di “Non a ” – in breve, **CVneg** –, possono venire così formulate:

CVneg “Non a ” è vera nel caso in cui a è falso ed è falsa nel caso in cui a è vero.

Esempio. La negazione “Non (Parigi è la capitale del Giappone)” è vera, dato che l’enunciato che viene negato è falso.

CONGIUNZIONI

Data la congiunzione “ a e b ”, diremo che a e b sono i **congiunti** di “ a e b ”.

Una congiunzione “ a e b ” viene abitualmente interpretata in senso vero-funzionale, cosicché il suo valore di verità dipende *solo* dai valori di verità di a e b .

Le condizioni di verità di “ a e b ” – in breve, **CVcong** –, possono venire così formulate:

CVcong “ a e b ” è vera nel caso in cui *entrambi* i congiunti sono veri; altrimenti è falsa.

Esempio. La congiunzione “Il cielo è azzurro e Parigi è la capitale del Giappone” è falsa, dato che il suo secondo congiunto è falso.

DISGIUNZIONI

Data la disgiunzione “ a oppure b ”, diremo che a e b sono i *disgiunti* di “ a oppure b ”.

Una disgiunzione “ a oppure b ” viene di solito interpretata in senso vero-funzionale, cosicché il suo valore di verità dipende *solo* dai valori di verità di a e b .

Le condizioni di verità di “ a oppure b ” – in breve, **CVdisg** –, sono le seguenti:

CVdisg “ a oppure b ” è vera nel caso in cui *almeno uno* dei disgiunti è vero; altrimenti è falsa.

Esempio. La disgiunzione “Il cielo è azzurro oppure Parigi è la capitale del Giappone” è vera, dato che il suo primo disgiunto è vero.

L'interpretazione appena illustrata di “oppure” è nota come *interpretazione inclusiva*. Questa espressione si riferisce al fatto che i casi in cui la disgiunzione “ a oppure b ” è vera *includono* quello in cui *entrambi* i disgiunti sono veri.

Nel linguaggio quotidiano “oppure” viene talvolta interpretato in senso *esclusivo*, cioè in modo tale da *escludere* dal novero dei casi in cui “ a oppure b ” è vera quello in cui entrambi i disgiunti sono veri.

In ambito logico e matematico, l'interpretazione standard di “oppure” è quella inclusiva, cosicché se si vuole formulare una disgiunzione intesa in senso esclusivo si ricorre a espressioni che non diano adito ad ambiguità come, per esempio, “ a oppure b , ma non entrambi”.

VALORE DI VERITÀ DI UN ENUNCIATO NEI MONDI POSSIBILI DI UN LINGUAGGIO SIMBOLICO

Memo! I linguaggi simbolici sono governati da regole precise che permettono di evitare i rischi di ambiguità connessi all'impiego dei linguaggi naturali.

Il termine “*mondo possibile*” è stato coniato dal matematico e filosofo tedesco Gottfried Wilhelm von *Leibniz* (1646-1716).

I *mondi possibili* vanno intesi come *possibilità reciprocamente esclusive e congiuntamente esaustive*, nel senso che una e una sola di esse si realizza.

Il mondo possibile che si realizza viene chiamato “*mondo reale*”.

Le espressioni “mondi possibili” e “mondo reale” possono essere sostituite da espressioni più vicine al linguaggio comune, come “*possibili stati di cose*” e “*reale stato di cose*”.

Parlando dei *mondi possibili di un linguaggio simbolico L* ci riferiamo ai mondi possibili che possono venire identificati mediante le risorse espressive di **L**.

L'adozione di linguaggi simbolici si basa soprattutto sulla seguente fondamentale considerazione:

Le regole in base alle quali viene costruito un linguaggio simbolico L ci consentono di determinare il valore di verità degli enunciati di L in ciascun mondo possibile di L .

La determinazione dei valori di verità degli enunciati di L viene comunemente operata in accordo con il seguente ***principio di bivalenza***:

Biv I valori di verità sono due, cioè il vero e il falso, e in ogni mondo possibile di L qualunque enunciato di L ha uno e un solo valore di verità.

Il significato intuitivo di Biv può essere espresso dicendo che

- in qualunque mondo possibile di **L**, qualunque enunciato di **L** deve essere vero o falso, ma non può essere entrambe le cose.

In termini essenzialmente equivalenti, possiamo dire che

- un dato enunciato a di **L** è falso in un determinato mondo possibile di **L** se e solo se a non è vero in quel mondo possibile.

LINGUAGGI SEMANTICAMENTE DETERMINATI

La nozione di *linguaggio semanticamente determinato* può essere così definita:

SD L è *semanticamente determinato* $\equiv$ Per ogni enunciato a di L , si può determinare il *valore di verità* di a in ogni mondo possibile m_i di L .

Il termine “*semantica*”, introdotto nel 1883 dal linguista francese Michel Bréal, indica lo studio sistematico del *significato* delle espressioni linguistiche.

La nozione di significato è strettamente connessa a quella di verità, nel senso che

il significato di un enunciato a è determinato, *almeno in ampia misura*, dall'insieme di mondi possibili nei quali a è vero.

Ne segue che,

per qualunque enunciato a di un linguaggio semanticamente determinato L , è possibile determinare, almeno in ampia misura, il significato di a .

Tale possibilità ha suggerito l'espressione "linguaggio semanticamente determinato" definita in SD.

L'interpretazione degli enunciati di un linguaggio simbolico **L** è governata da regole formulate con grande precisione che, di solito, permettono di determinare il valore di verità di qualunque enunciato di **L** in qualunque mondo possibile di **L**.

Ne segue che,

di solito, un linguaggio simbolico è semanticamente determinato.

AMBITO DEGLI ENUNCIATI

Segue dalla definizione SD che,

per ogni enunciato a di L , si può determinare l'insieme $m(a)$ dei mondi possibili in cui a è vero.

Poiché $m(a)$ comprende tutte, e solo, le possibilità ammesse da a , potremo dire che $m(a)$ è l'**ambito di possibilità** di a o, più brevemente, che $m(a)$ è l'**ambito** di a .

Determinare $m(a)$ permette, in un certo senso, di stabilire *cosa dice* a : possiamo quindi dire che $m(a)$ è la **proposizione** espressa da a .

Il **mondo reale**, cioè l'unico mondo possibile di **L** che effettivamente si realizza, può essere indicato con il simbolo **m^*** .

Dato un enunciato a di **L**, l'espressione " **a è vero**" può essere così definita:

Ver a è vero $\equiv m^*$ appartiene all'insieme $m(a)$
(in simboli: $m^* \in m(a)$)

Il significato intuitivo di Ver può venire espresso dicendo che

l'enunciato a è vero nel caso in cui il mondo reale è compreso tra le possibilità ammesse da a .

Si noti che:

- dire che un enunciato a è vero è un modo conciso per dire che a è vero nel mondo reale m^* .
- l'espressione “valore di verità di a ” è un'abbreviazione dell'espressione “valore di verità di a nel mondo reale m^* ”.

Esempio. *L'ambito degli enunciati del linguaggio meteorologico L_M .*

Il rudimentale linguaggio metereologico L_M ci consente solo di dire se piove oppure no e se è caldo oppure no.

Ciò significa che l'insieme di *tutti* i mondi possibili di L_M comprende solo quattro mondi possibili, vale a dire:

$m_1 = (\text{piove, è caldo});$

$m_2 = (\text{piove, non è caldo});$

$m_3 = (\text{non piove, è caldo});$

$m_4 = (\text{non piove, non è caldo}).$

L'insieme di tutti i mondi possibili di $\mathbf{L_M}$ può quindi essere indicato con l'espressione

$$\{m_1, m_2, m_3, m_4\}$$

Possiamo facilmente determinare il valore di verità degli enunciati di $\mathbf{L_M}$ in ciascuno dei mondi possibili $m_1, \dots, m_4$.

Esempio. Valori di verità nei mondi possibili di L_M .

- (7.1) (i) “piove” è vero in m_1 e m_2 e falso in m_3 e m_4 ;
- (ii) “è caldo” è vero m_1 e m_3 e falso in m_2 e m_4 ;
- (iii) “piove oppure è caldo” è vero in m_1, m_2, m_3 e falso in m_4 ;
- (iv) “piove ed è caldo” è vero in m_1 e falso in m_2, m_3 e m_4 ;
- (v) “piove oppure non piove” è vero in m_1, m_2, m_3 e m_4 ;
- (vi) “piove e non piove” è falso in m_1, m_2, m_3 e m_4 .

Gli ambiti dei sei enunciati in (7.1) sono questi:

$$(7.2) \quad (i) \quad m(\text{piove}) = \{m_1, m_2\};$$

$$(ii) \quad m(\text{è caldo}) = \{m_1, m_3\};$$

$$(iii) \quad m(\text{piove oppure è caldo}) = \{m_1, m_2, m_3\};$$

$$(iv) \quad m(\text{piove ed è caldo}) = \{m_1\};$$

$$(v) \quad m(\text{piove oppure non piove}) = \{m_1, m_2, m_3, m_4\} \equiv \mathbf{U};$$

$$(vi) \quad m(\text{piove e non piove}) = \emptyset.$$

Si noti che

- il simbolo “ U ” in (7.2)(v) indica il cosiddetto *insieme universale*, cioè l’insieme che include tutti gli elementi di un certo tipo;
- (7.2)(v) afferma che l’enunciato “piove oppure non piove” è vero in *tutti* i mondi possibili di L_M ;
- il simbolo “ $\emptyset$ ” in (7.2)(vi) indica il cosiddetto *insieme vuoto*, cioè l’insieme che non contiene alcun elemento;
- (7.2)(vi) afferma che l’enunciato “piove e non piove” non è vero in *nessun* mondo possibile L_M , cioè che esso è falso in tutti i mondi possibili di L_M .

ALCUNE PROPRIETÀ SEMANTICHE DEGLI ENUNCIATI

Le **proprietà semantiche** di un enunciato a di $\mathbf{L}$ sono proprietà definite nei termini della proposizione espressa da a .

Proprietà semantiche di particolare importanza sono le seguenti:

VerL a è una **verità logica** $\equiv$ $m(a) = \mathbf{U}$.

FalsL a è una **falsità logica** $\equiv$ $m(a) = \emptyset$.

Cont a è **contingente** $\equiv$
 a non è né una verità logica né una falsità logica.

Si noti che

- l'enunciato a è una ***verità logica*** se e solo se è vero in tutti i mondi possibili, mentre
- l'enunciato a è una ***falsità logica*** se e solo se è falso in tutti i mondi possibili.
- l'enunciato a è ***contingente*** se e solo se è vero in alcuni mondi possibili e falso in altri.

Esempio. Si vede da (7.2)(v) e (vi) che “piove oppure non piove” è una verità logica, mentre “piove e non piove” è una falsità logica.

COME ACCERTARE IL VALORE DI VERITÀ DEGLI ENUNCIATI

Il valore di verità di una verità logica a nel mondo reale m^* può venire accertato con mezzi puramente logici.

Infatti, una verità logica a è vera in tutti i mondi possibili e, quindi, anche in m^* .

Il valore di verità di una falsità logica a nel mondo reale m^* può venire accertato con mezzi puramente logici.

Infatti, una falsità logica è falsa in tutti i mondi possibili e, quindi, anche in m^* .

Il valore di verità di un enunciato contingente a nel mondo reale m^* **non** può venire accertato con mezzi puramente logici.

Infatti un enunciato contingente a è vero in alcuni mondi possibili e falso in altri.

Quindi il valore di verità di a dipende dai “fatti del mondo”, cioè dalla circostanza che m^* appartenga, oppure no, a $m(a)$.

Per questo motivo, gli enunciati contingenti vanno spesso sotto il nome di ***enunciati fattuali***.

Esempio. Gli enunciati in (7.1)(i)-(iv) sono fattuali, come si vede da (7.2)(i)-(iv).

Accertare il valore di verità di un enunciato fattuale a significa scoprire se il mondo reale m^* appartiene, oppure no, a $m(a)$.

Per affrontare con successo questo compito sembra inevitabile ricorrere all'*esplorazione del mondo*.

Esempio. Come accertare il valore di verità di enunciati fattuali

L'esplorazione del mondo necessaria per determinare il valore di verità dell'enunciato fattuale "è caldo" può essere effettuata con mezzi molto semplici. Infatti, basterà uscire sul balcone per controllare la temperatura esterna.

Al contrario, l'esplorazione del mondo necessaria per determinare il valore di verità dell'enunciato fattuale "Il tessuto asportato dal paziente sottoposto a biopsia ha natura cancerosa" esige l'impiego di sofisticati apparati strumentali.

ALCUNE RELAZIONI SEMANTICHE TRA ENUNCIATI

Le **relazioni semantiche** tra due enunciati a e b sono definite nei termini delle relazioni tra le corrispondenti proposizioni $m(a)$, $m(b)$,

Una fondamentale relazione semantica è l'**implicazione logica**, “ a implica logicamente b ” – in simboli, “ $a \Rightarrow b$ ” –, viene così definita:

Impl $a \Rightarrow b \equiv$ l'insieme $m(a)$ è incluso nell'insieme $m(b)$
(in simboli, $m(a) \subseteq m(b)$).

Il contenuto intuitivo di Impl può venire espresso dicendo che

a implica logicamente b nel caso in cui b è vero in tutti i mondi possibili in cui a è vero.

Un'altra importante relazione semantica è l'***equivalenza logica***, “ a è logicamente equivalente a b ” – in simboli, “ *$a \Leftrightarrow b$* ” –, viene così definita:

EqL $a \Leftrightarrow b \equiv m(a) = m(b)$.

Il contenuto intuitivo di EqL può venire espresso dicendo che

secondo EqL, a e b sono logicamente equivalenti nel caso in cui non vi è alcun mondo possibile in cui uno degli enunciati a e b è vero e l'altro falso.

In altre parole,

a e b sono logicamente equivalenti nel caso in cui esprimono la stessa proposizione, cioè dicono le stesse cose sul mondo.

Infine, la relazione semantica di *incompatibilità logica*, “*a e b sono logicamente incompatibili*” – o, più brevemente, “*a e b sono incompatibili*” –, viene così definita:

IncoL *a e b* sono logicamente incompatibili $\equiv$
 l’insieme dei mondi possibili appartenenti sia a
 $m(a)$ sia a $m(b)$ è l’insieme vuoto
 (in simboli, $m(a) \cap m(b) = \emptyset$).

Il contenuto intuitivo di IncoL può venire espresso dicendo che

a e b sono incompatibili nel caso in cui, non vi è alcun mondo possibile in cui sono entrambi veri – cioè, nel caso in cui, in qualunque mondo possibile, almeno uno di essi è falso.

CONDIZIONI DI VERITÀ E FALSITÀ IN UN LINGUAGGIO ENUNCIATIVO

Consideriamo un semplice linguaggio simbolico, cioè il *linguaggio enunciativo* L il cui vocabolario include solo le variabili enunciative $a, b, \dots$ e i simboli

$\neg$, $\wedge$ e $\vee$

che stanno, rispettivamente, per i connettivi vero-funzionali

“non”, “e” e “oppure”.

Gli enunciati di **L** sono costituiti da due tipi di enunciati:

- *enunciati semplici* indicati dalle variabili enunciative $a, b, \dots$
- *enunciati complessi* ottenuti combinando opportunamente le variabili enunciative con i connettivi “ $\neg$ ”, “ $\wedge$ ” e “ $\vee$ ”.

Le **condizioni di verità** degli enunciati complessi “ $\neg a$ ”, “ $a \wedge b$ ” e “ $a \vee b$ ” possono venire così formulate:

CV($\neg$) $\neg a$ è vero in $m_i \equiv a$ è falso in m_i .

CV($\vee$) $a \vee b$ è vero in $m_i \equiv$
almeno uno degli enunciati a e b è vero in m_i .

CV ($\wedge$) $a \wedge b$ è vero in $m_i \equiv$
entrambi gli enunciati a e b sono veri in m_i .

Segue dal principio di bivalenza Biv che le CV-condizioni di verità sopra formulate equivalgono alle seguenti ***condizioni di falsità***:

CF($\neg$) $\neg a$ è falso in $m_i \equiv a$ è vero in m_i .

CF($\vee$) $a \vee b$ è falso in $m_i \equiv$
entrambi gli enunciati a e b sono falsi in m_i .

CF($\wedge$) $a \wedge b$ è falso in $m_i \equiv$
almeno uno degli enunciati a e b è falso in m_i .

“BUONE” E “CATTIVE” INFERENZE

La nozione di **inferenza** è un’esplicazione di alcuni termini comunemente usati nella scienza e in altre attività umane come “*argomenti*”, “*argomentazioni*” e “*ragionamenti*”.

Un’inferenza consiste nella derivazione di un enunciato detto **conclusione** da uno o più enunciati detti **premesse**.

La nozione di inferenza può venire così definita:

Inf Dati $n + 1$ enunciati $a_1, \dots, a_n, b$, con $n \geq 1$, diciamo che “ $a_1, \dots, a_n \therefore b$ ” – ove il simbolo “ $\therefore$ ” si legge “quindi” –, è un’inferenza con *premesse* $a_1, \dots, a_n$ e *conclusione* b .

L'inferenza " $a_1, \dots, a_n \therefore b$ " può venire rappresentata con uno di questi schemi:

$$(7.3) \quad (i) \quad \begin{array}{c} a_1 \\ \dots \\ a_n \\ \hline b \end{array}$$

$$(ii) \quad \frac{a_1, \dots, a_n}{b}$$

Si noti che:

- la condizione $n \geq 1$ in Inf richiede che un'inferenza comprenda *almeno una* premessa;
- quindi possono esserci inferenze con *un'unica* premessa.

Esempio. L'enunciato a è l'unica premessa dell'inferenza " $a \therefore b$ ".

Le inferenze possono essere formulate anche nei linguaggi naturali.

Esempio. *Tre inferenze con un'unica premessa, formulate in lingua italiana*

(7.4) Alfredo è felice $\therefore$ Alfredo è felice oppure Marco ama Giovanna.

(7.5) Il cielo è marrone $\therefore$ Il cielo è marrone oppure Parigi è la capitale del Giappone.

(7.6) Alfredo è felice $\therefore$ Alfredo è felice e Marco ama Giovanna.

INFERENZE DEDUTTIVE

A tutta prima, tutte e tre le inferenze (7.4)-(7.6) appaiono molto strampalate.

Tuttavia, possiamo mostrare che (7.4) e (7.5) sono “buone” inferenze, mentre (7.6) non lo è.

Più precisamente, possiamo mostrare che (7.4) e (7.5) sono inferenze deduttive, mentre (7.6) non lo è.

Memo. Nel Capitolo 4.2 si è detto che la conclusione di un'inferenza deduttiva necessariamente dalle premesse, nel senso che non è possibile che le premesse siano vere e la conclusione falsa.

La nozione di *inferenza deduttiva* può essere così definita:

InfD L'inferenza " $a_1, \dots, a_n \therefore b$ " è *deduttiva* $\equiv$ la conclusione b è vera in tutti i mondi possibili in cui le premesse $a_1, \dots, a_n$ sono vere.

Il significato intuitivo di InfD può venir così espresso:

un'inferenza è deduttiva se e solo se non vi è alcun possibile stato di cose in cui le premesse sono vere e la conclusione è falsa.

Si noti che

- il mondo reale è semplicemente **uno** dei possibili stati di cose, cosicché il carattere deduttivo, o meno, di un'inferenza **non** dipende in modo particolare dal valore di verità delle premesse e della conclusione nel mondo reale.

Data un'inferenza deduttiva " $a_1, \dots, a_n \therefore b$ ", diremo che ***b* è deducibile** da $a_1, \dots, a_n$.

Esempio. *Tre inferenze con un'unica premessa, formulate in lingua italiana (continuazione)*

Possiamo mostrare che (7.4) e (7.5) sono inferenze deduttive, mentre (7.6) non lo è.

(7.4) è un'inferenza deduttiva

- Affermare che l'inferenza (7.4) è deduttiva significa affermare che *non* vi è alcun possibile stato di cose in cui la premessa "Alfredo è felice" è vera e la disgiunzione "Alfredo è felice oppure Marco ama Giovanna" è falsa.
- Questa affermazione è senz'altro corretta: infatti, dalle condizioni di verità CVdisg segue che, in tutti i casi in cui il disgiunto "Alfredo è felice" è vero, lo è anche la disgiunzione "Alfredo è felice oppure Marco ama Giovanna".

(7.5) è un'inferenza deduttiva

- Poiché (7.5) ha la stessa forma di (7.4), il carattere deduttivo di (7.5) può essere stabilito sulla base di considerazioni del tutto simili a quelle sopra formulate per (7.4).

(7.6) non è un'inferenza deduttiva

- Si consideri l'inferenza “Alfredo è felice $\therefore$ Alfredo è felice e Marco ama Giovanna” in (7.6).
- Vi è un possibile stato di cose in cui la premessa è vera e la conclusione è falsa: si tratta del caso in cui è vero che Alfredo è felice ma è falso che Marco ama Giovanna. Quindi, per InfD, che (7.6) non è un'inferenza deduttiva.

TEOREMI

Molte **teorie** matematiche e scientifiche si basano su un ristretto numero di **principi fondamentali**, costituiti da determinati **assiomi e definizioni**.

Si noti che:

- gli **assiomi** hanno *contenuto fattuale*, nel senso che veicolano informazioni su certi fatti, mentre
- le **definizioni** hanno carattere *convenzionale*, nel senso che fissano il significato di certi termini.

Per riferirci all'insieme degli assiomi e delle definizioni di una teoria T , parleremo semplicemente dei **principi** $p_1, \dots, p_k$ di T .

Diremo che l'enunciato t è un **teorema** di T nel caso in cui t è deducibile da T o, più precisamente, dai principi di T .

La nozione di teorema di T – ove $p_1, \dots, p_k$ sono i principi di T –, può venire così definita:

Teor t è un teorema di $T \equiv$

L'inferenza " $p_1, \dots, p_k \therefore t$ ", è deduttiva.

Capitolo 8

Elementi di teoria della probabilità

IL CONCETTO DI PROBABILITÀ

La probabilità è un *concetto duale*, dotato di due significati ben distinti, che possono venire così illustrati.

Probabilità statistica: termine comunemente usato per indicare la *frequenza relativa*, o *percentuale*, di un determinato *tipo di eventi*.

Esempio. La percentuale dei decessi nella popolazione colpita da un'epidemia di peste.

Probabilità epistemica: termine comunemente usato per indicare il *grado di credenza* di un individuo nella *verità di determinati enunciati*.

Esempio. Il grado di credenza di un individuo nella verità della supposizione che domenica prossima pioverà – o dell'ipotesi che esistano forme di vita intelligente su altri pianeti.

NASCITA DELLA TEORIA MATEMATICA DELLE PROBABILITÀ

Attorno alla metà del Seicento venne sviluppata la *teoria (matematica) delle probabilità*, detta anche *calcolo delle probabilità*, per opera di alcuni grandi matematici, tra i quali i francesi

- Blaise Pascal (1623-1662)
- Pierre de Fermat (1601-1665).

Agli inizi dell'Ottocento, un'organica sistemazione della teoria delle probabilità fu presentata dal matematico francese

- Pierre-Simon de Laplace (1749-1827)

LA TEORIA DELLE PROBABILITÀ DI KOLMOGOROV

Negli anni trenta del secolo scorso il matematico russo **Andrej Nikolaevič Kolmogorov** (1903-1987) fornì la prima *fondazione assiomatica* della teoria delle probabilità.

Infatti, Kolmogorov formulò una *teoria assiomatica della probabilità* nella quale tutti i teoremi del calcolo delle probabilità possono essere dedotti da un *ristretto numero di assiomi*.

La teoria di Kolmogorov è una *teoria astratta formulata in termini insiemistici*. Essa è compatibile con *tutte* le interpretazioni del concetto di probabilità, a partire dai concetti di probabilità statistica e probabilità epistemica.

Per motivi di semplicità, noi formuleremo gli assiomi di Kolmogorov con riferimento alla probabilità epistemica degli enunciati di un linguaggio enunciativo

Gli enunciati di **L** saranno indicati da:

- le variabili enunciative $a, b, \dots$;
- le espressioni ottenute combinando $a, b, \dots$ con i connettivi “ $\neg$ ”, “ $\wedge$ ” e “ $\vee$ ”.

GLI ASSIOMI DI KOLMOGOROV

Sia $p(\cdot)$ una funzione che attribuisce un *numero reale* $p(a)$ a ciascun enunciato a di L .

$p(\cdot)$ è una *funzione di probabilità* nel caso in cui soddisfa gli *assiomi di Kolmogorov*, formulati qui sotto.

A1 *Probabilità minima*
 $p(a) \geq 0$.

A1 va inteso come una formulazione ellittica dell'assioma “Per qualsiasi a , $p(a) \geq 0$ ”, il quale asserisce che la probabilità $p(a)$ di *qualsiasi* enunciato a è non negativa.

A2 ***Probabilità di una verità logica***

Se a è una verità logica, allora $p(a) = 1$.

A2 va inteso come una formulazione ellittica dell'assioma “Per qualsiasi a , se a è una verità logica, allora $p(a) = 1$ ”, il quale asserisce che ***qualsiasi*** verità logica ha una probabilità pari a 1.

A3 ***Additività***

Se a e b sono incompatibili, allora $p(a \vee b) = p(a) + p(b)$.

A3 asserisce, sempre in forma ellittica, che la probabilità della disgiunzione di una ***qualsiasi coppia ordinata (a, b) di enunciati*** incompatibili è uguale alla somma delle loro probabilità.

Esempio. *Chi vincerà la corsa di cavalli?*

Supponi di attribuire

- probabilità 0,2 (= 20%) all'ipotesi a che una corsa di cavalli sarà vinta da Tartaruga e
- probabilità 0,3 (= 30%) all'ipotesi b che la corsa sarà vinta da Lumaca.

Quale probabilità dovrai attribuire all'ipotesi $a \vee b$ che la corsa sarà vinta da Tartaruga oppure da Lumaca?

In base ad A3 dovrai attribuire all'ipotesi $a \vee b$ una probabilità pari a 0,5 (= 50%).

La probabilità $p(a)$ di un enunciato a viene abitualmente chiamata ***probabilità assoluta*** di a .

La funzione $p(\cdot)$ viene abitualmente chiamata ***funzione di probabilità assoluta***.

La nozione di ***probabilità relativa*** $p(a|b)$, che si legge “***probabilità di a dato b*** ”, viene definita nel quarto assioma di Kolmogorov:

A4 ***Definizione della probabilità relativa***

$$p(a|b) \equiv \frac{p(a \wedge b)}{p(b)}$$

In A4 la probabilità relativa $p(a|b)$ viene identificata con il rapporto tra le probabilità assolute $p(a \wedge b)$ e $p(b)$.

Data una coppia ordinata (a, b) di enunciati, ove $p(b) \neq 0$, possiamo determinare il valore di $p(a|b)$ sulla base di A4.

Nel caso in cui $p(b) = 0$, il valore di $p(a|b)$ risulta indeterminato.

A4 definisce la **funzione di probabilità relativa** $p(\cdot|\cdot)$ nei termini della funzione di probabilità assoluta $p(\cdot)$.

L'enunciato b alla destra del simbolo “|” in “ $p(a|b)$ ” è detto “*condizione b* ”, cosicché

- “ $p(a|b)$ ” può essere letto come “*probabilità di a data la condizione b* ”.
- le probabilità relative sono spesso chiamate *probabilità condizionali*.

TEOREMI SULLE PROBABILITÀ ASSOLUTE

Alcune proprietà delle probabilità assolute sono formulate nei seguenti teoremi:

(8.1) *Probabilità della negazione*

$$p(\neg a) = 1 - p(a).$$

(8.2) *Probabilità massima*

$$p(a) \leq 1.$$

(8.3) *Probabilità di una falsità logica*

Se a è una falsità logica, allora $p(a) = 0$.

(8.4) ***Probabilità di enunciati equivalenti***

Se $a \Leftrightarrow b$, allora $p(a) = p(b)$.

(8.5) ***Probabilità di conseguenze logiche***

Se $a \Rightarrow b$, allora $p(a) \leq p(b)$.

(8.6) ***Regola di moltiplicazione***

(i) $p(a \wedge b) = p(a) p(b|a);$

(ii) $p(a \wedge b) = p(b) p(a|b).$

(8.7) ***Principio della probabilità totale***

(i) $p(a) = p(a \wedge b) + p(a \wedge \neg b);$

(ii) $p(a) = p(b) p(a|b) + p(\neg b) p(a|\neg b).$

(8.8) *Valore massimo della probabilità delle congiunzioni*

$$p(a \wedge b) \leq p(a), p(b).$$

(8.9) *Relazioni tra probabilità delle disgiunzioni e delle congiunzioni*

(i) $p(a \vee b) = p(a) + p(b) - p(a \wedge b);$

(ii) $p(a \wedge b) = p(a) + p(b) - p(a \vee b).$

TEOREMI SULLE PROBABILITÀ RELATIVE

I tre teoremi qui sotto affermano che la funzione di probabilità relativa $p(\cdot|\cdot)$, definita in A4, soddisfa le versioni relativizzate degli assiomi A1-A3.

(8.10) ***Probabilità relativa minima***
 $p(a|b) \geq 0.$

(8.11) ***Probabilità relativa di una verità logica***
Se a è una verità logica, allora $p(a|b) = 1.$

(8.12) ***Additività delle probabilità relative***
Se a e b sono incompatibili, allora
 $p(a \vee b|c) = p(a|c) + p(b|c).$

Inoltre, $p(\cdot|\cdot)$ soddisfa le versioni relativizzate dei teoremi (8.1)-(8.9) per le probabilità assolute.

Per esempio, $p(\cdot|\cdot)$ gode delle seguenti proprietà:

(8.13) ***Probabilità relativa della negazione***
$$p(\neg a|b) = 1 - p(a|b).$$

(8.14) ***Probabilità relativa massima***
$$p(a|b) \leq 1.$$

Altri semplici e importanti teoremi sulle probabilità relative sono i seguenti:

(8.15) ***Probabilità relativa di conseguenze logiche***

Se $a \Rightarrow b$ allora $p(b|a) = 1$.

(8.16) ***Probabilità di un enunciato dato se stesso***

$p(a|a) = 1$.

(8.17) ***Probabilità relative di enunciati con probabilità iniziale estrema***

(i) Se $p(a) = 0$, allora $p(a|b) = 0$;

(ii) Se $p(a) = 1$, allora $p(a|b) = 1$.

IL TEOREMA DI BAYES

Le probabilità relative godono di un gruppo di interessanti proprietà descritte nel cosiddetto *teorema di Bayes*, così chiamato in onore del suo scopritore, il *reverendo e matematico inglese Thomas Bayes* (1702-1761). Qui sotto vediamo due semplici versioni del teorema:

(8.18) (i)

$$p(a|b) = \frac{p(a)p(b|a)}{p(b)}$$

(ii)

$$p(a|b) = \frac{p(b|a)p(a)}{p(a)p(b|a) + p(\neg a)p(b|\neg a)}$$

Capitolo 9

Elementi di epistemologia bayesiana

CHE COS'È L'EPISTEMOLOGIA BAYESIANA?

L'*epistemologia bayesiana* trae il suo nome dal teorema di Bayes, che ne costituisce il fondamentale strumento concettuale.

L'epistemologia bayesiana si occupa soprattutto della

- *statica e della cinematica dell'opinione*, cioè della
- *formazione e del cambiamento delle opinioni, o credenze*

INTENTI NORMATIVI E PRESCRITTIVI DELL'EPISTEMOLOGIA BAYESIANA

L'epistemologia bayesiana non ha intenti descrittivi, bensì *intenti normativi*.

Ciò significa che l'epistemologia bayesiana

- non mira a descrivere il modo in cui gli uomini in carne e ossa formano le loro credenze e le cambiano in risposta alle informazioni via via acquisite,
- ma mira a identificare i principi generali in base ai quali un *soggetto (idealmente) razionale* forma e cambia le proprie credenze.

Domanda

Quale valore può avere per noi uomini in carne e ossa una teoria epistemologica che si occupa del soggetto razionale, cioè di un tipo ideale di cui non esiste alcun esempio nel mondo reale?

Risposta

Anche se noi uomini in carne e ossa non siamo idealmente razionali, non siamo neppure totalmente irrazionali. Infatti, le nostre capacità cognitive ci consentono di applicare – in maniera più o meno adeguata, a seconda delle persone e delle circostanze –, i principi dell'epistemologia bayesiana. Ciò significa che

- *l'epistemologia bayesiana ha **valore prescrittivo**, nel senso che le sue norme, elaborate pensando al tipo ideale del soggetto razionale, valgono anche come **prescrizioni** per gli esseri umani in carne e ossa.*

DUE IDEE CHIAVE DELL'EPISTEMOLOGIA BAYESIANA

L'epistemologia bayesiana si fonda su due idee chiave:

- le *credenze di un soggetto razionale* possono avere diversi *gradi di intensità*, i quali possono venire espressi mediante appropriate *probabilità*;
- in risposta alle informazioni via via acquisite, *un soggetto razionale cambia le proprie probabilità* sulla base di appropriati *principi cinematici*.

STATICA DELL'OPINIONE

La ***statica dell'opinione*** si propone di rispondere a questo interrogativo:

*Quali sono i principi generali che un soggetto razionale dovrebbe seguire nel **formare** le proprie opinioni?*

Gli epistemologi bayesiani ritengono che i gradi di credenza di un soggetto razionale dovrebbero soddisfare il ***principio di rappresentazione probabilistica dei gradi di credenza*** – in breve, ***RPr***.

RPr può essere così formulato:

RPr I gradi di credenza di un soggetto razionale devono essere rappresentati, in qualunque istante, da una funzione di probabilità $p(\cdot)$ definita su un appropriato linguaggio.

Possiamo esprimere il significato di RPr nel seguente modo:

le opinioni di un soggetto razionale devono venire identificate con le probabilità che egli attribuisce a determinati enunciati.

CINEMATICA DELL'OPINIONE

La ***cinematica dell'opinione*** si propone di rispondere a questo interrogativo:

*Quali sono i principi generali che un soggetto razionale dovrebbe seguire nel **cambiare** le proprie opinioni?*

Il compito della cinematica dell'opinione può venire precisato immaginando il seguente scenario.

- Dopo avere formato, in un determinato istante, le proprie opinioni circa gli enunciati di un certo linguaggio, **un soggetto acquisisce nuove informazioni** – per esempio, attraverso l'osservazione, l'esperimento, la testimonianza, o altre fonti.
- In risposta a tali informazioni, quasi sempre il soggetto dovrebbe cambiare le proprie opinioni.
- **Domanda.** *Quali sono i principi generali che il soggetto dovrebbe seguire nel cambiamento delle proprie opinioni?*

- Gli epistemologi bayesiani ritengono che un soggetto dovrebbe cambiare le proprie opinioni in accordo con il cosiddetto *principio di condizionalizzazione* – in breve, *Cond.*
- Nella formulazione di Cond, useremo le espressioni “ipotesi H ” ed “evidenza E ” ove,
- parlando di *ipotesi H* ci riferiamo a un qualsiasi enunciato H sul quale, per qualche motivo teorico o pratico, abbiamo fissato la nostra attenzione, mentre
- parlando di *evidenza E* ci riferiamo alla *certezza* che l'enunciato E è vero.

Possiamo formulare Cond nel seguente modo:

Cond In risposta all'acquisizione di un'evidenza E , **un soggetto razionale aggiorna la probabilità iniziale $p(H)$ attribuita all'ipotesi H , sostituendola con la probabilità finale $p(H/E)$.**

Possiamo esprimere il significato di Cond dicendo che:

*Un soggetto deve aggiornare le sue vecchie probabilità **per condizionalizzazione**. Ciò significa che, in risposta a un'evidenza E , un soggetto deve sostituire la sua “vecchia” probabilità $p(H)$ con la “nuova” probabilità condizionale $p(H/E)$.*

Si noti che:

- $p(H)$ viene chiamata **probabilità iniziale** di H poiché rappresenta *l'opinione iniziale del soggetto*, cioè la sua opinione in un istante t considerato come *il momento iniziale di un'indagine*.
- $p(H)$ riflette le *informazioni iniziali*, o *conoscenza di sfondo*, a disposizione del soggetto in t .
- $p(H|E)$ viene chiamata **probabilità finale** di H poiché essa rappresenta *l'opinione finale del soggetto*, cioè la sua opinione *dopo* avere acquisito l'evidenza E .

GIUSTIFICAZIONE DELLA STATICA E DELLA CINEMATICA BAYESIANA

Negli ultimi due secoli i principi RPr e Cond sono stati ampiamente, anche se quasi sempre tacitamente, applicati in svariati ambiti di attività, dalla statistica alla pratica giudiziaria, dal ragionamento scientifico alla strategia militare.

Domanda

Perché un soggetto dovrebbe avere gradi di credenza che obbediscono ai principi della teoria delle probabilità e dovrebbe poi cambiarli per condizionalizzazione, come richiesto da RPr e Cond?

Piuttosto sorprendentemente, solo da qualche decennio ci si sia posti seriamente il problema della *giustificazione di RPr e Cond.*

Qui non possiamo neppure accennare ai recenti risultati ottenuti in quest'area di ricerca. Lasciando da parte RPr, ci limiteremo a suggerire che *il principio di condizionalizzazione Cond è intuitivamente molto plausibile.*

COME RIFORMULARE COND NEI TERMINI DEL TEOREMA DI BAYES

Cond richiede che un soggetto razionale, in risposta alla nuova evidenza E , aggiorni la sua probabilità iniziale $p(H)$ sostituendola con la probabilità finale $p(H|E)$.

$p(H|E)$ può essere determinata applicando la versione (8.18)(i) del teorema di Bayes, che può essere così riformulata:

$$(9.1) \quad p(H|E) = p(H) \times p(E|H) \times 1/p(E)$$

Illustreremo ora il significato intuitivo dei fattori $p(E|H)$ e $1/p(E)$ sul lato destro di (9.1).

IL SIGNIFICATO INTUITIVO DI $p(E|H)$

- La probabilità $p(E|H)$, nota come **verosimiglianza** di H rispetto a E , può essere intesa come il grado di **prevedibilità relativa** di E alla luce della supposizione che H sia vera. In altre parole, $p(E|H)$ può essere intesa come una misura del **successo predittivo** di H nei riguardi di E .
- Questa **interpretazione predittiva** di $p(E|H)$ si basa sul presupposto che l'evento descritto da E **non** si sia ancora verificato. Se, invece, il soggetto ha già acquisito l'evidenza E , allora l'evento descritto da E va considerato come un dato da spiegare, cosicché $p(E|H)$ può essere intesa come una misura del **successo esplicativo** di H nei riguardi di E .

IL SIGNIFICATO INTUITIVO DI $1/p(E)$

- La probabilità $p(E)$ può essere intesa come il grado di ***prevedibilità iniziale*** di E – cioè il suo grado prevedibilità sulla base della conoscenza di sfondo del soggetto.
- Quindi è l'inverso $1/p(E)$ di $p(E)$ può essere inteso come una misura del grado di ***imprevedibilità iniziale*** di E .
- In altre parole, il fattore $1/p(E)$ può essere inteso come una misura di quanto ***sorprendente***, o ***inaspettata***, era l'evidenza E ***prima*** di essere acquisita dal soggetto.

UN'INTERESSANTE RIFORMULAZIONE DI COND

L'uguaglianza (9.1) ci permette di riformulare Cond nel seguente modo:

Cond* In risposta all'acquisizione di un'evidenza E , un soggetto razionale aggiorna *probabilità iniziale* $p(H)$ sostituendola con una *probabilità finale* pari a

$$p(H) \times p(E|H) \times (1/p(E)).$$

UN ARGOMENTO A FAVORE DELLA PLAUSIBILITÀ DI COND

Gli epistemologi bayesiani hanno elaborato diverse argomentazioni per dimostrare che un soggetto dovrebbe seguire le prescrizioni di Cond – o, equivalentemente, di Cond*.

In altre parole, i bayesiani hanno argomentato che

un soggetto dovrebbe attribuire all'ipotesi H una probabilità finale *esattamente uguale* a $p(H|E)$, vale a dire al *prodotto dei fattori* $p(H)$, $p(E|H)$ e $1/p(E)$.

Qui ci limiteremo a formulare alcune considerazioni che inducono a ritenere del tutto plausibile che

la probabilità finale che un soggetto attribuisce ad H dovrebbe *crescere al crescere di ciascuno dei tre fattori* $p(H)$, $p(E|H)$ e $1/p(E)$.

Più precisamente, suggeriamo che un soggetto dovrebbe determinare la probabilità finale di un'ipotesi in accordo con questi principi:

- (I) la probabilità finale di un'ipotesi *si accresce al crescere della sua probabilità iniziale*;
- (II) la probabilità finale di un'ipotesi *si accresce al crescere del suo successo predittivo nei riguardi dell'evidenza*;
- (III) la probabilità finale di un'ipotesi *si accresce al crescere dell'imprevedibilità iniziale dell'evidenza*.

Esempio 1. *Un'applicazione del principio (I): le probabilità finali attribuite alle ipotesi dall'investigatore Sempronio si accrescono al crescere delle loro probabilità iniziali.*

Indagando su un efferato omicidio, l'investigatore Sempronio concentra l'attenzione sulle ipotesi

$T \equiv$ “Il colpevole è Tizio”

$C \equiv$ “Il colpevole è Caio”

Gli indizi contro i due sospettati sono dati dall'evidenza E , ove l'evento descritto da E consiste nel fatto che sulla scena del crimine sono state trovate numerose impronte lasciate da scarpe taglia 43.

Sfortunatamente, negli appartamenti di entrambi gli indagati sono state trovate solo scarpe taglia 43.

Ciò significa che le ipotesi T e C hanno lo stesso successo predittivo nei riguardi di E .

Sempronio dovrà quindi attribuire uguale verosimiglianza a T e C sulla base di E ; in simboli,

$$p(E|T) = p(E|C).$$

Per sua fortuna, Sempronio dispone anche di alcune conoscenze di sfondo che riguardano la biografia dei due indagati:

Tizio ha riportato tre condanne per delitti di sangue, mentre
Caio è incensurato.

Queste conoscenze di sfondo gli permettono di discriminare tra T e C , attribuendo all'ipotesi T una probabilità iniziale molto maggiore di quella attribuita a C ; in simboli,

$$p(T) \gg p(C).$$

Data l'uguaglianza tra le verosimiglianze di T e C , le probabilità finali delle due ipotesi dipenderanno **solo** dalle loro probabilità iniziali.

Più precisamente, le probabilità finali di T e C si accresceranno al crescere delle loro probabilità iniziali. Quindi

Sempronio attribuirà a T una probabilità finale di gran lunga maggiore di quella attribuita a C .

Esempio 2. *Un'applicazione del principio (II): le probabilità finali attribuite alle ipotesi dall'investigatore Sempronio si accrescono al crescere del loro successo predittivo rispetto all'evidenza.*

L'investigatore Sempronio è alle prese con un efferato omicidio e i suoi sospetti si concentrano su due persone che anche questa volta, per una strana coincidenza, si chiamano Tizio e Caio.

Questa volta, però, entrambi gli indagati sono incensurati. Quindi le conoscenze di sfondo a disposizione di Sempronio non gli consentono di discriminare tra le ipotesi $T \equiv$ “Il colpevole è Tizio” e $C \equiv$ “Il colpevole è Caio”.

Per questa ragione, Sempronio dovrà attribuire uguale probabilità iniziale alle due ipotesi; in simboli,

$$p(T) = p(C).$$

L'evidenza E a disposizione di Sempronio consiste nel ritrovamento, sulla scena del crimine, di numerose impronte lasciate da scarpe taglia 43. Tuttavia, questa volta non vi è parità di indizi tra gli indagati.

Infatti, le perquisizioni operate negli appartamenti di Tizio e Caio hanno avuto esiti diversi:

- nell'appartamento di Tizio sono state trovate solo scarpe taglia 43, mentre
- nell'appartamento di Caio, che ha un piede leggermente più piccolo di quello di Sempronio, sono state trovate venti paia di scarpe taglia 42 e venti di taglia 43.

Se il colpevole fosse Tizio allora le impronte sulla scena del crimine sarebbero state certamente lasciate da scarpe taglia 43, mentre se il colpevole fosse Caio vi sarebbe stata solo una possibilità su due di trovare impronte lasciate da scarpe taglia 43.

Ciò significa che il successo predittivo dell'ipotesi T nei riguardi di E è molto maggiore di quello dell'ipotesi C .

Sempronio dovrà quindi attribuire all'ipotesi T una verosimiglianza molto maggiore di quella attribuita a C ; in simboli,

$$p(E|T) \gg p(E|C).$$

Data l'uguaglianza delle probabilità iniziali di T e C , le probabilità finali delle due ipotesi dipenderanno **solo** dalle loro verosimiglianze.

Più precisamente, le probabilità finali si accresceranno al crescere di tali verosimiglianze. Quindi, anche questa volta,

Sempronio dovrà attribuire a T una probabilità finale di gran lunga maggiore di quella attribuita a C .

Esempio 3. *Un'applicazione del principio (III): le probabilità finali attribuite alle ipotesi dall'investigatore Sempronio si accrescono al crescere dell'imprevedibilità iniziale dell'evidenza.*

Questa volta Sempronio sta indagando su due efferati omicidi, tra i quali non vi è alcun legame.

Per una incredibile coincidenza, i suoi sospetti si orientano su Tizio per il primo omicidio e su Caio per il secondo. Le ipotesi sono quindi

$T \equiv$ “Il colpevole del primo omicidio è Tizio”

$C \equiv$ “Il colpevole del secondo omicidio è Caio”.

Si comprende facilmente che, diversamente dai due casi considerati in precedenza, questa volta potrebbero essere vere entrambe le ipotesi.

Sempronio sa che i due indagati sono incensurati: di conseguenza, attribuisce uguale probabilità iniziale alle ipotesi T e C ; in simboli,

$$p(T) = p(C).$$

In entrambi gli omicidi, sulla scena del crimine sono state trovate tracce riconducibile agli indagati:

- nel primo omicidio, l'evidenza E_1 è data dal ritrovamento di impronte lasciate da scarpe taglia 43;
- nel secondo omicidio, l'evidenza E_2 è data dal ritrovamento di tracce di sangue sicuramente lasciate dal colpevole.

In entrambi i casi l'evidenza è perfettamente compatibile con gli indagati. Infatti,

- nell'appartamento di Tizio sono state trovate solo scarpe taglia 43;
- il DNA estratto dalle tracce di sangue è dello stesso tipo del DNA di Caio.

Ciò significa che il successo predittivo dell'ipotesi T rispetto all'evidenza E_1 e quello dell'ipotesi C rispetto all'evidenza E_2 sono molto elevati e tra loro identici.

La verosimiglianza di T sulla base di E_1 dovrà quindi essere uguale a quella di C sulla base di E_2 ; in simboli,

$$p(E_1 | T) = p(E_2 | C).$$

A dispetto della parità tra le probabilità iniziali e le verosimiglianze di T e C , Sempronio può operare una forte discriminazione tra le due ipotesi.

Infatti, il 30% degli uomini indossa scarpe di taglia 43, mentre ci sono 10 milioni di tipi di DNA.

Ciò significa che la prevedibilità iniziale $p(E_1)$ di E_1 è di gran lunga maggiore della prevedibilità iniziale $p(E_2)$ di E_2 , cioè che l'imprevedibilità iniziale $1/p(E_2)$ di E_2 è di gran lunga maggiore dell'imprevedibilità iniziale $1/p(E_1)$ di E_1 ; in simboli,

$$1/p(E_2) \gg 1/p(E_1).$$

Data l'uguaglianza delle probabilità iniziali e delle verosimiglianze di T e C , le probabilità finali delle due ipotesi dipenderanno **solo** dai diversi gradi di imprevedibilità iniziale delle evidenze E_1 ed E_2 .

Più precisamente, le probabilità finali si accresceranno al crescere di tali gradi di imprevedibilità. Quindi, ancora una volta,

Sempronio dovrà quindi attribuire a C una probabilità finale di gran lunga maggiore di quella attribuita a T .

L'APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI CONDIZIONALIZZAZIONE NELLA PRATICA CLINICA

Il principio di condizionalizzazione Cond viene applicato, quasi sempre tacitamente, in svariate attività umane, a partire dalla pratica clinica.

Nell'esempio illustrato qui sotto, ci imbattiamo in un medico che deve determinare la probabilità finale dell'ipotesi che la paziente abbia un cancro al seno.

Per una bizzarra coincidenza, il medico si chiama Sempronio, come l'investigatore dei precedenti esempi.

Esempio 4. *Il medico Sempronio determina la probabilità finale dell'ipotesi che la paziente abbia un cancro al seno*

Dopo aver visitato una paziente che presenta un nodulo al seno, il medico Sempronio considera le seguenti due ipotesi

$Ca \equiv$ “il nodulo è un cancro!”

$\neg Ca \equiv$ “il nodulo non è un cancro”

E attribuisce a Ca e $\neg Ca$ le seguenti probabilità:

$$p(Ca) = 0,01$$

$$p(\neg Ca) = 1 - p(Ca) = 0,99$$

$p(Ca)$ e $p(\neg Ca)$ sono le **probabilità iniziali** che Sempronio attribuisce alle ipotesi Ca e $\neg Ca$ **prima** di effettuare ulteriori controlli diagnostici.

Sempronio potrebbe però aggiornare le sue probabilità iniziali prescrivendo una **mammografia** alla paziente.

Sempronio sa che la mammografia non è un controllo totalmente attendibile, poiché:

- alcune lesioni maligne sono scorrettamente classificate dal radiologo come benigne;
- alcune lesioni benigne sono scorrettamente classificate dal radiologo come maligne.

Sempronio deve quindi tenere conto degli studi di epidemiologia clinica circa l'accuratezza dei risultati di una mammografia.

Indichiamo con “*Pos*” la previsione che il radiologo emetterà un referto positivo per il cancro e con “*Neg*” – ove $Neg \equiv \neg Pos$ –, la previsione che emetta un referto negativo. In simboli:

Pos $\equiv$ “il radiologo emetterà un referto positivo”

Neg $\equiv \neg Pos$ = “il radiologo emetterà un referto negativo”

Supponiamo che Sempronio accetti la conclusione degli studi di epidemiologia clinica, secondo i quali

- il **79,2%** delle lesioni maligne vengono diagnosticate correttamente;
- il **90,4%** delle lesioni benigne vengono diagnosticate correttamente.

Allora egli dovrebbe assegnare alle probabilità relative $p(Pos|Ca)$ e $p(Neg|\neg Ca)$ i seguenti valori:

$$p(Pos|Ca) = 0,792;$$

$$p(Neg|\neg Ca) = 0,904.$$

Dall'uguaglianza $p(Neg|\neg Ca) = 0,904$ e dalla definizione $Neg \equiv \neg Pos$, segue che

$$p(\neg Pos|\neg Ca) = 0,904.$$

Poiché, per teorema (8.13) della teoria delle probabilità, vale l'uguaglianza

$$p(\neg Pos|\neg Ca) = 1 - p(Pos|\neg Ca),$$

varrà anche l'uguaglianza:

$$p(Pos|\neg Ca) = 1 - p(\neg Pos|\neg Ca).$$

Da quest'ultima uguaglianza, ricordando che $p(\neg Pos | \neg Ca) = 0,904$, segue che

$$p(Pos | \neg Ca) = 1 - p(\neg Pos | \neg Ca) = 1 - 0,904 = 0,096$$

cioè che

$$p(Pos | \neg Ca) = 0,096.$$

Supponiamo ora che Sempronio riceva dal radiologo un referto positivo. Sempronio potrebbe allora determinare la probabilità finale $p(Ca|Pos)$ dell'ipotesi Ca che la paziente abbia il cancro sulla base dell'evidenza data da Pos .

Come si è visto, Sempronio dispone delle probabilità iniziali

$$p(Ca) = 0,01$$

$$p(\neg Ca) = 0,99$$

e delle verosimiglianze

$$p(Pos|Ca) = 0,792$$

$$p(Pos|\neg Ca) = 0,096.$$

Sempronio potrà quindi calcolare la probabilità finale $p(Ca|Pos)$ applicando la versione (8.18)(ii) del teorema di Bayes:

(9.2)

$$p(Ca|Pos) = \frac{p(Pos|Ca)p(Ca)}{p(Pos|Ca)p(Ca) + p(Pos|\neg Ca)p(\neg Ca)}$$

$$= \frac{0,792 \times 0,01}{0,792 \times 0,01 + 0,096 \times 0,99} \cong 0,077$$

Si noti che il simbolo “ $\cong$ ” in (9.2) si legge “***è approssimativamente uguale a***”.

Dalle uguaglianze in (9.2) risulta che, sulla base all’esito positivo della mammografia,

Sempronio dovrebbe attribuire all’ipotesi che la paziente abbia il cancro una probabilità finale leggermente inferiore a 0,08, cioè all’8%.

Capitolo 10

Le critiche di Popper e Grünbaum alla psicoanalisi

FREUD SULLA SCIENTIFICITÀ DELLA PSICOANALISI

Il neurologo austriaco *Sigmund Freud (1856-1939)*, sosteneva con forza la *scientificità della psicoanalisi*, cioè della disciplina da lui fondata.

Freud riteneva che la *psicoanalisi* fosse una *scienza naturale* che si sarebbe integrata, prima o poi, con la *neurofisiologia*.

Freud era convinto che la psicoanalisi dovesse applicare gli stessi principi metodologici impiegati nelle scienze naturali.

In gioventù, Freud aveva studiato la logica induttiva di John Stuart Mill, del quale aveva anche tradotto alcuni scritti.

Freud era giunto alla conclusione che

le ipotesi scientifiche dovessero essere giustificate mediante procedure induttive del tipo suggerito da Mill.

Inoltre Freud era convinto che

le ipotesi centrali della psicoanalisi mentali fossero largamente confermate dall'evidenza empirica disponibile, a partire da quella ottenuta attraverso i colloqui psicoanalitici.

Si ricordi che le ipotesi centrali della psicoanalisi riguardano:

- l'esistenza di processi mentali inconsci;
- il ruolo causale di tali processi nella genesi di svariate malattie mentali

POPPER CONTRO FREUD

La tesi freudiana che la psicoanalisi sia una rispettabile teoria scientifica e che le sue ipotesi siano confermate dall'evidenza è stata respinta da molti studiosi di psicologia e da diversi filosofi della scienza.

Il più famoso avversario della psicoanalisi nel campo della filosofia della scienza è Karl Popper.

Popper sostiene che la psicoanalisi è una pseudoscienza, cioè una non scienza che viene spacciata per scienza. Secondo Popper, la mancanza di scientificità della psicoanalisi dipende dal carattere irrefutabile, o non falsificabile, delle sue ipotesi.

GRÜNBAUM CONTRO POPPER E FREUD

Negli anni ottanta del Novecento il filosofo della scienza tedesco, poi naturalizzato statunitense, **Adolf Grünbaum (1923-2016)**, ha riaperto il fuoco contro la psicoanalisi.

In polemica con Popper, Grünbaum afferma che

- le teorie psicoanalitiche sono falsificabili,
- e, in linea di principio, sono anche confermabili dall'evidenza.

Ciò significa che

si possono immaginare evidenze empiriche che, se venissero ottenute, confermerebbero le teorie psicoanalitiche e permetterebbero di accettarle, sia pure provvisoriamente, come teorie vere.

Quindi, secondo Grünbaum,

la questione fondamentale consiste, nello stabilire se Freud e gli psicoanalisti successivi abbiano ottenuto questo genere di evidenze confermanti.

Grünbaum suggerisce una risposta negativa a questo interrogativo. A suo giudizio, infatti, l'evidenza empirica finora ottenuta non conferma le teorie psicoanalitiche.

E, quel che è peggio,

non vi è alcuna speranza di confermare le teorie psicoanalitiche usando i metodi di indagine elaborati da Freud.

Grünbaum conclude che

sulla base dei dati attualmente disponibili, le teorie psicoanalitiche non sono confermate dall'evidenza e che, al contrario, è ragionevole ritenerle false.

Ciò significa che la psicoanalisi non è pseudoscienza, nel senso di Popper, bensì ***cattiva scienza***.

In altre parole,

la psicoanalisi è un sistema teorico costituito da ipotesi non confermate dall'evidenza.

Per dirlo con uno slogan:

non solo la psicoanalisi è falsificabile, ma è anche falsa.

Un principio fondamentale della psicoanalisi è costituito dalla **teoria della rimozione** secondo la quale molte malattie mentali e diversi fenomeni della vita quotidiana, a partire dai lapsus, sono causati dalla rimozione di ricordi spiacevoli legati a esperienze infantili traumatiche.

In particolare, secondo la **teoria freudiana dei lapsus**, che costituisce un ingrediente essenziale della sua teoria della rimozione, tutti i lapsus che appaiono psicologicamente immotivati sono causati da idee spiacevoli che sono state rimosse.

Grünbaum rileva che non è stata trovata alcuna prova empirica a sostegno della teoria freudiana dei lapsus.

Il fatto che l'espressione “*lapsus freudiano*” sia ormai entrata nell'uso corrente non può quindi impedirci di affermare che

la teoria freudiana dei lapsus è un'ipotesi causale (molto probabilmente) falsa.

Le obiezioni rivolte alla psicoanalisi da Popper e Grünbaum mostrano che *la filosofia della scienza può effettivamente svolgere una funzione critica* e che, almeno in certi casi, le critiche epistemologiche di certe teorie scientifiche hanno effetti di rilievo.

Infatti, nei decenni centrali del Novecento un numero non trascurabile di psicologi è stato incoraggiato dalle critiche di Popper ad abbandonare le vie della psicoanalisi.

Più recentemente, l'opera di Grünbaum ha avuto, almeno negli Stati Uniti, un forte impatto sulla rispettabilità accademica della psicoanalisi e, *last but not least*, anche sulla disponibilità delle compagnie di assicurazione a rimborsare i costi dei trattamenti psicoanalitici.